

Trabajo Fin de Grado

Carta Digital para el planeamiento y ejecución
de misiones a cargo de una Compañía o
Sección de Infantería Mecanizada.

Autor

C.A.C. Jaime José Canales Rodríguez

Director/es

Director académico: Dr. D. Alberto García Martín
Director militar: Cap. D. Francisco Borja Aguado Jiménez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2018

Agradecimientos

En estas primeras líneas de la memoria del Trabajo de Final de Grado me gustaría agradecer la ayuda mostrada por los dos tutores que han hecho posible la realización de éste, el Dr. D. Alberto García Martín y el Cap. D. Fco. Borja Aguado Jiménez, pues han mostrado una total disponibilidad y entrega para la realización y corrección del presente trabajo.

Por otro lado, no me gustaría dejar pasar la ocasión para agradecer el trato y hospitalidad recibido por parte del Regimiento de Infantería "La Reina" Nº2 y en concreto en el Batallón "Princesa" I/2, ya que, desde el primer día en el que me incorporé a la unidad, me hicieron participe del día a día de ésta. Además, felicitarlos por el trabajo que desempeñan todos y cada uno de sus componentes.

Por último, reconocer la gran calidad técnica y humana de los componentes de la Compañía de Mando y Apoyo: desde el primer oficial hasta el último soldado hicieron que las prácticas externas y, por tanto, también este Trabajo Final de Grado, fueran enriquecedoras para mi carrera gracias a sus consejos y recomendaciones.

En Zaragoza a 2 de noviembre de 2018

Fdo:



CAC Jaime José Canales Rodríguez

Resumen

La cantidad y calidad de información geográfica en términos de exactitud, precisión y actualidad condiciona el correcto desarrollo de operaciones militares y facilita el proceso de toma de decisiones. Junto a esto, otro factor crítico es la capacidad para gestionarla correctamente invirtiendo para ello el menor tiempo posible.

Para dotar de esta capacidad a Compañías y Secciones, el Ejército de Tierra ha desarrollado sus propio Sistema de Información Geográfica, Carta Digital. En la actualidad, este software cuenta con dos versiones: la versión escritorio (o desktop) que está pensada para el análisis del terreno y el planeamiento de una misión, y la versión Android, reservada para la ejecución de esa misión.

Sin embargo, los Cuadros de Mando (CUMAS) del Regimiento de Infantería “La Reina” Nº2, detectaron que el uso de Carta Digital para el planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada era, cuanto menos, muy deficiente.

Así, el objetivo del presente Trabajo de Final de Grado es diseñar un protocolo de actuación que guie la realización del planeamiento y ejecución de los distintos tipos de misiones a los que se enfrentan las unidades de tipo Compañía o Sección de Infantería Mecanizada mediante el empleo de las dos versiones de Carta Digital (versión escritorio y móvil). Con ello, se pretende estandarizar y sacar el máximo provecho de una herramienta de ayuda a la decisión creada por el propio Ejército de Tierra combatiendo el desconocimiento que sobre ésta existe en la actualidad. De este objetivo se desprende que es necesario alcanzar los siguientes objetivos parciales: (i) determinar las necesidades de índole geográfica que tienen estas unidades y conocer cómo son cubiertas actualmente; (ii) analizar las capacidades potenciales de las dos versiones de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de las unidades seleccionadas; (iii) crear un protocolo fundamentado en un ejercicio práctico real; (iv) proponer mejoras en Carta Digital para que el protocolo diseñado sea más efectivo. La metodología trazada para cumplir con el objetivo principal está en relación con estos objetivos parciales, por lo que divide en cuatro fases: (i) determinación de las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y conocimiento de cómo son satisfechas en la actualidad; (ii) análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de estas unidades; (iii) Creación de un protocolo en base un ejercicio práctico real; y (iv) proposición de mejoras en Carta Digital fruto de la experiencia adquirida durante el diseño y la aplicación durante las PEXT del protocolo.

Los resultados identifican cual es la información del terreno más relevante para las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y el desplazamiento de Carta Digital en las tareas de planeamiento y la ejecución por otras aplicaciones civiles que consideran más fáciles de usar. Sin embargo, se constata una buena predisposición

al uso de Carta Digital si se les facilita un protocolo de actuación que facilite estas tareas. A su vez, se constata que Carta Digital dispone de las herramientas de análisis básicas que precisa el planeamiento y la ejecución de la Infantería Mecanizada, proporcionando una utilidad que no está disponible en ningún otro software y que resulta esencial para estas tareas: la función de implementación de simbología APP-6C del STANAG OTAN. Con ello, y utilizando como base una maniobra realizada al final de las Prácticas Externas, se obtiene un protocolo que recoge de forma apropiada la secuencia temporal detallada de planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada mediante el uso combinado de las versiones desktop y Android de Carta Digital. Finalmente, se identifican una serie de puntos débiles en las dos versiones del programa que incrementarían la efectividad del citado protocolo.

Abstract

The quantity and quality of geographic information in terms of accuracy, precision and timeliness conditions the correct development of military operations and facilitates the decision-making process. Along with this, another critical factor is the ability to manage it correctly by investing for as little time as possible.

To provide this capacity to Companies and Platoons, the ET has developed its own Geographic Information System, Carta Digital. At present, this software has two versions: the desktop version (or desktop) that is designed for the analysis of the terrain and the planning of a mission, and the Android version, reserved for the execution of that mission.

However, the Cuadros de Mando (CUMAS) of the Infantry Regiment "La Reina" Nº2, detected that the use of the Carta Digital for the planning and execution of missions by a Company or Mechanized Infantry Platoon was, at least, very deficient.

