

# Trabajo Fin de Grado

## SISTEMAS DE GEOLOCALIZACIÓN Y MANDO Y CONTROL EN UN BATALLÓN DE CAZADORES DE MONTAÑA

Autor

CAC. D. Ignacio Romero García

Directores

Director académico: Dr. D. Carlos E. Cajal Hernando  
Director militar: Cap. D. Luis Javier Orgaz Fustero



## Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor del TFG y director civil, Dr. D. Carlos E. Cajal Hernando por su plena disposición y entrega durante la realización del proyecto.

A mi tutor y director militar, Cap. D. Luis Javier Orgaz Fustero por su asesoramiento durante el periodo de las prácticas externas y constante apoyo en los aspectos militares del proyecto.

A todos los miembros del Regimiento “América” nº66 de cazadores de montaña, por la gran cantidad de conocimientos que he adquirido y ya que sin ellos no hubiera sido posible llevar a cabo una correcta investigación. En especial, agradecer a los tenientes de la compañía de mando y apoyo, Tte. D. David del Campo Varga y Tte. D. Martín Ferradás Eito cuya dedicación ha contribuido en mi formación como futuro oficial del Ejército de Tierra.

Por último, pero no menos importante, mencionar a mi familia y compañeros de promoción, cuyo apoyo ha estado presente en todo momento durante los últimos años.



## RESUMEN

En la actualidad, el mando y control de las unidades se ha vuelto un punto fundamental a la hora de realizar la conducción de las operaciones. Existen diversos medios para ejecutar las tareas de control de la unidad, y gracias a la tecnología, la geolocalización de las unidades subordinadas y la mensajería instantánea resultan herramientas cada vez más utilizadas, y de vital importancia en el transcurso de las operaciones.

El sistema de mando y control del que dispone actualmente el Ejército de Tierra, el BMS, está diseñado principalmente para ser utilizado sobre vehículos, pero su segunda versión permite a las unidades a pie hacer empleo del sistema. El problema reside en que las unidades de montaña requieren una serie de medios específicos debido al terreno en el que se desarrollan sus operaciones. El proyecto pretende identificar las principales limitaciones del sistema BMS-ET en terreno montañoso, para poder aportar las soluciones más adecuadas a la problemática actual a la que se enfrentan este tipo de unidades.

La investigación ha permitido detectar los fallos principales, como pueden ser la falta de enlace o el excesivo tamaño y peso que el sistema obliga a llevar a los combatientes. Los medios que permiten al sistema que dos unidades estén enlazadas, no están diseñados para realizar transmisiones con grandes masas de tierra y vegetación de por medio, ya que la propagación de ondas se interrumpe. Por otro lado, cantidad de dispositivos que debe llevar un militar para que el BMS-ET funcione correctamente y su tamaño, impide que pueda ser utilizado en movimiento.

Limitaciones del sistema como las dos mencionadas, han dado lugar a una serie de propuestas para mejorar el mando y control en montaña. Se ha realizado un análisis multicriterio de varios dispositivos basado en el peso y tamaño, autonomía, simplicidad, encriptación de datos y cobertura.

Tras la valoración del análisis, se ha llegado a la conclusión de que el dispositivo Thuraya X-5 Touch, un smartphone satelital, es la propuesta que mejor suple las carencias actuales en lo que mando y control en montaña se refiere.

## PALABRAS CLAVE

Geolocalización

Mando y Control

Unidades de montaña

Mejora del BMS-ET



## ABSTRACT

Nowadays, the command and control of units has become a main issue when it comes to the management of operations. There are many ways to perform unit control tasks, and thanks to technology, geolocation of units and instant messaging are tools that are increasingly used and crucial for the operations.

The command and control system currently available to the Army, the BMS, is designed primarily for use on vehicles, but its second version allows units on foot to use the system. The problem lies in the fact that mountain units require a number of specific means due to the terrain in which they operate. The project aims to identify the main limitations of the BMS-ET system in mountainous terrain, in order to provide the most appropriate solutions to the current problems faced by this type of units.

The research has made it possible to identify the main limitations, such as the lack of connectivity or the excessive size and weight that the system forces soldiers to carry. The means that allow the system to have two units communicated are not designed for transmissions with large masses of land and vegetation in between, as the propagation of waves is interrupted. On the other hand, the number of devices that a soldier must carry for the BMS-ET to work properly and its size, prevents it from being used on the move.

Limitations of the system, such as the two mentioned above, have given rise to a series of proposals to improve command and control in mountain units. After an evaluation, it has been concluded that the Thuraya X-5 Touch device, a satellite smartphone, is the proposal that best compensates for the current shortcomings in terms of command and control in the mountains.

## Keywords

Geolocation

Command and Control

Mountain warfare forces

BMS-ET upgrade



# ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Agradecimientos.....</b>                                 | <b>I</b>   |
| <b>RESUMEN.....</b>                                         | <b>II</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                        | <b>III</b> |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>                            | <b>VII</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                              | <b>IX</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                                | <b>X</b>   |
| <b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....</b>               | <b>XI</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                | <b>1</b>   |
| 1.1. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....                         | 2          |
| <b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>                      | <b>3</b>   |
| 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE .....                              | 3          |
| 2.1.1. Objetivos.....                                       | 3          |
| 2.1.2. Alcance.....                                         | 3          |
| 2.2. METODOLOGÍA .....                                      | 5          |
| <b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....</b>                 | <b>8</b>   |
| 3.1. SISTEMAS DE GEOLOCALIZACIÓN: USO CIVIL Y MILITAR ..... | 8          |
| 3.2. COMBATE EN MONTAÑA.....                                | 9          |
| 3.2.1 Batallón de Infantería de Cazadores de Montaña .....  | 9          |
| 3.2.2 Preparación de las unidades de montaña .....          | 11         |
| <b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>            | <b>12</b>  |
| 4.1. BMS-ET: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA.....     | 12         |
| 4.1.1. Descripción del sistema .....                        | 12         |
| 4.1.2. Equipos y modos de operación compatibles .....       | 13         |



|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.3 Funcionalidades del sistema .....                                         | 16        |
| <b>4.2. ANÁLISIS DE FALLOS DEL BMS-ET .....</b>                                 | <b>19</b> |
| 4.2.1. Análisis de las encuestas.....                                           | 19        |
| 4.2.2. Análisis de las pruebas de campo .....                                   | 23        |
| 4.2.3. Diagrama de Pareto.....                                                  | 27        |
| <b>4.3. EQUIPAMIENTO PROPUESTO .....</b>                                        | <b>28</b> |
| 4.3.1 SPOT X.....                                                               | 28        |
| 4.3.2. GARMIN INREACH EXPLORER .....                                            | 29        |
| 4.3.3. ANDROID TEAM AWARENESS KIT (ATAK) .....                                  | 30        |
| 4.3.4. THURAYA X-5 TOUCH .....                                                  | 31        |
| <b>4.4. COMPARACIÓN DE PROPUESTAS. ....</b>                                     | <b>32</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES .....</b>                                                    | <b>35</b> |
| <b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                       | <b>36</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                             | <b>A</b>  |
| ANEXO A. Organigrama de un batallón de infantería de cazadores de montaña. .... | B         |
| ANEXO B. Encuesta sobre el sistema BMS-ET. ....                                 | D         |
| ANEXO C. Tablas de pesos .....                                                  | F         |
| ANEXO D. Características técnicas del equipamiento propuesto.....               | G         |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Ejemplo diagrama de causa-efecto. Fuente: (Pascual Aranzana, et al., Curso 2018-2019)..... | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Ejemplo diagrama de Pareto. Fuente: (Suárez Menéndez, 2017).....                           | 6  |
| <b>Figura 3.</b> Ejemplo matriz multicriterio. Fuente: (Grajales-Quintero & Serrano Moya, 2013)..           | 6  |
| <b>Figura 4.</b> Ejemplo de análisis DAFO. Fuente: (Empresa, s.f.) .....                                    | 7  |
| <b>Figura 5.</b> Principio de Geolocalización por satélite. Fuente: (García Martín, et al., 2020).....      | 8  |
| <b>Figura 6.</b> Vista frontal de la PR4G- V3. Fuente: (Acosta Navarro, 2018).....                          | 14 |
| <b>Figura 7.</b> Vista frontal de la Harris 5800. Fuente: (ET, 2018) .....                                  | 15 |
| <b>Figura 8.</b> Diagrama causa-efecto con fallos extraídos de las encuestas. ....                          | 21 |
| <b>Figura 9.</b> Propagación de las ondas en la banda HF. (Catarina, -).....                                | 22 |
| <b>Figure 10.</b> Itinerario realizado durante la marcha con el BMS-ET. ....                                | 23 |
| <b>Figura 11.</b> Diagrama causa efecto con los fallos extraídos de las pruebas de campo.....               | 25 |
| <b>Figura 12.</b> Representación del Diagrama de Pareto. ....                                               | 27 |
| <b>Figura 13.</b> Vista frontal SPOT-X. (ONEDIRECT, s.f.).....                                              | 28 |
| <b>Figura 14.</b> Análisis DAFO SPOT X .....                                                                | 28 |
| <b>Figura 15.</b> Dispositivo Garmin Inreach Explorer. (Garmin.com, 2021).....                              | 29 |
| <b>Figura 16.</b> Análisis DAFO Garmin Inreach Explorer. ....                                               | 29 |
| <b>Figura 17.</b> Análisis DAFO ATAK. ....                                                                  | 30 |
| <b>Figura 18.</b> Vista frontal THURAYA X-5 TOUCH. (GRCLTD.NET, 2021) .....                                 | 31 |
| <b>Figura 19.</b> Análisis DAFO THURAYA X-5 TOUCH. ....                                                     | 31 |
| <b>Figura 20.</b> Características técnicas dispositivo SPOT-X. Fuente: (FINDMESPOT.COM, 2021).....          | G  |
| <b>Figura 21.</b> Características técnicas Garmin Inreach Explorer. (Garmin.com, 2021) .....                | H  |
| <b>Figura 22.</b> Características técnicas Doogee S96 Pro. (Doogee.cc, 2021).....                           | H  |
| <b>Figura 23.</b> Características técnicas THURAYA X-5 TOCUH. (GRCLTD.NET, 2021) .....                      | H  |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Estructura de desglose de trabajo. ....                                        | 4  |
| <b>Tabla 2.</b> Tiempos de envío de los datos en función de la configuración. ....             | 24 |
| <b>Tabla 3.</b> Datos del Diagrama de Pareto .....                                             | 27 |
| <b>Tabla 4.</b> Recopilación de datos equipamiento propuesto. ....                             | 33 |
| <b>Tabla 5.</b> Matriz multicriterio con el equipamiento propuesto. ....                       | 34 |
| <b>Tabla 6.</b> Peso que debe portar un cazador de montaña. Fuente: (Ferradás Eito, 2016)..... | F  |
| <b>Tabla 7.</b> Tabla de pesos de los componentes del sistema BMS-ET. ....                     | F  |



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- ATAK: Sistema de mando y control para Android.
- BCZM: Batallón de Cazadores de Montaña.
- BMS: Sistema de mando y control de la zona de operaciones.
- COMSEC: Seguridad de las comunicaciones.
- DAFO: Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.
- DCC: Defensa Contracarro.
- EDT: Estructura de Desglose del Trabajo.
- ET: Ejército de Tierra.
- GNSS: Sistema Global de Navegación por Satélite.
- GPS: Sistema de Posicionamiento Global.
- PTT: Pulsar para hablar.
- RICZM: Regimiento de Infantería de Cazadores de Montaña.
- S.M.: Su Majestad.
- SERECO: Sección de Reconocimiento.
- TFG: Trabajo Fin de Grado
- TRANSEC: Seguridad de transmisión
- UCO: Unidad de destino.
- UHF: Ultra alta frecuencia.
- VHF: Frecuencia muy alta.



# 1. INTRODUCCIÓN

La siguiente memoria refleja los resultados del Trabajo de Fin de Grado realizado como proyecto final del grado de Ingeniería de Organización Industrial, cursado en las instalaciones de la Academia General Militar a través del Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.

Para poder realizar el Trabajo de Fin de Grado se ha requerido de la colaboración de militares con experiencia en sistemas de geolocalización aplicados al mando y control de unidades de montaña. Con la finalidad de sacar el máximo rendimiento a la investigación, se han realizado diversas pruebas de campo que no hubieran sido posibles sin el personal del Batallón de Cazadores de Montaña "Montejurra" I/66 integrado en el Regimiento de Infantería "América" 66, de Cazadores de Montaña.

El RICZM "América" 66 se encuentra en Aizoaín en la Cendea de Berrioplano (Navarra). No fue hasta enero de 2017 cuando pasó a formar parte del Ejército de Tierra como una unidad de Cazadores de Montaña. Aunque este regimiento ha aumentado su instrucción operativa en distintos escenarios y por tanto su ámbito de actuación, sigue manteniendo su capacidad para combatir en montaña.

La unidad tiene su origen en 1764 por orden de S.M. Carlos III. Fue creada como una unidad expedicionaria para reforzar la guarnición del Virreinato de Nueva España. El regimiento realizó numerosas actuaciones proporcionándole así un gran prestigio. Durante la Guerra Civil formó parte del Ejército del Norte y fue condecorado con dos Cruces Laureadas de San Fernando y ocho Medallas Militares colectivas. En 1966 recibió el nombre que mantiene actualmente, Regimiento de Infantería "América" 66 de Cazadores de Montaña. En los últimos años ha participado en misiones internacionales como Kosovo, Afganistán o Líbano, demostrando en ellas que se sigue manteniendo el prestigio del regimiento.

Para que todas las operaciones realizadas en las misiones anteriormente citadas pudieran salir bien, es necesario ejercer un control efectivo de lo que está sucediendo en todo momento. Anteriormente, cuando no existían todos los medios de los que ahora se dispone, las medidas de coordinación se basaban en franjas horarias. Por ejemplo, si una unidad avanzaba por un itinerario, debía estar a determinadas horas en unos puntos de verificación que se encontraban dentro de la ruta que seguían. Sin embargo, esto no permitía que el jefe supiera a ciencia cierta si las unidades se encontraban donde deberían estar. Actualmente, existen una serie de sistemas como el BMS o el Talos que permiten monitorizar el movimiento de las unidades y, por lo tanto, es posible tener una idea bastante aproximada de la situación en la que se encuentra la maniobra. De esta forma, el mando es capaz de conducir la operación desde un puesto más retrasado al mismo tiempo que obtiene información de primera mano. Además, aparte de marcar la posición, estos medios permiten enviar datos al puesto de mando.

Las unidades que se mueven por terreno montañoso generalmente están obligadas a llevar despliegues de gran amplitud y que muy rara vez tienen visión directa entre unos y otros. Si bien es cierto que estos sistemas son de vital importancia en otras unidades de infantería ligera, la necesidad que tiene un jefe de Grupo Táctico en montaña es similar a la que puede tener una unidad mecanizada o acorazada, ya que su despliegue también puede abarcar varios kilómetros. Lo que diferencia un despliegue de varios kilómetros de un batallón ligero convencional a uno de cazadores de montaña, es la orografía, la cual limita en gran medida la capacidad de control de las unidades.

