



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

SISTEMAS DE GEOLOCALIZACIÓN PARA EL MANDO Y CONTROL EN EL COMBATE EN EL SUBSUELO EN EL HORIZONTE 2035

Autor

CAC D. Omar Enrique de Torres

Directores

Dr. D. Alberto García Martín

Cap. D. Lucas Lorenzo Linares Asensio

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2019

Resumen

En la actualidad, el escenario de una guerra simétrica en el que los dos adversarios en liza usan los procedimientos habituales durante el siglo XX en un campo abierto parece haberse desvanecido. En su lugar, se ha impuesto un tipo de enfrentamiento asimétrico en el que la fuerza combatiente menos preparada y numerosa hace uso de las últimas innovaciones tecnológicas y de los ambientes más hostiles para intentar igualar o hacer caer de su lado la balanza. Dentro de esta realidad, el subsuelo es uno de los ámbitos de combate más utilizados por las fuerzas irregulares debido a la vulnerabilidad del personal que entra en acción de las fuerzas convencionales. Ejemplos recientes de este extremo son algunos de los combates que en los últimos años se han desarrollado en Afganistán, Iraq e Israel.

En este contexto, el objetivo de Trabajo Fin de Grado es analizar posibles soluciones al problema que para el mando y control supone la geolocalización de unidades en el combate en subsuelo en el horizonte 2035. La búsqueda de una solución para esta falta de información sobre el posicionamiento de cada miembro de la unidad durante una operación en el subterráneo supondría una gran ayuda para la toma de decisiones por parte del mando, además de una mejora notable en la seguridad de los componentes.

Para el cumplimiento de este propósito es necesaria la consecución de una serie de objetivos parciales: (i) conocer el planteamiento que se tiene referente a combate subterráneo en el horizonte 2035 y determinar las necesidades de geolocalización que el mando y control de unidades de infantería tiene en este escenario; (ii) conocer los sistemas de geolocalización en ambiente cerrados que actualmente hay en el mercado; y (iii) analizar las ventajas y limitaciones de los sistemas de geolocalización encontrados para su uso en el mando y control de unidades de infantería en combate en subsuelo.

La metodología planteada para la consecución del objetivo principal se articula en tres fases, las cuales están íntimamente ligadas con los objetivos parciales planteados. Para su correcto desarrollo se emplean herramientas como la consulta de bibliografía, informes especializados y recursos de Internet, información complementaria a esta obtenida en la Unidad de destino de las Prácticas Externas, la entrevista y los diagramas Radar chart.

De las cuatro radios seleccionadas que pueden cumplir las necesidades de mando y control de las unidades identificadas en el Horizonte 2035 como las encargadas de realizar las tareas de combate en el subsuelo, las Secciones de Infantería, la radio Squadnet se erige como la más adecuada en la actualidad, dado que es la que mejores resultados teóricos ofrece en las prestaciones analizadas: Posicionamiento; Comunicaciones, Peso y Tamaño, Batería y otras prestaciones. Así, se puede concluir que esta radio es la que permitiría encarar con más opciones de éxito el cumplimiento del objetivo de una misión en el subsuelo minimizando al máximo el riesgo de bajas en la

Sección de infantería. Esta afirmación tendrá que ser sustentada en el futuro mediante su utilización en este tipo de ambientes, dado que en la actualidad son muy escasas las pruebas de este tipo que se han hecho.

Abstract

Today, the scenario of a symmetrical war in which the two adversaries at war use the procedures usual during the 20th century in an open field seems to have disappeared. Instead, a type of asymmetric confrontation has imposed itself in which the least prepared and numerous force makes use of the latest technological innovations and the most hostile environments to try to equal or to score an equalizer. Within this reality, the underground is one of the most used areas of combat by irregular forces due to the vulnerability of personnel who come into action by conventional forces. Recent examples of this are some of the combats that have taken place recently in Afghanistan, Iraq and Israel.

In this context, the objective of this final degree project is to analyse possible solutions to the problem that the geolocation of units in underground combat in the horizon 2035 represents for command and control. The search of a solution for this lack of information on the positioning of each member of the unit during an operation in the subterranean would suppose a great aid for the decision-making by the command, in addition to a notable improvement in the safety of the components.

In order for this purpose to be accomplished, it is necessary to achieve a series of subobjectives: (i) to know the approach to underground combat in horizon 2035 and determine the geolocation needs of infantry unit command and control in this scenario; (ii) to know the closed environment geolocation systems currently on the market; and (iii) to analyze the advantages and limitations of the geolocation systems found to be used in the command and control of infantry units in underground combat.

The methodology proposed for the achievement of the main objective is structured in three phases, which are closely connected with the partial objectives proposed. For its correct development, tools are used such as bibliography, specialized reports and Internet resources, complementary information obtained in the External Practices Destination Unit, the interview and Radar chart diagrams.

Out of the four radios selected that can meet the command and control needs of the units identified in Horizon 2035 as those in charge of carrying out combat tasks in the underground, the Infantry Sections, the Squadnet radio stands out as the most suitable at this time, because it is the one that offers the best theoretical results in the analyzed features: Positioning; Communications, Weight and Size, Battery and other features. So, it can be concluded that this radio is the one that would allow to face with more options of success the fulfillment of the objective of a mission in the subsoil minimizing to the maximum the risk of casualties in the Infantry Section. This statement will have to be supported in the future by its use in this type of environment, since there are currently very few tests of this type that have been made.

Agradecimientos

En agradecimiento especial a los Oficiales, en concreto a mi Director Militar y Tutor Militar, Suboficiales y Tropa del Tercio «Don Juan de Austria», 3º de La Legión, así como a mi Director Académico, por su ofrecimiento y ayuda a la hora de realizar este trabajo.

Índice

Índice de figuras	xii
Lista de Acrónimos y abreviaturas	xiv
Capítulo 1. Introducción.....	1
Capítulo 2. Objetivos	3
Capítulo 3. Materiales y métodos	4
Capítulo 4. Desarrollo del trabajo y resultados	
4.1. Planteamiento existente en la actualidad en el seno del Ejército de Tierra en lo relativo al combate subterráneo para el horizonte 2035 y determinación de las necesidades de geolocalización que el mando y control de unidades de infantería tendrán en este escenario.	6
4.1.1. Planteamiento existente en la actualidad en el seno del Ejército de Tierra en lo relativo al combate subterráneo para el horizonte 2035	6
4.1.1.1 Horizonte 2035	6
4.1.1.2 Combate en el subsuelo.....	8
4.1.2. Determinación de las necesidades de geolocalización para el mando y control que las unidades de infantería tendrán en este entorno	12
4.1.2.1. ¿Qué es la geolocalización?.....	12
4.1.2.2 Necesidades de geolocalización para la función de mando y control que la sección de infantería tiene en el combate subterráneo.	13
4.2. Sistemas de geolocalización en ambientes cerrados que actualmente hay en el mercado	15
4.2.1. Radio Spearnet	16
4.2.2. Radio Harris Falcon III RF-7850S	16
4.2.3. Radio Squadnet.....	17
4.2.4. Sistemas RealTrack Systems.....	18
4.3. Análisis de las ventajas y limitaciones de los sistemas de geolocalización del mercado	19
4.3.1. Radio Spearnet	19
4.3.2. Harris Falcon III RF-7850S	20
4.3.3. Radio Squadnet.....	21
4.3.4. Real Track Systems	22
4.4. Identificación de medidas para implementación del sistema elegido en las unidades del ET	24

Capítulo 5. Conclusiones	25
5.1. Conclusiones	25
5.1.1. Opinión personal	26
5.2. Posibles líneas futuras	27
Capítulo 6. Bibliografía	28
Capítulo 7. Anexos	30

Índice de figuras

Figura 1. Pelotón de infantería en una cueva.	8
Figura 2 Organización de una sección para combate en el subsuelo	9
Figura 3. Esquema de subterráneo para instrucción en CMT “Álvarez de Sotomayor”. 10	
Figura 4. Pelotón de reconocimiento en galerías subterráneas	13
Figura 5. Pelotón de reconocimiento asegurando la entrada por la que van a acceder al subsuelo	14
Figura 6. Radio Spearnet	16
Figura 7. Harris Falcon III RF-7850S	17
Figura 8. Radio Squadnet	18
Figura 9. Prueba realizada en un partido de baloncesto	19
Figura 10. Radar Chart de la radio Spearnet	20
Figura 11. Radar Chart de la radio Harris Falcon III RF-7850S	21
Figura 12. Radar Chart de la radio Squadnet	22
Figura 13. Radar Chart Real Track Systems	23
Figura 14. Tabla resumen de la valoración	25
Figura 13. Radio Squadnet con su sistema de posicionamiento enviado a la Tablet ..	26

Lista de Acrónimos y abreviaturas

AGM	Academia General Militar
Bra	Bandera
BRIEX	Brigada Experimental
Cía	Compañía
CIS	Sistema de telecomunicaciones e información
CMT	Campo de maniobras y tiro
CUD	Centro Universitario de la Defensa
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas Españolas
FCSE	Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado
FFT	Force Friendly Tracking
GEFUTER	Jefe de la Fuerza Terrestre
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
I/A	Instrucción y Adiestramiento
IP	Dirección IP
JEME	Jefe del Estado Mayor del Ejército
LINCE-BMS	Lince Battlefield Management System
Pn	Pelotón
RF	Radiofrecuencia
SCI	Sistema de Combate Integral
Sgto 1º	Sargento primero
SIMACET	Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra
TFG	Trabajo Fin de Grado
Tte	Teniente
UNIZAR	Universidad de Zaragoza

La presente memoria recoge los aspectos más significativos desarrollados en la realización del Trabajo Final de Grado que permite la finalización del Grado de Ingeniería de Organización Industrial, en el perfil de defensa, impartido por el Centro Universitario de la Defensa (CUD), centro adscrito a la Universidad de Zaragoza (UNIZAR) que se encuentra en la Academia General Militar de Zaragoza (AGM). Aquellos aspectos más técnicos del mismo están recogidos en los diferentes anexos adjuntos a esta memoria.

Capítulo 1. Introducción

La situación internacional está en constante cambio y con ella la tecnología y las formas en las que los diferentes grupos se enfrentan entre sí. Los retos y amenazas que afectan a la sociedad están en constante evolución y la visión de “guerra” ha cambiado mucho en las últimas décadas. Ya no se trata de la guerra simétrica en la que dos ejércitos se enfrentan en el campo de batalla. Ahora el combate irregular en el que un bando se enfrenta a grupos organizados que no emplean procedimientos típicos usados por las fuerzas armadas de un país está a la orden del día. (Nueva Sociedad, *Los peligros de la guerra asimétrica*, octubre 2019, <https://nuso.org/articulo/los-peligros-de-la-guerraasimetrica/>)

Para poder desarrollar una buena labor de defensa y seguridad es necesario adelantarse a estos cambios para afrontarlos con total garantía de efectividad. Se precisa de 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.

Con la intención de adelantarse a estos cambios, el JEME ha ideado un plan de preparación de las FAS con el objetivo de tener a disposición en el año 2035 un total de diez brigadas completamente operativas que den garantía para cumplir los cometidos que se le asignen con eficiencia en el uso de recursos, de personal y de dinero. (Visión «FUERZA 35» del Jeme)
http://www.ejercito.mde.es/personal/jeme/mensajes_discursos/vision_fuerza_2035.html

El mando y control de una unidad es ejercido por los jefes, cada uno a su nivel, que permite tomar decisiones en el combate que pueden significar la diferencia entre el éxito y el fracaso. Cuanta más ayuda y herramientas tenga a su disposición el jefe de una unidad, más sencillo será para él tomar una decisión correcta que suponga el cumplimiento de la misión.

Las últimas tendencias conducen a una nueva evolución no solo en el combate, también en los escenarios en los que se desarrolla, cobrando especial relevancia el combate urbano en todas sus dimensiones: aérea, terrestre y subterránea. Esta última dimensión es una de las más utilizadas por las fuerzas irregulares debido a la vulnerabilidad del personal que entra en acción de las fuerzas convencionales. La tecnología y los procedimientos superiores no pueden ser empleados en este escenario, lo que supone un equilibrio en la balanza de las fuerzas de los bandos y un aumento del peligro al que se exponen los miembros de las fuerzas armadas y cuerpos de seguridad. El ejemplo más claro lo encontramos en el conflicto de la Franja de Gaza donde los insurgentes miembros de la organización de Hamás han estado combatiendo contra las

fuerzas de Israel durante años utilizando túneles como método de ocultación, para moverse y realizar emboscadas, e incluso como puestos de mando bajo tierra.

La situación de peligro de los miembros de la unidad, unido a la dificultad en la función de mando y control que tiene el jefe de la misma, hacen que sea necesario un sistema de geolocalización que posibilite un movimiento más seguro y fluido y que permita a la vez conocer la posición de cada miembro de la unidad facilitando la toma de decisiones por parte del mando.

Capítulo 2. Objetivos

En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar posibles soluciones al problema que para el mando y control supone la geolocalización de unidades de infantería en el combate en subsuelo en el horizonte 2035. Para el cumplimiento de este objetivo es necesaria la consecución de una serie de objetivos parciales que se exponen a continuación:

- Conocer el planteamiento que se tiene referente a combate subterráneo en el horizonte 2035 y determinar las necesidades de geolocalización que el mando y control de unidades tiene en este escenario.
- Conocer los sistemas de geolocalización en ambiente cerrados que actualmente hay en el mercado.
- Analizar las ventajas y limitaciones de los sistemas de geolocalización encontrados para su uso en el mando y control de unidades de infantería en combate en subsuelo.

Capítulo 3. Materiales y métodos

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

- **Fase 1. Conocimiento del planteamiento existente en la actualidad en el seno del Ejército de Tierra en lo relativo al combate subterráneo para el horizonte 2035 y determinación de las necesidades de geolocalización que el mando y control de unidades tendrán en este escenario.** En esta fase se caracterizará la organización que el Ejército de Tierra está desarrollando en la actualidad para afrontar el combate en subsuelo, cómo será éste combate y las necesidades de geolocalización que surgirán para el mando y control en este escenario. El resultado de esta fase será una lista de necesidades relativas a geolocalización que tendrán que ser satisfechas mediante recursos tecnológicos.
- **Fase 2. Conocimiento de los sistemas de geolocalización en ambiente cerrados que actualmente hay en el mercado.** Esta fase permitirá conocer las soluciones tecnológicas disponibles actualmente en el mercado para satisfacer la lista de necesidades obtenida en la anterior fase.
- **Fase 3. Análisis de las ventajas y limitaciones de los sistemas de geolocalización encontrados para su uso en el mando y control de unidades de infantería en combate en subsuelo.** En esta última fase se realizará un análisis de los sistemas de geolocalización identificados en la fase 2. Esto se hará en base al criterio de expertos en la materia, empleando para ello la herramienta Radar Chart. Esto permitirá visualizar de una forma sencilla las principales ventajas y carencias que pueda tener cada uno de los sistemas evaluados. El resultado será la selección del sistema de geolocalización en ambientes cerrados más adecuado para encarar las tareas de mando y control en combate en subsuelo.

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

- **Consulta de bibliografía, informes especializados y recursos de Internet.** Estas fuentes de información se han utilizado para conocer el Horizonte 2035, cómo se está reorganizando el Ejército de Tierra en función de éste y como queda planificado el combate subterráneo. Asimismo, también se han utilizado para contextualizar el concepto de geolocalización, los problemas que existen para el funcionamiento de este proceso en ambientes cerrados y las soluciones tecnológicas que permiten solucionar estos problemas. Por último, reseñar dentro de este apartado también se incluyen los manuales de instrucciones técnicas de los sistemas de geolocalización en ambiente cerrados analizados.
- **Obtención de información complementaria.** Para matizar y completar la información obtenida en el apartado anterior se realizaron contactos con el personal destinado en la Unidad donde se realizaron las Prácticas Externas, la Brigada Rey Alfonso XIII, II de la Legión.
- **Entrevista.** La entrevista es una técnica de recogida de la información muy utilizada en las investigaciones de tipo cualitativo (Alonso, 1994). Esta herramienta de investigación de las ciencias sociales puede definirse según Alonso (1994) como un “discurso enunciado principalmente por el entrevistado pero que comprende las

intervenciones del entrevistador, cada una con un sentido determinado, relacionados a partir del llamado contrato de comunicación y en función de un contexto social en el que se encuentren”.

Esta herramienta se empleó para complementar la información sobre las necesidades de geolocalización para la función de mando y control en el combate subterráneo (Fase 1) con el único especialista de la Brigada Rey Alfonso XIII que poseía el curso de combate en subsuelo: el Tte. Javier Saiz García. En este sentido, subrayar que lo deseable hubiera sido disponer de una mayor población para dotar de valor científico a esta herramienta, pero, como se ha señalado, no había en la Unidad otros integrantes que tuvieran los conocimientos adecuados para garantizar la obtención de respuestas de calidad para ser consideradas en el presente trabajo.

- **Radar chart.** La herramienta Radar chart (gráfico de radar) es un método de tipo gráfico que permite comparar múltiples variables cuantitativas de forma sencilla para determinar qué variables tienen valores similares o si hay valores atípicos entre cada variable. Asimismo, los gráficos de radar permiten visualizar de forma rápida qué variables tienen una puntuación alta o baja dentro de un conjunto de datos, lo que permite identificar el rendimiento de cada una de ellas de forma comparativa.

En estos gráficos, cada variable está provista de un eje que comienza desde el centro. Todos los ejes están dispuestos radialmente, con distancias iguales entre sí, manteniendo la misma escala entre todos los ejes. Las líneas de cuadrícula que se conectan de eje a eje se usan como guía. Cada valor de variable se traza a lo largo de su eje individual y todas las variables en un conjunto de datos y se conectan entre sí para formar un polígono (Ribeca, 2019).