Thus, the objective of this Final Degree Project is to design an action protocol that guides the realization of the planning and execution of the different types of missions faced by the Company or Mechanized Infantry Platoon type units through the use of the two versions of Carta Digital (desktop and mobile version). With this, it is intended to standardize and take full advantage of a tool to help the decision created by the ET itself fighting the ignorance about it currently exists. From this objective it is clear that it is necessary to achieve the following partial objectives: (i) determine the geographical needs of these units and know how they are currently covered; (ii) analyze the potential capabilities of the two versions of the Carta Digital for decision making in the planning and execution of the operations of the selected units; (iii) create a protocol based on a real practical exercise; (iv) propose improvements in the Carta Digital so that the protocol designed is more effective. The methodology designed to meet the main objective is in relation to these partial objectives, so it divides into four phases: (i) determination of the geographical needs of the mechanized Infantry Company or Platoon and knowledge of how they are satisfied today; (ii) analysis of Carta Digital capabilities for decision making in the planning and execution of the operations of these units; (iii) Creation of a protocol based on a real practical exercise; and (iv) proposition of improvements in the Carta Digital resulting from the experience acquired during the design and application of the protocol during the PEXT.

The results identify the most relevant terrain information for the Mechanized Infantry Company or Platoon units and the displacement of the Carta Digital in the planning and execution tasks by other civil applications, which are considered easier to use. However, a good predisposition to the use of the Carta Digitalis confirmed if they are provided with an action protocol that facilitates these tasks. In turn, it is noted that Carta Digital has the basic analysis tools required by the planning and execution of the Mechanized Infantry, providing a utility that is not available in any other software and that is essential

for these tasks: the function of Implementation of APP-6C symbology of STANAG NATO. With this, and using as a basis a maneuver performed at the end of the PEXT, a protocol is obtained that appropriately captures the detailed temporal sequence of planning and execution of missions by a Company or Mechanized Infantry Platoon through the combined use of the desktop and Android versions of Carta Digital. Finally, a series of weak points are identified in the two versions of the program that would increase the effectiveness of the aforementioned protocol.

Índice

Listado de acrónimos.....	X
Listado de figuras.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Contexto del trabajo.	1
1.2. Objetivo.	3
1.3. Ámbito de aplicación.	4
1.4. Metodología y herramientas	4
2. RESULTADOS.	5
2.1. Determinación de las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y conocimiento de cómo son satisfechas en la actualidad.	5
2.1.1. Características de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas.	5
2.1.2. Necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas.	5
2.1.3. El uso de Carta Digital en RI “La Reina” N°2 para la realización del planeamiento y ejecución.	6
2.2. Análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de las unidades seleccionadas.	10
2.2.1. Tipos de capas de información geográfica en Carta Digital.	11
2.2.2. Herramientas de análisis en Carta Digital útiles para el planeamiento y conducción en la Infantería Mecanizada.	13
2.3. Diseño del protocolo de actuación.	16
2.3.1. Ambientación del Supuesto Táctico.	16
2.3.2. Protocolo de actuación.	17
2.4. Mejoras en Carta Digital para que el protocolo diseñado sea más efectivo.	28
3.CONCLUSIONES.	29
Bibliografía	31
ANEXO A: SISTEMAS GNSS.	33
ANEXO B: ORGÁNICA CIMZ Y SIMZ	37
ANEXO C: ENCUESTAS	39

Listado de acrónimos

Academia General Militar	AGM
Simbología Militar Conjunta de la OTAN	APP-6C
Batallón	Bón.
Batallón de Infantería Mecanizada	BIMZ
Brigada de Infantería	BRI
Caballero Alférez Cadete	CAC
Capitán	CAP
Centro Universitario de la Defensa	CUD
Centro Geográfico del Ejército de Tierra	CEGET
Centro Nacional de Adiestramiento	CENAD
Compañía	Cía.
Compañía de Infantería Mecanizada	CIMZ
Comandante	Cdte.
Cuadros de Mando	CUMAS
Ejército de Tierra	ET
Estado Mayor del Ejército	EME
Global Navigation Satellite System	GNSS
Mando de Adiestramiento y Doctrina	MADOC
Modelo Digital de Elevaciones	MDE
Modelo Digital del Terreno	MDT
Organización del Tratado del Atlántico Norte	OTAN
Prácticas Externas	PEXT
Regimiento de Infantería	RI
Sección de Infantería Mecanizada	SIMZ
Sistema de Información Geográfica	SIG
Sistema de Información Geográfica Militar	SIGMIL
Standardization Agreement	STANAG
Sistema Operativo	s.o.
Teniente	Tte.
Triangulated Irregular Network	TIN
Universidad de Zaragoza	UNIZAR
Vehículo de Combate de Infantería	VCI