Todo ello implica que nuestras tropas de montaña necesiten de un buen medio de control que asegure el enlace con la unidad superior en la medida de lo posible, y se ajuste a las limitaciones que supone el movimiento en montaña. El sistema empleado por las unidades de infantería ligera es el BMS ET, el cual nos ofrece un gran número de posibilidades. Para ver si se está haciendo un uso adecuado de las capacidades del sistema, la finalidad última de esta memoria radica en buscar las limitaciones del BMS en montaña y así poder aportar posibles soluciones a estos problemas.



## 1.1. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

A lo largo de la memoria se presentan, en primer lugar, los objetivos y alcance del proyecto, para tener una idea más clara de su finalidad. Seguidamente, se introducen los sistemas de geolocalización y mando y control en los antecedentes.

En segundo lugar, el desarrollo del trabajo se divide en varias partes. Una primera que explica el funcionamiento del BMS-ET de manera simplificada y se centra en obtener información a partir de una encuesta. Una segunda parte que obtiene información a través de las pruebas de campo realizadas durante las prácticas externas. Obtenida toda esa información se analiza y compara para ver cuáles son las limitaciones del sistema, dando lugar a la última parte del desarrollo que es la búsqueda y comparativa de posibles soluciones a los problemas planteados.

Finalmente, se extraen las conclusiones del trabajo, que recopilan los principales puntos negativos del BMS-ET y una última valoración de las soluciones aportadas.



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

#### 2.1.1. Objetivos

El objetivo general del Trabajo de Fin de Grado es detectar cuáles son las limitaciones del Battle Management System en su configuración para unidades ligeras (BMS-ET) y aportar posibles soluciones. El estudio se centra en determinar las carencias del sistema en los terrenos por los que se mueve un Batallón de cazadores de montaña.

Actualmente, en unidad de montaña es necesario un sistema que permita saber la posición exacta de las unidades subordinadas, así como una forma de obtener información de manera rápida y precisa. El proyecto busca eliminar las imperfecciones que se producen en el BMS-ET aportando alternativas a las limitaciones que ofrecen los medios del BMS. Al reducir los fallos del sistema de mando y control que se utilice, el jefe de unidad tiene la capacidad de realizar una conducción de la operación mucho más eficaz, lo que aumenta las posibilidades de que se cumpla la misión sin que las unidades subordinadas tengan que asumir responsabilidades que no le corresponden.

Los objetivos específicos en los que se desglosa el objetivo general, y que son necesarios para su consecución son:

- Explicar el funcionamiento del sistema BMS-ET.
- Conocer las posibilidades que ofrece el sistema para una unidad de montaña.
- Conocer las limitaciones que ofrece el sistema para una unidad de montaña.
- Verificar cuándo falla el sistema.
- Proponer diversas soluciones a los problemas que surjan.
- Analizar las soluciones identificando sus debilidades y fortalezas.

#### 2.1.2. Alcance

Para determinar el alcance del proyecto, primero es necesario identificar los interesados y posteriormente determinar los requisitos.

- Stakeholders: dado que el trabajo se centra en sistemas de geolocalización y mando y control para un Batallón de cazadores de montaña, los primeros implicados son todos los jefes de Batallón del Regimiento “América” 66 (Pamplona) y el Regimiento “Galicia” 64 (Jaca), ya que actualmente son las dos únicas unidades que tienen capacidad para realizar operaciones en montaña. Debido a que en el proyecto se estudian las limitaciones del BMS-ET, puede ser extensible para todo el resto de las unidades del Ejército de Tierra.

- Requisitos: para poder identificar los requisitos es necesario preguntarse qué se requiere para que el proyecto salga adelante. Requisitos necesarios:

- Tener información acerca del BMS-ET.
- Tener pruebas de campo con el BMS-ET en terreno montañoso.
- Identificar soluciones para las limitaciones del BMS-ET.



- Definición de alcance: la idea principal del proyecto es realizar un análisis de los problemas y limitaciones del BMS-ET, para así proponer alternativas que suplan esos fallos. De esta manera, se deja abierta la posibilidad de que en un futuro se estudie la viabilidad de incorporar alguna de las opciones a nuestro sistema actual de mando y control. El proyecto no contempla realizar un estudio de viabilidad de las opciones propuestas.

- Tareas por realizar: para determinar qué hitos y tareas son necesarias para que el proyecto salga adelante se ha realizado una estructura de desglose del trabajo (Tabla 1), que muestra el estado actual de las tareas a realizar.

**Tabla 1.** Estructura de desglose de trabajo.

| ID       | Nombre tarea                                                        | Descripción                                                     | Responsable                 | Fecha inicio | Fecha fin  |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|------------|
| <b>1</b> | <b>Inicio TFG</b>                                                   |                                                                 | Ignacio<br>Romero<br>García | 15/06/2021   | 08/09/2021 |
| 1.1      | Reunión 1                                                           | Reunión inicial con tutor civil de orientación al proyecto      |                             | 01/07/2021   | 01/07/2021 |
| 1.2      | Acogida a UCO prácticas externas                                    | Incorporación al Regimiento "América" 66                        |                             | 06/09/2021   | 06/09/2021 |
| 1.3      | Reunión 2                                                           | Reunión con tutor militar de autorización de proyecto           |                             | 08-sep       | 08/09/2021 |
|          |                                                                     |                                                                 |                             |              |            |
| <b>2</b> | <b>Obtención de información</b>                                     |                                                                 |                             | 15/06/2021   | 01/12/2021 |
| 2.1      | Obtener información del BMS-ET                                      | Obtener manuales e información teórica del BMS-ET               |                             | 15/06/2021   | 01/10/2021 |
| 2.2      | Realizar encuestas sobre el BMS-ET                                  | Obtener información del BMS-ET de pruebas de campo pasadas      |                             | 10/09/2021   | 20/09/2021 |
| 2.3      | Realizar pruebas de campo con el BMS-ET                             | Realizar pruebas que permitan saber las limitaciones del BMS-ET |                             | 10/09/2021   | 03/10/2021 |
| 2.4      | Obtener información de dispositivos de geolocalización alternativos | Buscar manuales e información de otros dispositivos             |                             | 01/10/2021   | 01/12/2021 |
| 2.5      | Realizar pruebas de campo con los nuevos dispositivos               | Determinar fortalezas y debilidades de los nuevos dispositivos  |                             | 10/10/2021   | 01/12/2021 |
|          |                                                                     |                                                                 |                             |              |            |
| <b>3</b> | <b>Análisis de información</b>                                      |                                                                 |                             | 15/09/2021   | 31-dic     |
| 3.1      | Recopilación resultado de encuestas                                 | -                                                               |                             | 15/09/2021   | 10/10/2021 |
| 3.2      | Realizar diagramas de causa-efecto                                  | Diagramas causa-efecto con encuestas y pruebas de campo         |                             | 15/09/2021   | 20/10/2021 |
| 3.3      | Realizar diagrama de Pareto                                         | Diagrama de Pareto con todos los fallos obtenidos               |                             | 15/09/2021   | 25/10/2021 |
| 3.4      | Realizar DAFO                                                       | DAFO de las soluciones propuestas                               |                             | 15/09/2021   | 28/10/2021 |
| 3.5      | Realizar matriz multicriterio                                       | Matriz multicriterio con las soluciones propuestas              |                             | 15/09/2021   | 30-oct     |
|          |                                                                     |                                                                 |                             |              |            |
| <b>4</b> | <b>Redacción del TFG</b>                                            |                                                                 |                             | 01/10/2021   | 05/01/2022 |
| <b>5</b> | <b>Entrega del TFG</b>                                              |                                                                 |                             | 11/01/2022   | 11/01/2022 |



## 2.2. METODOLOGÍA

La metodología que sigue la memoria tiene su grueso en la parte de desarrollo del proyecto. Para poder detectar fallos del sistema BMS-ET se ha optado en primera instancia por realizar una serie de encuestas al personal del Regimiento “América” 66.

-**Encuesta:** método que sirve para recoger información de forma rápida de una parte de la población. La información obtenida representa un porcentaje de la totalidad del personal familiarizado con este medio, por lo que se corre el riesgo de que los resultados no reflejen la realidad.

Para realizar una obtención de información más precisa, se han realizado una serie de pruebas de campo con el sistema. Con este método es posible asegurarse de que la información obtenida esté actualizada.

-**Pruebas de campo:** consiste en realizar una serie de actuaciones con el BMS-ET probando alcances y otras características de interés para la investigación.

Una vez obtenida toda la información necesaria se debe realizar una serie de métodos de análisis de la información. (Pascual Aranzana, et al., Curso 2018-2019)

-**Diagrama causa-efecto:** sirve para determinar las causas que provocan un determinado efecto. En el caso del proyecto sirve para determinar posibles causas de los fallos que da el sistema. Ejemplo en figura 1.

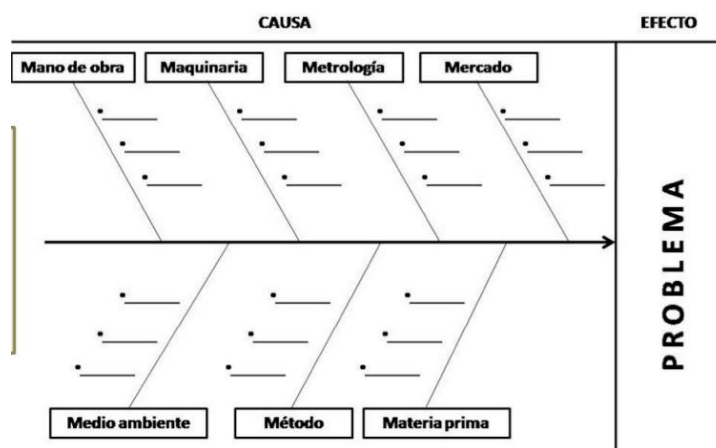


**Figura 1.** Ejemplo diagrama de causa-efecto. Fuente: (Pascual Aranzana, et al., Curso 2018-2019)

-**Diagrama de Pareto:** se trata de una representación gráfica que permite identificar las causas del 80% de los problemas. Con esto se puede determinar los factores que más suelen influir en las limitaciones del BMS-ET. Ejemplo en figura 2.

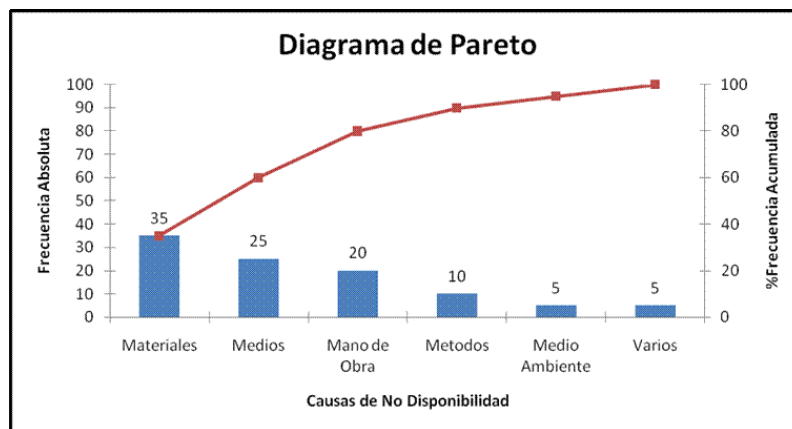


**Figura 2.** Ejemplo diagrama de Pareto. Fuente: (Suárez Menéndez, 2017)

-Matriz multicriterio (Figura 3): método cualitativo que permite evaluar distintas opciones en función de unos criterios que son de interés para un problema. De esta forma se evita en gran medida la subjetividad. Para elaborar la matriz es necesario seguir una serie de pasos (AEC, 2019):

- 1.Elaborar una lista con las opciones del problema.
- 2.Escoger criterios para calificar.
- 3.Elaborar la matriz de priorización.
- 4.Realizar un baremo ordenando los criterios.
- 5.Otorgar a cada opción un valor.
- 6.Valorar resultados.

|              | Criterio 1 | Criterio 2 | Criterio 3 | Criterio 4 | ... | Criterio "N" | Suma |
|--------------|------------|------------|------------|------------|-----|--------------|------|
| Problema 1   |            |            |            |            |     |              |      |
| Problema 2   |            |            |            |            |     |              |      |
| ...          |            |            |            |            |     |              |      |
| Problema "N" |            |            |            |            |     |              |      |

**Figura 3.** Ejemplo matriz multicriterio. Fuente: (Grajales-Quintero & Serrano Moya, 2013)



-Análisis DAFO: método cualitativo que permite saber las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de un recurso. Para valorar las posibles soluciones a las limitaciones del BMS-ET, es de gran utilidad realizar un análisis DAFO con cada una de ellas. Ejemplo en figura 4.



**Figura 4.** Ejemplo de análisis DAFO. Fuente: (Empresa, s.f.)



### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

#### 3.1. SISTEMAS DE GEOLOCALIZACIÓN: USO CIVIL Y MILITAR

La geolocalización es la capacidad que tienen determinados sistemas de identificar el posicionamiento geográfico de una persona, animal, objeto... En definitiva, un dispositivo capaz de obtener una ubicación en tiempo real. La geolocalización se diferencia de los sistemas de posicionamiento en que es capaz de dar una posición significativa (por ejemplo, la dirección de un edificio) y no solo unas coordenadas geográficas. (PCWorld, 2021)

Para que un sistema de posicionamiento o geolocalización funcione, es necesaria la existencia de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS). Los GNSS son un conjunto de satélites que reciben y emiten señales constantemente. Esas señales son emitidas en una frecuencia determinada que es recibida por el sistema de geolocalización (receptor) y posibilitan la localización y posicionamiento de un elemento terrestre, lo que da lugar a la información georreferenciada. (García Martín, et al., 2020)

En la siguiente figura se puede observar cómo se obtiene la posición de un sistema de geolocalización a partir de los GNSS.