(https://datavizcatalogue.com/methods/radar_chart.html)

Como se ha comentado anteriormente, esta herramienta ha sido utilizada en la Fase 3 para evaluar los sistemas de geolocalización en ambientes cerrados disponibles en el mercado en base al criterio experto de dos miembros de la unidad de prácticas: el Tte Ayala, Jefe de la Sección de Transmisiones de la VII Bra.¹, y el Sgto. 1º Arkaitz, destinado en G5 de la Brigada, encargado de la función inteligencia.

¹ En el ET, se le denomina Bandera, a los Batallones de unidades de la Legión y de la Brigada Paracaidista. La entidad es la de un batallón orgánico del ejército.

Capítulo 4. Desarrollo del trabajo y resultados

4.1. Planteamiento existente en la actualidad en el seno del Ejército de Tierra en lo relativo al combate subterráneo para el horizonte 2035 y determinación de las necesidades de geolocalización que el mando y control de unidades de infantería tendrán en este escenario.

4.1.1. Planteamiento existente en la actualidad en el seno del Ejército de Tierra en lo relativo al combate subterráneo para el horizonte 2035

4.1.1.1 Horizonte 2035

La responsabilidad de la correcta preparación y disponibilidad de las FAS es del JEME. No solo tiene que tener la vista puesta en que las unidades estén preparadas en el día de hoy, sino también con vistas al futuro.

Tal y como indica la Directiva 03/18: “En los próximos años el entorno de actuación seguirá siendo impredecible, dinámico, inestable y de creciente complejidad. Los rápidos avances tecnológicos, la posibilidad de acceso a tecnologías de uso dual por parte de potenciales adversarios y amenazas, así como la masiva conectividad y la gran influencia y omnipresencia de los medios de comunicación y redes sociales, hacen necesario dotar a la Fuerzas Armadas de mecanismos ágiles que les permitan evolucionar con la rapidez y agilidad necesarias para adaptarse a las nuevas situaciones y poder cumplir con las misiones que tienen encomendadas.”

Las misiones y actividades que desempeñarán las fuerzas terrestres serán muy diversas, desde actividades implicadas en el adiestramiento de fuerzas de países aliados como la actual misión en Mali, misiones de ayuda humanitaria, hacer frente a diferentes frentes que pueden amenazar a la sociedad y al territorio nacional, apoyo a las FCSE en cometidos de seguridad pública por ejemplo durante amenaza terrorista...

Con este propósito nacen la Fuerza 2035 y la Brigada Experimental, teniendo en cuenta la disponibilidad tanto de medios humanos como materiales, el avance en la tecnología y el adiestramiento necesario para el empleo de estos nuevos sistemas.

El concepto de Brigada se entiende como un sistema integral de combate, que necesita de todos sus recursos, tanto de personal como de medios y tecnología para poder combatir. El nivel Brigada se consolida como la unidad táctica de empleo capaz de combatir con un cierto grado de autonomía, es decir, una unidad que además de contener la capacidad de maniobra de la infantería, cuente con todos los apoyos que esta necesita, tanto de fuegos, como apoyos logísticos, de movilidad, sanitarios... englobados en grupos de combate o batallones. La característica principal del SCI es su consideración de sistema de sistemas en el que los diferentes elementos combaten bajo un mando único, sin importar al arma al que pertenezcan. La clave reside en su interoperabilidad en los materiales que utilizan y un robusto sistema de mando y control que facilite el uso de esta variedad de personal y material (Estado Mayor del Ejército, 2018).

Se requiere de un gran número de sistemas de armas y equipos que posibiliten a la Brigada el poder emplearse en combate en todos los escenarios posibles y hacer frente a cualquier amenaza que se le presente, desde carros de combate que proporcionen una gran potencia de fuego, los medios necesarios para el mantenimiento logístico y mecánico de toda la brigada, sistemas CIS...

El ET ha organizado las diversas Brigadas en 4 tipos (ver Anexo A) (Estado Mayor del Ejército, 2018b):

- Brigada Pesada (SCI TIPO A): una brigada enfocada al combate y a obtener la mayor potencia de fuego que permita cumplir la misión. Se espera utilizar para atender los compromisos internacionales en las misiones de organizaciones a las que España pertenezca. Se dispondrá de 4 Brigadas como fuerzas de proyección.
- Brigada Media (SCI TIPO B): brigada enfocada a la versatilidad que ofrecen sus batallones, haciendo posible cumplir diferentes tipos de misiones. Para atender los compromisos internacionales, requisitos de diferentes organizaciones como la OTAN de las que España forma parte y cumplir con su aportación a las capacidades de la fuerza que estas requieran. El ET dispondrá de 2 Brigadas de esta clase.
- Fuerzas de presencia (SCI TIPO C): garantizarán la presencia permanente en los territorios de soberanía del Norte de África y la presencia discontinua en los archipiélagos. Estarán constituidas por las Comandancias Generales de Ceuta y Melilla y por el Mando de Canarias apoyados por unidades de helicópteros. Harían un total de 3 Brigadas.
- Brigada de reacción rápida (SCI TIPO D): con la finalidad de disponer de una Brigada apta para su empleo en operaciones exclusivamente nacionales, ligera, rápidamente desplegable, expedicionaria y con los niveles de disponibilidad y autonomía de combate adecuados. Se dispondrá de una única Brigada de este tipo.

Se esperan cumplir diferentes hitos a lo largo de estos años. En el año 2024 se espera tener completamente listas las 2 primeras brigadas de tipo B, una de ellas la brigada Rey Alfonso XIII de la Legión, en Almería, que está siendo la BRIEX en este proyecto, realizando multitud de pruebas con diferentes nuevos equipos que se plantea adquirir, probando nuevas doctrinas y métodos de actuación, cambiando la organización de la unidad... Para el año 2030 se espera contar con otras 4 brigadas más completamente operativas y equipadas con la tecnología del momento. En el 2035 se quiere llegar a las 10 brigadas operativas.

Todas y cada una de estas brigadas deberán estar preparadas para todos los escenarios de combate que se plantean en el horizonte 2035. Dentro de estos, uno de los más destacados y que se espera que mayor influencia tenga en el resultado final de una operación es el combate en el subsuelo, siendo su localización principal prevista en zonas densamente pobladas, grandes urbes o ciudades con multitud de edificios de todos los tipos, lo que incluye también un sistema de subsuelo o subterráneo como el alcantarillado. Esto es así porque uno de los efectos más transformadores del siglo XXI es la urbanización de la población humana, estimándose que en 2035 el 65% de la población vivirá en ciudades, y de ella, el 70% en barrios marginales sin el adecuado acceso a los recursos y servicios. Este incremento de la urbanización se producirá principalmente en África y Asia, fundamentalmente por dos tendencias: el cambio climático, que provocará

la migración desde zonas con escasez de agua, de alimento y de oportunidades laborales, y la explosión demográfica (MADOC, septiembre 2018).

La brigada encargada de realizar ensayos y pruebas con los nuevos medios que se pretenden adquirir, así como con las nuevas doctrinas y procedimientos es la denominada BRIEX. Mediante la Directiva 03/18 se constituye a la Brigada “Rey Alfonso XIII” II de la Legión como Brigada Experimental en el diseño de la Brigada 2035. Esto supone una gran responsabilidad para la unidad de Almería que se encarga de experimentar y probar los diferentes equipos y materiales como normal general en el CMT “Álvarez de Sotomayor” y en el CMT “Las Navetas” durante sus actividades de I/A diarias de la unidad. Además, se planea que sea la primera Brigada que espera estar lista en el año 2024 y la primera en cambiar su organización operativa que le permita adaptarse al modelo que el JEME quiere en su ejército. Todo el proceso de experimentación que llevará a cabo la Brigada está detalladamente desarrollado en un Plan de Experimentación (PLEX) que durará desde noviembre del año 2018 a finales del mes de diciembre de 2019, donde se contemplan las 6 funciones de combate: mando y control, inteligencia, maniobra, fuegos, apoyo logístico y protección (Cuartel General de la Fuerza Terrestre, 2018).

La misión de la BRIEX consiste en realizar las actividades de experimentación bajo la dirección de GEFUTER que faciliten el diseño de la Brigada 2035, probando y evaluando los diferentes materiales que se quieren adquirir, todo esto desarrollado como normal general en el CMT “Álvarez de Sotomayor” y en el CMT “Las Navetas” durante sus actividades de I/A diarias de la unidad.

Las conclusiones que se saquen de las actividades de experimentación quedarán reflejadas en unas lecciones aprendidas que ayudará a elegir y a tomar la decisión adecuada a los altos mandos para seguir adecuadamente el camino hacia la Brigada 2035. No solo la Brigada Rey Alfonso XIII realizará estas pruebas. En muchas ocasiones se requerirá apoyo de otras unidades a la hora de preparar y diseñar os ejercicios, apoyos materiales y de personal, en las evaluaciones de los sistemas y materiales probados... Entre estas actividades de experimentación, debido a su importancia en el futuro, se encuentra todo lo relativo al combate en su subsuelo, cuyas principales características se presentan en el siguiente apartado.

4.1.1.2 Combate en el subsuelo

El combate en el subsuelo se define como las operaciones militares que tienen lugar en escenarios bajo tierra, alcantarillados, cuevas, etc. (Figura 1). La diversidad de escenarios hace que sea uno de los lugares más peligrosos en los que combatir, ya que el personal se expone a un gran riesgo tanto de enemigos como del propio lugar ya que puede haber desprendimientos, inundaciones, caídas, derrumbes... Sin añadir el riesgo de gases, riesgo biológico, radioactividad... y hace que se requiera de una gran preparación e instrucción por parte del combatiente además de una gran capacidad física y aguante psicológico que combinado con el equipo más avanzado tecnológicamente posibilite la actuación en este tipo de entornos. (Saiz García, 2019)



Figura 1. Pelotón de infantería en una cueva. Fuente: Saiz García (2019)

Algunas de las cualidades del entorno del subsuelo son: ausencia de luz, que hace que los medios de visión nocturna y geolocalización cobren gran importancia, espacios reducidos y confinados, que exigen de una gran rapidez y agilidad por parte del combatiente, nuevos peligros a los que no se está acostumbrado, presencia de fauna salvaje... Esto hace que los peligros a los que nos enfrentamos en el subsuelo se multipliquen. Los podemos clasificar en (Saiz García, 2019):

- Asociados al terreno: como derrumbes o desprendimientos.
- Asociados a la fauna: que pueden provocar enfermedades o reacciones alérgicas en el caso de las picaduras.
- Asociados al ambiente: diversidad de gases nocivos, falta de oxígeno, sustancias inflamables, bajas temperaturas, posible radioactividad.
- Psicológicos: miedo, ansiedad, claustrofobia, pánico...

Las medidas de seguridad que se adoptan para evitar este tipo de peligros son muy importantes y de necesario conocimiento por parte de todo el personal que entra en acción. Algunas de ellas son (Saiz García, 2019):

- Presencia de SVB.
- Vehículo de evacuación.
- Rutas de evacuación de heridos.
- Equipo básico de protección siempre puesto (NBQ).
- Siempre movimiento mínimo por binomios.
- Contar siempre con material sanitario y medios de arrastre.
- Gestión del estrés.
- Dentro del pelotón relevar la vanguardia.
- Comunicación constante.

- Siempre contacto visual.
- Prohibido fumar en todo momento.

En el Horizonte 2035 está estipulado que el cumplimiento de una misión en el entorno del subsuelo corresponde a la Infantería, siendo las unidades de actuación la Sección (Figura 2) o el Pelotón. Se establece que una entidad mayor sería un ineficiente uso de personal ya que lo más probable es que el movimiento se tenga que hacer en pequeños grupos:

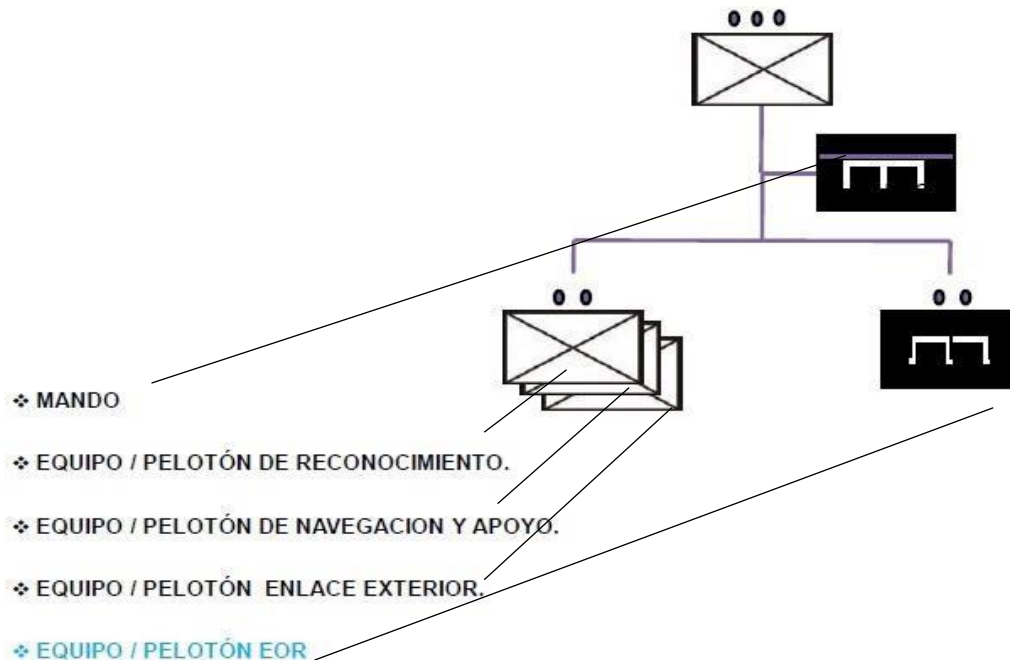


Figura 2. Organización de una sección para combate en el subsuelo. Saiz García (2019b).

Los cometidos generales que podría desarrollar una unidad en ambiente subterráneo, y para los cuales se hace necesario desarrollar procedimientos específicos, son los relacionados a continuación Saiz García (2019b):

- Reconocimiento de túneles, minas y cuevas.
- Combate en interior de túneles, minas y cuevas.
- Reconocimiento de complejos y redes suburbanas.
- Combate en terreno suburbano.
- Operaciones de búsqueda y rescate en subsuelo.
- Búsqueda de depósitos de armamento o explosivos.
- Destrucción de complejos de túneles o minas.
- Levantamiento de croquis del interior de complejos subterráneos.
- Cooperación con FCSE.
- Jalonamiento de una unidad en el interior de complejos subterráneos.

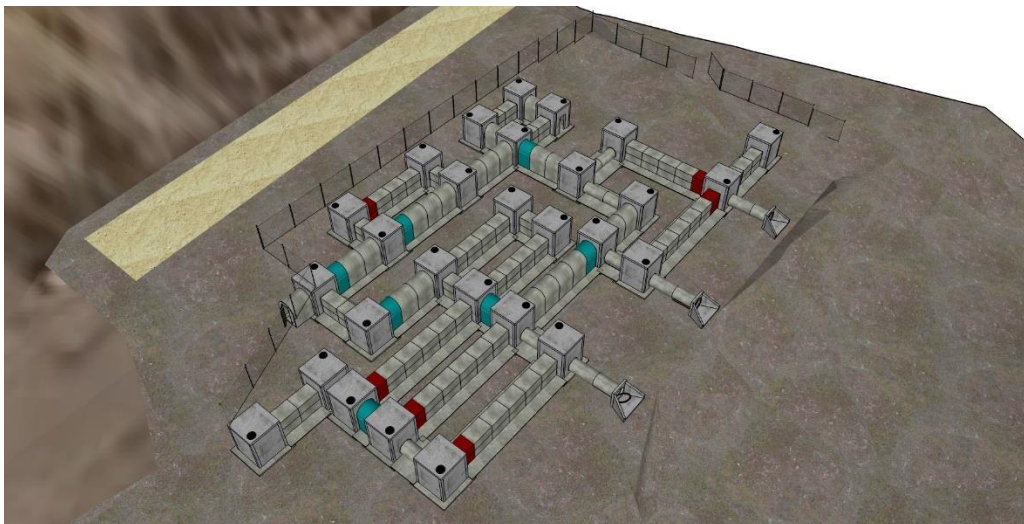


Figura 3. Esquema de subterráneo para instrucción en CMT “Álvarez de Sotomayor”. Fuente: Saiz García (2019b).

Como se ha señalado con anterioridad, la evolución prevista en el Horizonte 2035 del entorno operativo obliga a considerar el subsuelo como uno de los ambientes más habituales del espacio de batalla y requiere desarrollar nuevos conceptos doctrinales, formas de preparación y la dotación de medios específicos. Este desarrollo debe hacerse mediante la investigación y la experimentación, tareas que como se han señalado recaen sobre la Brigada Rey Alfonso XIII y que realiza, en este caso concreto en el CMT “Álvarez de Sotomayor”, que dispone de un módulo de entrenamiento subterráneo (Figura 3).

Como se señala en el Horizonte 2035 y ha quedado comprobado en el trabajo realizado en la Brigada Rey Alfonso XIII, una Sección de Infantería, dotada de los capacitadores adecuados, es la unidad más apta para desarrollar los cometidos propios del combate subterráneo. Esto también está avalado por las experiencias de otros países (Estados Unidos, Israel, principalmente). Así no parece necesario estudiar nuevas estructuras orgánicas sino incrementar la disponibilidad de los capacitadores dentro de la Sección de Infantería.

Se puede alcanzar un nivel de adiestramiento que permita planear y conducir una operación anti túnel con una buena preparación general adaptada a las particularidades del subsuelo aprovechando los cometidos genéricos adiestrados en otros escenarios. De igual forma, se puede afirmar que la mayoría de las dificultades y retos que presenta el entorno subterráneo precisan de soluciones materiales. Es más, con los medios que actualmente tiene en dotación el ET se pueden superar la mayoría de dificultades que presenta el entorno del subsuelo. No obstante, la adquisición de medios suplementarios suficientes en cantidad y tecnológicamente avanzados tendría un efecto muy beneficioso en las unidades que combaten en este entorno.