Listado de figuras

Figura 1.Gráfico sobre el Nivel de Conocimientos de Carta Digital. Fuente: elaboración propia.	8
Figura 2.Tabla de opinión sobre Carta Digital. Fuente: elaboración propia	8
Figura 3.Tabla de Frecuencia de uso de Carta Digital. Fuente: elaboración propia	9
Figura 4.Tabla de conveniencia de uso del mismo programa en el ET. Fuente: elaboración propia.	10
Figura 5.Representación de los distintos componentes espaciales. Fuente: Lamelas Gracia y García Martín (2018)	11
Figura 6. Ejemplo de representación de una capa Ráster. Fuente: EGE-VA-003	12
Figura 7.Representación de un MDE. Fuente: EGE-VA-003	13
Figura 8. Ejemplo de descarga de información del Centro de Descargas del CNIG. Fuente: elaboración propia.	19
Figura 9. Resultados de la búsqueda realizada. Fuente: elaboración propia.	19
Figura 10.Ejemplo de MDE y mapa cartográfico en Carta Digital. Fuente: elaboración propia.	21
Figura11. Posición propia y enemiga. Fuente: elaboración propia.	21
Figura 12.Ejemplo de uso de la herramienta Visibilidad. Fuente: elaboración propia	22
Figura 13.Ejemplo de uso de la herramienta Pendientes. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 14.Ejemplo de uso de la herramienta Cotas Significativas. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 15. Zona de influencia del enemigo en función de su armamento (RPG). Fuente: elaboración propia.	23
Figura 16.Ejemplo uso de las herramientas APP-6C para añadir unidades, líneas y zonas de coordinación. Fuente: elaboración propia.	24
<i>Figura 17. Aplicación de la capa de Visibilidad con las propias unidades. Fuente: elaboración propia.</i>	24
Figura 18. Ejemplo de track y Waypoint con Carta Digital. Fuente: elaboración propia.	24
<i>Figura 19. Volcado de la información al dispositivo Android. Fuente: elaboración propia</i>	26
Figura 20. Ejemplo volcado de productos desarrollados a la versión Android de Carta Digital. La línea verde (track) indica el itinerario a seguir por la Unidad y las banderas azules (waypoints) los puntos de ocupación obligada. Las capas de información que auxilian esta operación son el mapa topográfico básico del CENAD, la capa de visibilidad del enemigo (verdes y rojos) y la zona de influencia de su armamento (morado). Fuente: elaboración propia.	26
Figura 21. Ejemplo toma Waypoint (IED) en el track. Fuente: elaboración propia.	27
Figura 22. Ejemplo de volcado en el s.o. Windows de un Waypoint. Fuente: elaboración propia.	27
Figura 23.Emisión de señal desde un Satélite. Fuente: asignatura de Información Geográfica Digital y Teledetección.	34
Figura 24.Recepción de señal desde un dispositivo. Fuente: asignatura de Información Geográfica Digital y Teledetección.	35
Figura 25. Acotación de la posición de un receptor en la superficie terrestre. Fuente: asignatura de Información Geográfica Digital y Teledetección.	35
Figura 26. Orgánica de una CIMZ. Fuente:ME4-106	37
Figura 27. VCI Pizarro. Fuente: ME4-106	37
Figura 28. Orgánica de una SIMZ. Fuente: OR4-124	38

1. INTRODUCCIÓN.

En la presente memoria se recogen los aspectos más relevantes desarrollados en la realización del Trabajo Fin de Grado (TFG) que permite la obtención del Grado de Ingeniería de Organización Industrial que se imparte en el Centro Universitario de la Defensa (CUD de la Academia General Militar de Zaragoza (AGM), centro adscrito a la Universidad de Zaragoza. Los aspectos más técnicos de este TFG están recogidos en los anexos que acompañan a esta memoria.

1.1. Contexto del trabajo.

El consumo de información geográfica por parte de distintos estamentos de la sociedad (personas, empresas e instituciones) se ha incrementado de forma notable en los últimos años (Longley et al., 2011; Lamelas Gracia y García Martín, 2018). Un repaso a los títulos de los trabajos publicados en la revista española *Geofocus* (Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica) (www.geofocus.org/) muestra lo variado de los ámbitos de aplicación de esta información: gestión de recursos naturales y del medio ambiente, agricultura, comercio, servicios públicos, planificación territorial, etc. Un ejemplo más cotidiano de este consumo es el uso común que se hace de la aplicación Google Maps en dispositivos móviles para las necesidades de ubicación personal, búsqueda de lugares o servicios y búsqueda de la ruta óptima.

En el ámbito militar, la cantidad y calidad información geográfica disponible, por un lado, y la capacidad para gestionarla, por otro, facilita el proceso de toma de decisiones en el teatro de operaciones, lo que constituye una ventaja fundamental frente al enemigo (MADOC, 2012; Lamelas Gracia y García Martín, 2018). Tal y como señala el Teniente Coronel Sánchez Tello (2018): “Para el desarrollo de las operaciones se necesita contar con infogeo de calidad y en tiempo oportuno, lo que precisa que los datos sean de la mayor actualidad, exactitud geográfica y precisión temática posible, que sean producidos en el menor tiempo posible e incluso tenerlos preparados con antelación”.

Tradicionalmente el formato utilizado para trabajar con este tipo de información ha sido el mapa en papel, principalmente el mapa topográfico, aunque también mapas temáticos como el de vegetación, población, litología, etc. Sin embargo, los mapas en papel se han mostrado como ineficientes cuando son necesarios muchos, ya sea por la cantidad de informaciones a considerar, por la amplitud del área de trabajo o por la escala de detalle necesario. Consciente de ello, el Centro Geográfico del Ejército no ha sido ajeno a la revolución tecnología en materia de obtención y representación de la información geográfica, adaptando sus servicios hacia la obtención de productos de información geográfica en formatos digitales estandarizados y herramientas para explotarlos (Cortés Narváez, 2018).