#### Principio de funcionamiento

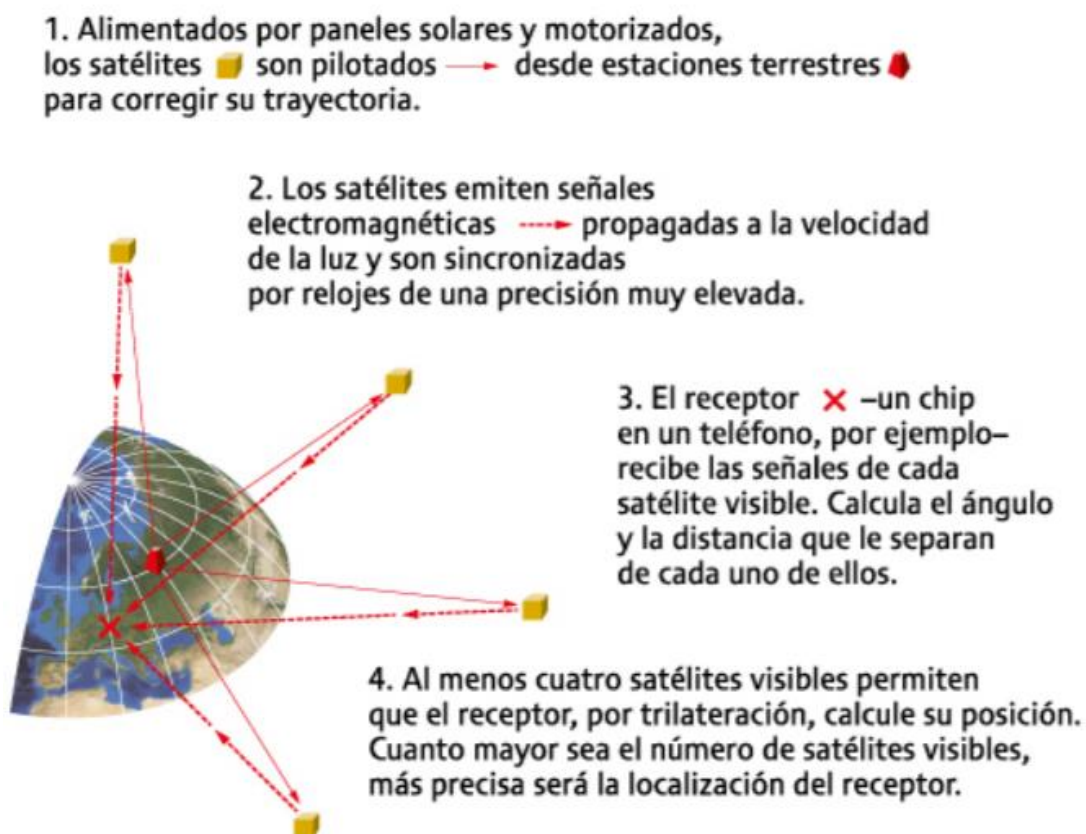


**Figura 5.** Principio de Geolocalización por satélite. Fuente: (García Martín, et al., 2020)



Los sistemas de posicionamiento tienen grandes utilidades en el ámbito civil, como pueden ser (García Martín, et al., 2020):

- Es un elemento de gran importancia para gestionar el tráfico aéreo
- Tiene un gran uso en ingeniería civil para realizar acciones de plante y replanteo de construcciones.
- Es fundamental en los negocios que se necesita llevar un control de flotas efectivo.
- Es utilizado para el control de la fauna
- Unos de sus usos más comunes es la ayuda a la navegación personal. Los dispositivos permiten que el usuario siga una ruta conociendo en todo momento el estado de su posición.
- También es utilizado en excursionismo y aventura, de una manera similar a la del punto anterior.

Por otro lado, los sistemas de armas y los ejércitos se van actualizando según la tecnología avanza. Por este motivo la geolocalización ha adquirido gran importancia en el ámbito de defensa, dando lugar a dos utilidades militares principales (García Martín, et al., 2020):

- Capacidad de ejercer mando y control sobre flotas, tanto terrestres (aquí se encuadra nuestro BCZM), como aéreas y marítimas.
- Permite que nuestros sistemas de armas maximicen su potencial, por ejemplo, realizando un guiado preciso de los misiles, aumentando la eficacia de nuestras acciones ofensivas y disminuyendo la necesidad de reiterar acciones de fuego.

## 3.2. COMBATE EN MONTAÑA

### 3.2.1 Batallón de Infantería de Cazadores de Montaña

Para poder comprender cuál es la entidad hacia la que están orientadas las pruebas de campo con el BMS-ET y la investigación del Trabajo de Fin de Grado, es necesario entender el organigrama de un Batallón de cazadores de montaña. El BCZM es la unidad táctica fundamental que se emplea para combatir en montaña y en clima frío. Está dotado de material ligero para su empleo operativo por terreno montañoso y tiene capacidad de ser helitransportado, lo que adecúa a la unidad para operaciones que requieran alta movilidad táctica y estratégica.

El BCZM está organizado de la siguiente forma (ET, 2019):

- Mando: el jefe de un Batallón de cazadores de montaña ejerce su mando con un grado de iniciativa superior al que necesitan los jefes de otras unidades convencionales. Esto es debido a que la dureza y compartimentación del terreno obliguen a sus unidades a actuar de forma aislada. El mando y control durante las operaciones se ejerce a través de un sistema de información (BMS-ET), que permite tener actualizada la visión del campo de batalla.
- Plana mayor de mando (PLMM): órgano auxiliar con el que el jefe ejerce su mando.
- Una CÍA de mando y apoyo: la compañía de mando y apoyo cuenta con tres secciones independientes que actúan en beneficio del batallón. Por ese motivo su empleo táctico depende directamente del jefe del GTM<sup>1</sup>. Se compone de:

---

<sup>1</sup> GTM: Organización operativa de un batallón de cazadores de montaña.



- Mando y PLM: mando de la compañía ejercido por un capitán, cuyo puesto táctico es auxiliar AS-3<sup>2</sup>.
  - Sección de mando y transmisiones: está encargada de la instalación y funcionamiento de los sistemas de telecomunicación e información del batallón. Son los responsables del correcto funcionamiento del BMS-ET.
  - Sección de reconocimiento de esquiadores-escaladores: la misión principal de la SERECO es la obtención de información de relevancia para el jefe del GTM, evitando así la sorpresa enemiga.
  - Sección de morteros: es responsable de los apoyos de fuego del BCZM. Son imprescindibles en montaña, dado que una unidad puede tardar varias horas en alcanzar una posición enemiga, mientras que una acción de fuego tarda tan solo unos minutos. De esta manera el BCZM hace sentir su acción ofensiva e impulsa la maniobra.
  - Sección de defensa contracarro: es la herramienta principal con la que el BCZM realiza acciones de DCC. Todos los pelotones deben tener claro su cometido, ya que sus medios suelen desplegar dispersos por toda la zona de acción.
- Tres CÍAS de cazadores de montaña: en el batallón existen tres compañías homogéneas, las cuales son la unidad de combate básica y constituida por tres secciones de cazadores de montaña y una de armas de apoyo. Su organización es la siguiente:
- Mando y PLM: mando de la compañía ejercido por un capitán. La PLM cuenta con los medios suficientes para colaborar con las necesidades logísticas de la unidad.
  - Tres secciones de cazadores de montaña: unidad de combate del S/GTM<sup>3</sup>. Sin capacidad para reiterar esfuerzos.
  - Sección de armas de apoyo: el jefe de compañía dispone de este elemento específico de fuego para apoyar su maniobra. Se suele emplear en beneficio del movimiento de las secciones de cazadores de la CÍA.
- Una CÍA de servicios: es la unidad encargada de la logística del BCZM. La organización está compuesta de:
- Mando y PLM: mando de la compañía ejercido por un capitán que a su vez es auxiliar de la S-4<sup>4</sup> del BCZM.
  - Sección de abastecimiento: está encargada de la función logística de abastecimiento, dirigida por la 4ª sección de la PLMM. Es la responsable de controlar los recursos del BCZM.
  - Sección técnica de mantenimiento: está encargada de la función logística de mantenimiento, dirigida por la 4ª sección de la PLMM. Su misión es realizar tareas de segundo escalón<sup>5</sup> de mantenimiento y distribuir piezas de repuesto.
  - Pelotón de sanidad: está encargado de realizar las tareas sanitarias del BCZM. Su función en combate es atender las bajas una vez recogidas del nido de heridos de las compañías de cazadores de montaña.

Para ver organigrama del batallón y las compañías, consultar anexo A.

<sup>2</sup> AS-3: auxiliar encargado de supervisar las operaciones en curso.

<sup>3</sup> S/GTM: organización operativa de una compañía de cazadores de montaña.

<sup>4</sup> S-4: sección de la PLMM del GTM encargada de la logística.

<sup>5</sup> Tareas de segundo escalón: mantenimiento correctivo sencillo del material.



### *3.2.2 Preparación de las unidades de montaña*

Hoy en día el Ejército de Tierra demanda que haya unidades instruidas para combatir en todo tipo de escenarios. Consecuencia de ello es que existan militares con capacidades para vivir, moverse y estar en disposición de realizar operaciones cargando con su equipo, ya que como es de suponer, el terreno nos impide movernos con el vehículo en un gran número de ocasiones.

La montaña es uno de los terrenos más complicados a los que un combatiente se puede enfrentar. Se suele decir que es uno de los mejores medios para instruirse, ya que aparte de la dureza de los ejercicios tácticos que se realizan, las unidades deben enfrentarse a un enemigo real, la propia montaña. Esto es debido a que los cazadores están expuestos a un continuo riesgo real, dado que las adversidades que brinda el terreno son numerosas, como pueden ser los acantilados, el frío extremo, la nieve, la niebla, la vegetación...

Todo ello implica que los soldados deban mantener una excelente forma física, una depurada preparación técnica y sobre todo una moral inquebrantable, ya que en un gran número de ocasiones lo que les impide seguir avanzando, es una insuficiente fortaleza mental y no su condición física. El aislamiento, el riesgo y la dureza son tres características que ponen a prueba la responsabilidad, iniciativa y capacidad de decisión de todos y cada uno de los miembros de la unidad. (Desconocido, 2015)



## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Actualmente el sistema prioritario de información empleado por las unidades de infantería ligera es el BMS-ET. Es imprescindible disponer de una herramienta que permita al jefe de la unidad saber el estado de la maniobra en todo momento, con la finalidad de que pueda realizar una conducción óptima de la operación y disminuir así la probabilidad de que surja un incidente.

Para sacar el máximo rendimiento a los medios del Ejército de Tierra, es necesario analizarlos y observar si cumplen correctamente la función para la que se adquirieron. Debido a la gran polivalencia de las unidades ligeras del ejército y al gran número de escenarios en los que opera, surge la necesidad de comprobar el funcionamiento del sistema en los diferentes terrenos por los que se mueven los militares. Esta memoria centra su investigación en detectar posibles fallos del BMS-ET en relación con las unidades de montaña, pero para poder saber sus limitaciones, es preciso explicar previamente su funcionamiento.

### 4.1. BMS-ET: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA

#### 4.1.1. Descripción del sistema

El sistema BMS-ET<sup>6</sup> es el resultado de la evolución del BMS-Lince. El BMS se trata de un programa diseñado para mejorar el mando y control en las unidades del Ejército de Tierra y su anterior versión, el BMS-Lince, fue desarrollada por las empresas Indra y Thales y se puso en funcionamiento a principios de la década pasada. La llegada de este programa incrementó la seguridad de las unidades y facilitó la planificación y gestión de la operación, ya que permite que el mando tenga en un solo dispositivo una visión única y completa de lo que ocurre en el campo de batalla. La información se va actualizando con el transcurso de la maniobra, ya que los sensores de todas las plataformas conectadas recogen información (mensajes, alarmas, posición...) y la envían a tiempo real.

El BMS-Lince comenzó implementándose en los carros Leopard 2E y los vehículos Pizarro, pero no fue hasta la segunda fase del proyecto cuando se hizo extensible a unidades a pie. Con la llegada del BMS-ET, unidades como el Regimiento "América" 66 o el "Galicia" 64 tienen la capacidad de apoyar la planificación, dirección, coordinación y control de la misión gracias a la incorporación del sistema a sus medios. El sistema apoya al mando en las tareas de planificación, supervisión y realización de operaciones, así como el reconocimiento de la situación táctica y logística. También es adecuado para la recepción y transmisión de mensajes y órdenes durante la operación. El sistema es capaz de apoyar en los niveles tácticos de batallón, compañía, sección y pelotón.

Existen 3 estados de los que dispone el sistema:

- Inicialización. El sistema se encuentra realizando procesos para arrancar y autenticarse.
- Operativo. Es el estado en el que se trabaja y en el que se ofrecen las funcionalidades del programa.
- Apagado. Estado en el que se realizan procesos de guardado de información para que no se dañe el sistema.

---

<sup>6</sup>BMS-ET (Villarejo, 2017), (Sistemas & Programas, 2019)



#### 4.1.2. Equipos y modos de operación compatibles

El BMS-ET se trata de un programa que se instala en determinados dispositivos, como ordenadores y tablets ruggedizadas<sup>7</sup> desde los cuales se muestra la interfaz del sistema. Por medio de estos dispositivos, con Windows instalado, los distintos usuarios pueden realizar una serie de funcionalidades que permiten el intercambio de información y demás opciones que se explican en el siguiente apartado. Para poder conectar los distintos nodos<sup>8</sup> a una malla común, es necesaria una plataforma que permita la transferencia de datos. Actualmente, los dos dispositivos empleados para realizar ese intercambio de datos son la PR4G-V3 y la Harris 5800.

##### Radioteléfono PR4G V3 (ET, 2016)

Este radioteléfono (Figura 6) es un transceptor VHF<sup>9</sup> que permite efectuar transmisiones con un alto nivel de protección contra amenazas hostiles. Puede ser empleada para transmisión de datos, voz o ambas al mismo tiempo. Funciona en modo semidúplex, es decir, se necesita de un PTT (botón que es necesario pulsar para hablar) ya que solo puede transmitir un radioteléfono a la vez. Existe una configuración portátil y una vehicular.

Incorpora módulos TRANSEC (cifrado de la propia señal de transmisión) y COMSEC (cifrado de lo que va dentro de la señal: datos, voz...), que permiten una transmisión segura frente a posibles intrusiones enemigas en la malla.

Las características técnicas son las siguientes:

- *Frecuencias.* El rango de frecuencias en el que trabaja tiene las siguientes especificaciones.
  - Banda de frecuencias: 30 a 87.975 MHz.
  - Espaciado de canales: 25 kHz.
  - Número máximo de frecuencias en las que puede trabajar: 2.320.
  - Número de canales disponibles: 7.
- *Potencia.* Potencia de emisión según su configuración.
  - Configuración portátil: 0,5 W, 5W, 10W.
  - Configuración vehicular: 0,28 W, 5 W y 50W.
- *Alimentación.* Margen de tensión según su configuración.
  - Configuración portátil: 11 a 30 V
  - Configuración vehicular: 18 a 33 V
- *Alcance.* Alcance máximo según su configuración.
  - Configuración portátil: 6-8 km.
  - Configuración vehicular: 20-25 km.

<sup>7</sup> Ruggedizado: de alta durabilidad y resistencia.

<sup>8</sup> Nodo: cada uno de los puntos de conexión de una red, es decir, cada dispositivo conectado a la red del BMS-ET

<sup>9</sup> VHF: banda de frecuencias comprendida entre 30 y 300 MHz



**Figura 6.** Vista frontal de la PR4G- V3. Fuente: (Acosta Navarro, 2018)

#### Radio HF Harris RF-5800-H (ET, 2018)

RF-5800H (Figura 7) es una radio que ofrece una transmisión fiable y que tiene capacidad para operar tanto en la banda HF<sup>10</sup>, como en la banda baja de VHF permitiendo un abanico de comunicación más amplio. Con su pantalla desmontable (KDU) facilita la capacidad para operar el equipo en movimiento, ya que el mismo operador radio puede realizar ajustes con la mochila puesta. Puede ser empleada para transmisión de datos y voz, pero no simultáneamente. Funciona en modo semidúplex, es decir, se necesita de un PTT ya que solo puede transmitir un radioteléfono a la vez. Existe configuración portátil, vehicular y fija. Incorpora varios modos de trabajo y un interfaz de protocolo de internet. Soporta encriptación digital

Posee una amplia variedad de antenas entre las que destaca la antena dipolo, la cual permite realizar enlace por rebote ionosférico, logrando alcances internacionales.