A este respecto, los medios CIS disponibles actualmente en el ejército (SIMACET, LINCE-BMS², FFT, TALOS) no permiten incorporar al entorno subterráneo como un espacio más de campo de batalla, lo que dificulta la conducción de una operación anti túnel o bajo tierra y la función de mando y control. (MADOC, febrero

² Sistema de mando y control, España. Desplegado y en uso desde 2002, para conducción de operaciones con capacidades de planeamiento. Optimizado para el uso de las radios.

2015). Esta carencia es una de las principales problemáticas que presenta el combate subterráneo, pues no sólo pone en riesgo el éxito de la operación, sino la vida de los integrantes de la Sección de Infantería que la está ejecutando.

4.1.2. Determinación de las necesidades de geolocalización para el mando y control que las unidades de infantería tendrán en este entorno

4.1.2.1. ¿Qué es la geolocalización?

La geolocalización es un “proceso que se encarga de determinar la posición de algo en particular en la tierra; en otras palabras, la geolocalización alude al posicionamiento referente a la localización de un objeto ya sea animado o inanimado, que se presenta por medio de un vector o punto, en un sistema de coordenadas y datum determinado. Este proceso se realiza generalmente en los Sistemas de Información Geográfica. Entonces podemos decir que la geolocalización se encarga específicamente en obtener la localización de una persona, empresa, evento, ciudad, pueblo etc. en un punto geográfico exacto que es determinado por medio de ciertas coordenadas, usualmente provenientes de satélites, pero que cabe destacar que también pueden provenir de otros dispositivos como los móviles” (ConceptoDefinicion, 2019).

Para la geolocalización o el posicionamiento de cualquier elemento, la mayoría de técnicas y métodos se basan en la utilización de sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*, Sistema Global de Navegación por Satélite) que pueden definirse como “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”³ (Lamelas Gracias y García Martín, 2019). Esa localización y seguimiento se hace sobre una pantalla alimentada por un equipo informático o receptor que tiene instalado un Sistema de Información Geográfica u otros programas similares que permite utilizar un determinado sistema de referencia (también denominados sistemas de coordenadas). Sin embargo, estos sistemas no funcionan cuando el receptor de la señal se encuentra entre muros o en el subsuelo, dado que no recibe la señal de los satélites que conforman este sistema (Lamelas Gracia y García Martín, 2019).

Una solución a este último problema es la utilización de estos sistemas en *modo relativo*. Este procedimiento consiste en la determinación de las componentes del vector relativo que une dos receptores A y B, donde uno de ellos (por ejemplo, A) se establece como fijo en una posición al aire libre donde se recibe correctamente las señales de satélite que permiten su localización y el otro (B) se encuentra en una zona donde no. Ambos receptores permanecen conectados mediante ondas de radio. Para definir el mencionado

³ Actualmente existen tres sistemas GNSS operativos a nivel global: el americano NAVSTAR-GPS (*NAVigation System and Ranging - Global Position System*), el ruso GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) y el europeo GALILEO *positioning system*. Además, en fase de desarrollo se encuentra el sistema chino BeiDou *Navigation System* (Lamelas Gracias y García Martín, 2019).

⁴ Strava es una red social basada en Internet y GPS enfocada a deportistas como pueden ser ciclistas y corredores y una aplicación de seguimiento GPS deportiva. Tiene su sede en San Francisco.

vector relativo se utiliza la distancia en metros relativa entre ellos, la diferencia de altura, el incremento en coordenadas o la determinación de acimut entre ambas. Este sistema de posicionamiento relativo que se acaba de describir también se puede utilizar sin que uno de los dos receptores se encuentre conectado a un GNSS (en el ejemplo, el dispositivo A). Mediante esta última opción se permite conocer la posición del segundo receptor (o receptores) (en el ejemplo el dispositivo B) respecto al primero (el dispositivo A). Esta opción se utiliza cuando la ubicación de la zona de trabajo en el mapa no es importante (Garrido-Villén, 2019).

Otros métodos que permiten la geolocalización “intra-muros” (dentro de un edificio) son la utilización de la IP (Dirección del protocolo del internet) del terminal, los sistemas de posicionamiento por señal de telefonía móvil o por señal WiFi. Ninguno de ellos es explicado en el presente trabajo dado que en combate de subsuelo no se dispone de conectividad a Internet o señal de telefonía móvil.

Un hecho a reseñar más dentro de este apartado es el riesgo que supone el uso de aplicaciones y dispositivos geolocalizables en operaciones de combate. Por ejemplo, con una pulsera fitness que disponga de capacidad de compartir ubicación, al usarla mientras entrenamos en un acuartelamiento o al estar desplegados en zona de operaciones estamos facilitando nuestra posición al enemigo. Hay hechos constatados de este riesgo hasta tal punto que el ejército de EEUU prohibió en 2018 el uso de cualquiera de estos dispositivos o aplicaciones por el mapa de calor que generó Strava4 (Barba, 2018).

4.1.2.2 Necesidades de geolocalización para la función de mando y control que la sección de infantería tiene en el combate subterráneo.

La función de combate mando “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” (MADOC, diciembre 2018).

En el combate en el subsuelo, debido a las características del entorno en el que se actúa, la función de combate mando se vuelve más importante aún. El entorno complejo y caótico dificulta el enlace físico y las comunicaciones y en definitiva el mantenimiento de la cohesión de la unidad.

El mando y control lo lleva a carga el equipo de mando de la sección en la orgánica del combate subterráneo. El equipo cuenta con un tirador y un observador que se colocan en la zona exterior y ayudan al jefe proporcionando información además de aislar la zona.

El terreno angosto y compartimentado dificulta el mando y control, y las paredes del espacio confinado provocan un apantallamiento de las ondas que hacen ineficaces la mayoría de los elementos radio. Es por ello que una limitación fundamental en el avance de una unidad en este tipo de entornos es el enlace con el escalón superior. Esto nos hace establecer la premisa fundamental en este entorno: el enlace con el escalón superior condiciona la progresión y apoyos y, por tanto, la misión.

En muchas ocasiones la sección se ve obligada a dividirse para poder cubrir mayor cantidad de pasillos y terreno actuando así a nivel pelotón y exigiendo una gran flexibilidad por parte de los mandos, haciendo que el jefe de cada pelotón asuma mucha más responsabilidad en la toma de decisiones (Figura 4). La pérdida de contacto visual es

uno de los mayores problemas que genera el subsuelo y un sistema de geolocalización que mostrara la posición exacta en la galería sería de gran utilidad para el mando a la hora de mover sus tropas y tomar decisiones para cumplir la misión.



Figura 4. Pelotón de reconocimiento en galerías subterráneas. Fuente: Saiz García (2019b).

Podemos diferenciar 5 fases de maniobra en el planeamiento del combate en el subsuelo (Saiz García, 2019c):

1. **Observación y obtención de información:** como en cualquier maniobra militar el reconocimiento previo de la zona es una de las partes más importantes ya que proporciona la información necesaria para el planeamiento de la misión encomendada. El reconocimiento debe hacerse del alrededor de la zona subterránea donde se va a intervenir, llegando hasta la entrada y asegurando que sea una posible vía de acceso a la galería. No se debe entrar en el subsuelo ya que el reconocimiento se hace en pequeños grupos sin la entidad suficiente para afrontar los peligros que presenta el entorno bajo tierra.
2. **Control de zona/aislamiento:** consiste en controlar las entradas y salidas de la zona donde se va a operar para que nadie entre ni salga de ella. La suele llevar a cabo un pelotón que cierra todas las posibles vías de aproximación formando un anillo de seguridad que da protección tanto del exterior como del interior y aísla la zona.
3. **Localización de entrada/s:** en la fase de aislamiento es necesario tener controladas todas las entradas y salidas de la zona donde va a tener lugar la misión (Figura 5). Muchas veces las cuevas y galerías son de varias entradas y salidas y es importante tenerlas todas en vigilancia para que ningún enemigo pueda salir de ellas.
4. **Reconocimiento de la entrada:** una vez controlado el exterior se procede a entrar en la zona subterránea. Para ello es muy importante hacer un reconocimiento exhaustivo de la entrada que se va a utilizar, ya que muy probablemente, si no está protegida, estará trampeada o será de muy difícil acceso.
5. **Reconocimiento y limpieza del subterráneo:** el reconocimiento se puede hacer con medios que no pongan en riesgo la vida de los componentes de unidad, por ejemplo, con medios RPAS o robots de reciente adquisición por parte del ET. La limpieza del subterráneo consiste en cumplir con la misión asignada, que puede variar desde eliminar a un objetivo enemigo a conseguir información de alguna instalación que pueda encontrarse bajo tierra.



Figura 5. Pelotón de reconocimiento localizando y asegurando la entrada por la que van a acceder al subsuelo.
Fuente: Saiz García, 2019c

En este contexto, contar con un sistema de mando y control y un Mapa de Situación Integrado que facilite la gestión del espacio de batalla en todos los ámbitos y la aplicación eficiente de los todos los medios se erige como una de las prioridades en el combate en el subsuelo. Así, se necesita un sistema de seguimiento y gestión del subsuelo en tiempo real (evolución del frente; medidas de coordinación; multitud de acciones simultáneas (ofensivas, defensivas, de canalización del adversario o de ayuda humanitaria, identificación amigo-enemigo, etc.). Este es uno de los puntos destacados de las respuestas recibidas en la encuesta realizada al único integrante de la Brigada Rey Alfonso XIII que posee el curso de combate en subsuelo (Ver Anexo C)

Todas estas ventajas son muy a tener en cuenta a la hora de conseguir una Brigada capaz de cumplir con las misiones que se le asignen en un entorno operativo como puede ser una gran ciudad y donde se puede ver envuelta en situaciones que tenga que intervenir en el subsuelo. Por ello se hace necesaria la adquisición de un sistema de geolocalización que funcione en este ámbito y que facilite el mando y control y la toma de decisiones.

4.2. Sistemas de geolocalización en ambientes cerrados que actualmente hay en el mercado

Como se ha visto en el apartado 4.1.2.1., en ambientes de combate en el subsuelo, la única opción válida de geolocalización es la denominada como sistemas en modo relativo, ya sea con uno de los dispositivos conectado a un sistema GNSS (el que quedaría fuera del entorno subterráneo) o sin que ninguno de éstos estuviera conectado.

A continuación, se describen los diferentes sistemas que se ha encontrado en el mercado que cumplen este requerimiento, por lo que potencialmente son adecuados para su uso por parte del ET para el combate en el subsuelo en el Horizonte 2035 caracterizado anteriormente, dado que facilitan la función de mando y control descrita en el apartado 4.1.2.2.:

4.2.1. Radio Spearnet

La radio diseñada por la empresa Exelis⁴ (Figura 6) se presenta como una de las radios más ligeras y versátiles comprobadas en combate que implementan, además de la gestión de redes inalámbricas avanzadas, el intercambio de datos, imágenes e incluso vídeos. La integración inalámbrica proporciona voz y un receptor GNSS incrustado en la carcasa permite la localización de cada individuo. Todas sus cualidades y prestaciones (a excepción de la de geolocalización) se mantienen en ámbitos difíciles como túneles, bodegas de barcos y alcantarillados. Usa un sistema de comunicación de infraestructura IP lo que le permite conectarse con ordenadores, sensores y cámaras (Exelis, 2019).

Es una radio liviana, robusta y fácil de usar. Tiene un rango máximo de unos 2 kilómetros ente estaciones de radio, aunque se ha comprobado que se pueden alcanzar los 6 kilómetros utilizando varios hops⁵ (Exelis, 2019). Actualmente es la que se está integrando en las unidades del ET, aunque dista mucho de estar disponible para las secciones y pelotones de todo el ET)



Figura 6. Radio Spearnet. Fuente: <http://www.ejercito.mde.es/materiales/transmisiones/Spearnet.html>

4.2.2. Radio Harris Falcon III RF-7850S

La radio empleada por el ejército americano se presenta como una de las mejores opciones y más avanzadas tecnológicamente del mercado. Está pensado para su uso a nivel Pelotón y Sección y ofrece una gran seguridad en las comunicaciones. Tiene varios modos de funcionamiento y tiene la capacidad de transmitir voz, datos y posicionamiento GNSS de manera simultánea. Se forman automáticamente relés, que permite aumentar el alcance de las comunicaciones. Algunos de los beneficios clave que presenta esta radio son (L3HARRIS, 2019):

- Voz optimizada e informes de posición de tropas garantizados de cada soldado.
- Diseñado para una configuración simple y actualizaciones para soldados en movimiento.

⁴ Exelis era una empresa global de servicios aeroespaciales, de defensa, de información y servicios que en 2015 pasó a formar parte de la empresa estadounidense Harris, contratista de defensa y desarrollador de tecnología de la información.

⁵ En telecomunicaciones, un salto es una parte del viaje de una señal desde la fuente al receptor.

- El conjunto de formas de onda avanzadas S-TNW permite la operación tanto de banda ancha como de banda estrecha en el borde táctico.
- Rastreador de fuerza de tierra L3Harris integrado estándar con capacidad de sistemas de gestión de batalla.
- Proporciona sistema de banda ancha y de banda estrecha para utilizar dependiendo de la situación y la cantidad de ancho de banda necesario.



Figura 6. Harris Falcon III RF-7850S. Fuente: harris.com

4.2.3. Radio Squadnet

La nueva radio de Thales⁷ está diseñada para ser utilizada en los escenarios de guerra modernos y futuros. Es una radio de soldado, pensada para el uso a nivel pelotón y sección. Es la más pequeña y ligera del mercado, con un gran alcance Punto a Punto y con capacidad de conexión en red para una comunicación más fiable. Permite el intercambio de imágenes, mensajes y datos y tiene la capacidad de seguimiento de posición del usuario cada 4 segundos incluso en entornos difíciles como túneles o cuevas. Incorpora Bluetooth. La capacidad de enrutamiento automático habilita la cobertura en entornos adversos como lo pueden ser escenarios del subsuelo. La duración es superior a 24 h y dispone de 2 baterías de repuesto. Tiene un alcance en un salto de unos 2 km (Thales, 2019).

Sus datos de posición pueden transmitirse con seguridad por Bluetooth a un dispositivo Android para que los usuarios puedan conocer no sólo su posición, sino también la de sus compañeros. La aplicación Android que ofrece esta función también permite a los soldados aprovechar las redes IP (como 3G, LTE o Wi-Fi) para crear una conexión compartida, ampliando su campo de operaciones. Gracias a esta potente función es posible transformar escuadrones dispersos de infantería en operadores totalmente conectados y coordinados en el escenario de la operación (Thales, 2019).

El seguimiento en tiempo real de las fuerzas amigas (Blue Forces) posibilita operaciones más coordinadas y seguras a nivel de escuadrón, pelotón y compañía. SquadNet puede integrarse con diferentes aplicaciones de en los que el implicado necesite tener consciencia de dónde se encuentra concretamente situado dentro de un escenario (Thales, 2019).

Sus beneficios y puntos fuertes son (Thales, 2019):

- Comunicaciones robustas a nivel de pelotón
- Alcance punto a punto de hasta 2,5 km.
- Modo de retransmisión automática.
- Seguimiento de fuerzas amigas (Blue Force Tracking).
- Conciencia situacional.
- Solución de radio compacta y ligera.
- Duración ampliada de las misiones: batería de 28 horas.
- Comunicaciones seguras mediante redes IP.



Figura 8. Radio Squadnet. FUENTE: Thales (2019)

4.2.4. Sistemas RealTrack Systems

La empresa RealTrack Systems desarrolla sistemas y dispositivos de geolocalización relacionados con el rendimiento deportivo. En este contexto, esta empresa almeriense ha diseñado un sistema para controlar el posicionamiento de un individuo en todo momento usando un sistema de estaciones que crean un campo de ondas en un lugar cerrado (Realtrack Systems, 2019). Actualmente, como se ha indicado, es un sistema de posicionamiento a nivel deportivo, pero su concepto podría ser útil también para un sistema de alcantarillado o subterráneo en el que actúe una Sección de infantería.

Las pruebas en deportes como balonmano y baloncesto han resultado un éxito rotundo y se han elaborado informes que valoran los ensayos realizados.

Este nuevo sistema abre un mundo de posibilidades en muchos ámbitos, desde el deportivo, como la posibilidad de obtener datos como la distancia recorrida o la velocidad de un individuo, hasta el ámbito de Defensa, siendo utilizado como sistema de posicionamiento en ambientes en los que se puedan instalar las estaciones que reciben las señales de los localizadores y que generan un esquema del escenario en el que se emite gracias al choque de las ondas con el terreno (Realtrack Systems, 2019).

La implementación con el sistema TALOS o con el BMS supondría un salto de calidad en la localización y posicionamiento del elemento de combate a pie en el ET (Ver Anexo G para resumen del informe).