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una tecnología capaz de manejar de forma eficiente y eficaz una gran cantidad de información espacial en formato digital (Lamelas Gracia y García Martín, 2018). Entre las muchas definiciones existentes, un SIG puede definirse como un “*Sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación*” (Goodchild, 1990) en Lamelas Gracia y García Martín, 2018)

Junto a los SIG, otras dos tecnologías de la información geográfica que se han desarrollado vertiginosamente en las dos últimas décadas son Sistemas Globales de Navegación por Satélite (*Global Navigation Satellite System*, GNSS, en inglés) y la Teledetección. Los GNSS permiten el posicionamiento y seguimiento global de cualquier persona u objeto equipado con un receptor en tiempo real, lo que permite su fácil integración en un SIG, mientras que la Teledetección proporciona imágenes de la superficie terrestre con distintos tipos de resolución espacial y temporal (Lamelas Gracia y García Martín, 2018). Dado el uso que en este trabajo se hará de los GNSS, se dan más detalles sobre esta tecnología en el ANEXO A.

Finalmente, cabe destacar la reciente aparición y desarrollo constante de dispositivos móviles, Tablet y Smartphone, que han permitido integrar SIG y GNSS, haciendo de esta forma posible que los planeamientos y análisis realizados en los primeros puedan ser utilizados de forma eficiente en el campo mediante los segundos y, viceversa, que la información recogida en el campo mediante GNSS enriquezca o matice la información empleada en la aplicación de escritorio de los SIG.

Consciente de todo esto, el Ejército de Tierra ha desarrollado sus propias herramientas SIG desde hace años. Así, en 1994 el gabinete de investigación militar operativa desarrolló el primer software capaz de manejar información geográfica digital: “Carta Digital de España-SICOM v 3.0”. Unos años más tarde, en 1997, el Servicio Geográfico del Ejército (en la actualidad CEGET) asumió el desarrollo de este software y la creación de mapas y de información digitalizada en bases de datos homogeneizadas que pudieran ser utilizadas por las Fuerzas Armadas. En 1999 se creó SIGMIL (Sistema de Información Geográfica Militar) que es un conjunto de funcionalidades geográficas agrupadas en librerías que son utilizadas en cualquier tipo de sistemas militares que demanden funciones geográficas como Carta Digital y SIMACET (Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra). (Cap. Aparicio Guijarro, 2013) (Lamelas Gracia y García Martín, 2018).

Entre 2005 y 2014 Carta Digital experimentó sus mayores avances, saliendo publicadas diferentes versiones. En ellas, de manera creciente conforme avanzaba la versión, se implementaban nuevas funciones de carga de datos (formatos), análisis, representación de la información (destacando la colección de simbología militar APP-6C) y visualización (visión 3D). Además, en 2016 el CEGET lanzó la versión Carta Digital Android para aprovechar las capacidades anteriormente comentadas que las Tablet y Smartphone ofrecían para la realización de trabajo de campo (en este caso maniobras y/o misiones) al conectarse con un SIG.

En la actualidad, el CEGET sigue trabajando en el desarrollo de Carta Digital, tanto en la versión de escritorio (desktop) como en la Android. Así, mientras se realizaba en presente TFG (octubre de 2018), se han liberalizado la versión escritorio 8.0 y la versión Android 3.0. Lógicamente, estas versiones no han sido utilizadas en este trabajo, dado que ya estaba en desarrollo. Se recogen a continuación las novedades más importantes de estos productos en relación con las versiones que se han empleado (la 7.0 y 2.0, respectivamente). Dicha información ha sido proporcionada por el CEGET y elaborada por la sección SIGMIL encuadrada en la Jefatura de Programas y Coordinación. A continuación, se detallan las mismas: (i) En versión escritorio 8.0: capacidad descargar datos on-line directamente, posibilidad de deshacer y aparición de la herramienta Mapa de Calor.; (ii) En la versión Android 3.0: obtención de estadísticas de la traza que se ha realizado (tiempo invertido, pendientes, etc.), capacidad de mover los puntos de la ruta directamente sobre el visor y configuración del idioma (español e inglés).

Sin embargo, en el momento de realizar la propuesta de TFG para el curso 2018-19, los Cuadros de Mando (CUMAS) del Regimiento de Infantería “La Reina” Nº2, sito en la Base de Cerro Muriano, en la provincia de Córdoba, consideraron que el uso de Carta Digital para el planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada era, cuanto menos, muy deficiente, cuando no inexistente.

Por ello, el presente TFG surge por la propuesta realizada en el seno del citado Regimiento de utilizar Carta Digital diseñar un protocolo que permita para llevar a cabo estas operaciones mediante el citado software.

1.2. Objetivo.

El objetivo del presente trabajo es **diseñar un protocolo de actuación que guie la realización del planeamiento y ejecución de los distintos tipos de misiones a los que se enfrentan las unidades de tipo Compañía o Sección de Infantería Mecanizada** mediante el empleo de las dos versiones de Carta Digital que existen en la actualidad (versión escritorio y móvil). Con ello, se pretende estandarizar y sacar el máximo provecho de una herramienta de ayuda a la decisión creada por el propio Ejército de Tierra combatiendo el desconocimiento que sobre ésta existe en la actualidad.

Para el cumplimiento de este objetivo es necesaria la consecución de una serie de objetivos parciales que se exponen a continuación:

- Determinar las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y conocer cómo son satisfechas en la actualidad.
- Analizar las capacidades potenciales de Carta Digital (versión escritorio y móvil) para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de las unidades seleccionadas en el trabajo.
- Crear un protocolo fundamentado en un ejercicio práctico real.
- Proponer mejoras en Carta Digital para que el protocolo diseñado sea más efectivo.

1.3. **Ámbito de aplicación.**

El presente proyecto está realizado para ser implementado en base a la orgánica de una Compañía de Infantería Mecanizada (CIMZ) y de una Sección de Infantería Mecanizada (SIMZ). Dicha orgánica queda reflejada en el ANEXO B. En este contexto, las pruebas realizadas en apartados posteriores se han desarrollado durante la realización de las Prácticas externas (PEXT) del Grado en Ingeniería de Organización Industrial con la 4ª Cía. del Bón. "Princesa" I/2 encuadrado dentro del RI "La Reina" N°2, que pertenece a la BRI "Guzmán el Bueno" X.