Las características técnicas son las siguientes:

- **Frecuencias.** Es un equipo capaz de trabajar en un amplio rango de frecuencias, ya que permite su empleo tanto en HF (1,5 MHz- 29,9999 MHz) como en VHF (30 MHz- 59,9999 MHz). Tiene preconfigurados 200 canales.  
  
Para poder operar en este rango de frecuencias, es necesario que se autoricen unas frecuencias determinadas con anterioridad.
- **Potencia.** Tres niveles de potencia.
  - LOW: 1W.
  - MED: 5W.
  - HIGH: 20W.
- **Alimentación.** Utiliza dos baterías o alimentación externa. En su configuración portátil únicamente se emplea una de las dos baterías con la finalidad de minimizar el gasto de las baterías.
- **Alcance.** Debido a la variedad de antenas que ofrece es capaz de establecer enlace prácticamente a cualquier distancia. Las principales antenas utilizadas en unidades de montaña son:
  - Antena de varilla: permite un enlace similar al de la PR4G-V ofreciendo un alcance máximo de 6 km.
  - Antena dipolo: debido al rebote ionosférico permite establecer enlace internacionalmente.

<sup>10</sup> HF: banda de frecuencias comprendida entre 3 y 30 MHz



**Figura 7.** Vista frontal de la Harris 5800. Fuente: (ET, 2018)

### Modos de operación

El sistema BMS-ET tiene una serie de capacidades y modos de trabajo en función a la plataforma que se conecta. Dado que las dos plataformas utilizadas en montaña son el radioteléfono PR4G-V3 y la radio HF Harris RF-5800H, los modos compatibles son los siguientes (Sistemas & Programas, 2019):

- **CNR-VOZ (PR4G V3):** en este modo solo se puede realizar enlace por voz, es decir, no se puede enviar ningún tipo de dato. Gracias a esto, el sistema permite explotar al máximo las capacidades de la plataforma, mejorando la calidad del audio y aumentando el ancho de banda disponible. Alternativamente, también es capaz de enviar mensajes con voz robotizada en situaciones con mucha interferencia radioeléctrica<sup>11</sup>.
- **CNR-TD (PR4G-V3):** a través de este modo se puede hacer uso de la transferencia de datos y voz, pero no simultáneamente. Cuando se están enviando o recibiendo datos, no es posible transmitir ni recibir voz. Para que se pueda alternar entre ellos el sistema BMS-ET implementa un mecanismo capaz de detener el envío de datos para usar la transferencia por voz. Este modo también permite utilizar mensajes con voz robotizada. Es importante saber que cuando el canal está en modo voz, el sistema no actualiza la posición.
- **TDMA (PR4G-V3):** en este modo es posible enviar mensajes con una velocidad de transmisión y cadencia fijas, es decir intervalos conocidos y regulares. Solo se pueden transmitir datos que faciliten la siguiente información.
  - Posiciones enemigas
  - Posición propia
  - Alarmas
- **IPMUX (PR4G-V3):** el modo multiplexión de IP permite realizar transferencia de voz y datos simultáneamente. Al poder enviar datos y voz al mismo tiempo empeora la calidad de la transferencia, pero aumenta fluidez de transmisión de datos, ya que no hay que alternar entre modos como sucede con el CNR-TD.

Esto se consigue debido a que reparte el tiempo de transmisión, asignando un 40% a los datos, un 50% a la voz y el resto para llamadas prioritarias y alertas. La necesidad de sincronización en este modo es muy alta, por lo que se necesita una estación directora que se encarga de la sincronización y una secundaria.

<sup>11</sup> Interferencia radioeléctrica: energía no deseada consecuencia de la combinación de varias emisiones



IPMUX es capaz de enviar la posición sin interrupción y mejora la capacidad de usuarios de la malla soportando hasta 32 nodos. La velocidad de transmisión en este modo varía entre los 600 bits/s y los 4.800 bits/s, en función de las condiciones del enlace.

- *IPSAP (PR4G-V3)*: este modo únicamente permite la transferencia de paquetes de datos, inhabilitando las funciones de voz de la radio. La ventaja que aporta es el envío de datos en largas distancias, gracias a que el sistema en este modo tiene la capacidad de conectarse automáticamente como relé<sup>12</sup>. Esto significa que, si una radio está fuera del alcance de otra, pero existe una tercera que tenga enlace con ambas, la radio es capaz de enviar el paquete de datos a la otra con la que no tenía enlace. La cantidad máxima de saltos intermedios entre la emisora y la receptora es de cuatro.

El modo suele ser empleado por unidades tipo batallón, ya que permite la transferencia de grandes volúmenes de datos con pocos nodos.

Es necesario que haya una radio directora que sincronice el resto de la red.

La velocidad de transmisión de datos es mucho más elevada que en otros modos, llegando a alcanzar los 19.200 bits/s.

Las características de este modo hacen que sea la mejor opción para montaña si solo se pretende enviar datos, ya que los relés en terreno escarpado son indispensables si se busca una transmisión óptima.

- *HARRIS-ALE3G (RF-5800H)*: Este modo permite la transmisión de datos en grandes distancias debido a las características de la plataforma (Harris 5800) a la que está conectada el sistema BMS-ET.

Tener conectado el sistema a la radio imposibilita la transferencia de voz.

#### 4.1.3 Funcionalidades del sistema

- Planeamiento: la funcionalidad permite crear, modificar y borrar diferentes Líneas de Acción<sup>13</sup>. Una vez creadas, está la opción de confrontarlas y visualizar su evolución temporal. De esta forma es más fácil elegir la línea de acción más adecuada para cada operación.

Es importante remarcar que existe la posibilidad de configurar diferentes organizaciones operativas, tanto de fuerzas propias como de otras fuerzas. De esta forma el sistema se ajusta a cada operación, permitiendo al mando saber las entidades de las fuerzas distribuidas por la zona de acción<sup>14</sup>.

Por otra parte, permite asociar las listas de objetivos de los apoyos de fuego a las líneas de acción.

- Administración del sistema: con esta funcionalidad se crea el "Fichero de Misión", con todos los datos necesarios para llevar a cabo el seguimiento de la misión con el sistema. Este fichero se reparte a las unidades que forman parte de la operación.

También permite realizar ajustes en las distintas funcionalidades del sistema, en los usuarios, accesos y gestión de archivos.

- Mantenimiento del sistema: esta funcionalidad establece los procedimientos necesarios para que los encargados de segundo escalón puedan realizar ajustes en la instalación recuperación y actualización del sistema.

<sup>12</sup> Relé: punto de unión entre dos radios sin enlace directo.

<sup>13</sup> Línea de Acción: línea de coordinación que delimita una zona de acción.

<sup>14</sup> Zona de Acción: área donde opera una unidad determinada.



- Sistema de Información Geográfica: funcionalidad que permite la visualización de toda la información georreferenciada obtenida a partir de los GNSS. Toda la información queda visible en un mapa que junta la cartografía y la simbología táctica. Esta funcionalidad es esencial para poder llevar a cabo una buena conducción de la operación.
- IHM: en esta funcionalidad se ofrecen dos formatos diferentes de interfaz, uno para la utilización en movimiento del sistema y otro para la estática.
- Situación táctica: mediante esta funcionalidad se facilita la conducción, ya que se puede realizar un seguimiento de las fuerzas tanto enemigas como propias de la zona de acción. Es posible gestionar elementos como instalaciones, obstáculos y líneas de coordinación.
- Mensajería: con esta funcionalidad el sistema permite enviar y recibir mensajes, tanto dentro como fuera del sistema, es decir, permite enviar mensajes a otros programas diferentes al BMS-ET. En las comunicaciones internas del sistema existe además la posibilidad de anexar ficheros.
- Gestión de documentos: con esta funcionalidad se pueden preparar archivos y documentos que van a ser necesarios durante la operación. Además, permite crear una biblioteca donde se almacenan todos los informes y documentos de relevancia para la misión.
- Apoyo de fuegos: a través de esta funcionalidad es posible crear listas de objetivos que faciliten la adquisición de objetivos durante la maniobra. De igual modo, se pueden realizar solicitudes de fuego sobre los objetivos de la lista u otros que vayan surgiendo durante la operación y priorizar unas solicitudes con respecto a otras. También es posible anular fuegos y realizar intercambios de información con sistemas nacionales de Artillería.
- Apoyo logístico: permite llevar a cabo el control logístico de las unidades, es decir, se puede saber la capacidad de combate que tienen las distintas unidades (personal, munición, víveres...). Se puede realizar solicitudes de abastecimiento, mantenimiento, asistencia sanitaria y transporte en caso de ser necesario.
- Alarmas: con esta funcionalidad se pueden crear una serie de 'Sucesos predefinidos' que en caso de que surja un imprevisto ayudan a la rapidez de respuesta. Esos sucesos se refieren a hechos tácticos acaecidos u observados en el campo de batalla.
- Avisos: la funcionalidad muestra imprevistos técnicos que surgen durante la maniobra y que pueden afectar a la conducción de la operación.
- Navegación: a través de esta funcionalidad se pueden seguir rutas planeadas o cambiar a una ruta alternativa. Nos muestra nuestra posición en el terreno gracias al sistema de posicionamiento de la plataforma. Esta funcionalidad es de gran utilidad, ya que, debido a la vegetación, seguir itinerarios en montaña es más complejo.
- Control de tiempos: esta funcionalidad ayuda a llevar un control preciso de los tiempos mediante los cinco tipos de relojes que tiene. Reloj con hora local, reloj que determina el tiempo que ha transcurrido desde que se inició la operación, reloj que muestra la hora común de la operación, reloj de cuenta atrás y reloj de cronómetro.
- Análisis de la operación: esta funcionalidad muestra el estado de la operación en comparación a lo planeado. Esto permite un reajuste de la operación, de manera que el resto de las unidades reciben de forma instantánea el cambio efectuado.
- Integración con la plataforma en uso: a través de esta funcionalidad es posible controlar subsistemas de la plataforma a la que está conectada el BMS.
- Gestión de datos estáticos: tiene la finalidad de mantener seguros los tipos y plantillas que forman parte del modelo de datos del sistema.



- Gestión de distribución de la información: a través de esta funcionalidad el mando es capaz de controlar quién tiene acceso a cada paquete de información. Permite establecer una serie de filtros de información de tal forma que los dispositivos de las unidades subordinadas no se sobrecarguen con información que no es de su interés.
- Gestión de comunicaciones: con esta funcionalidad es posible controlar el estado de todas las plataformas a las que está conectado el BMS-ET. Las plataformas conectadas a una interfaz que genera el sistema son capaces de establecer comunicación entre ellas.
- Ayuda: se trata de la documentación electrónica existente en el sistema que facilita al usuario su utilización.
- Seguridad: esta funcionalidad permite acreditar el sistema al Centro Criptológico Nacional. También es posible realizar un borrado de emergencia de la información local.



## 4.2. ANÁLISIS DE FALLOS DEL BMS-ET

### 4.2.1. Análisis de las encuestas

Durante el proceso de obtención de información, se ha realizado una encuesta (anexo B) al personal del Regimiento `América` 66. La finalidad de la encuesta es recopilar el mayor número de fallos que surgen en el sistema, ya sea en la plataforma, sistema operativo, modo de trabajo...

La información extraída de las encuestas es de vital importancia, ya que refleja los conocimientos que tiene la unidad de sus medios y permite saber si se da un adecuado uso de ellos.

#### - Recopilación de datos de las encuestas

Las dos primeras preguntas nos dan a conocer el perfil de los usuarios que han respondido a la encuesta. De esta se puede saber el cometido que tiene el usuario a la hora de emplear el BMS-ET, debido a que no están expuestos a los mismos fallos. Un soldado cuyo puesto táctico sea el pelotón de transmisiones, está encargado de montar toda la configuración del sistema, mientras que un soldado encuadrado en una compañía de cazadores su único cometido es saber utilizar el sistema para poder enviar datos.

Se ha alcanzado un total de 36 respuestas de las cuales, un 74% pertenecen a la escala de tropa, un 22% a la de suboficiales y un 4% a la de oficiales.

Con las preguntas 3, 4, 5 y 10 se puede saber el conocimiento aproximado que tiene el usuario a cerca del BMS-ET. Únicamente un 34% de los usuarios tiene un dominio del sistema superior a 2 (bajo) sobre el sistema, y tan solo el 18% tiene un dominio superior a 3 (medio). De todo el personal que ha respondido que tiene al menos dominio medio del sistema, el 11% forma parte o ha formado parte de la sección de mando y transmisiones, de la CÍA de mando y apoyo.

Los militares del pelotón de transmisiones son los encargados de la configuración del sistema BMS-ET, y los responsables de su funcionamiento. Todos sus miembros deberían tener al menos un dominio de 4 (alto) o 5 (perfecto) ya que va a depender de ellos el funcionamiento del sistema. Con respecto al resto de personal de la unidad, el nivel de dominio del sistema es prácticamente nulo, excepto algún caso aislado. El primer fallo que se puede extraer de la encuesta es un elevado desconocimiento del medio por una gran parte de la unidad.

Las preguntas 6, 7, 8 y 9 nos dan a conocer fallos del propio sistema. De las plataformas compatibles con el BMS-ET, el 95% ha utilizado únicamente la PR4G-V3 y un 5% también ha utilizado la Harris RF-5800-H. Ninguno de los usuarios ha utilizado el sistema únicamente con la radio Harris.

El personal perteneciente al pelotón de transmisiones afirma que en ocasiones ni siquiera ha sido capaz de levantar medios, lo que significa que el sistema no tiene ninguna utilidad, debido a que no se produce enlace efectivo entre las radios.

Otro de los fallos más recurrentes en las respuestas es la pérdida de enlace entre las radios PR4G-V3 al cambiar de valle. La pérdida de enlace de las radios impide la utilización del BMS-ET en cualquiera de sus modos de trabajo, ya que, si la señal que envía la radio emisora no llega a la receptora, da igual el modo de trabajo que se emplee, los datos nunca llegarán.

Un problema menos frecuente pero que también se ha repetido, ha sido un fallo en el posicionamiento del GPS. Esto, puede hacer que el resto de las unidades piensen que la que está transmitiendo mal su posición se encuentre en un lugar distinto al que realmente se encuentra.



- Diagrama causa-efecto

Mediante el diagrama de causa-efecto se busca detectar el origen de los fallos extraídos de las encuestas. Los fallos que se van a analizar son los siguientes: desconocimiento de las posibilidades que ofrece el BMS-ET, imposibilidad de levantar medios, pérdida de enlace y fallo en el posicionamiento GPS.

El problema principal para analizar, son las limitaciones del BMS-ET. Se identifica este problema ya que todos los fallos extraídos son causas de que este sistema esté limitado.

Tras determinar el problema principal, hay que poner en el diagrama los problemas que se van a analizar, es necesario ir uno por uno viendo cuáles son las causas que están generando ese fallo. Debido al gran número de causas que pueden surgir y para poder determinar posteriormente cuáles son las que más problemas generan, se han englobado en cinco grandes bloques:

- Personal: en este bloque se agrupan todas las causas de fallo debidas al operador del sistema, como puede ser una mala configuración del sistema.
- Terreno: en este bloque las causas del fallo están debidas a las características que ofrece el terreno.
- Clima: en este bloque se agrupan las causas relacionadas con la climatología.
- Plataforma: las causas de este bloque están relacionadas con la plataforma, ya sea con la radio PR4G V3 o la Harris 5800. Si surge algún problema con otro terminal también estaría incluido como causa de plataforma.
- Programa: en este bloque están incluidas las causas que tienen que ver con el sistema operativo, es decir, toda la parte digital.