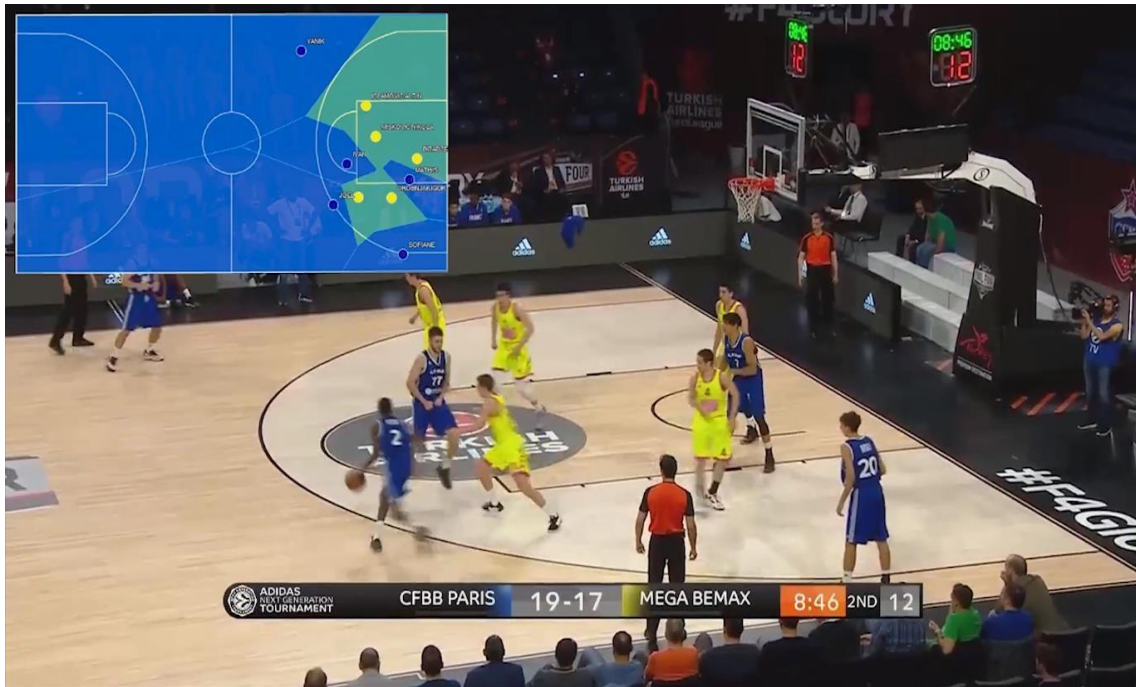


Figura 9 Prueba realizada en un partido de baloncesto
FUENTE: <https://www.youtube.com/watch?v=48-NbsZBFqM&t=226s>

4.3. Análisis de las ventajas y limitaciones de los sistemas de geolocalización del mercado

Tal y como se ha señalado en el apartado de “Materiales y métodos”, para el análisis y valoración de los sistemas descritos en el anterior apartado se ha empleado la herramienta Radar Chart. Las valoraciones se han realizado en dos reuniones de trabajo conjuntas con los dos expertos de la unidad de prácticas en el ámbito de las comunicaciones, posicionamiento e inteligencia: el Tte. Ayala (Jefe de la Sección de Transmisiones de la 5º Cía de la VII BRA) y el Sgto. 1º Arkaitz (encargado de G5 de la Brigada, Área de Inteligencia). Además de aportar sus conocimientos objetivos sobre la materia, se han tenido en cuenta las pruebas realizadas por la BRIEX con algunos de los sistemas a valorar y los informes que se han realizado a partir de estos ejercicios realizados en el CMT “Álvarez de Sotomayor” (Ver Anexos D, E, F y G).

4.3.1. Radio Spearnet

- Posicionamiento: 3 puntos sobre 5 dado que no existe posibilidad de posicionamiento relativo. Además, los ejercicios realizados en bosques y zonas con poca accesibilidad para los satélites como bodegas de los barcos de la armada, han demostrado que el sistema de posicionamiento pierde mucha funcionalidad en estos escenarios. Debido a este problema y la falta de desarrollo de la empresa en desarrollar esta capacidad, las unidades especializadas del ET en combate en el subsuelo no utilizan esta radio teniendo presente su funcionalidad de posicionamiento.

- Comunicaciones: 4 puntos sobre 5 debido a que combina una gran capacidad de transmisión de datos con su capacidad de integración en redes telefónicas y poder ser configurado como un Router con conexión USB, además de la transmisión de datos. Esto permite que la sección esté comunicada en todo momento dentro del subsuelo.

- **Peso y Tamaño:** 4 puntos sobre 5 dado que es radio pequeña y ligera que se protege con una funda con un enganche para colocarla al chaleco del individuo y ser fácilmente transportable durante su uso. No obtiene la máxima puntuación porque es algo sensible, siendo fácil la pérdida de enlace con pequeños golpes o caídas.
- **Batería:** 2 puntos sobre 5 debido a que su autonomía es de sólo 24 h.
- **Otras prestaciones:** 5 puntos sobre 5 porque uno de los alcances más extensos del mercado para radios diseñadas a nivel pelotón y sección, funcionan hasta una distancia de 3000 metros.

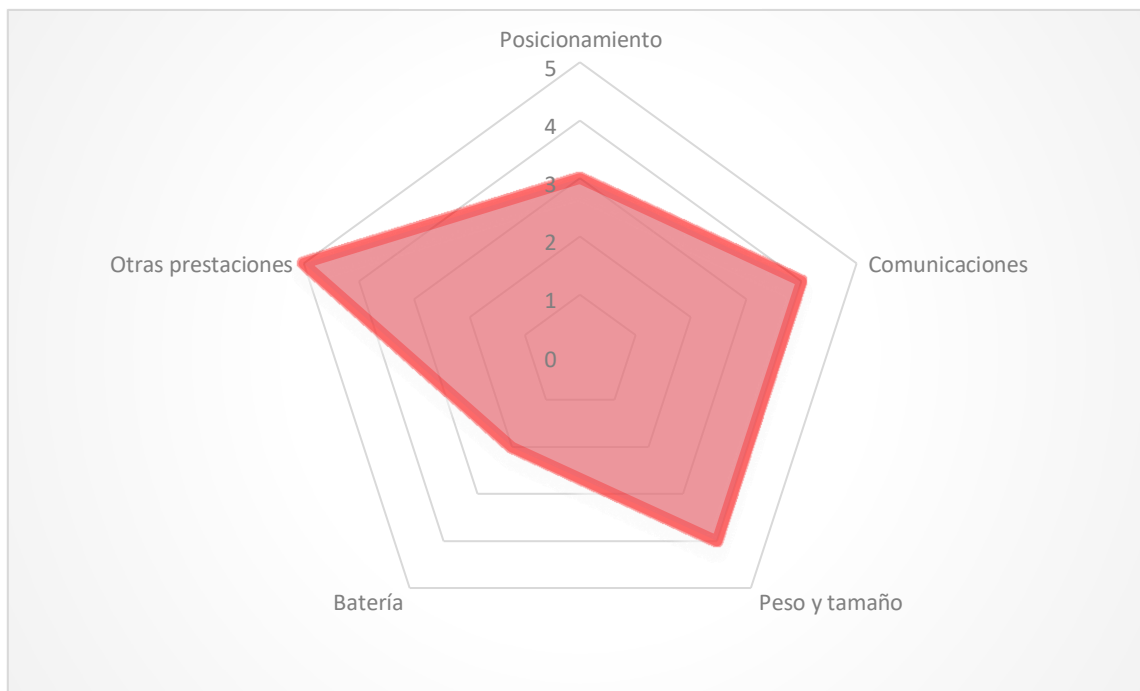


Figura 10. Radar Chart de la radio Spearnet. Fuente: Realización propia.

4.3.2. Harris Falcon III RF-7850S

- **Posicionamiento:** un 1 sobre 5 puntos. Se han realizado varios ensayos con esta radio y su sistema de posicionamiento, dando bastantes fallos en terrenos difíciles como bosques o edificios. Una prueba realizada en ambiente subterráneo en unas minas abandonadas en Almería demostró que el sistema de posicionamiento de la Harris Falcon no funciona correctamente bajo tierra siendo necesaria una estación que se sitúe fuera del entorno subterráneo y con la que sea capaz de enlazar el satélite, limitando mucho su capacidad de actuación en los ambientes que nos interesan para el entorno del horizonte 2035.
- **Comunicaciones:** 4 puntos debido principalmente al ancho de banda en el que permite actuar la radio. Posibilidad de operar tanto en banda ancha como en banda estrecha, que podría solucionar uno de los problemas en las comunicaciones del ejército. Además, permite la interacción entre las radios actuando como reles para alcanzar un enlace a mayor distancia.
- **Peso y tamaño:** 4 sobre 5 puntos debido a la morfología. Es una radio ligera y compacta que no ocupa mucho espacio, útil para el combatiente a pie que la puede llevar con el resto del equipo en el chaleco sin que esta le moleste para la realización de fuego o el cambio de arma entre larga y corta.

- **Batería:** La batería es una batería potente con duración aproximada de 22-24 h. Dispone de otras dos baterías recargables de repuesto haciendo que la vida de la radio se alargue hasta casi los 3 días sin recargar las baterías. Esto le proporciona una gran autonomía y capacidad de realizar operaciones de media duración (explicar que las operaciones de media duración superan las 24 h y no las 72 h) sin necesidad de repostar la batería. Por esto 4 sobre 5 puntos es una valoración acertada.

- **Otras prestaciones:** 5 sobre 5, Es de las radios más avanzadas tecnológicamente del mercado con una gran capacidad de envío de datos y que dispone de varias capacidades auxiliares que le dan calidad.



Figura 11 Radar Chart de la radio Harris Falcon III RF-7850S
FUENTE: Realización propia

4.3.3. Radio Squadnet

- **Posicionamiento:** 4 sobre 5 puntos, es el mejor sistema de geolocalización que funcione en el subsuelo ya que además del sistema por GPS tiene la capacidad de emitir su posicionamiento cada 4 segundos por medio de Bluetooth y un sistema de conciencia situacional que ha demostrado que realmente funciona en varios ejercicios realizados en ambiente subterráneo. Funciona con el sistema SABRE, parecido y de misma utilidad que el BMS, pero para personal a pie.

- **Comunicaciones:** un 5 de 5. Es una radio diseñada para nivel sección y pelotón, que ofrece robustas comunicaciones siendo difícil la pérdida de señal, aun en entornos difíciles como bosques o edificaciones. El alcance entre radio y radio llega a los 2,5 kilómetros añadiendo a esto la capacidad de actuación por relés que llevan integrada, solucionando también el problema del ancho de banda que actualmente tiene el ET.

- **Peso y tamaño:** Es una radio ligera que no ocupa mucho espacio, ideal para el soldado en situaciones exigentes, aunque es algo sensible a los golpes y caídas.

- **Batería:** un 5 sobre 5 puntos debido a que cuenta con una batería de larga duración, de unas 28h, además de las dos baterías de repuesto.
- **Otras prestaciones:** 4 de 5 para este apartado. La nueva radio de la empresa *Thales* es una de las radios más avanzadas tecnológicamente del mercado. Ofrece diversas prestaciones como el modo de retransmisión automática, la capacidad de integración con otros sistemas de comunicaciones y la posibilidad del envío de información y archivos como imágenes.

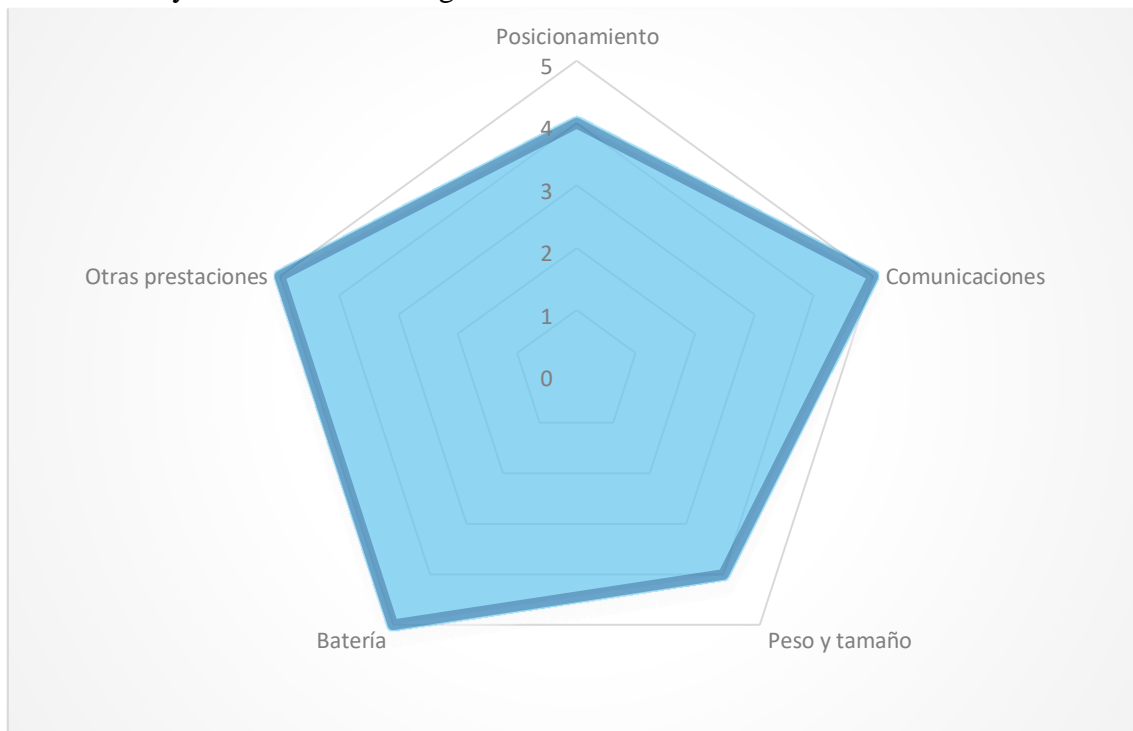


Figura 12 Radar Chart de la radio Squadnet
FUENTE: Realización propia

4.3.4. Real Track Systems

- **Posicionamiento:** 4 puntos sobre 5 después de la valoración debido a que a pesar de ser un sistema muy válido para entornos del subsuelo y ambientes donde el GPS no funciona, todavía no se han realizado pruebas en el ámbito militar y está en proceso de desarrollo y mejora.
- **Comunicaciones:** un 1 sobre 5 porque no dispone de sistema de comunicaciones, simplemente de la aplicación para recibir y poder visualizar el posicionamiento de cada una de las señales.
- **Peso y tamaño:** es un sistema algo complejo y el problema de transporte de las estaciones y la necesidad de instalarlas en diferentes zonas de entorno donde se va a operar son dos de los principales problemas de este sistema. Por ello un 2 en peso y tamaño es la valoración en este campo.
- **Batería:** la mayor puntuación, 5 sobre 5. La batería no sería un problema ya que los dispositivos que emiten la señal de cada individuo funcionan con una batería que dura alrededor de una semana.

- Otras prestaciones: 4 sobre 5 puntos. Una gran capacidad de intercambio de datos a una gran velocidad es uno de los puntos fuertes de esta opción, que permite el envío de imágenes e incluso vídeos a las terminales del sistema. Permite el implemento de este sistema con el Talos y el BMS supondría un gran avance en el ET en cuanto a posicionamiento se refiere, incluso se podría trabajar con el C2NEC en pruebas simultáneas buscando un solo sistema para todo el ejército, incluso para todas las FAS.

La falta de pruebas en el ámbito militar es una de las principales razones para el descarte de esta opción, sin embargo, se tiene muy presenta para posibles investigaciones futuras, no sólo para ambientes subterráneos.

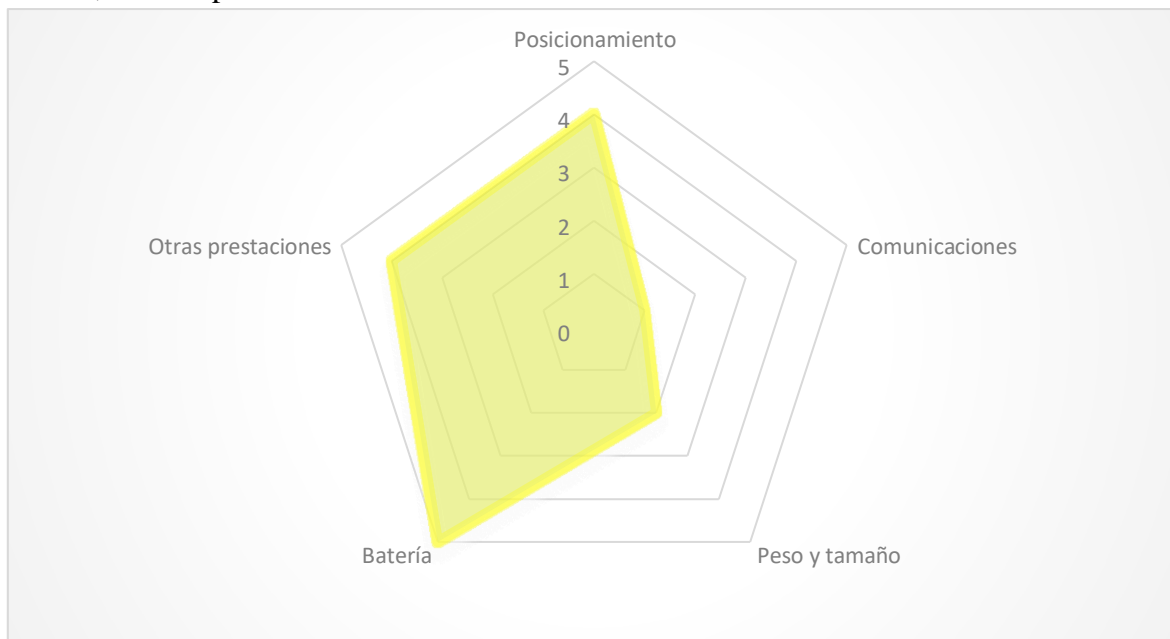


Figura 13 Radar Chart Real Track Systems
FUENTE: Realización propia

De forma complementaria a las consideraciones realizadas y a los gráficos de Radar Chart obtenidos, la Tabla 1 resume los puntos fuertes y limitaciones de cada uno de los sistemas analizados.