En este sentido, la memoria abarca dentro de una Unidad Mecanizada las funciones que lleva a cabo tanto el elemento de Combate a Pie como las Tripulaciones de los vehículos que permanecen embarcados una vez que ha comenzado el desarrollo de las operaciones. Así, se orienta a cartografía de escalas 1:50000 - 1:25000, pues son las adecuadas en este tipo de unidades.

1.4. **Metodología y herramientas.**

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

- **Determinación de las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y conocimiento de cómo son satisfechas en la actualidad.** Esta determinación se basará en la utilización de dos fuentes de información: (i) los manuales de doctrina y adiestramiento relativos a esta temática; y (ii) la experiencia previa de los efectivos destinados en la UCO de destino (RI "La Reina" N°2) a través de encuestas o entrevistas personales.
- **Análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de las unidades seleccionadas.** Este análisis se realizará de manera empírica, de tal manera que, a partir de un determinado caso práctico simulado, se empleará Carta Digital para la obtención y modelización de toda la información geográfica necesaria que permite la toma de decisiones y la ejecución de la operación de ese caso práctico simulado.
- **Creación de un protocolo en base un ejercicio práctico real.** Tomando como referencia un ejercicio práctico realizado durante las PEXT, se creará un protocolo adecuado en función de las necesidades detectadas, del nivel de conocimiento del software analizado y de sus capacidades.
- **Proposición de mejoras en Carta Digital para que el protocolo diseñado sea más efectivo.** La reflexión sobre los resultados obtenidos en la puesta en práctica del protocolo en el citado ejercicio práctico permitirá proponer una serie de mejoras en las dos versiones del programa que permitirán hacerlas más útiles.

2. RESULTADOS.

2.1. Determinación de las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y conocimiento de cómo son satisfechas en la actualidad.

2.1.1. Características de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas.

Los manuales, OR4-124 (MADOC, 2005), OR4-123 (MADOC, 2005) y ME-106 (MADOC, 2011) recogen las características que tiene una Cía. y una Sc. de Infantería Mecanizadas. Estas características, que se citan a continuación, son conferidas por tener en dotación vehículos ligeros y acorazados entre los que destaca el VCI "Pizarro":

- Gran adherencia y adaptación al terreno, flexibilidad y fluidez en los despliegues. Estas características dirigen su uso en operaciones sencillas tanto en el planeamiento como en la ejecución. Así, todas poder de maniobra es más amplio y profundo que la del resto de unidades a pie.

- Dispone de armas que proporcionan un importante apoyo de fuego. Los vehículos que tienen en dotación permiten apoyar las operaciones asignadas a las unidades a pie. Potencia, densidad y precisión son las características que definen su capacidad de fuego. Otro de sus principios es que pueden ser empleadas contra unidades de carros enemiga.

- Las unidades mecanizadas disponen de un gran movimiento sobre el campo de batalla, pues los vehículos se lo permiten. Pero, además, pueden combatir tanto a pie como en vehículo, por lo que se puede emplear también en terrenos por los que los vehículos no puedan acceder. La potencia de choque se ve reforzada por la movilidad y protección de los medios propios.

Así, las funciones de las Unidades Mecanizadas en el campo de batalla están orientadas a dotar a las fuerzas propias en el transcurso de la operación de una gran movilidad y potencia de fuego gracias a los vehículos de los que dispone y a una perfecta combinación de éstos con las tropas que combaten a pie.

2.1.2. Necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas.

Las características citadas en el anterior sub-apartado dirigen el tipo de información geográfica que necesitan estas Compañía o Sección de Infantería Mecanizada para cumplir de forma óptima con la misión asignada en el transcurso de una operación táctica. Así, los factores del terreno que hace falta conocer de forma detallada son los siguientes (MADOC,2004):

- **Carreteras y caminos.** Estos elementos del territorio marcan las vías preferentes de tránsito de los vehículos con los que cuentan estas unidades, dado que señalan el camino más adecuado y rápido para llegar a los distintos objetivos marcados en el seno de la operación.
- **Núcleos de población y edificios.** Conocer la posición de los núcleos de población, su trama y la presencia de edificaciones aisladas es relevante a la hora de realizar el planeamiento dado que o bien pueden ser puntos de destino o bien puntos a evitar para no afectar a la población civil o evitar la acción de grupos enemigos que se concentran en ellos.
- **Elevación.** Esta variable controla principalmente la visibilidad que se obtiene del teatro de operaciones desde diferentes puntos y el alcance del fuego que se obtiene mediante los medios asignados.
- **Pendiente.** La pendiente permite conocer la capacidad y velocidad de movimiento de los medios a pie y, sobre todo, de los vehículos asignados en dotación, dado que estos no pueden moverse por encima de determinados umbrales dadas sus características técnicas (por ejemplo: el VCI Pizarro no puede superar pendientes longitudinales de 60% y transversales de 30%) (ANEXO B).
- **Vegetación.** La vegetación, al igual que las carreteras/caminos y la pendiente controla la movilidad de los integrantes de las unidades estudiadas, sobre todo la de los vehículos que disponen en dotación (los VCI Pizarro pueden salirse de un camino y atravesar una zona de herbazal o matorral sin problemas, pero no una de bosque denso). Además, la vegetación también influye directamente en la visibilidad, matizando la que se deriva directamente de la altitud (la visibilidad desde una cota elevada puede ser nula en una determinada dirección si en ella existe un bosque denso con una altura de 7 metros).
- **Hidrografía.** La presencia de ríos, barrancos, embalses, zonas de inundación, etc. controla la movilidad de las unidades, siendo necesaria su caracterización en caso de necesidad de vadeo, cuestión esta que viene también controlada por las características técnicas de los medios en dotación (ANEXO B)