A continuación, se muestran los fallos extraídos y sus causas en el diagrama de causa-efecto.

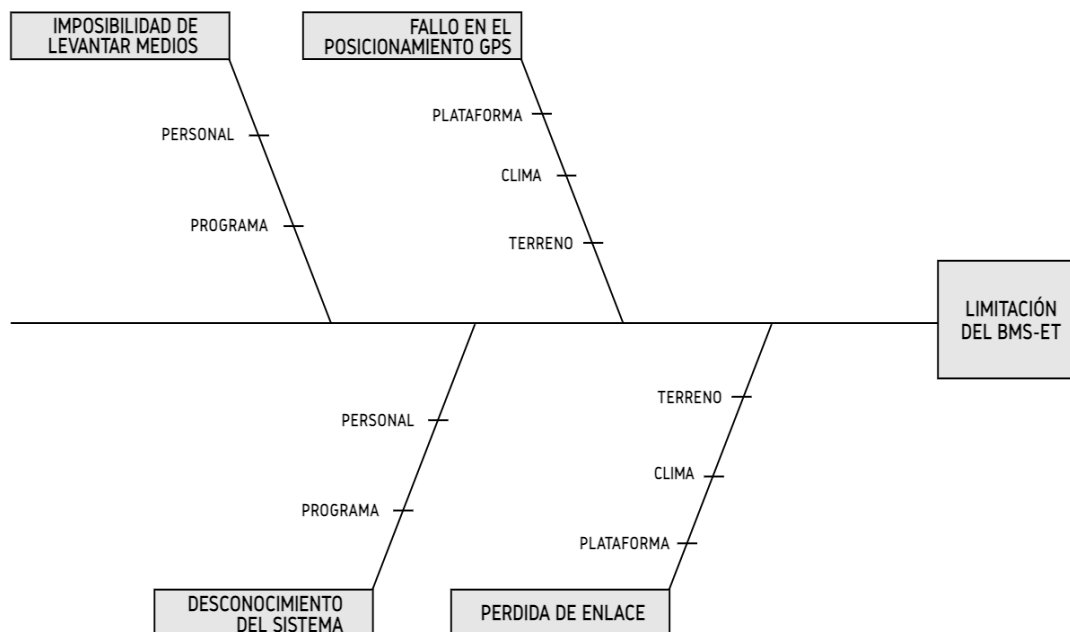


**Figura 8.** Diagrama causa-efecto con fallos extraídos de las encuestas.

Para poder entender por qué se han seleccionado esos bloques para cada fallo, es necesario explicar de qué causa proviene.

En primer lugar, con respecto a la imposibilidad de levantar medios, el personal tiene que estar cualificado y haber repetido numerosas veces el procedimiento de configuración del sistema, así como la creación del “Fichero de Misión”. En caso contrario, se pueden cometer errores a la hora de cargar las IP, introducir la fecha y hora... Por otro lado, la configuración del sistema requiere un gran número de pasos, que han de realizarse en un orden específico y de una forma muy precisa. Tras varios días de trabajo y con la fatiga acumulada de maniobras, es fácil cometer errores a la hora de cargar el sistema.

En segundo lugar, los fallos en el posicionamiento del GPS pueden ser debidos a tres causas principales. El terreno puede influir en la propagación de la señal por un fenómeno que se denomina propagación multicamino. Esto ocurre cuando la señal que envía el satélite se ve reflejada en la montaña, de tal manera que llega al mismo receptor por caminos diferentes. Al seguir dos trayectorias distintas, no llegan al mismo tiempo al receptor y provocan un desfase en el posicionamiento. De igual modo, los árboles afectan negativamente a la transmisión de señal GPS. El clima en teoría no debería ser un factor que altere la señal, pero determinadas situaciones de la atmósfera pueden degradar la señal causando un sesgo en la posición proporcionada.



En tercer lugar, la pérdida de enlace puede estar relacionada con las mismas tres causas que el fallo anterior.

Por un lado, el radioteléfono PR4G-V3 emite en la banda de frecuencias VHF en la cual, la propagación de ondas de radio se produce de manera directa, es decir, la señal emitida sigue una línea recta hasta el receptor. En caso de que la señal se encuentre con una montaña, se producen ondas reflejadas. Es por esto por lo que, en multitud de ocasiones, la señal alcanza el horizonte óptico y se pierde en el espacio, es decir, la onda no llega al receptor y se dice que el enlace se ha perdido. También existe la posibilidad de que se produzca multicamino en estas ondas, más conocido como interferencias.

En el caso de la radio Harris 5800, como emite en la banda HF, la propagación de ondas se produce por salto ionosférico. Las ondas emitidas rebotan en la ionosfera y alcanzan el receptor sin necesidad de tener línea directa de visión (Figura 9). Esto es posible gracias a que en esta capa de la atmósfera las atenuaciones son muy pequeñas. El problema es que este enlace se ve fuertemente alterado por las condiciones meteorológicas, la hora del día y la estación del año. Además, el principal problema de esta radio surge al no utilizarlas en operaciones con la suficiente distancia entre el emisor y el receptor. Con las frecuencias HF, existe una distancia mínima para que el enlace ionosférico se haga efectivo. Esa distancia mínima está marcada por el ángulo crítico de transmisión. Si el ángulo formado entre la onda emitida y la onda reflejada es inferior al ángulo crítico de transmisión, la onda escapará de la región de reflexión y no se producirá el enlace (Catarina, -).

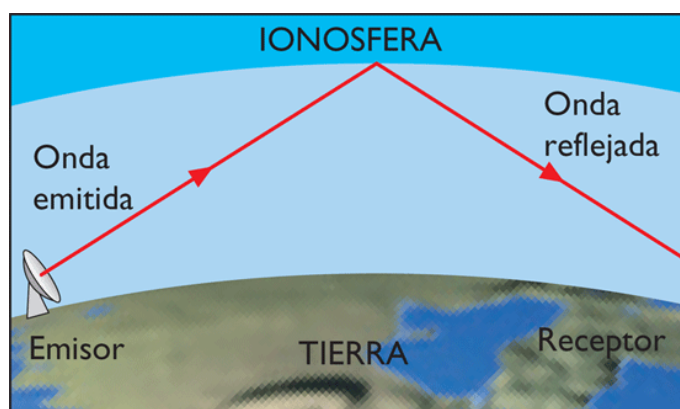


**Figura 9.** Propagación de las ondas en la banda HF.  
(Catarina, -)

Por último, el desconocimiento generalizado del sistema, aunque no sea un fallo del propio BMS-ET, sí que actúa como limitante de su propio uso. Es imposible que un medio no dé problemas a la hora de utilizarlo si no se conoce. Esto es debido a la falta de instrucción de los soldados con el sistema, tanto en la parte teórica como en la parte práctica. Por lo tanto, una de las causas de este fallo es el personal. Por otro lado, el bloque de causas relacionado con el programa también está implicado dentro de este fallo. Al tratarse de un medio con un nivel de conocimientos técnicos muy elevado es complicado llegar a tener un dominio perfecto del sistema.

## 23



El primer fallo que se puede extraer de las marchas es la pérdida de enlace (fallo ya observado en el análisis de encuestas). Cuando se alcanzó el punto rojo que se encuentra entre los kilómetros 4 y 5, se dejó de tener enlace y el sistema dejó de funcionar. En el punto verde que se encuentra entre los kilómetros 6 y 7 se volvió a tener enlace. Todo el tramo de recorrido comprendido entre esos dos puntos, no se pudo transmitir ningún tipo de información en ninguna de las dos marchas.

Durante todo el resto del itinerario, el enlace por voz no causó ningún problema. A diferencia de la transmisión por voz, el envío de datos en cada kilómetro sí que ha permitido extraer un fallo. Los paquetes de datos tienen un tiempo de envío muy elevado o no llegan a mandarse. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos (los paquetes de datos que no se han podido enviar vienen representados por un guion).

**Tabla 2.** *Tiempos de envío de los datos en función de la configuración.*

| KILÓMETRO |       | IMAGEN 1: 100 kb | IMAGEN 2: 600 kb |
|-----------|-------|------------------|------------------|
| 1         | IPMUX | 1' 58''          | 16' 33''         |
|           | IPSAP | 1' 07''          | 10' 48''         |
| 2         | IPMUX | 2' 52''          | 17' 47''         |
|           | IPSAP | 58''             | 9' 16''          |
| 3         | IPMUX | 2' 11''          | -                |
|           | IPSAP | 47''             | 7' 52''          |
| 4         | IPMUX | 8' 45''          | -                |
|           | IPSAP | 5' 48''          | 18' 36''         |
| 5         | IPMUX | -                | -                |
|           | IPSAP | -                | -                |
| 6         | IPMUX | -                | -                |
|           | IPSAP | -                | -                |
| 7         | IPMUX | 1' 02''          | 8' 16''          |
|           | IPSAP | 25''             | 4' 31''          |
| 8         | IPMUX | 2' 46''          | -                |
|           | IPSAP | 1' 51''          | 8' 27''          |
| 9         | IPMUX | 1' 52''          | 13' 23''         |
|           | IPSAP | 1' 26''          | 11' 59''         |
| 10        | IPMUX | 2' 22''          | 16' 25''         |
|           | IPSAP | 52''             | 7' 16''          |



Si analizamos los resultados obtenidos del envío de la imagen 1, podemos observar que, para un tamaño de paquete de datos pequeño, los tiempos de envío son bastante elevados. El tiempo de espera máximo para la imagen 1, es de 8 minutos y 45 segundos, lo que es igual a una velocidad de transmisión de 190 bits/s.

En el caso de la segunda imagen, se puede observar que en numerosas ocasiones no se ha llegado a enviar en IPMUX. En los casos que se ha producido un envío efectivo, la velocidad de transmisión es inferior a la mínima marcada por la ficha técnica (600 bits/s). El modo de trabajo IPSAP, sí se pudo enviar la imagen 2, pero con un tiempo de espera demasiado elevado para ser un modo de trabajo que se centra en el envío de datos.

Durante las dos marchas realizadas, se ha podido extraer un fallo en el hardware del sistema. Para poder operar con el BMS-ET, un único usuario tiene que cargar con todo lo necesario para que el sistema funcione. Debido a las características del hardware del sistema, es imposible que un usuario a pie lo utilice sin perder la capacidad de combate. Además, para poder llevar todo lo necesario, el combatiente tiene que dejar de lado parte de su equipo o repartirlo entre sus compañeros.

#### - Diagrama causa-efecto

Mediante el diagrama de causa-efecto se busca detectar el origen de los fallos extraídos de las pruebas de campo. Los fallos que se van a analizar son los siguientes: caída de red por número máximo de nodos, excesivo tiempo en el envío de datos, tamaño y peso. No se va a analizar el primer fallo extraído (pérdida de enlace) ya que se analizó en el apartado 4.2.1.

El problema principal para analizar es el mismo que en las encuestas, las limitaciones del BMS-ET. Se identifica este problema ya que todos los fallos extraídos son causas de que este sistema esté limitado.

Para poder determinar las causas de los problemas que surgieron en las pruebas, se van a utilizar los mismos bloques que en el apartado anterior.

A continuación, se muestran los fallos extraídos y sus causas en el diagrama de causa-efecto.

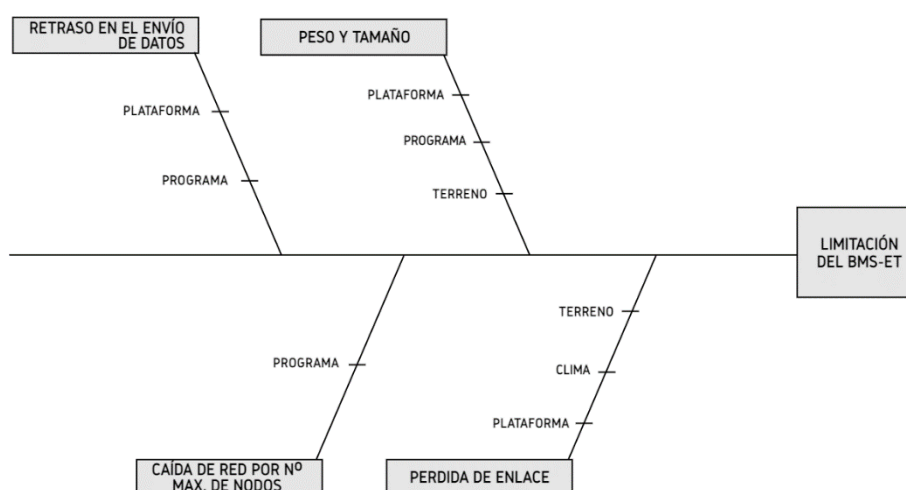


**Figura 11.** Diagrama causa efecto con los fallos extraídos de las pruebas de campo.

En primer lugar, con respecto a la desconexión por número máximo de nodos, es importante saber la capacidad máxima de usuarios que pueden estar conectados a la red. Según la ficha técnica, el programa es capaz de soportar hasta 32 nodos. La causa del fallo es que el programa se satura debido a que los servidores del programa no están preparados para soportar esa



capacidad. Otro motivo de que el sistema se cuelgue puede ser que el caché de los dispositivos que se utilizan no esté preparado para ese intercambio de datos.

En segundo lugar, el problema relacionado con la velocidad de transmisión de datos puede resultar un gran impedimento en determinadas operaciones. Por ejemplo, un equipo de tiradores tiene el cometido de identificar al líder de una organización terrorista y abatirlo. En caso de que se necesite pasar una imagen para confirmar la identidad del objetivo, una velocidad de transmisión de datos superior a unos segundos puede significar que el equipo pierda la oportunidad de eliminar al objetivo. La causa de que los datos tarden tanto en enviarse es que las plataformas que se utilizan no tienen suficiente ancho de banda. Otro punto para remarcar es que el rendimiento de transmisión de datos es muy inferior a lo que necesita una cualquier unidad de las Fuerzas Armadas.

Por último, es necesario analizar el problema del tamaño y el peso. Las unidades de montaña realizan la mayor parte de sus movimientos a pie. Esto, añadido a las características del terreno, obliga a los cazadores a llevar todo lo que necesiten en su mochila. Al tratarse de un sistema que requiere de un gran número de periféricos, el peso que se añade a la mochila es excesivo. De igual modo, el volumen que ocupa en la mochila impide que el combatiente pueda llevar todo lo que necesita dentro. Es necesario minimizar el peso que llevan las unidades en sus equipos, ya que la fatiga acumulada por llevar un exceso de peso impide que los militares estén en condiciones óptimas para combatir. Para más información acerca del peso que lleva un cazador de montaña consultar anexo C.

Con la información extraída de las tablas del anexo C, podemos concluir que el peso del sistema BMS-ET representa un 28% del total del peso que debe llevar el usuario. Debido a esto, se puede apreciar que el sistema tiene un peso demasiado elevado para una unidad de montaña.