	Puntos fuertes	Limitaciones
Spearnet	Buen alcance, hasta 3000 m Ya está en dotación en el ET Ligera y pequeña Gran capacidad de transmisión de datos	Batería mediocre, hasta 12 h Pérdida de enlace con caídas y golpes Pérdida de señal de posicionamiento en subsuelo
Harris	Tecnología avanzada Banda ancha de frecuencia Permite actuar como relé Buena autonomía de la batería	Posicionamiento falla en ambientes adversos

	Ligera y compacta	Pérdida de enlace en subterráneo
Squadnet	Tecnología avanzada Integración con otros sistemas Gran alcance Buena autonomía de la batería Posicionamiento y comunicaciones funcionan en entornos difícil y del subsuelo	Precio elevado Algo frágil con respecto a caídas y golpes
Real Track Systems	Intercambio de datos a gran velocidad Funciona en entornos de subsuelo Gran autonomía del sistema Posibilidad de implementación con otros sistemas	Equipo difícil de instalar (necesario uno o dos operarios instruidos) Falta de pruebas en ámbito militar Sistema en desarrollo

Figura 14. Tabla resumen de la valoración
FUENTE: Realización propia

A la vista de los resultados obtenidos, se ha elegido la radio Squadnet dado que tiene la capacidad de envío de posicionamiento en ambientes de subsuelo utilizando métodos alternativos a la señal directa de GNSS, como Bluetooth, o la posibilidad de instalar una estación externa al subsuelo que actúe como enlace, implementándose así el posicionamiento relativo descrito en el apartado 4.1.2.1. Además, junto a esto, es una de las mejores radios del mercado tecnológicamente hablando, con una gran autonomía y capacidad de comunicación. y la capacidad de envío rápido de datos mejorando el ancho de banda en las comunicaciones del ejército. Todas estas condiciones la convierten en la radio ideal para utilizar en ambientes del subsuelo.

4.4. Identificación de medidas para implementación del sistema elegido en las unidades del ET

El primer paso después de la elección del sistema sería la adquisición y la posterior incorporación a las unidades que lo van a usar. La primera unidad en recibir este sistema sería la BRIEX y unidad de referencia en el combate en el subsuelo, la Brigada “Rey Alfonso XIII” II de la Legión”. Además, se espera que esta Brigada esté lista y operativa en el año 2024, con lo que agregarle nuevo equipo y material de combate supondría un avance para cumplir con este objetivo, además de la instrucción en el uso de los nuevos medios que adquieren los componentes de esta unidad.

Ya se han realizado algunos ejercicios de prueba con esta radio comprobando su gran funcionalidad en combate. Los ejercicios realizados han demostrado la gran

capacidad de comunicación de la radio, además del sistema de posicionamiento que ofrece (ANEXO F).

Al ser una radio de sencillo manejo no haría falta ningún tipo de personal especializado ni cursos para aprender a usarla. La radio cuenta con un manual en varios idiomas que explica sus diferentes tipos de funcionamiento.

La unidad con preferencia de uso de este sistema sería la 2º Compañía de la VII Bra., en la que se encuentra el Tte. Saiz, responsable del curso del combate en el subsuelo y de la instrucción en este ámbito de la unidad, ya que sería la que más partido la sacaría para este tipo de combate.

Una vez a disposición en la unidad se dispondría a utilizarlas en ejercicios de maniobras y temas tácticos de ambiente subterráneo. La gran cantidad de instalaciones en el campo de maniobras “Álvarez de Sotomayor” en Almería permitiría poner a prueba el nuevo sistema en condiciones extremas como cuevas, minas o alcantarillados.

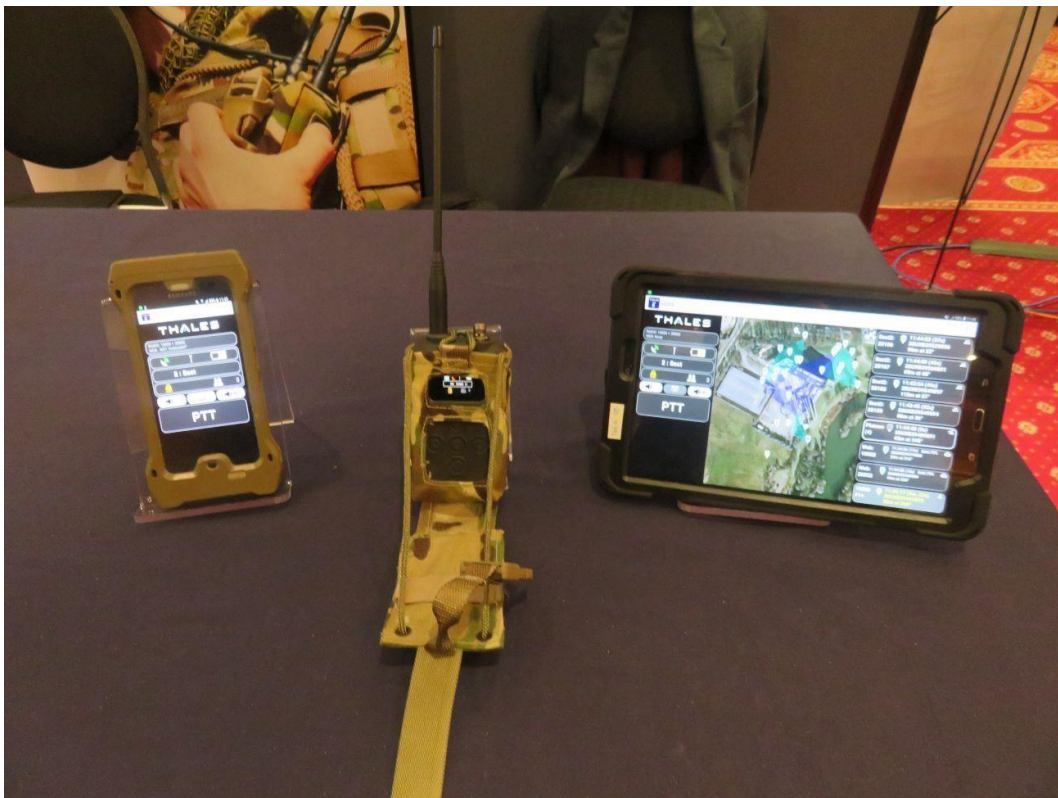


Figura 15. Radio Squadnet con su sistema de posicionamiento enviado a la Tablet. FUENTE: Ebbutt (2019)

Capítulo 5. Conclusiones

5.1. Conclusiones

Después de la realización del trabajo podemos sacar varias conclusiones de cada uno de los objetivos planteados previamente:

- Podemos decir que el combate en el subsuelo seguirá siendo como es en el horizonte 2035. Es cierto que algunos medios que se utilicen cambiarán, y facilitarán las operaciones en este entorno, pero los peligros y la desventaja que supone para una unidad de la fuerza combatir aquí seguirán existiendo en el futuro. La función de mando y control es la más importante de todas. Se ha podido observar en diferentes ejercicios realizados

en las prácticas como cuando el jefe de una unidad pierde el contacto con los componentes de la misma le resulta prácticamente imposible llevar un control de la situación y continuar con el cumplimiento de la misión. Mejorar la comunicación y, sobretodo, el posicionamiento de cada elemento de combate a pie, es un elemento de mejora clave para los Jefes de unidad (Sección o Pelotón) muy importante para asegurar el éxito de la misión.

- Los sistemas de posicionamiento que actualmente hay en el mercado, en su gran mayoría, funcionan con sistema GNSS que, bajo tierra, pierda eficacia. Hay muy poca variedad de sistemas que funcionen correctamente en el subsuelo ya que es un ámbito sobre el que todavía se está investigando. La falta de información sobre estos sistemas y su utilización ha sido una gran dificultad en el trabajo.

- Junto al punto anterior, es necesario reseñar que la falta de ejercicios y pruebas en subsuelo con los medios que se han valorado es otro de los mayores problemas del trabajo. Es cierto que se han realizado ensayos en entornos como bosques o entornos cerrados de difícil cobertura, pero hay pocos que se hayan realizado en túneles o cuevas y de los que se hayan realizado informes. Aunque en la actualidad el análisis realizado indica que la radio Squadnet es la que se erige como la más adecuada, sería necesario realizar más pruebas empíricas para confirmar este extremo.

- Este tipo de medios es muy necesario para el combate en escenarios bajo tierra, el riesgo que supone las operaciones en los mismos se reduciría si se tuviera localizado y en contacto con cada miembro de la sección y pelotón. Además, sería importante concienciar a la gente de la importancia del uso de este tipo de medios, además de la importancia táctica que tiene, por su propia seguridad.

5.1.1. Opinión personal

Como oficial del Ejército de Tierra soy muy consciente de la importancia que tiene la función de mando y control, sobretodo y más si cabe aun, en entornos como el subsuelo o alcantarillados. La falta de enlace y de visión entre los propios componentes de la unidad dificulta mucho la operación.

Durante las prácticas realizadas en la Brigada “Rey Alfonso XIII” II de la Legión, tuve la oportunidad de participar en unas jornadas de combate en el subsuelo durante una semana, en la que se realizan varios ejercicios en minas y alcantarillados, además de repartir diferentes teorías y conocer el equipo disponible en la unidad que se emplea en estas operaciones.

El curso lo impartieron 7 mandos de la Brigada a otros oficiales y suboficiales que vinieron a recibir instrucción en este ámbito. A la cabeza estaba el Tte Javier Saiz García, jefe de la I Sección de la 2º Cía de la VII Bra., el cual me explicó la carencia que existe actualmente en el ejército en medios adquiridos para este tipo de misiones y lo útil que podría llegar a ser un sistema de posicionamiento a nivel sección en una operación así.

Desde mi punto de vista la función de mando y control debe ser constante en una operación, lo que se conseguiría con la adquisición de medios como la radio Squadnet, y

la seguridad de los miembros de la unidad es lo más importante de todo, lo que mejoraría sin ninguna duda si pudiéramos localizar a cada uno en todo momento.

La mayor dificultad del trabajo la he encontrado en la falta de información de este tipo de medios en el entorno del subsuelo, tanto en la unidad como en internet. Al ser un ámbito todavía en desarrollo es difícil encontrar un sistema con garantías de que funcione.

5.2. Posibles líneas futuras

El enemigo está en constante cambio, así como los escenarios de enfrentamiento, es por eso que no debemos dejar de mirar hacia adelante intentando mejorar siempre los medios y los procedimientos de los que dispongamos.

Como se ha indicado en las conclusiones, sería bastante útil poner a prueba la radio Squadnet en ambientes que no se haya hecho previamente, como por ejemplo en subterráneos de edificios o en cuevas más profundas.

Como posible investigación futura se podría intentar que todo el ET hablara el mismo idioma en cuanto a geolocalización se refiere, es decir, que todos emplearan el mismo sistema, por ejemplo, el sistema en desarrollo C2NEC, que integra tanto vehículos como piezas de artillería. A esto incluirle el elemento de combate a pie posicionado con la radio u otros sistemas más sencillos para entornos que no fueran bajo tierra. Una forma de gestionarlo sería con el uso de filtros para ver las unidades que nos interesasen en cada momento.

La adquisición de otros sistemas de posicionamiento y geolocalización por parte del ejército también sería una opción viable siempre y cuando se pudieran integrar en el sistema C2NEC y con la radio Squadnet, para que todo estuviera en la misma red.

Actualmente ya se está investigando una nueva tecnología que deje obsoleta al GPS. EEUU, y en concreto la empresa *Mayflower*, están realizando pruebas utilizando satélites y sistemas inerciales que incluso son capaces de usar la localización señales de radio ajenas o señales de wifi o televisión. También se está investigando en el ámbito de la física cuántica, que aportan soluciones al problema del ancho de banda y la necesidad de cobertura en espacios y escenarios que actualmente es difícil tener.

La realización de este mismo trabajo dentro de unos años podría ser una línea futura ya que es muy probable que existan nuevos medios y sistemas de geolocalización y mucha más información acerca del tema.

Capítulo 6. Bibliografía

- Alonso, L. (1994). Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales. Madrid: Síntesis. En García Hernández et al., *La Entrevista*, Universidad Autónoma de Madrid.
- Barba, M. (2018): *El ejército americano dice no a los wearables con geolocalización*. Publicado en Blogthinkbig.com. (Disponible en: <https://blogthinkbig.com/ejercito-geolocalizacionstrava>). (Consulta: octubre de 2019).
- ConceptoDefinición: *Geolocalización* (Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/geolocalizacion/>) (Consulta: octubre de 2019).
- Cuartel General de la Fuerza Terrestre (2018): Plan de Experimentación “Estudios Fuerza 2035 y Brigada Experimental”.
- Directiva 03/18: *Estudios Fuerza 2035 y Brigada Experimental*. Estado Mayor del Ejército.
- Ebbutt, G. (2019): Thales UK marketing Squadnet soldier radios with frequency-hopping. Publicado en: Jane’s 360.com (Disponible en: <https://www.janes.com/article/87266/thales-uk-marketing-squadnet-soldier-radios-withfrequency-hopping>).
- Estado Mayor del Ejército, 2018: *Brigada como Sistema De Combate Integral*.
- Estado Mayor del Ejército, 2018b: *Plan de la Brigada Como Sistema de Combate Integral*.
- Exelis, (2012): *SpearNet™ Team Member Radio*. (Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwj2uPnRmsnlAhUlzoUKHUQQAoYQFjADegQIBhAK&url=https%3A%2F%2Fwww.tadte.com.tw%2Fgetfile%3Fsource%3DC619278905636CEA90F4B167A006E1851E8C8EB5B141D717F34EA33843B733E247C87CBC06F29658A24D789C0CAC1E94DDA3C19C13BE3871633DBC4D6B1327A8D511B87667D3080EDADA88644A06DF605458C3D0F8949B7%26filename%3DE88FBECA740F22D581B694AB2A9CF3B9D4E9786DFA0026DA02D1DE3DCEB210BC&usq=AOvVaw32XG8pGuroLUzYKuM4Uo_b).
- Garrido-Villén, N. (2019): Posicionamiento GNSS absoluto y relativo. Posicionamiento GPS. (Disponible en <https://nagarvil.webs.upv.es/posicionamiento-gnss-absoluto-relativo/>) (Consulta: octubre de 2019).
- Informe de Real Track Systems: Anexo G:
<http://www.realtracksystems.com/wpcontent/uploads/2018/11/Validez-y-fiabilidad-de-un-dispositivo-inercial-WIMUProTM-para-el-an%C3%A1lisis-del-posicionamiento-en-balonmano.pdf>
- Lamelas Gracia, T. y García Martín, A. (2019): *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.
- HARRIS (2019): L3Harris Falcon III® RF-7850S SPR™ Advanced Wideband Secure Personal Radio. (Disponible en <https://www.harris.com/solution/harris-falcon-iii-rf-7850s-spradvanced-wideband-secure-personal-radio>) (Consulta: octubre de 2019).
- MADOC (Mando de Adiestramiento y Doctrina) (septiembre 2018): *Entorno Operativo Terrestre Futuro*. Ejército de Tierra.

- MADOC (Mando de Adiestramiento y Doctrina) (febrero 2015): *Combate en el Subterráneo, Doctrina, Preparación y Tecnología*. Ejército de Tierra.
- MADOC (Mando de Adiestramiento y Doctrina) (diciembre 2018): *PDI-001. Empleo de las Fuerzas Terrestres*. Ejército de Tierra.
- Nueva Sociedad, *Los peligros de la guerra asimétrica*, octubre 2019, <https://nuso.org/articulo/los-peligros-de-la-guerra-asimetrica>
- Realtrack Systems, 2019: <http://www.realtracksystems.com/es/inicio2/> (Consulta: octubre de 2019)
- Ribeca, S. (2019): *The Data Visualisation Catalogue: Radar Chart* (https://datavizcatalogue.com/methods/radar_chart.html) (Consulta: octubre de 2019).
- Saiz García, J. (2019): *El entorno del subsuelo*. Materiales docentes para tareas de Instrucción y Adiestramiento de la Brigada Rey Alfonso XIII.
- Saiz García, J. (2019b): *La Sección en el combate en el subsuelo*. Materiales docentes para tareas de Instrucción y Adiestramiento de la Brigada Rey Alfonso XIII.
- Saiz García, J. (2019c): *La planificación en el combate en el subsuelo*. Materiales docentes para tareas de Instrucción y Adiestramiento de la Brigada Rey Alfonso XIII.
- Thales (2019): Presentamos nuestra nueva e innovadora radio de soldado: Squadnet (Disponible en: <https://www.thalesgroup.com/es/radio-de-soldado-squadnet>) (Consulta: octubre de 2019).
- Visión «FUERZA 35» del Jeme http://www.ejercito.mde.es/personal/jeme/mensajes_discursos/vision_fuerza_2035.html

Capítulo 7. Anexos

Anexo A Tipos de Brigadas

Anexo B Composición de una sección para
el combate en el subsuelo

Anexo C Entrevista realizada al Tte. D. Javier Saiz García

Anexo D Informe de la radio Spearnet Realizado por el Cap. D Carlos
Nogueira Vázquez