2.1.3. El uso de Carta Digital en RI “La Reina” Nº2 para la realización del planeamiento y ejecución.

Para conocer el uso del software oficial del Ejército de Tierra para bregar con cuestiones de índole geográfica en el seno del RI “La Reina” Nº2 y constatar la hipótesis de partida que llevo a la proposición del presente TFG por parte de la Unidad se elaboró una encuesta. Una encuesta puede definirse como (Sociológicas): “una técnica de recogida de datos mediante la aplicación de un cuestionario a una muestra de individuos. A través de las encuestas se pueden conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de los ciudadanos.”.

Tal y como señala (Kerlinger, 1997), la encuesta es un método científico que puede servir de instrumento exploratorio para ayudar a identificar variables y relaciones, sugerir hipótesis y dirigir otras fases de la investigación, por lo que es una técnica apropiada para el primer objetivo parcial enunciado en este TFG.

Existen distintos tipos de encuestas en función del tipo de muestreo, distinguiéndose aleatorio simple, aleatorio estratificado, por conglomerados, sistemático con arranque aleatorio) (Casas Anguita et al., 2003). De entre estos, se escogió uno de tipo aleatorio estratificado de tal forma que sólo se encuestó a Jefes de Cía. y Sc. del RI “La Reina” Nº2, evitándose de esta forma que los resultados pudieran quedar sesgados por respuestas dadas por componentes del RI que no tuvieran responsabilidad directa en cuestiones de planeamiento y ejecución. En concreto, la encuesta fue realizada a ocho (8) Jefes de Cía. y Sc.

Aunque puede parecer una muestra escasa, se considera representativa del RI dado que en ella se incluyen Capitanes con una dilatada experiencia en tareas de planeamiento y ejecución con Tenientes más jóvenes. Además, cabe recordar que el objetivo era verificar solamente la hipótesis de partida vertida por el RI “La Reina” Nº2 que motivó la realización de este TFG: la herramienta Carta Digital no está siendo utilizada en el seno del RI. En concreto, los mandos que rellenaron la encuesta fueron:

- Cap. D. Francisco Borja Aguado Jiménez
- Cap. D. Jose Antonio López Parrilla
- Cap. D. Guzmán Calderón Gómez
- Tte. D. Alberto Gozalo Alonso
- Tte. D. Jorge Rubio García
- Tte. D. Jose Carlos Pérez González
- Tte. D. Lucas Silla Bruque
- Tte. D. César Ramos Domínguez

La encuesta diseñada contiene dos tipos de preguntas: (i) tipo cuestionario, con las que se pretende tener una valoración pseudo-cuantitativa sobre una determinada cuestión concreta; y (ii) preguntas abiertas, con las que se intenta comprender los motivos por los que sí o no se utiliza Carta Digital (Ver ANEXO C). Por último, señalar que la encuesta se realizó el 10 y 23 de septiembre de 2018.

A continuación, se recogen y se comentan los resultados obtenidos en cada una de las preguntas de esta encuesta.

La primera pregunta pretendía conocer en qué estado se encuentran los conocimientos de uso de Carta Digital. En el siguiente gráfico (Figura 1) se observa que porcentaje de los encuestados se encuadra en los niveles propuestos (1-Conocimientos muy básicos a 5-Conocimientos avanzados).

Nivel de Conocimientos

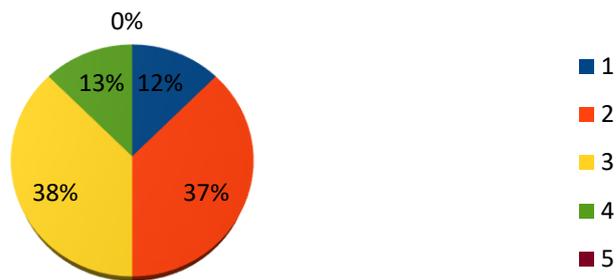


Figura 1. Gráfico sobre el Nivel de Conocimientos de Carta Digital. Fuente: elaboración propia.

Como se observa tras haber efectuado la encuesta, el grueso de los encuestados se encuentra en un nivel medio de conocimientos. Como factor explicativo de los resultados obtenidos hay que destacar el segmento joven de la población encuestada (los tenientes) eran los que más conocían Carta Digital, representando estos algo más del 60% de la muestra, siendo el segmento de mayor edad (Capitanes) el grueso de los que respondieron nivel 1 y 2.

En las respuestas a la segunda pregunta de la encuesta, se refleja la opinión que tienen los usuarios sobre la aplicación. Como se observa en la Figura 2, se obtiene un nivel de satisfacción de 3 sobre 5. En el espacio de justificación de la respuesta dada a esta valoración, muchos destacan que se trata de un programa muy completo en cuanto a capacidades, pero que su uso es muy complicado para un usuario con conocimientos básico-medios.