### 4.2.3. Diagrama de Pareto

Una vez se han analizado los fallos extraídos de las encuestas y pruebas de campo, es necesario investigar cuáles son las causas que se repiten en más ocasiones. De esta manera, se puede determinar los aspectos a mejorar del BMS-ET y proponer soluciones enfocadas a las limitaciones del sistema.

Para poder establecer un orden de prioridades a la hora de buscar soluciones, se ha realizado un diagrama de Pareto con los fallos y bloques de causas utilizados durante los dos apartados anteriores.

**Tabla 3.** Datos del Diagrama de Pareto

| Bloques de causas | Incidencia | Incidencia acumulada | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|-------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| Personal          | 2          | 2                    | 12%        | 12%                  |
| Terreno           | 3          | 5                    | 18%        | 29%                  |
| Clima             | 2          | 7                    | 12%        | 41%                  |
| Plataforma        | 5          | 13                   | 29%        | 76%                  |
| Programa          | 4          | 17                   | 24%        | 100%                 |

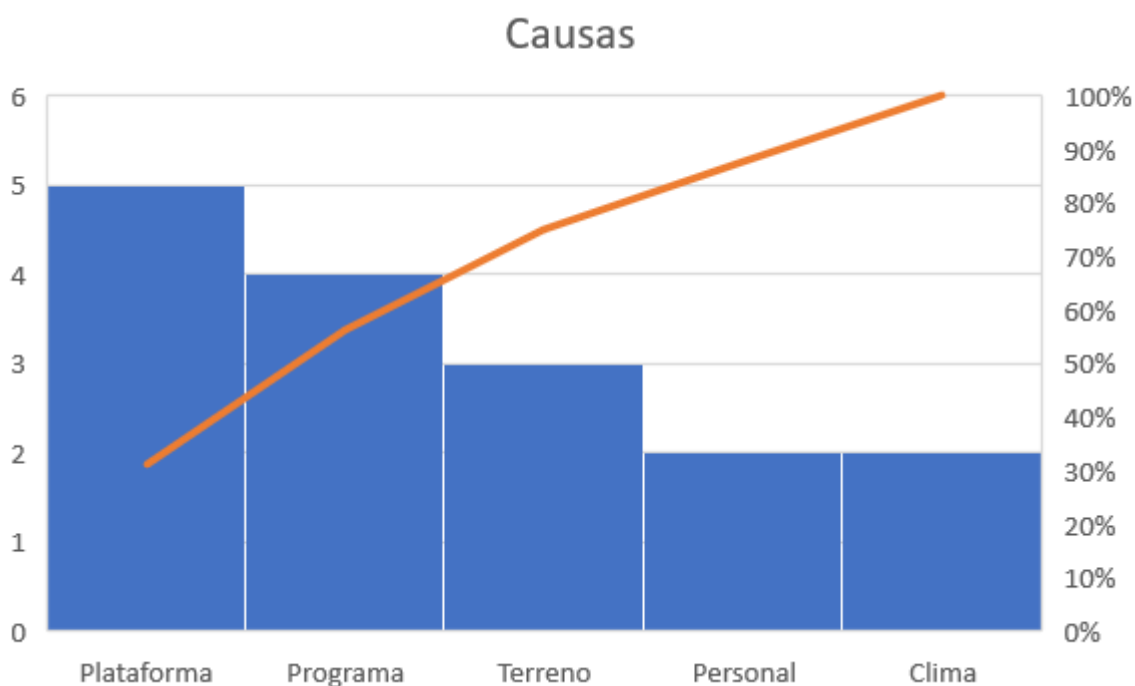


**Figura 12.** Representación del Diagrama de Pareto.

Tras la investigación realizada, es posible afirmar que las plataformas con la que opera el BMS-ET son el principal origen de los fallos, seguido del propio programa. Por ello, las soluciones aportadas se han de enfocar en buscar dispositivos que mejoren las características de las plataformas actualmente utilizadas, o en proponer programas alternativos.



### 4.3. EQUIPAMIENTO PROPUESTO

#### 4.3.1 SPOT X



**Figura 13.** Vista frontal SPOT-X.  
(ONEDIRECT, s.f.)

La siguiente propuesta está enfocada a una mejora de la plataforma que opera el sistema BMS-ET. Las unidades de montaña únicamente llevarían el dispositivo SPOT X (Figura 13), en vez de llevar todos los periféricos necesarios para que el sistema funcione. Para poder implementar este dispositivo, es necesario realizar un estudio que nos permita saber si es viable introducirlo en el sistema BMS-ET como un nodo externo<sup>15</sup>.

Los dispositivos SPOT usan GPS para determinar la posición del usuario. A través de su red satélite, es capaz de enviar coordenadas y datos a otros dispositivos.

Para que el enlace por satélite se haga efectivo, el sistema de mensajería SPOT lleva integrado un chip que envía la ubicación y los mensajes que se quieran enviar al satélite. Éste replica la posición y los datos a antenas repartidas por todo el mundo, que a su vez envían los datos a la red de telecomunicaciones apropiada. La ubicación y mensajes se entregan por correo electrónico o mensaje de texto al receptor

seleccionado por el usuario que envía el paquete de datos. El dispositivo SPOT X actúa como teléfono satelital y permite navegación terrestre si se carga la cartografía.

#### - Análisis DAFO



**Figura 14.** Análisis DAFO SPOT X

Para más información del dispositivo consultar anexo D.

<sup>15</sup> Nodo externo: dispositivo ajeno al sistema BMS configurado como un nodo de la red por una interfaz de compatibilidad.



#### 4.3.2. GARMIN INREACH EXPLORER



**Figura 15.** Dispositivo Garmin Inreach Explorer. (Garmin.com, 2021)

La siguiente propuesta también está enfocada a una mejora de la plataforma que opera el sistema BMS-ET. Las unidades de montaña únicamente llevarían el dispositivo GARMIN. Para poder implementar este dispositivo (Figura 15), es necesario realizar un estudio que nos permita saber si es viable introducirlo en el sistema BMS-ET como un nodo externo.

El dispositivo tiene la capacidad de transmitir voz y datos por vía satélite, gracias a la red de cobertura mundial (Garmin.com, 2021) para navegar por donde el usuario desee, si se dispone de la cartografía necesaria. Tiene una función de seguimiento del dispositivo que permite a otro usuario saber dónde se encuentra en todo momento.

Para facilitar la mensajería es posible conectarlo a un dispositivo móvil externo, que muestra la interfaz del inReach si se dispone de una aplicación. Para aumentar la información disponible, tiene un servicio de meteorología que permite saber el tiempo en la ruta establecida.

#### - Análisis DAFO

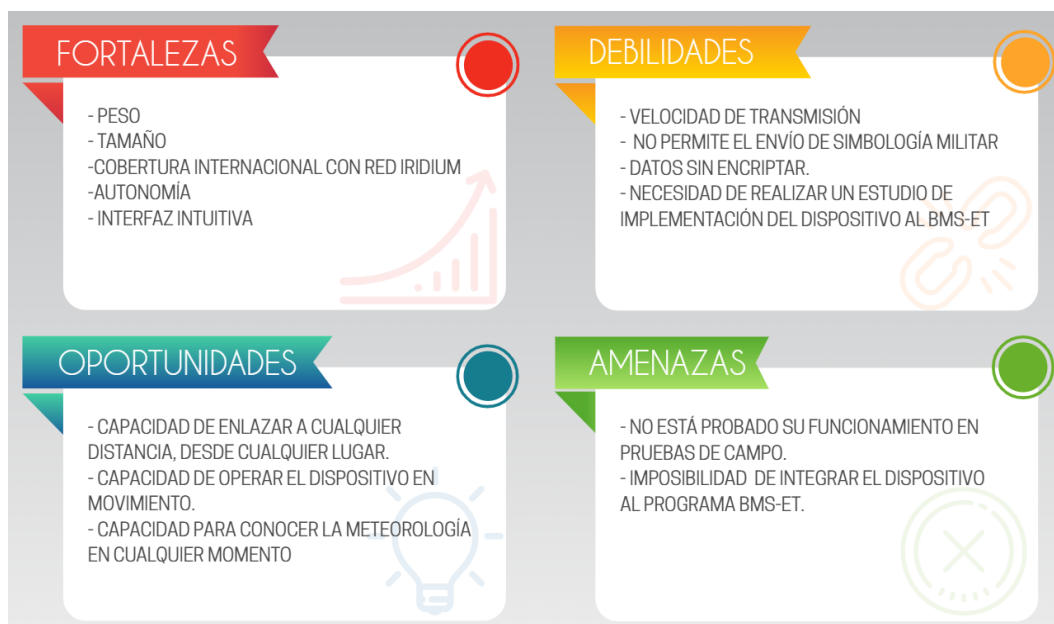


**Figura 16.** Análisis DAFO Garmin Inreach Explorer.

Para más información del dispositivo consultar anexo D.



### 4.3.3. ANDROID TEAM AWARENESS KIT (ATAK)

Con la siguiente propuesta se busca mostrar un programa alternativo al BMS-ET, que supla determinadas características que presenta el sistema.

El ATAK es una aplicación diseñada para dispositivos Android que permite el mando y control de los dispositivos que estén conectados a través del programa. Al igual que el sistema BMS-ET, permite navegar en tiempo real con la aplicación si se dispone de la cartografía de la zona. De igual modo, en ese mapa que aparece en nuestro dispositivo, refleja la ubicación en tiempo real de las otras unidades que estén conectadas mediante la aplicación. Es importante resaltar, que el mapa se va actualizando a medida que los usuarios señalan en el mapa distintas incidencias que van surgiendo con el transcurso de la maniobra. La navegación es posible gracias a la capacidad GPS del dispositivo y el intercambio de información, gracias a la cobertura de red de telefonía móvil.

El ATAK es utilizado por el ejército estadounidense como un medio de mando y control, ya que nos da la posibilidad de pasar ficheros. En su caso, la encriptación de datos no es necesaria, ya que emplean una red de datos privada en la que operan únicamente perfiles de defensa y la cual tiene su propia seguridad. En nuestro país, las unidades de Operaciones Especiales han realizado numerosos ejercicios con el ATAK y han sido capaces de encriptar los datos que se pasan, así como la información que poseen los usuarios y la posición.

A diferencia de las otras propuestas, ésta sí que ha sido probada por unidades del Ejército de Tierra en terreno montañoso. Para la integración de este programa en un BCZM únicamente sería necesario que los usuarios que ya han trabajado con la plataforma extiendan su conocimiento a las unidades de montaña.

#### - Análisis DAFO



**Figura 17.** Análisis DAFO ATAK.



#### 4.3.4. THURAYA X-5 TOUCH



**Figura 18.** Vista frontal THURAYA X-5 TOUCH. (GRCLTD.NET, 2021)

El siguiente dispositivo (Figura 18), es una propuesta de mejora de todo el sistema BMS-ET. Las unidades de montaña únicamente llevarían este móvil satelital, en vez de llevar todos los periféricos necesarios para que el sistema funcione. Para poder implementar este dispositivo, es necesario realizar un estudio que nos permita saber si es viable introducirlo en el sistema BMS-ET como un nodo externo. Por otro lado, este dispositivo también ofrece la posibilidad de que no tenga que ser adaptado al BMS y el programa utilizado sea el ATAK.

Thuraya es una empresa que se dedica a la comunicación satelital en Europa, África y Oriente Medio. Posee una red de satélites con cobertura en más de 160 países, y cobertura fiable en dos tercios del globo terrestre.

El Thuraya X5-Touch se trata de un smartphone satelital que se opera con el sistema operativo Android, por lo que ofrece todas las posibilidades de transmisión de datos de cualquier teléfono corriente, pero con cobertura en prácticamente cualquier parte. Una red ATAK formada con dispositivos Thuraya permitiría el mando y control en montaña sin tener problemas de enlace.

#### - Análisis DAFO



**Figura 19.** Análisis DAFO THURAYA X-5 TOUCH.

Para más información consultar el anexo D.



#### 4.4. COMPARACIÓN DE PROPUESTAS

Con los datos obtenidos en el proceso de investigación de limitaciones del sistema BMS-ET y las propuestas de mejora generadas a partir de esos fallos, en este apartado de la memoria se ha procedido a buscar la mejor solución a los problemas que han ido surgiendo. Los resultados, se ven reflejados en una matriz multicriterio, que atiende a los siguientes apartados extraídos del análisis de fallos del sistema.

- Tamaño y peso: el material que deben llevar los cazadores de montaña supera significativamente el peso que llevan en su equipo otras unidades, debido a que el terreno obliga a los militares a llevar consigo todo lo necesario para el combate. Es por ello por lo que un sistema de mando y control en montaña debe tener el menor tamaño y peso posibles. Este criterio pondera un 2,5/10. Para poder valorar los dispositivos el criterio se divide en 2:
  - Tamaño: pondera 1,5/2,5 puntos. Dispositivo pequeño (debe caber en el bolsillo) puntúa 1,5/1,5. Dispositivo mediano (se puede portar en el chaleco) 1/1,5. Dispositivo grande (es necesario meterlo en la mochila) 0,5/1,5.
  - Peso: pondera 1/2,5 puntuando el menor peso con 1/1 y el resto de manera proporcional siendo 10 kg el peor peso posible. Ejemplo: Mejor peso 250g = 1/1, peor peso 3kg = 0/1.
- Autonomía: por el mismo motivo que el apartado anterior y debido a que el terreno en montaña en muchas ocasiones no permite el reabastecimiento logístico (pilas, baterías...), es necesario que la autonomía del sistema sea la mayor posible. El sistema debe estar operativo el mayor tiempo posible, ya que nunca se sabe cuánto se puede alargar una operación. Este criterio pondera un 1,5/10. Puntúa la mayor autonomía con 1,5 y el resto de manera proporcional, siendo 0 horas la peor autonomía posible.
- Simplicidad: debido a la gran complejidad del BMS-ET, en determinadas ocasiones no se consigue poner en funcionamiento el sistema. Su desconocimiento impide que se saque el mayor rendimiento. Es necesario que el dispositivo sea lo más intuitivo y familiar posible para que las unidades sepan usarlo correctamente. Este criterio pondera un 1/10. Como no se trata de un atributo que se pueda medir objetivamente, se han establecido los siguientes parámetros para puntuar el criterio:
  - Cualquier miembro de una unidad es capaz de utilizarlo por primera vez sin ayuda - 1
  - Es necesario recibir clases teóricas para aclarar su funcionamiento- 0,75
  - Es necesario haber realizado un curso de especialización para saber utilizarlo - 0,5
  - El sistema requiere de personal con conocimientos avanzados en programación y telemática- 0,25
- Encriptación de datos: hoy en día el enemigo también es capaz de actuar con medios de guerra electrónica. Por ello, es de vital importancia que los datos que se transmitan estén cifrados. De otro modo, el enemigo podría ser capaz de interceptar nuestras comunicaciones, afectando de manera negativa en nuestra maniobra. Este criterio puntúa un 2/10. Debido a la necesidad de realizar un estudio de seguridad en los sistemas para poder ponderar correctamente este criterio, se ha puntuado de forma binaria.
  - Con capacidad de encriptar datos – 2
  - Sin capacidad de encriptar datos – 0
- Cobertura: uno de los principales problemas detectados durante la investigación de los fallos, ha sido la pérdida de enlace. Debido al terreno montañoso, es necesario que los dispositivos ofrezcan capacidad para enlazar sin importar la orografía y así asegurar la comunicación entre unidades. Este criterio puntúa un 3/10. Para puntuarlo, se han seguido los siguientes parámetros:



- En caso de no tener cobertura satélite, debido al terreno en el que se mueven las unidades de montaña, es muy complicado que se establezca enlace, por lo que la puntuación será como máximo 1. Dispositivos con capacidad de enlace HF puntúa 1, cobertura red móvil 0,5 y enlace VHF 0,25.
- Para puntuaciones superiores a 1, se valorará en función de la extensión que ofrezca la red satelital con la que opere el dispositivo. Sobre la base de 1/3 puntos, Europa, Asia y África suman 0,5 cada una, ya que la mayor parte de escenarios internacionales en los que se encuentra España están en esos continentes. Por otro lado, América suma 0,4 y Oceanía 0,1.