Anexo E Informe Radioteléfono Harris rf-7850s
de Inf. D. Manuel Camacho Albiñana

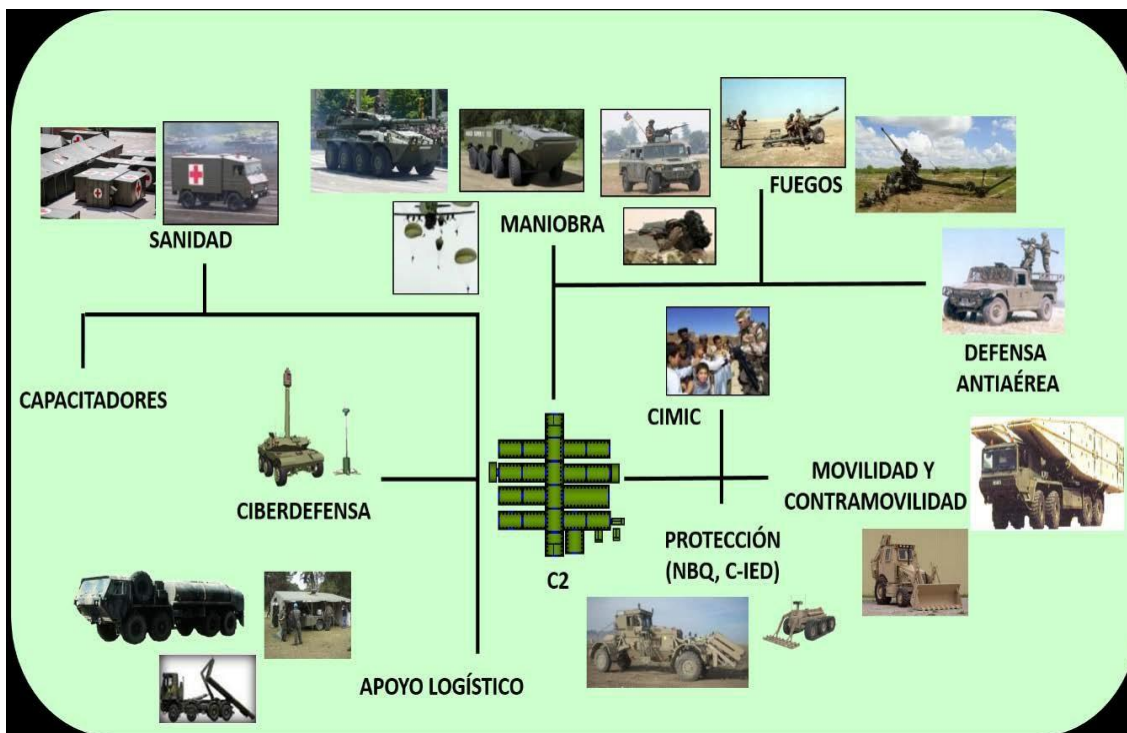
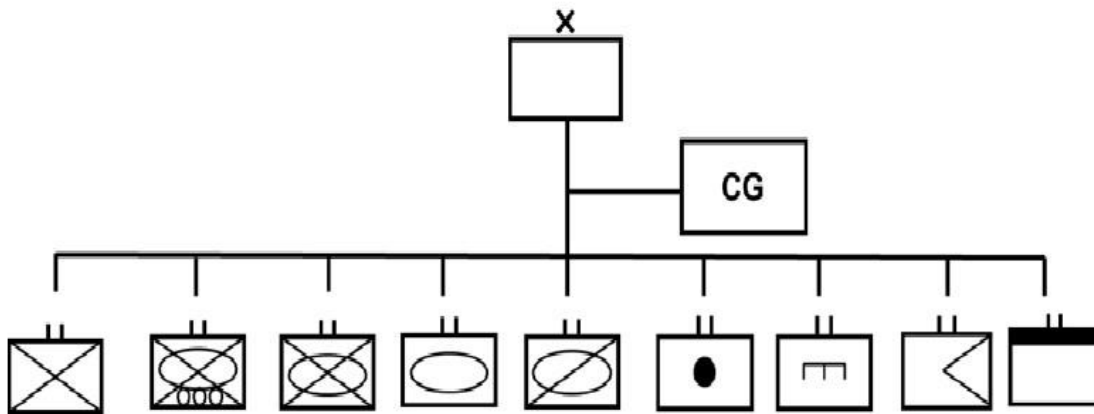
Anexo F Informe de la Radio Squadnet realizado por el Tte.

Anexo G Resumen Informe de Real Track Systems de
pruebas realizadas en espacio cerrado para
balonmano

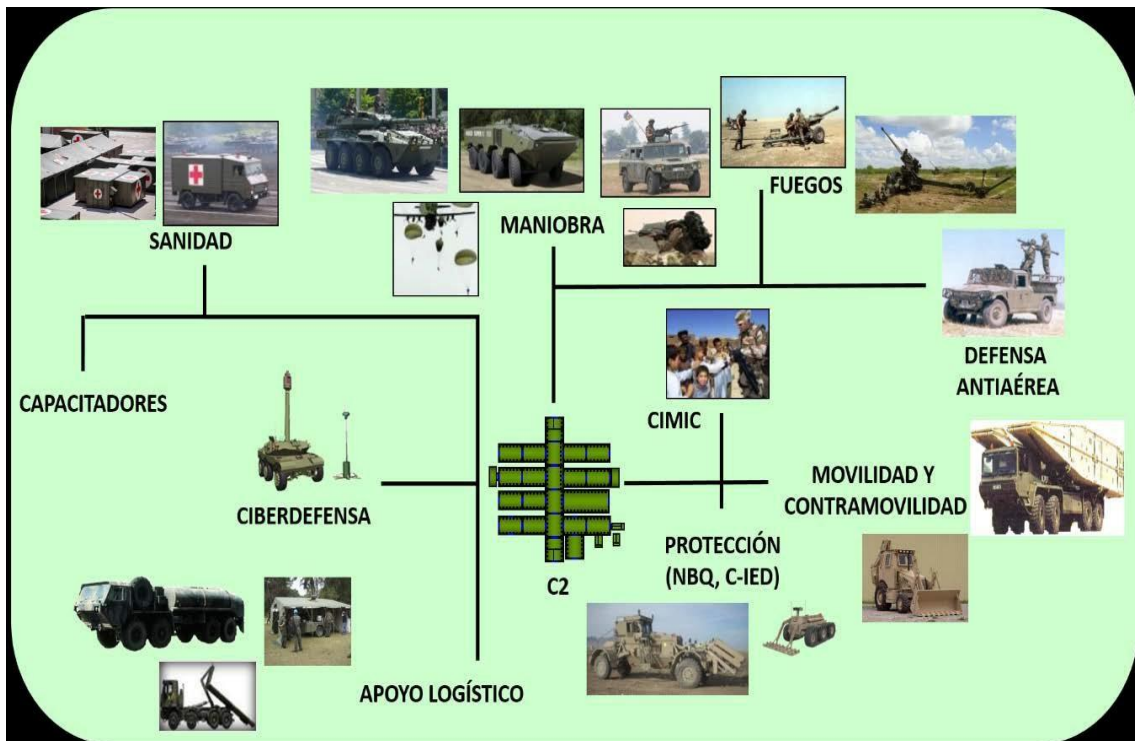
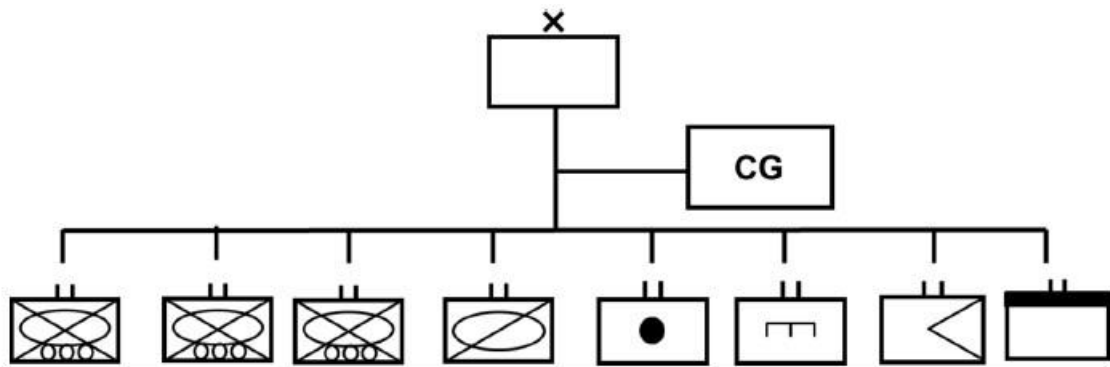
Anexo A

Tipos de Brigadas

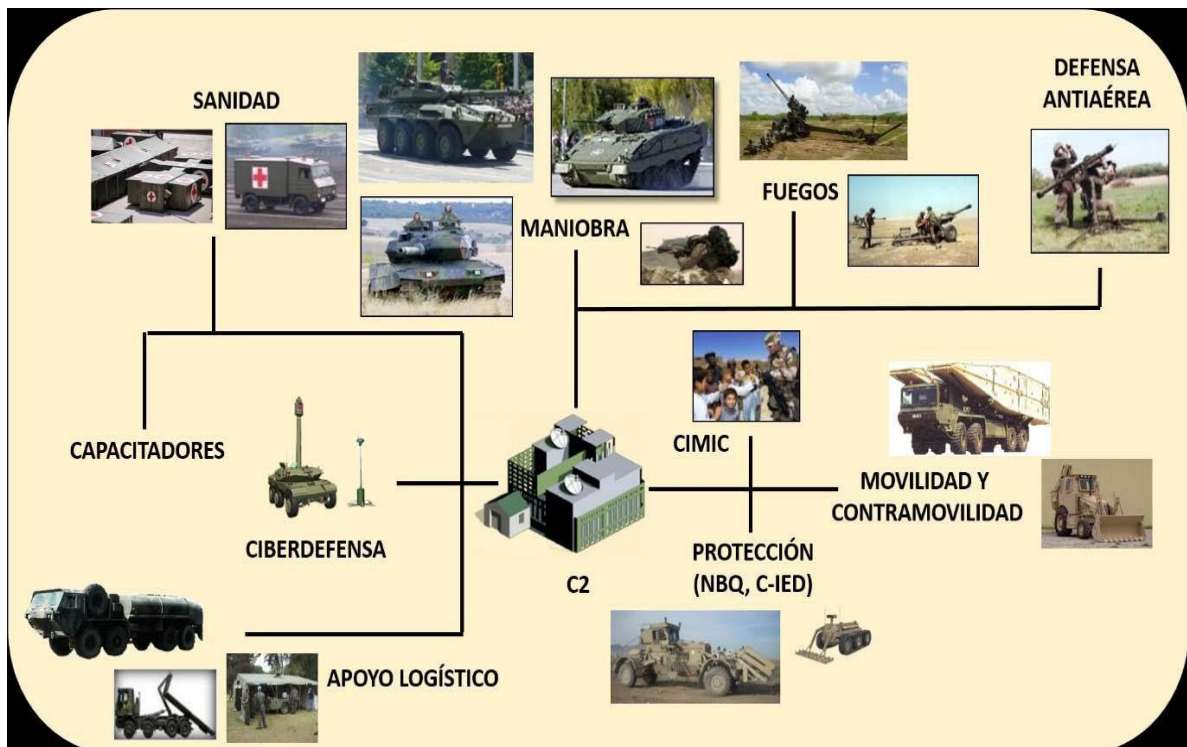
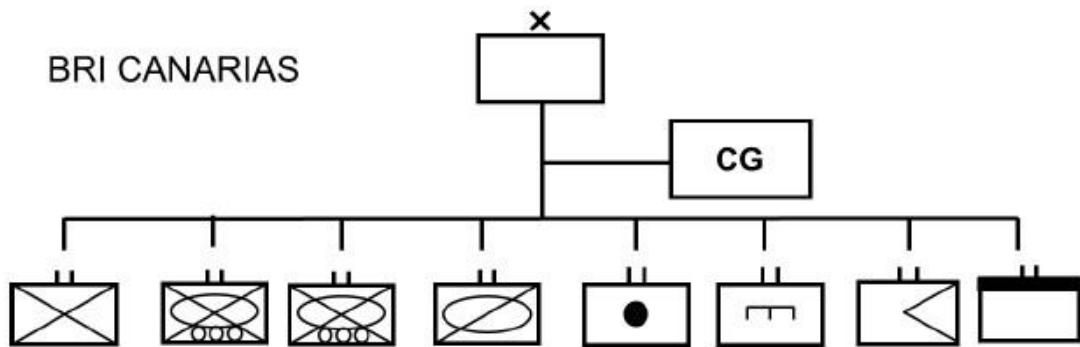
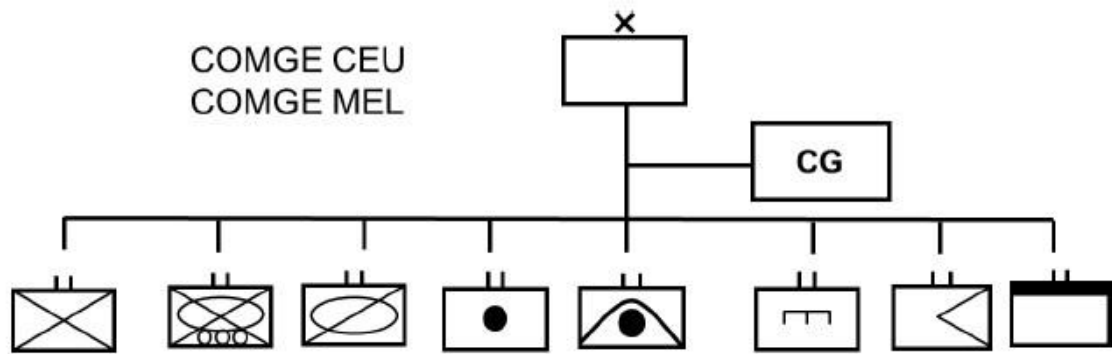
Brigada Tipo A



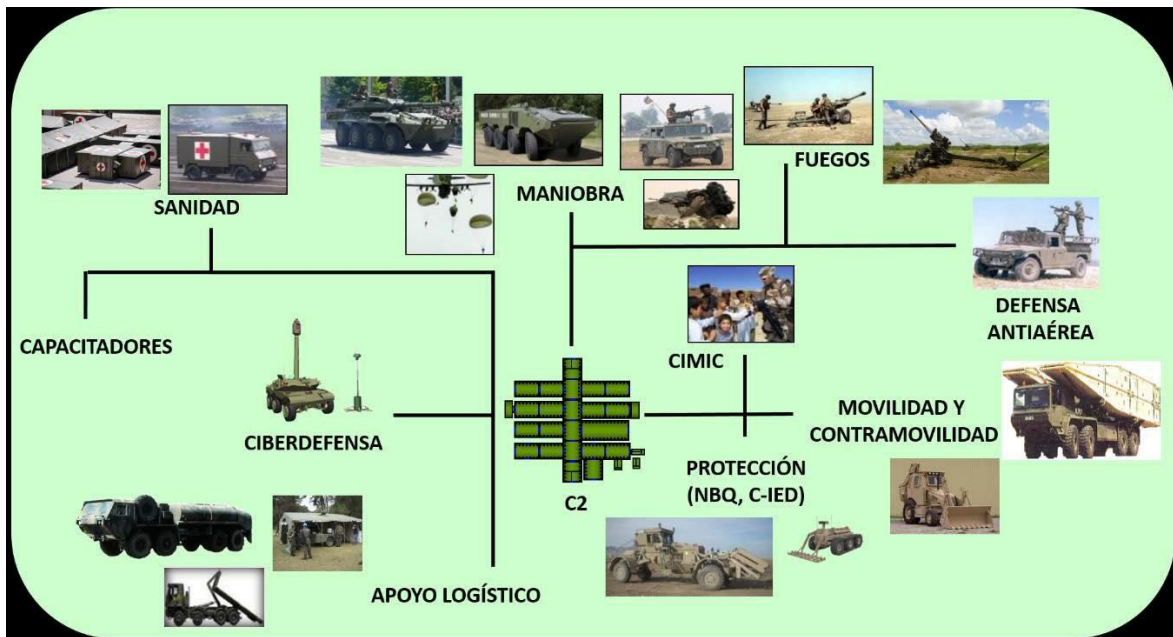
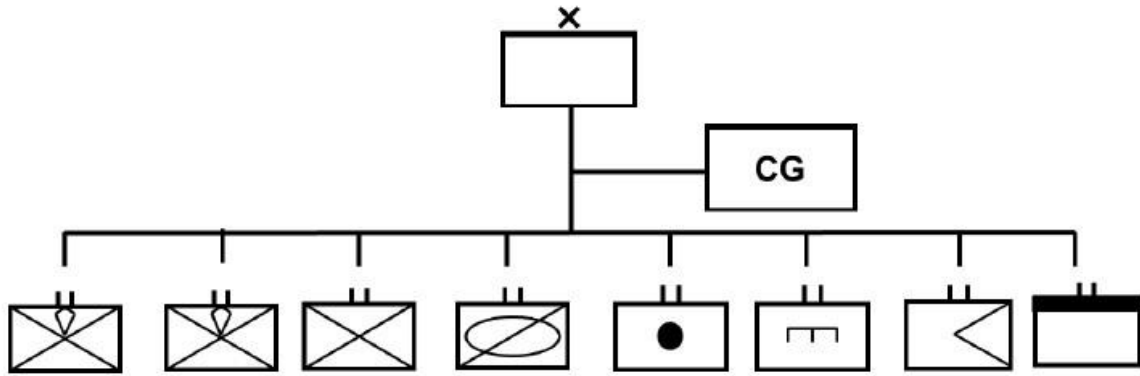
Brigada Tipo B



Brigada Tipo C



Brigada Tipo D



Anexo B

**Composición de una sección para el
combate en el subsuelo**

Equipo de mando

MISION 2°: APOYO A VANGUARDIA.

TIRADOR SELECTO / OBSERVADOR → POR LO GENERAL NO ENTRAN

IMPORTANTE: SANITARIO DE SECCIÓN

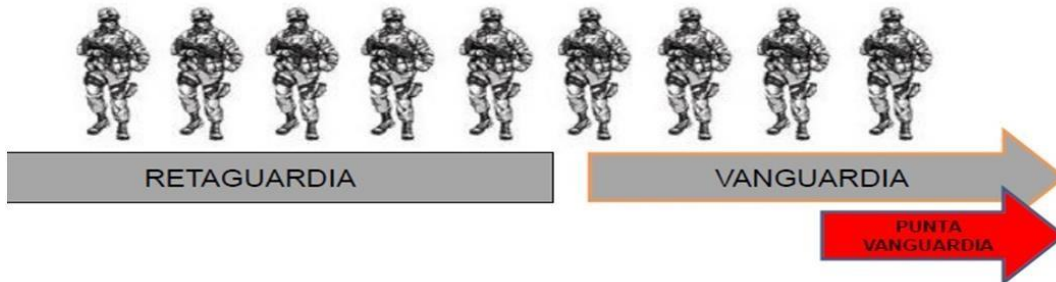


Equipo de reconocimiento

MISIÓN PPRAL: RECONOCIMIENTO Y LIMPIEZA

MOVIMIENTO: LENTO/SILENCIOSO/NO LUZ → SORPRESA

IMPORTANTE: DETECTOR DE GASES.