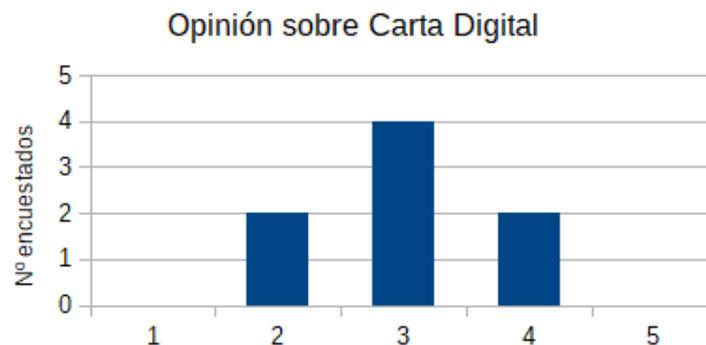


Figura 2. Tabla de opinión sobre Carta Digital. Fuente: elaboración propia

En cuanto a la respuesta dada a la pregunta sobre las ventajas que creen que Carta Digital puede proporcionar para el planeamiento de una operación (pregunta 3) los encuestados presentan como puntos a favor que la aplicación permite un estudio detallado del terreno, además que al tratarse de una aplicación militar permite usar la simbología y funciones OTAN. En cuanto a sus desventajas (pregunta 4) se señaló en primer lugar por casi todos los encuestados que su uso no está normalizado o estandarizado dentro del Ejército de Tierra por lo que compartir datos con otras Unidades es una tarea dificultosa y, en consecuencia, hace falta generar los datos “ad-hoc” cada vez que se planifica una misión. También se indica como problema la imposibilidad de almacenamiento automático en caso de cerrarse la aplicación (auto-recuperación). Por último, se reseña el peso en memoria que tiene la aplicación para los dispositivos con S.O. Android.

También uno de los encuestados indica que sería conveniente y se cita literalmente la “Necesidad de unas jornadas de actualización o cursos para aprovechar todas sus capacidades”. De esa manera, aunque la aplicación se vaya actualizando con frecuencia, los usuarios no perderían sus capacidades adquiridas. Estas desventajas, a tenor de la respuesta obtenida en la pregunta 5 (Frecuencia de uso de Carta Digital) (Figura 3), son muy importantes, dado que todos los encuestados reconocieron no usar Carta Digital o “casi nunca” para las tareas de planeamiento y ejecución de misiones.

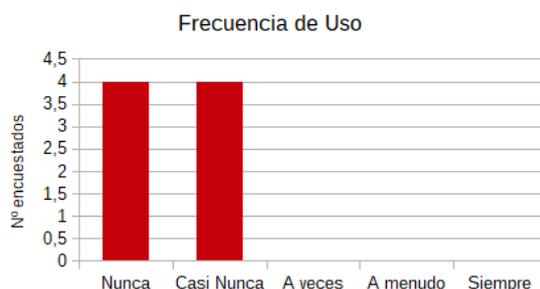


Figura 3. Tabla de Frecuencia de uso de Carta Digital. Fuente: elaboración propia

Las respuestas obtenidas en la pregunta 6, en la cual se les da a elegir Carta Digital o un programa civil para, exclusivamente, tareas de navegación (para la conducción de la operación en el teatro de operaciones) también ayudan a explicar los resultados de frecuencia de uso. Así, los encuestados consideran que Carta Digital Android no está bien diseñada o resuelta, dado que seis de los ocho encuestados preferían usar un programa civil como TWO NAV, COMPAS GPS y Oruxmaps. La argumentación para esto es que los programas civiles presentan más capacidades para el planeamiento, navegación y ejecución, aunque sin poner ejemplos concretos.

Sin embargo, la respuesta obtenida a la pregunta 7, en la se pregunta directamente si es conveniente el uso de un programa generalizado y normalizado para la navegación, se observa que el 100% de ellos optan por muy conveniente o extremadamente conveniente (Figura 4). Este resultado indica que hay una disposición y una demanda por parte de los usuarios de usar el mismo programa. Esta respuesta se ve reforzada por la obtenida en la pregunta 8, en la que se indaga sobre si se aceptaría el uso de una guía para facilitar las tareas de planeamiento y ejecución en Carta Digital, dado que nuevamente el 100% de los encuestados respondió afirmativamente.

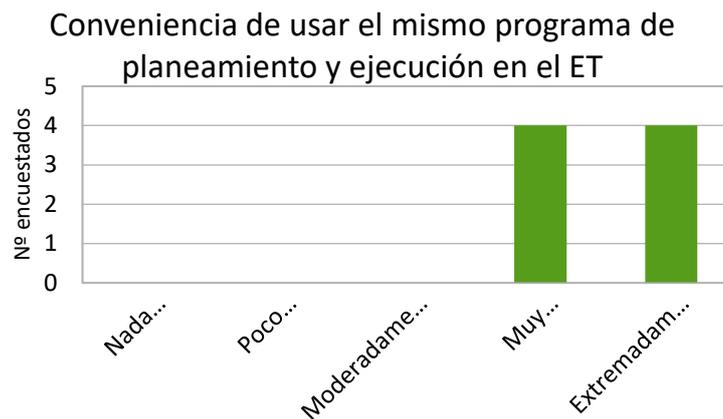


Figura 4. Tabla de conveniencia de uso del mismo programa en el ET. Fuente: elaboración propia.

En conclusión, la encuesta permite obtener el pulso del programa Carta Digital entre los CUMAS del Bón. I/2. En este sentido se observa que, aunque concedores del programa con un nivel medio (sobre todo los usuarios más jóvenes) los CUMAS son reacios al uso e implementación de Carta en sus dos versiones, pues destacan que es complejo y poco intuitivo, además de reseñar la inconveniencia de que no exista un repositorio de datos que permita alimentar directamente la aplicación. Sin embargo, son conscientes de los beneficios que proporcionaría un uso generalizado del programa en el seno del Ejército de Tierra y la existencia de una guía estándar que les facilite el planeamiento y ejecución.