Para los datos del ATAK se han cogido las características del dispositivo móvil ruggedizado Doogee S96 pro, ya que es una de las marcas más vendidas entre los smartphones Android utilizados por militares.

Debido a que el dispositivo Thuraya X-5 Touch tiene capacidad para utilizarse como un usuario ATAK, es necesario ver las características que ofrece empleando el medio de esta forma. Por ello, se ha aportado otra puntuación en la matriz multicriterio, en aquellos campos que la puntuación del dispositivo varía. Los datos marcados con un asterisco hacen referencia a la utilización del dispositivo con el programa ATAK. La recopilación de datos para realizar la matriz multicriterio queda reflejada en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Recopilación de datos equipamiento propuesto.

| CRITERIOS               | TAMAÑO Y PESO    | AUTONOMÍA (Standby) | SIMPLICIDAD         | ENCRIPTACIÓN DE DATOS                  | COBERTURA                                        |
|-------------------------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| SPOT X                  | 198 g<br>Pequeño | 240 horas           | 1                   | Sin capacidad                          | Cobertura satélite en Europa, América y Oceanía. |
| GARMIN INREACH EXPLORER | 213 g<br>Pequeño | 100 horas           | 0,75                | Sin capacidad                          | Cobertura satelital Global con red Iridium.      |
| ATAK                    | 310 g<br>Pequeño | 40 horas            | 0,5                 | Con capacidad                          | Cobertura red móvil.                             |
| THURAYA X-5 TOUCH       | 262 g<br>Pequeño | 100 horas           | 0,75<br>0,5* (ATAK) | Sin capacidad<br>Con capacidad* (ATAK) | Cobertura en Europa, Asia y África.              |



La matriz multicriterio queda de la siguiente forma:

**Tabla 5.** Matriz multicriterio con el equipamiento propuesto.

| CRITERIOS               | TAMAÑO Y PESO         | AUTONOMÍA | SIMPLICIDAD         | ENCRIPCIÓN DE DATOS | COBERTURA |
|-------------------------|-----------------------|-----------|---------------------|---------------------|-----------|
| SPOT X                  | $1,5+1=2,5$           | 1,5       | 1                   | 0                   | 2         |
| GARMIN INREACH EXPLORER | $1,5+0,99\approx 2,5$ | 0,62      | 0,75                | 0                   | 3         |
| ATAK                    | $1,5+0,98\approx 2,5$ | 0,25      | 0,5                 | 2                   | 0,5       |
| THURAYA X-5 TOUCH       | $1,5+0,99\approx 2,5$ | 0,62      | 0,75<br>0,5* (ATAK) | 0<br>2* (ATAK)      | 2,5       |

La puntuación obtenida a partir de la matriz multicriterio es la siguiente:

- SPOT X: 7 puntos
- GARMIN INREACH EXPLORER: 6,87 puntos
- ATAK (Doogee S96 Pro): 5,75
- THURAYA X-5 TOUCH (Nodo BMS-ET): 6,37 puntos
- THURAYA X-5 TOUCH (Usuario ATAK): 8,12 puntos

Con los resultados extraídos del análisis multicriterio de las diferentes propuestas de mejora, se puede afirmar que el dispositivo THURAYA X-5 TOUCH ofrece unas mejores características para el mando y control en unidades de montaña.

Este dispositivo ofrece la posibilidad de conectarlo como un nodo externo al sistema BMS-ET, pero adquiere mayor puntuación si se utiliza con el programa ATAK.



## 5. CONCLUSIONES

Para la realización de este proyecto, la investigación apoyó sus pilares en los ejercicios realizados en RICZM “América” 66. Durante las prácticas externas se detectó una falta generalizada de conocimiento en el sistema BMS-ET. Muy poco personal de la unidad tenía muchos conocimientos a no ser que se encontraran en el pelotón de transmisiones de la compañía de mando y apoyo o hubieran estado en alguna unidad de transmisiones. Para operar el sistema BMS-ET es necesario que gran parte del personal de la unidad conozca este sistema. Debido a esto, el proyecto recopila la información de más relevancia para su utilización en el apartado 4.1, con la finalidad de facilitar el aprendizaje básico del BMS-ET a los miembros de la unidad.

Durante la recopilación de información para detectar posibilidades y limitaciones del BMS-ET en unidades de montaña, la falta de utilización del sistema impidió una buena obtención de resultados del sistema en pruebas de campo pasadas. Algunos de los fallos que se aportaban en las encuestas vienen dados como resultado de una falta de conocimiento en el sistema. Es posible extraer un primer fallo, ya que, aunque el programa no falle, la propia complejidad para poner el sistema en funcionamiento evita que pueda ser utilizado por personal sin un alto grado de especialización. Entre el resto de los fallos que se han extraído de las encuestas destacan la pérdida de enlace y el fallo en el posicionamiento GPS.

Debido a la poca información obtenida a cerca de las limitaciones del BMS-ET en montaña, se consideró preciso realizar pruebas de campo para verificar los fallos extraídos anteriormente e identificar otros que se hayan podido pasar por alto. Tras la realización de las pruebas se ha llegado a la conclusión de que los fallos más significativos y que en más número de veces se repiten, es la pérdida de enlace y el retraso en el envío de datos. Esto se produce debido a que no se utilizan los medios adecuados al terreno, para operar con el programa del sistema BMS-ET.

Durante la realización de las pruebas, se pudo detectar otra de las principales limitaciones actuales del sistema. El tamaño y peso de la plataforma necesaria para que el sistema funcione no solo son excesivos, si no que tampoco permite una correcta utilización del sistema en movimiento para el operador. Añadir a esto que la autonomía del sistema es otro factor que limita el sistema en este tipo de unidades, ya que, aunque las pilas de las plataformas que operan el sistema son intercambiables, el peso y tamaño de cada uno de los repuestos obliga a los cazadores de montaña a sobrecargar el peso de sus mochilas.

Una vez extraídos los principales fallos del sistema se ha podido concluir que las principales causas son la plataforma actual que utilizan las unidades de montaña para operar con el BMS-ET y el propio programa del sistema.

Para mitigar esos fallos, el proyecto propone y analiza 4 alternativas a los medios empleados actualmente. Como característica general a todas las propuestas, se puede resaltar el reducido tamaño y peso que ofrecen, facilitando así el uso de los dispositivos en movimiento. Tras la realización del análisis multicriterio el proyecto refleja como mejor propuesta el dispositivo THURAYA X-5 TOUCH utilizando el programa ATAK. Al tratarse de un smartphone satelital cubre la necesidad de enlace sin importar el terreno, otro de los principales fallos del programa.

De esta forma, el proyecto deja abierta la posibilidad de realizar un estudio de viabilidad para incorporar las diferentes propuestas al sistema BMS-ET como nodo externo. De igual modo, abre también la opción de estudiar si es posible implementar el sistema ATAK en unidades de montaña, mediante el dispositivo THURAYA X-5 TOUCH u otro smartphone satelital.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Navarro, A., 2018. *Memorial del arma de Ingenieros Nº100*, [Consultado 21/10/2021]: Disponible en: <https://docplayer.es/94127760-Memorial-del-arma-de-ingenieros.html>.

AEC, 2019. *MATRIZ DE PRIORIZACIÓN*, [Consultado 10/10/2022]: Disponible en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/matriz-de-priorizacion>.

Catarina, -. *Propagación de las ondas en las diferentes bandas de frecuencia*, [Consultado 24/10/2021]: Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/trevino\\_c\\_jt/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/trevino_c_jt/capitulo4.pdf).

Desconocido, 2015. *Combate en montaña y clima frío. Una capacidad a preservar en el Ejército Español.*, [Consultado 18/10/2021]: Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/combate-montana-clima-frio-capacidad-preservar-ejercito-espanol>.

Empresa, D. G. d. I. y. d. I. P. y. M., s.f. *Herramienta DAFO*, [Consultado 14/10/2022]: Disponible en: <https://dafo.ipyme.org/Home>.

ET, 2016. *Radioteléfono PR4G V3*. MI-500 ed. Madrid: Mando de Adiestramiento y Doctrina.

ET, 2018. *Radio HF Harris RF-5800-H*. MI-506 ed. Madrid: Mando de Adiestramiento y Doctrina.

ET, 2019. *BATALLÓN DE CAZADORES DE MONTAÑA*. PD4-103 ed. Madrid: MADOC.

Ferradás Eito, M., 2016. *Alimentación en condiciones climatológicas extremas*. Zaragoza: Zaguán Unizar.

García Martín, A., Lamelas, T. & Montealegre, A., 2020. *Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite como fuente de información en los Sistemas de Información Geográfica*. Zaragoza: Centro Universitario de Defensa.

Garmin.com, 2021. *GARMIN INREACH EXPLORER*, [Consultado 28/11/21]: <https://www.garmin.com/es-ES/p/561269#specs>.

Grajales-Quintero, A. & Serrano Moya, E. D., 2013. *Los metodos y procesos multicriterio para la evaluación*, [Consultado 14/10/2022]: Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA439834095&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=19092474&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E15fd2464>.

GRCLTD.NET, 2021. *THURAYA X-5 TOUCH*, [Consultado 28/12/21]: <https://grcltd.net/grc/thuraya-x5-touch/>.

ONEDIRECT, s.f. [Consultado 28/10/2021]: Disponible en: <https://www.onedirect.es/productos/spot-x>.

Pascual Aranzana, F. J., Torralba Gracia, M. & Sancho Val, J., Curso 2018-2019. *Apuntes Ingeniería de la Calidad. Herramientas y técnicas aplicadas al control de calidad.* Zaragoza: Centro Universitario de Defensa.

PCWorld, 2021. *Geolocalización*, [Consultado 18/10/2021]: Disponible en: <https://www.pcworld.com/article/511772/geolo.html>.

Sistemas, I. & Programas, T., 2019. *Manual de Usuario BMS-ET*. MT-021 ed. Madrid: s.n.



Suárez Menéndez, B., 2017. *EL DIAGRAMA DE PARETO: CÓMO ES Y COMO SE CONSTRUYE*, [Consultado 07/10/2022]: Disponible en: <https://www.problemsolving.pro/el-diagrama-de-pareto-que-es-y-como-se-construye/>.

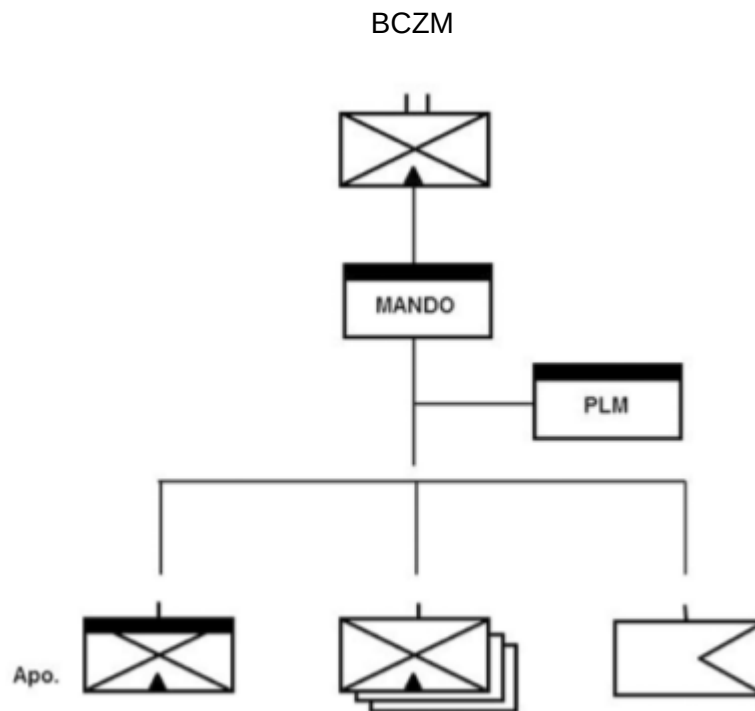
Villarejo, E., 2017. *BMS-Lince: el novedoso sistema de mando y control de los Leopardo y Pizarro en Letonia*, [Consultado 20/10/2021]: Disponible en: <https://abcblogs.abc.es/terra-mar-aire/industria-de-defensa/bms-lince-el-novedoso-sistema-de-mando-y-control-de-los-leopardo-y-pizarro-en-letonia.html>.