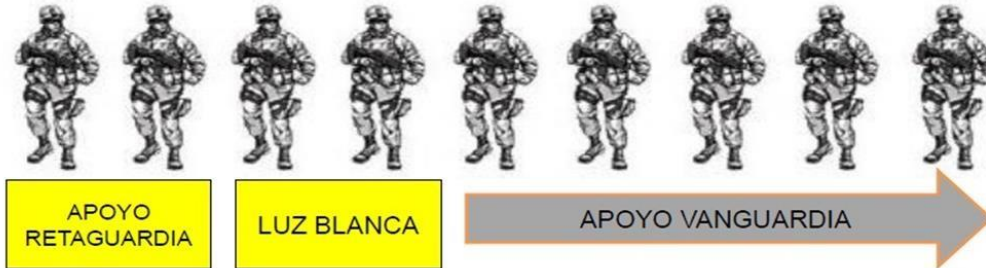
Equipo de navegación y apoyo

MISIÓN PPRAL: JALONAMIENTO, CROQUIS Y APOYO A PN RECO.

MISION 2°: NH, PF

MOVIMIENTO: LENTO/SILENCIOSO/NO LUZ → SORPRESA

IMPORTANTE: PRIMERA UNIDAD LUZ BLANCA, RECOMENDABLE 2° QRAE.



Equipo de navegación y apoyo

MISIÓN PPRAL: ENLACE INT-EXT, EVACUACIÓN.

MOVIMIENTO:

2 NÚCLEOS:

- ESCUADRA DE TRANSMISIONES
- ESCUADRA DE RESERVA



Equipo reserva + enlace exterior

MISIÓN PPRAL: RECO. EOR, EN EXTERIOR E INTERIOR GALERIA.

MISION 2°: LA MOVILIDAD, DESTRUCCIONES.



Anexo C

Entrevista realizada al Tte. D. Javier Saiz García

Entrevista Tte de Infantería D. Javier Saiz García, jefe de la I sección de la 2º Cía de la VII Bra. y responsable del curso impartido en la unidad del 7 al 11 de octubre sobre combate en el subsuelo

- **¿Por qué ha sido usted designado como responsable del curso de combate en el subsuelo?**

Realicé el curso que se impartió hace dos años aquí en Almería y lo complementé con unas jornadas de combate en el subsuelo con el ejército israelí, al ser el oficial de mayor rango especializado en este tipo de combate, se me ha designado como responsable del mismo.

- **¿Qué opinión tiene sobre los medios que actualmente el ET tiene en dotación para el combate en el subsuelo relacionados con el posicionamiento y la geolocalización?** Actualmente en el ET no tenemos ningún sistema de posicionamiento para el combate en el subsuelo, “vamos a ciegas”. Es cierto que se han intentado realizar varias pruebas con algunos sistemas parecidos al BMS que se utiliza para los vehículos, pero actualmente no utilizamos nada en los ejercicios.

- **¿Cree usted que sería beneficioso un sistema de geolocalización que permitiera tener posicionados a los miembros de su unidad en todo momento en una operación de subsuelo?**

Sí, sin ninguna duda. Una de las características más importantes del combate en el subsuelo y que lo hace un entorno poco querido entre los miembros de las FAS es la dificultad que tiene la función de mando y control para el jefe de la unidad. Es muy común que la unidad acabe disgregada en pelotones o escuadras y que cada sargento tenga que tomar mayor protagonismo. Esto hace que para el jefe de sección sea muy complicado mandar ya que si no cuentas con un plano o esquema de la galería en la que te encuentras es muy difícil saber dónde tienes a tu gente con exactitud, sin añadir los riesgos que conlleva el combate en el subsuelo y lo que aportaría tener localizado a un miembro de la unidad en caso de tener que evacuarle, por ejemplo.

- **¿A qué riesgos se refiere usted?**

Además del enemigo el combate en el subsuelo entraña un montón de peligros y amenazas como derrumbes, caídas, animales salvajes, inundaciones... Son peligros que hay que tener en cuenta y que muchas veces ocasionan que hay que evacuar a algún miembro del equipo. Un sistema de geolocalización facilitaría el posicionamiento del herido y la evacuación en sí.

- **¿Qué visión tiene del combate en el subsuelo en el horizonte 2035?**

Creo que no va a cambiar demasiado. El combate en el subsuelo se caracteriza porque el uso de la tecnología y la potencia de fuego está muy restringido debido al entorno en el que se opera. Probablemente existirán nuevos medios de visión nocturna más avanzados tecnológicamente que facilitarán la visión, o algunos sistemas de comunicaciones o

posicionamiento que ayudarán en la función de mando y control, pero básicamente, el combate en el subsuelo, seguirá siendo como lo conocemos.

- ¿Considera que sería apropiado realizar ejercicios y pruebas con medios de posicionamiento que funcionen bajo tierra?

Sí, claro. Si queremos adquirir un sistema de posicionamiento para el subsuelo, habría que realizar pruebas con algunos de ellos, y después de adquirirlo, hay que adaptar a la gente al uso de este nuevo medio. Para ello realizar ejercicios y maniobras que ayuden a este acoplamiento del nuevo equipo sería muy adecuado.

- ¿Qué problemas cree que podría haber en la adquisición de un sistema de posicionamiento que funcionase bajo tierra?

Para empezar, creo que estos sistemas en el escenario del subsuelo están muy poco desarrollados. Si bien es cierto que existen algunos medios como radios que emiten posicionamiento, pero la mayoría dan muchos fallos de señal o pierden eficiencia en según qué entornos del subsuelo o son demasiado caros para que el ET pueda adquirirlos. Este creo que sería el mayor problema, la falta de posibilidades del mercado.

Anexo D
Informe de la radio Spearnet realizado por el
Cap. D. Carlos Nogueira Vázquez

INFORME QUE FORMULA EL CAPITÁN DE INFANTERÍA D. CARLOS NOGUEIRA VÁZQUEZ DNI 76.732645-E, JEFE ACCTAL DE LA VII BANDERA “VALENZUELA” DEL TERCIO “D. JUAN DE AUSTRIA” 3 DE LA LEGIÓN SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN A NIVEL PELOTÓN Y EL USO DE OTROS MEDIOS NO REGLAMENTARIOS.

INTRODUCCIÓN:

En la actualidad el ejército cuenta con unidades de transmisiones especializadas para proporcionar, mantener y asegurar el enlace a nivel Grupo Táctico, Agrupación Táctica o superior pero no llegan a profundizar en el enlace a más bajo nivel como Subgrupo Táctico o Sección/Pelotón.

Los medios de comunicación reglamentarios proporcionados a las unidades de forma general para el enlace a nivel sección/pelotón son la PNR 500 y la Spearnet. Estos medios actualmente no están cumpliendo la misión de establecer y asegurar el enlace bien por falta de capacidad técnica (PNR 500) o bien por no haber llegado a repartirse con carácter general a las unidades (Spearnet).

Esta deficiencia ha hecho que las unidades del ejército a nivel S/GT e inferior estén utilizando para enlazar medios tipo Walkie de muy distinta variedad debido a su fiabilidad y a la facilidad de uso y adquisición.

En este informe se tratará de informar con objetividad y en base a la experiencia de uso de la situación actual de las transmisiones a nivel pelotón y sección.

Spearnet

La robustez de la radio es mejorable, su sensibilidad hace que se deba tener especial cuidado para evitar perder el enlace con pequeños golpes, caídas o enganchones. Si se tiene en cuenta la primera versión de la antena RF es muy probable que, si está conectada a la radio y se dobla, la goma del conector SMA se suelte dando serios problemas de enlace.

El radio de enlace está limitado a no más de 400 metros incluso teniendo en cuenta la transmisión mediante saltos múltiples entre radios (relé automático) que nos obliga a mantener enlace visual entre ellas. No obstante, el alcance que nos proporciona es suficiente para un despliegue de sección sin tener en cuenta a los tiradores de precisión, que por el tipo de cometido que desempeñan podrían perder enlace a causa de las distancias que manejan en algún momento.

En caso de utilizar la antena para configuración vehicular UHF el alcance se incrementa, pero entonces nos limita el enlace a unidades embarcadas o que actúen en las proximidades de los vehículos y en este caso ya se cuenta con el sistema PR4G vehicular. A pesar de ello, se ha probado a realizar la transición de portátil a vehicular y viceversa. Para llevarla a cabo, el mando debe entrar en el vehículo y extraer la radio de su chaleco para colocarla en el bastidor vehicular. Tras varias experiencias se observa que la operación es compleja dado el volumen de equipo que se porta, los accesorios de la propia radio que van sujetos al chaleco y al casco, así como la ubicación general de la radio que por lo general se ubica en la espalda. Además, teniendo en cuenta las dimensiones del habitáculo del vehículo se hace casi obligatorio extraerla antes de embarcar y con casi total seguridad se necesite la ayuda de otro militar, por lo que dicha transición se hace inviable en combate. Este es el principal motivo por el que está radio se está empleando solamente en versión portátil y utilizando la PR4G para transmisión entre vehículos.

En cuanto a la ergonomía, y comparando con otras radios actuales (Harris RF-7800s) la radio en versión portátil es algo aparatosa (sobre todo si nos referimos al tamaño de la antena) dado que es una radio que el mando lleva encima incluso embarcado y debe manejar de forma autónoma sin dejar de realizar otras tareas. Por ejemplo, el cambio de batería es complicado de realizar uno mismo sobre todo si se usan guantes, lo que unido al estrés de combate lo hace una tarea complicada.

Por otro lado, actualmente sólo se consigue extraer un 20% de las capacidades de la radio ya que sólo se utiliza para transmitir voz en portátil (sin amplificador, ni antena vehicular). Esto nos lleva a no integrarnos con otros equipos con tecnología IP debido a que requiere de una configuración compleja. Pero entendiendo que a nivel sección lo fundamental de dicha radio es el enlace voz, la capacidad extra de IP no es explotada a un nivel tan bajo.

En la actualidad, la VII BRA no está dotada de medios SPEARNET UHF, sólo hay dos que pertenecen a las estaciones PCBON pensadas para transmisión de datos e integración en redes de datos mediante la aplicación GESCOM.

CONCLUSIÓN:

Los medios de comunicación disponibles a nivel pelotón son la PNR 500, que como se ha explicado anteriormente está en total desuso, y la Spearnet, que sin llegar ser distribuida con carácter general a todas las unidades mejora ampliamente en todos los aspectos a la anterior, pero muestra ciertas carencias que no le aseguran una vida útil prolongada en el tiempo.

A raíz de esto, un medio no reglamentario como el Walkie se ha extendido como medio principal de comunicación a nivel Sección y Pelotón. Este realiza una gran labor en ejercicios de instrucción y adiestramiento, pero quizá en conflicto real no tenga las medidas de seguridad necesarias.

En nuestro ejército (y en esta unidad durante ASPFOR XXX) existen buenos antecedentes en el empleo de RTL tipo PRG4-9100, en zona de operaciones, gracias a ellos se podía garantizar el enlace a nivel Pn-Sc, e incluso se garantizaba la sucesión de mando o la integración de un Pn. En caso de necesidad sobrevenida en la malla superior (Cia).

Por tanto, este oficial considera que se necesita establecer un sistema que proporcione al Jefe de Pelotón y Sección unos niveles de fiabilidad adecuados (asegurar el enlace con cierta sencillez y comodidad) y que de esa forma se consiga extender como el medio principal de comunicación a nivel Pelotón y Sección. Siempre persiguiendo el objetivo de estar preparado constantemente para el combate y realizar una transición de territorio nacional a zona de operaciones en el menor tiempo posible y con las mínimas alteraciones en equipo a usar.

Anexo E
Informe Radioteléfono Harris rf-7850s

1.OBJETIVO:

Estudio y aplicación del radioteléfono Harris Falcon III RF-7850S en el ámbito de una Sección dentro del programa de la Brigada Experimental 2035.

Observar su implementación para enlace tanto desde Jefe de Sección embarcado hacia Pelotón como Jefe de Sección desembarcado en el Ex. Alhucemas I-19 en el ámbito de un Grupo de Combate Experimental.

2. CONCEPTO: CARACTERÍSTICAS:

La HARRIS RF-7850S es un radioteléfono que trabaja en un rango de frecuencias de 225-2500 MHz (VHF-UHF) dependiendo del modo de trabajo.

Permite una capacidad de transferencia de datos de hasta 2 Mbps, en condiciones óptimas.

Presenta 3 modos de trabajo:

- Banda estrecha, 25 kHz. Trabaja en el rango de 225-512 MHz (LoS, Frecuencia Fija)
- Banda estrecha, 25 kHz, en salto de frecuencia. Trabaja en el rango de 225-512 MHz (TNW TDMA NETWORKING WAVEFORM)
- Banda ancha, 1,2 MHz o 5 MHz, seleccionable. Trabaja en el rango de 225-2500 MHz (S-TNW)

USO Y EMPLEO TÁCTICO:

El modo de trabajo de mayor utilidad y aplicación para la Brigada Experimental 2035 es el de banda ancha S-TNW.

Este modo nos permite trabajar con voz y datos de manera simultánea, además de transmitir posicionamiento. Admite hasta 48 miembros en una misma malla, lo que añade versatilidad. A su vez, utiliza un sistema de acceso al canal por división de

tiempo, esto hace que se evite la saturación de la red y la colisión de datos, permitiendo voz y datos de manera fluida, ideal por para el empleo de BMS a la vez que la fonía, por ejemplo. Otro aspecto a destacar es la formación automática de relés, a través de una red denominada MANET similar a la red MESH que utiliza el sistema SPEARNET, que nos permite aumentar el alcance y garantizar la redundancia.

Admite Talk Groups (hasta 6), con el inconveniente de que sólo forma grupos para voz. El envío de datos no contempla grupos, aunque se puede transmitir datos IP tanto UNICAST (un destino) como MULTICAST (varios destinos).

Trabaja con claves o cifrado, lo que asegura las comunicaciones.

En cuanto al alcance de los enlaces, este sistema nos permite una distancia de hasta 5 km en enlace punto a punto y de hasta 8 km a través de la red MANET.

Este sistema es compatible con diferentes interfaces a través de los complementos necesarios (Ethernet, WiFi, USB, Bluetooth...), lo que añade mayor funcionalidad, pudiendo transmitir a través de la radio cualquier tipo de información introduciéndola por estos interfaces.

Otro aspecto interesante a señalar es que podemos interactuar con la radio mediante un Interfaz Web (Web UI), que permite acceder a la radio a través de un navegador web cualquiera, sin necesidad de software alguno. A su vez, si disponemos de la preinstalación de ciertas aplicaciones podemos hacer uso de GFT (Ground Forces Tracking), seguimiento y posicionamiento de las fuerzas a través de RF 7850S, similar al sistema BMS o de Tac Chat IP, mensajería instantánea entre terminales.

3. APLICACIÓN EX. ALHUCEMAS:

Debido a la premura de tiempo y a la falta de medios, solo se pudo hacer aplicación en el Ex. Alhucemas I-19 del modo de trabajo en Banda Ancha (S-TNW) en voz, a través de la creación de Talk Groups a nivel Sección. El resultado fue positivo, explotando los Talk Groups previamente configurados, pudiéndose sacar mucho más partido a estos terminales disponiendo de los medios y la instrucción necesaria

A su vez, queda por comprobar la compatibilidad y el enlace de este sistema con escalones superiores para que la información fluya en todos los ámbitos. Es necesaria la realización de una maqueta completa para experimentar una situación real de obtención y difusión de información, así como el enlace de todos los escalones.

Anexo F
Informe de la Radio Squadnet realizado por el
Tte de Inf. D. Manuel Camacho Albiñana

INFORME QUE FORMULA EL TENIENTE DE INFANTERÍA D. MANUEL CAMACHO ALBIÑANA, CON T.M.I. N° 51202717143C, DESTINADO EN LA VII BANDERA “VALENZUELA” DEL TERCIO DON JUAN DE AUSTRIA 3° DE LA LEGIÓN, EN RELACIÓN A LAS PRUEBAS LLEVADAS A CABO CON LA RADIO SQUADNET DE THALES.

1. OBJETO.

El objeto del presente documento es informar sobre las pruebas llevadas a cabo y los resultados obtenidos con la radio Squadnet de Thales, así como las conclusiones extraídas en el empleo de la radio en el marco de una Sección de Fusiles durante el período comprendido entre el 11 y el 14 de junio de 2019 en la Base y el CMT Álvarez de Sotomayor.

2. DESARROLLO DE LAS PRUEBAS.

a. Información inicial.

Previamente a la exposición de las pruebas realizadas con la radio, es necesario exponer las características técnicas básicas para un correcto seguimiento y entendimiento de los resultados y conclusiones.

La radio Squadnet de Thales es una radio tipo UHF con las siguientes características:

- Trabaja en la banda de frecuencia 865-880 MHz.
- Radio de Banda Estrecha. Canal de 150 KHz.
- Alcance teórico de la radio: 2 - 2,5 km en un salto.
- Duración de la batería: 24 horas aproximadamente.
- Volumen: 230 cm³.
- Peso con batería: 250 gr.
- Posibilidad de programar hasta 100 canales.
- Posibilidad de operar hasta 64 usuarios en un mismo canal.
- Incorpora receptor GNSS (GPS, Glonass, Galileo y BeiDou) y Bluetooth.
- Servicios simultáneos: voz, posicionamiento y datos.

La radio Squadnet soporta las diferentes formas de onda, detallado en el *Anexo A*:

- 5 Tx (SNW): voz y posicionamiento. Permite tres saltos automáticos. Se consigue ligeramente ampliar su alcance.
- 3 Tx (D1): voz, posicionamiento y datos. Permite dos saltos automáticos. Capacidad de datos 2Kbps.
- 2 Tx (D2): voz, posicionamiento y datos. Permite dos saltos automáticos. Posee ligeramente menos alcance que en 3 Tx pero mayor capacidad de datos disponibles, siendo de 4Kbps.

La radio Squadnet posee diferentes modos de funcionamiento:

- Frecuencia Fija
- Salto de Frecuencia LPD: menor probabilidad de detección.
- Salto de Frecuencia Anti-Jamming: mayor robustez en el alcance en entornos adversos o radioeléctricos complejos.

b. Pruebas realizadas.

Se exponen las pruebas realizadas con la radio Squadnet, tras previamente haber realizado una carga de datos de los diferentes canales para probar todos los tipos de onda y modos de funcionamiento. La gestión de canales aparece especificada en el *Anexo B* y la interfaz del programa KGF para la gestión de canales en el *Anexo C*.

Prueba 1

Objetivos:

- Alcance y calidad del enlace entre dispositivos con tipos de onda 5TX (SNW), 3TX (D1) y 2TX (D2) y en modos de funcionamiento: Frecuencia Fija, Salto de Frecuencia LPD (Baja Probabilidad de Detección) y Salto de Frecuencia Anti-Jamming.
- Envío y actualización de la posición GPS de los usuarios en los dispositivos Tablet.
- Envío de Datos. Solo en tipo de onda D1 y D2.

Zonas de Ejecución de la Prueba 1:

- Terreno despejado y abierto. Zona camino Gindalba.
- Terreno compartimentado. Zonas:
 - Boquera del Husado - Llanos del Gatoso - Rambla Ancha.
- Zona Urbanizada:
 - Interior de las edificaciones del Polígono Urbano U3.
 - Interior Polígono Urbano U3 - Llanos del Gatoso.
- Zona Subsuelo. Zonas:
 - Subsuelo Polígono Urbano Interior del Polígono Urbano U3.
 - Subsuelo Polígono Urbano - Rambla Ancha.

Prueba 2

Objetivos:

- Comprobar el alcance y calidad del enlace entre elemento desembarcado y jefe de vehículo en diferentes vehículos.
- Comprobar correcto funcionamiento del servicio Posición GPS desde el interior de diferentes vehículos.

Casos:

- Enlace del elemento desembarcado en terreno despejado y abierto con jefe de vehículo desde el interior de vehículo tipo 8x8 (utilizado BMR).

- Enlace del elemento desembarcado en terreno compartimentado con jefe de vehículo desde el interior de vehículo tipo 8x8 (utilizado BMR).
- Enlace del elemento desembarcado en zona de subsuelo con jefe de vehículo desde el interior de vehículo tipo 8x8 (utilizado BMR).

Prueba 3

Objetivos:

- Duración de la batería real en los diferentes tipos de onda y modo de funcionamiento.
- Duración de la batería real con GPS, Bluetooth y Envío-Recepción de Datos.

Prueba 4

Objetivos:

- Enlace de voz y envío de posicionamiento y datos con Sistema a Distancia utilizando red 3G/4G y wifi entre dos dispositivos.

Prueba 5

Objetivos:

- Enlace de voz y envío de posicionamiento y datos la actualización disponible del firmware de la radio, que permite trabajar en un canal con dos mallas diferentes.

c. Resultados de las pruebas realizadas.

Resultados Prueba 1

Inicialmente se realizó la prueba en terreno despejado, consiguiendo enlace y posicionamiento con un alcance máximo entre dos dispositivos con visión directa de 2700 metros aproximadamente en los modos 5 Tx y 3 Tx, y un alcance máximo de 2500 metros en 2 Tx.

Se llegó a enlazar con un tercer dispositivo con dos saltos, estando los tres dispositivos en visión directa, a un alcance de 3800 metros aproximadamente en las tres formas de onda.

En terreno compartimentado, se consiguió enlazar a distancias de 600 metros entre dos dispositivos con accidentes del terreno poco significativos. En movimiento por vaguadas profundas por la zona de Boquera del Husado, se encontró dificultades para enlazar entre dos dispositivos encontrándose en diferentes vaguadas a distancias de 400 metros, solucionándose con un tercer dispositivo y enlazando en dos saltos.

En zonas urbanizadas, el enlace en el interior de edificaciones de todo el poblado, con edificaciones al descubierto y cubiertas por techo se consiguió sin novedad.

Desde el interior de edificaciones a cubierto del polígono urbano U3 con dispositivos en la zona de Llanos del Gatoso, se consiguió a distancias superiores a 600 metros.

En zona de subsuelo, encontrándose dos dispositivos en visión directa a 80 metros en el interior de la galería principal se enlazó sin novedad, dejando de

enlazar al perder la visión directa cuando un dispositivo se desplazaba a a guna galería secundaria.

El enlace desde el interior de la galería principal a 15 metros de la salida, con un dispositivo situado a 15 metros el exterior no se consiguió. Se solucionó el enlace interior-exterior con un tercer dispositivo en el acceso al subsuelo, realizándose el enlace en dos saltos.

El posicionamiento de los dispositivos se mantiene sin novedad con actualizaciones cada 3-5 segundos, excepto en el interior del subsuelo donde la señal de posicionamiento se pierde.

El envío de datos entre dos dispositivos enlazados se realizó sin novedad en todas las pruebas realizadas en las formas 3 Tx y 2 Tx (la forma de onda 5 Tx no permite el envío de datos).

Se aprecia ligera mayor velocidad en la forma de onda 2 Tx, enviándose una fotografía de 200 Kb en aproximadamente 2 minutos.

Resultados Prueba 2

Los alcances máximos del enlace desde el interior del BMR con todas las salidas del vehículo cerradas tanto en terreno despejado y compartimentado no eran superiores a 400 metros.

El alcance máximo en terreno despejado con las trampillas y la escotilla del conductor abiertas, siendo el enlace desde el interior del vehículo con su usuario sentado, fue de 700 metros. En terreno compartimentado similar a con todas las salidas cerradas.

El alcance máximo en terreno despejado, con las trampillas abiertas y el dispositivo en el exterior, es de 2500 metros, similar al alcance máximo obtenido con personal desembarcado de la Prueba 1.

El posicionamiento del dispositivo se mantiene en todo momento desde el interior del vehículo con todas las salidas cerradas.

El envío de datos entre dos dispositivos enlazados se realizó sin novedad desde el interior del vehículo con personal desembarcado.

Resultados Prueba 3

La duración de las baterías es de 24 horas aproximadamente con el posicionamiento y con el Bluetooth activado y vinculado a un dispositivo Android.

La duración del dispositivo Android con Bluetooth vinculado al dispositivo radio, depende del tipo de dispositivo Android comercial adquirido.

Resultado Prueba 4

El enlace de voz y envío de posicionamiento y datos con Sistema a Distancia utilizando red 3G/4G en los dispositivos Android entre dos dispositivos situados el primero en la Base Álvarez de Sotomayor y el segundo en la Empresa Thales en Reino Unido, se realizó sin novedad.

Resultados Prueba 5

Tras la actualización del firmware de la radio Squadnet para poder en azar en dos mallas diferentes dentro de un mismo canal, se realizó pruebas de voz, posicionamiento y datos.

Permite al jefe intermedio poder enlazar desde el mismo dispositivo con una malla del escalón superior y con otra malla con sus subordinados.

La radio solo posee un PPT, por lo que sería necesario un accesorio con doble PPT. La solución es pulsar los botones del doble PPT en el dispositivo Android, tal y como se hizo en la prueba.

Cuando en las dos mallas se están emitiendo simultáneamente, el jefe intermedio recibe de forma simultánea ambas emisiones, pero con prioridad de sonido sobre la que se haya configurado como tal.

3. VALORACIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA.

a. Puntos fuertes de la radio Squadnet.

Se expone a continuación puntos fuertes de la radio Squadnet:

- El enlace en terreno despejado es suficiente para los despliegues del personal desembarcado de una sección de fusiles.
- La posibilidad de dar 2 o 3 saltos de forma automáticamente la emisión del mensaje en función del tipo de onda, entre las radios del despliegue, permite asegurarse la emisión en zonas con terreno no favorable
- Voz clara y sin retardo en las recepciones de los mensajes por radio.
- Los dos modos de funcionamiento en Salto de Frecuencia no requieren de estación directora para la sincronización. Un usuario que entre en el canal tarda aproximadamente 5 segundos en poder enlazar con el resto de usuarios.
En caso de perder sincronía por el alcance, accidentes del terreno o ruido, se recupera de forma automática cuando esté en condiciones de enlazar con otra radio Squadnet.
- La utilización de servicios simultáneos de voz, posición y datos.
- El portar tres baterías de radio Squadnet ocupan un peso y espacio muy reducido, proporcionando una autonomía de empleo de la radio de 72 horas.
La carga completa de una batería de una radio es aproximadamente de 2 horas y 30 minutos.
- Fácil interfaz que permite un rápido aprendizaje de uso y manejo de la radio, inferior a 3 minutos, por personal no experimentado en sistemas de transmisiones. Interfaz del display mostrado en el *Anexo D*.
- Actualización del posicionamiento entre 3-5 segundos, permite al jefe de la unidad desembarcada mediante un dispositivo Android con la aplicación de Thales instalada, conocer el resto de las posiciones de su personal con radio Squadnet en tiempo real, mejorando considerablemente el mando y control de sus unidades, así como una conducción más eficaz al poder definir sobre la cartografía de la aplicación diferentes coordinaciones.

Además, permite situar rápidamente sobre la cartografía símbolos de enemigo, civiles y fuerzas propias entre otras, con una descripción por temática en relación a número de enemigos, tipo vehículos y con o sin armamento entre otras posibilidades.

- Permite ver en el display de la radio el posicionamiento en coordenadas donde se encuentra el usuario.
- Utilización de cuatro sistemas de posicionamiento: GPS, Glonass, Galileo y BeiDou.
- Permite enlazar con otra radio Squadnet situada a una distancia muy superior al alcance, a través de 3G, 4G o un punto de enlace LTE. Caso probado en la Prueba 4 con un dispositivo situado en Reino Unido.
- Fácil gestión y carga de canales en la aplicación KGF. Además de poderse exportar fácilmente entre dispositivos al tener capacidad el programa de ser un ejecutable sin instalación previa en un dispositivo.
- El tiempo empleado en la conexión y la carga de canales en una radio Squadnet es de aproximadamente un minuto.

b. Puntos débiles de la radio Squadnet.

Se expone a continuación puntos débiles de la radio Squadnet:

- El enlace en subsuelo presenta dificultades, tanto en el interior como en el enlace con el exterior. Se requiere de más radios para asegurar el enlace a través de saltos automáticos.
- La configuración actual de la radio solo permite trabajar en un canal y por tanto una única malla, sin permitir por ejemplo que un Jefe de Pelotón pueda enlazar con el Jefe de Sección en un canal y con los Jefes de Escuadra en otro.
 - La configuración actual de la radio, dificultaría el mando y control en determinados escenarios con empleo de vehículos, al no poder el Jefe de Sección o de Pelotón mantener el enlace de forma simultánea con la malla de Sección desembarcada y con el vehículo propio.
 - Una solución posible a dicho problema sería la actualización del firmware de la radio por parte de la empresa Thales, lo cual ha sido probado como se expone en la Prueba 5.
- No tiene vigilancia de canal.
- Las coordenadas de posicionamiento solo se visualizan en formato Latitud-Longitud, MGRS y Rejilla G.B. tanto en la radio como en la aplicación de Thales en el dispositivo Android.
- La cartografía admitida por la aplicación de Thales para Android es solo en formato GEMF.

c. Propuestas de mejora.

A continuación, se exponen diferentes propuestas de mejora que han sido comentadas con el equipo de comerciales, técnicos y expertos de la empresa

Thales desplazados a Almería para la presentación de dicha radio y habría posibilidad de desarrollarse si así se solicitara:

- Desarrollar por parte de la Empresa Thales la posibilidad de visualizar las coordenadas tanto en la radio como en la aplicación para dispositivo Android al menos en Datum UTM y formato WGS84, ETRS89 y ED50.
- La actualización posible y disponible del firmware de dos mallas en un canal por parte de la empresa Thales, para permitir afrontar todo tipo de escenarios donde se pueda requerir el uso de dos mallas por un usuario.
En caso contrario, dicho usuario tendría que emplear dos radios Squadnet, con dos auriculares distintos, colocados a ambos lados de la cabeza.
- Desarrollar por parte de la empresa Thales mejoras en la aplicación para Android, como una mejor gestión, almacenamiento y utilización de waypoints y tracks, así como integrar simbología OTAN del APP6. También la posibilidad de que la aplicación admita formatos de cartografía de ámbito más común y manejable como RMAP, GPX y JNX.

4. CONCLUSIONES

La radio UHF Squadnet es una radio diseñada por Thales con características para ser empleada a nivel pelotón y operada por fusileros.

El diseño y características generales de la radio permiten asegurar el enlace a nivel sección con todos sus elementos en una única malla ya sea en terreno llano, compartimentado o en subsuelo, con las medidas adecuadas en función del escenario y accidentes del terreno.

La utilización de hasta tres saltos en 5 Tx y 2 saltos en 3 Tx y 2 Tx, reducen la posibilidad de perder el enlace, así como el envío del posicionamiento y datos de todos los usuarios.

El enlace entre el Jefe de Sección desembarcado y el 2º Jefe de Sección embarcado sobre vehículo presenta serias dificultades en el enlace. En primer lugar, por el alcance conseguido desde el interior del vehículo con todo cerrado con la unidad desembarcada, por lo que habría que buscar una solución en el sistema de transmisiones vehicular para mejorar la emisión y recepción con este medio Squadnet. Y en segundo lugar, la dificultad del usuario embarcado para operar en el vehículo la malla de compañía y la malla de sección vehicular por un casco interfónico con salida de audio, y tener que utilizar otro auricular diferente al vehicular para poder enlazar con la unidad desembarcada.

Se debe valorar la adquisición de la radio V/UHF Synaps-H para Jefes de Sección. Se trata de una radio V/UHF con posibilidad de incorporar un módulo que incorpore la radio Squadnet. Permitiría al estar el Jefe de Sección desembarcado poder enlazar en VHF con la malla de Compañía y al mismo tiempo estar enlazado en UHF con la malla de Sección sobre radio Squadnet.

En el *Anexo E* se muestra el diseño general de la radio V/UHF Synaps-H y el módulo acoplable para enlazar con la radio Squadnet.

La empresa Thales posee una actualización del firmware que permitiría la utilización de dos mallas en un canal en la radio Squadnet. Habría que adquirir un accesorio con doble PPT, ya que el diseño exterior de la radio permanecería con un PPT. Así mismo, hay disponibles otro tipo de antenas para conseguir mayor alcance de ser necesario.

La aplicación de Thales para sistemas Android puede ser mejorada en muchos aspectos como se ha expuesto en el apartado anterior. Puede ser una herramienta muy útil que favorezca la eficiencia y eficacia en el mando y control de las unidades desembarcadas al poder por ejemplo conocer la posición en coordenadas y sobre cartografía de las unidades propias, así como designar objetivos enemigos, designar personal civil, generar y modificar medidas de coordinación, en tiempo real.

Por último, la radio Squadnet de Thales permite una integración con la radio PR4G y el sistema BMS para posicionamiento y datos, permitiendo al Jefe de Compañía ver en tiempo real el posicionamiento de sus unidades subordinadas hasta el nivel que se quiera configurar para su visualización.

Todo lo que pongo en su conocimiento a los efectos que estime oportunos



Manuel Gamacho

Anexo G
Resumen Informe de
Real Track Systems de
pruebas realizadas en
espacio cerrado para
balonmano

Resumen Gracias a los avances tecnológicos, se han desarrollado nuevos métodos para el análisis de variables fisiológicas, cinemáticas y de posicionamiento espacial en el deporte. La obtención de datos cuantitativos permite mejorar el proceso de entrenamiento en todos sus ámbitos. Objetivos: El presente estudio examinó 1) la validez del dispositivo WIMU PROTM (RealTrack Systems, Almería, España) para el registro del posicionamiento en balonmano mediante tecnología de ultrabanda ancha (UWB) y 2) la fiabilidad inter-dispositivo para su registro. Método: Cuatro jugadores juveniles de balonmano de categoría nacional (Edad: 17.43 ± 0.45 años, masa corporal: 78.34 ± 4.65 kg, altura 1.93 ± 3.56 m) realizaron desplazamientos de diferente dirección y distancia: (a) perímetro del campo; (b) línea de medio campo y (c) línea de 9 metros. Para evaluar la validez, las medidas registradas por el dispositivo se compararon con las de una pista reglamentada por la Federación Internacional de Balonmano (IHF). Por su parte, la fiabilidad inter-dispositivo se evaluó mediante la comparación de dos dispositivos inerciales utilizados simultáneamente durante los desplazamientos. La extracción y análisis de los datos se realizó mediante el software S PROTM (RealTrack Systems, Almería, España). Resultados: Se encontró una validez muy elevada del dispositivo evaluado mostrando una diferencia media de 0.84% y 0.42% para las coordenadas ‘x’ e ‘y’ respectivamente, en comparación con las medidas oficiales de la pista. La fiabilidad inter-dispositivo también fue muy elevada mostrando valores de ICC= 0.79 para la coordenada ‘x’ y ICC= 0.68 para la coordenada ‘y’, entre unidades. Conclusión: El dispositivo WIMU PROTM es un instrumento válido y fiable para el análisis del posicionamiento en condiciones de interior en balonmano. Palabras clave: localización indoor; precisión; tecnología de ultra-banda ancha; balonmano.

Informe completo: <http://www.realtracksystems.com/wp-content/uploads/2018/11/Validez-yfiabilidad-de-un-dispositivo-inercial-WIMU-ProTM-para-el-an%C3%A1lisis-delposicionamiento-en-balonmano.pdf>