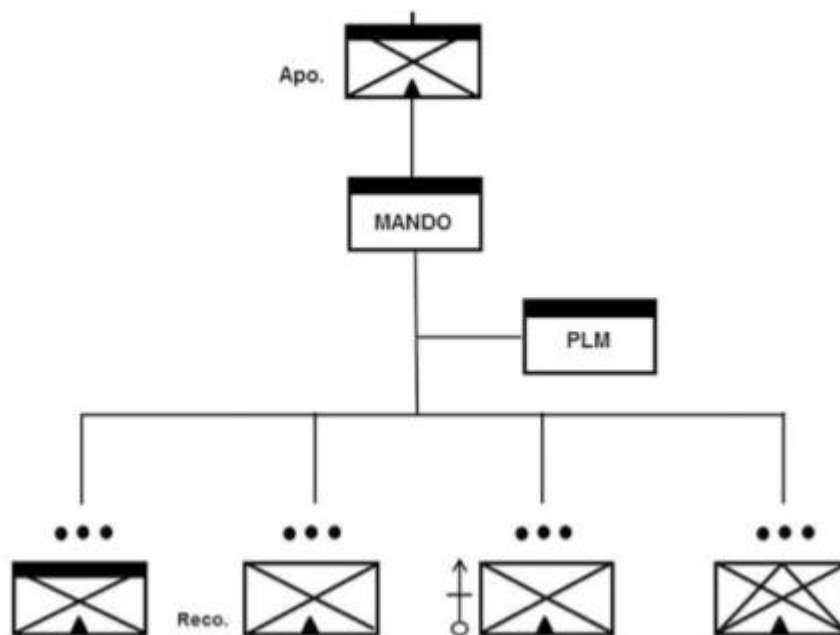
## **ANEXOS**



## ANEXO A. Organigrama de un batallón de infantería de cazadores de montaña.

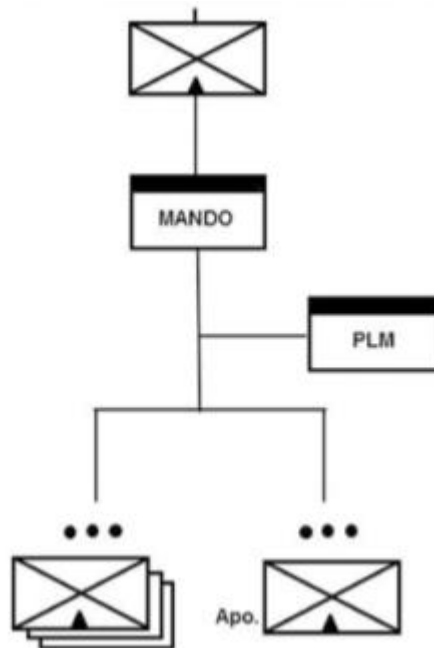


### COMPAÑÍA DE MANDO Y APOYO

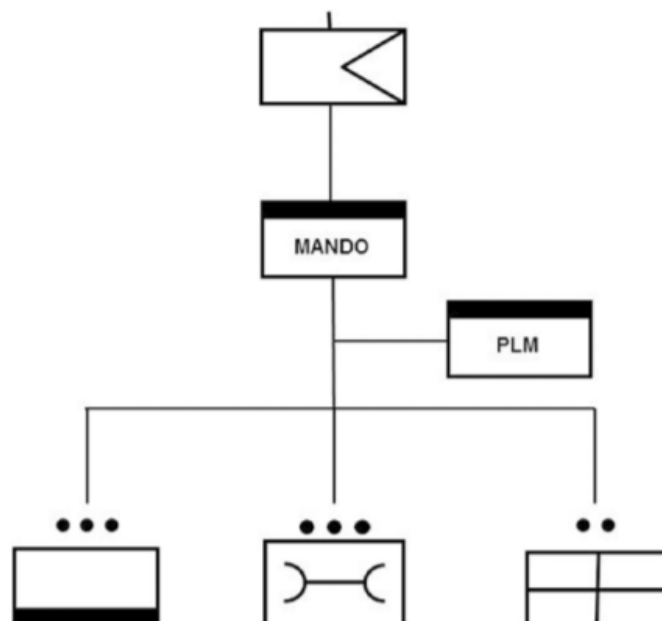




## COMPAÑÍA DE CAZADORES DE MONTAÑA



## COMPAÑÍA DE SERVICIOS





## ANEXO B. Encuesta sobre el sistema BMS-ET.

### Limitaciones del BMS-ET

Con este formulario se pretende analizar los fallos y limitaciones del BMS-ET en montaña.



771299@unizar.es (no compartidos) [Cambiar de cuenta](#)



**\*Obligatorio**

1. ¿Cuál es su empleo? \*

Tu respuesta

2. ¿Qué puesto táctico ocupa en el Regimiento? \*

Tu respuesta

3. ¿Conoce la existencia del BMS-ET? \*

☐ Sí

☐ No

4. ¿Ha trabajado con el sistema de información? \*

☐ Sí

☐ No

5. En caso de que la respuesta anterior sea negativa, responda con un guion hasta la pregunta 9, incluida. ¿Cuántas veces ha utilizado el sistema?

Tu respuesta

6. ¿Qué plataforma (PR4G-V3, Harris RF-5800H...) ha utilizado para trabajar con el sistema?

Tu respuesta



7. ¿Qué modos de trabajo (IPMUX, IPSAP...) ha utilizado para trabajar con el sistema?

Tu respuesta

8. ¿Qué fallos le ha dado la plataforma cuando ha trabajado con el BMS?

Tu respuesta

9. ¿Qué fallos le ha dado el modo de trabajo cuando ha trabajado con el BMS?

Tu respuesta

10. Indique del 1 al 5 su dominio del sistema, siendo 1 ninguno y 5 perfecto. \*

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

11. Destaque las limitaciones más importantes del sistema en montaña. \*

Tu respuesta



## ANEXO C. Tablas de pesos

Material que debe portar un cazador de montaña.

**Tabla 6.** Peso que debe portar un cazador de montaña. Fuente: (Ferradás Eito, 2016)

| Material            | Peso (kg) | Material                  | Peso (kg) | Material                    | Peso (kg) |
|---------------------|-----------|---------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| Fusil               | 3,3       | Jet boil                  | 0,42      | Guantes gruesos             | 0,2       |
| Cargadores          | 1         | Basa                      | 0,35      | Gorro                       | 0,06      |
| Peco (completo)     | 2         | Cartografía               |           | Muda de repuesto            |           |
| Casco               | 1,45      | Intemperie completo       | 1,3       | Piolet                      | 1,2       |
| Mochila Altus       | 2,2       | Forro polar               | 0,6       | Crampones                   | 0,9       |
| Plancheta           | 0,3       | Botas de montaña          | 1,75      | Descensor (x2)              | 0,4       |
| Saco de dormir      | 1,6       | Polainas                  | 0,2       | Mosquetón de seguridad (x4) | 0,72      |
| Botiquín individual | 1         | Guantes finos             | 0,05      | Anillos (4 m)               |           |
| Cantimplora         | 2         | Útiles de enmascaramiento |           | Útiles de aseo              | 0,45      |
| Leva                | 0,25      | Gafas de ventisca         | 0,3       | Pala                        | 0,7       |
| Raquetas            | 1,5       | Navaja y cubiertos        | 0,3       | Sonda                       | 0,15      |
| Bastones            | 0,55      | Crema solar y labial      | < 0,1     | Documentación               |           |

Pesos del sistema BMS-ET (Pesaje realizado durante las pruebas de campo).

**Tabla 7.** Tabla de pesos de los componentes del sistema BMS-ET.

| Material         | Radio | Pila de repuesto | Antenas | Microteléfono | GETAC | Cableado |
|------------------|-------|------------------|---------|---------------|-------|----------|
| <b>Peso (kg)</b> | 6,9   | 1,2              | 0,7     | 0,4           | 1,7   | 0,1      |

Información obtenida en: Ferradás Eito, Martín, 2016. Trabajo Fin de Grado: Alimentación en condiciones climatológicas extremas. Zaragoza: Centro Universitario de Defensa.



## ANEXO D. Características técnicas del equipamiento propuesto.

### SPOT X

- Dimensiones (ancho/ alto/ profundidad): 7,37cm/ 16,61cm/ 2,39cm
- Peso: 198,4g
- Bluetooth: Sí
- Estanqueidad: IP67
- Autonomía: 240 Horas
- Cobertura: Red Satelital Globalstar
- Batería: Litio recargable
- Temperaturas límite de funcionamiento: -20°C a 60°C
- Otras características propias del dispositivo:

### CARACTERÍSTICAS



**MENSAJE** - Intercambie mensajes con cualquier número de teléfono celular o dirección de correo electrónico desde prácticamente cualquier parte del mundo.



**RASTREO** - Seleccione entre intervalos de rastreo de 2½, 5, 10, 30 o 60 minutos.



**S.O.S.** - Enviar un mensaje de S.O.S. al centro de búsqueda y rescate 24/7, envíe mensajes de ida y vuelta sobre la naturaleza de su emergencia y reciba confirmación cuando llegue la ayuda.



**REPORTARSE** - De manera rápida y fácil, hágales saber a todos que está bien.



**PUBLICAR EN RED SOCIAL** - Vincular sus cuentas de redes sociales.



**BRÚJULA** - Brújula incorporada y puntos de referencia programables para ayudarlo a navegar.

### ¿QUÉ HACE DE SPOT X UNICO?

- Pantalla retroiluminada de 2.7 "
- Teclado QWERTY iluminado
- Puerto Micro USB port
- Batería de litio recargable

• 240 horas (10 días) de duración de la batería en modo continuo de seguimiento de 10 minutos \*

\* La duración de la batería se basa en una carga completa durante el uso inicial del dispositivo y una temperatura de funcionamiento ideal de 77 ° F con una vista despejada del cielo sin obstrucciones.

### ESPECIFICACIONES

|                               |                                            |              |                                           |
|-------------------------------|--------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------|
| <b>ALTURA</b>                 | 6.54 " (16.61 cm)                          | <b>ANCHO</b> | 2.9 " (7.37 cm)                           |
| <b>ESPESOR</b>                | 0.94 " (2.39 cm)                           |              |                                           |
| <b>PESO</b>                   | 7.0 oz (198.4 g) con baterías de litio     |              |                                           |
| <b>EMP. DE OPERA.</b>         | -4 °F a 140 °F (-20 °C a 60 °C)            |              |                                           |
| <b>TEMP DE ALMAC.</b>         | -4 °F a 140 °F (-20 °C a 60 °C)            |              |                                           |
| <b>ALTITUD DE OPE.</b>        | -328 pies a 21,320 pies (-100 m a 6,500 m) |              |                                           |
| <b>RESISTENCIA AL IMPACTO</b> | MIL-STD-810G para impactos                 |              |                                           |
| <b>RESISTENTE</b>             | AL                                         | <b>IP67</b>  | (sumergible hasta 1 m durante 30 minutos) |
| <b>IMPACTO, POLVO Y AGUA</b>  |                                            |              |                                           |

**Figura 20.** Características técnicas dispositivo SPOT-X. Fuente: (FINDMESPOT.COM, 2021)

Información obtenida en: findmespot.com. SPOT-X. (2021). Obtenido de <https://www.findmespot.com/es-es/products-services/spot-x> [Consultado el 21 de diciembre de 2021].



### GARMIN INREACH EXPLORER

- Dimensiones (ancho/ alto/ profundidad): 6,8cm/ 16,4cm /3,8cm
- Peso: 213g
- Bluetooth: Sí
- Estanqueidad: IPX7
- Autonomía: 100 Horas
- Cobertura: Red Satelital Iridium
- Batería: ion-litio recargable
- Temperaturas límite de funcionamiento: -20°C a 55°C
- Otras características propias del dispositivo:

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CARACTERÍSTICAS ADICIONALES</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible con Bluetooth: sí</li> <li>• Activación de mensaje SOS interactivo con el centro de control de búsqueda y rescate en horario interrumpido: sí</li> <li>• Envío y recepción de mensajes de texto a través de SMS y correo electrónico: sí</li> <li>• Envío y recepción de mensajes a otros usuarios de inReach e intercambio de ubicaciones: sí</li> <li>• Seguimiento y uso compartido de la ubicación con amigos y familiares en el portal MapShare® basado en web: sí</li> <li>• Solicitud de previsión meteorológica para la ubicación actual y el destino planificado: sí</li> <li>• Teclado virtual para mensajería de texto personalizada: sí</li> <li>• Envío de waypoints al portal MapShare durante la ruta: sí</li> <li>• Envío de selección de ruta al portal MapShare para que amigos y familiares puedan ver el progreso: sí</li> <li>• Sensores ABC: Sí</li> </ul> |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Figura 21.** Características técnicas Garmin Inreach Explorer. (Garmin.com, 2021)

Información obtenida en: Garmin.com. GARMIN INREACH EXPLORER. (2021). Obtenido de <https://www.garmin.com/es-ES/p/561269#specs> [Consultado el 15 de diciembre de 2021].



### DOOGEE S96 PRO (ATAK)

- Dimensiones (ancho/ alto/ profundidad): 8,14cm/ 16,7cm/ 1,55cm
- Peso: 310g
- Bluetooth: Sí
- Estanqueidad: IP68/ IP69K
- Autonomía: 40 Horas
- Cobertura: Red móvil
- Batería: 1 Polímero de litio
- Temperaturas límite de funcionamiento: -55°C a 70°C
- Otras características propias del dispositivo:

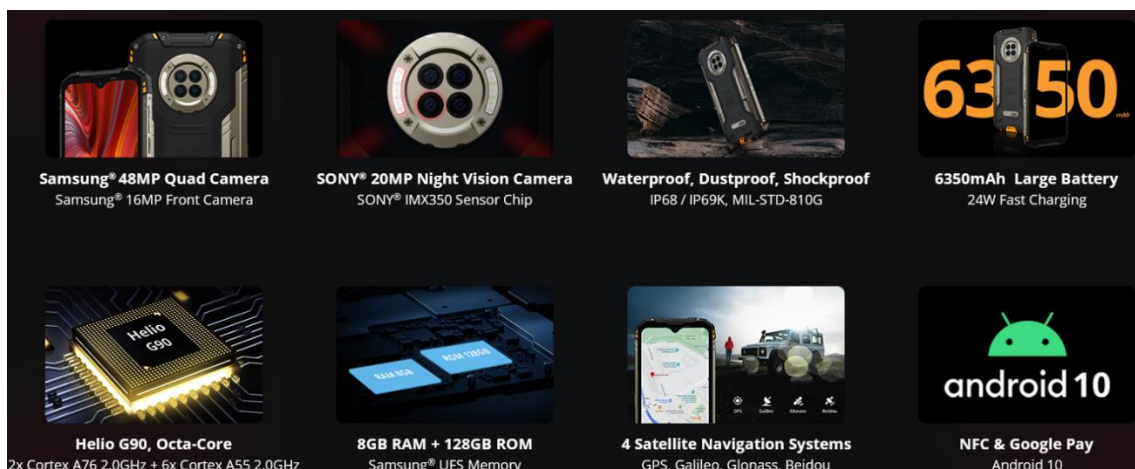


**Figura 22.** Características técnicas Doogee S96 Pro. (Doogee.cc, 2021)

Información obtenida en: Doogee.cc. Doogee S96 Pro. (2021). Obtenido de <https://www.doogee.cc/products/s96-pro.html> [Consultado el 23 de diciembre de 2021].



### THURAYA X-5 TOUCH

- Dimensiones (ancho/ alto/ profundidad): 7,8cm/ 14,5cm / 2,4cm
- Peso: 262g
- Bluetooth: Sí
- Estanqueidad: IP67
- Autonomía: 100 Horas
- Cobertura: Red Satelital Thuraya.
- Batería: Litio recargable
- Temperaturas límite de funcionamiento: -
- Otras características propias del dispositivo:

|                      |                                                                                                            |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| System / Frequencies | Satellite: Thuraya L-Band Satellite                                                                        |
|                      | GSM: 850, 900, 1800, 1900 MHz                                                                              |
|                      | LTE: B1 (2100), B3 (1800), B5 (850), B7 (2600), B8 (900), B20 (800), B40 (2300), B41 (2500)                |
|                      | UMTS   HSPA: B1 (2100), B2 (1900), B5 (850), B8 (900)                                                      |
| SIM Cards            | 1 x SAT SIM slot (nano-SIM)<br>1 x GSM SIM slot (nano-SIM)                                                 |
| Data Services        | Satellite: GmPRS up to 60/15 Kbps (down/up) Circuit switched 9.6 Kbps<br>LTE: Up to 300/150 Mbps (down/up) |
| Display              | 5.2" Gorilla glass                                                                                         |
| Environmental        | IP67 dust and water ingress                                                                                |
| Camera               | Rear camera: 8MP with flash<br>Front camera: 2MP                                                           |
| Memory               | 16 GB eMMC memory - Expandable up to 32 GB via microSD                                                     |

**Figura 23.** Características técnicas THURAYA X-5 TOUCH. (GRCLTD.NET, 2021)

Información obtenida en: grcltd.net. THURAYA X-5 TOUCH. (2021). Obtenido de <https://grcltd.net/grc/thuraya-x5-touch/> [Consultado el 26 de diciembre de 2021].