Así, mediante el análisis de los resultados de esta encuesta se ha confirmado la hipótesis de que Carta Digital no se está usando para el planeamiento y ejecución de operaciones a cargo de una Compañía o Sección en el seno del RI “La Reina” N°2. Además, se ha puesto de manifiesto que la existencia de un protocolo de trabajo como el perseguido en este TFG combatiría una de las barreras que justifican su no utilización. Las barreras relativas a cuestiones de usabilidad en comparación con otros softwares civiles quedan fuera del alcance de este trabajo.

2.2. Análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de las unidades seleccionadas.

Tal y como se señala en (Guijarro, 2013) y (Corisco, 2018), Carta Digital nació para hacer frente a las demandas geográficas que existían entre los combatientes y facilitar el desarrollo de las operaciones. En este aspecto, señalar lo significativo del apartado dentro de Intranet de Defensa en el cual se descarga este producto: “Apoyo a la Decisión”.

La función principal de Carta Digital es permitir que los usuarios pueden interactuar con las capas de información geográfica que maneja la aplicación creando consultas interactivas y personalizadas, analizando la información espacial, editando datos y variables y creando mapas “ad hoc” para presentar los resultados de todas las operaciones (Centro Geográfico del Ejército de Tierra).

Las posibilidades de análisis y trabajo de Carta Digital dependen directamente de la calidad y cantidad de información geográfica que se necesita en cada momento. Para su manejo en los SIG, esta información geográfica se almacena en capas digitales que pueden pertenecer a dos modelos de datos (Lamelas Gracia y García Martín, 2018): vectorial y ráster, si bien, en la doctrina del Ejército de Tierra, este último modelo se puede dividir en “ráster propiamente dicho” o matricial (MADOC, 2012). Cada uno de estos modelos de datos pueden tener distintos tipos de archivos. Es de reseñar que una misma información geográfica puede aparecer en cualquiera de los modelos, pero el modelo elegido condicionará el tipo de análisis que con Carta Digital se puede aplicar sobre ella (Lamelas Gracia y García Martín, 2018).

2.2.1. Tipos de capas de información geográfica en Carta Digital.

2.2.1.1. Capas Vectoriales.

Las capas vectoriales son las empleadas en los SIG para la representación de objetos discretos, entendidos estos como los elementos o variables del territorio que tienen unos límites claros que permiten los diferenciarlos de otros (MADOC, 2012; Lamelas Gracia y García Martín, 2018).

Los elementos geográficos contenidos en estas capas presentan dos componentes de información:

- Componente espacial. Los objetos o variables se representan por sus fronteras mediante puntos, líneas o polígonos según la escala de representación empleada. Esta componente engloba la posición que estos elementos ocupan en el espacio, sus propiedades espaciales (longitud, área, etc.) y las relaciones espaciales que se establecen entre ellos (distancia, proximidad, etc). Además, para representar las variables continuas se pueden combinar puntos, líneas y polígonos en una estructura TIN (*Triangulated Irregular Network*), aunque ésta no es adecuada para aplicar operaciones de análisis espacial, quedando su uso restringido al de la simbología.

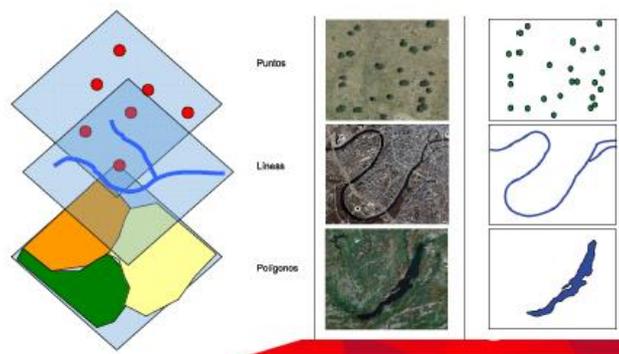


Figura 5. Representación de los distintos componentes espaciales. Fuente: Lamelas Gracia y García Martín (2018)

- Componente temática. Refiere a los atributos temáticos del objeto espacial que caracterizan cada uno de los objetos y variables. Toda esta información de atributos queda almacenada en las denominadas tablas de atributos. En estas tablas, cada característica temática de la información aparece almacenada en una columna (o campo) diferente, que es capaz de almacenar datos de formato muy variado (texto, numérico, fechas, etc).

El formato de Carta Digital de este tipo de capas es el denominado “SIGMIL-Base de datos Microsoft Access” (o base de datos SIGMIL). Este tipo de archivo actúa como un “contenedor” en el cual se pueden almacenar varias capas de información geográfica. Además de este formato, Carta Digital soporta los archivos vectoriales civiles más comunes, entre los que destacan el formato Shapefile y el KML. Por otro lado, reseñar que también es capaz de gestionar de forma completa archivos *.gpx, que es el estándar de grabación e intercambio de dispositivos móviles equipados con funcionalidad GNSS que permite obtener y leer Waypoints (puntos) y tracks (líneas).

2.2.1.2. Capas Ráster.

Las capas ráster son las normalmente utilizadas para representar los denominados objetos o variables continuas, que son aquellas cuyos límites en la realidad no están claros (por ejemplo, la altitud, la pendiente, la temperatura, etc.). Este modelo trata de “discretizar” estos objetos o variables continuas dando valores de ellos en porciones regulares del territorio. Como en las vectoriales, las capas ráster tienen una componente espacial y una dimensión temática (MADOC, 2012; Lamelas Gracia y García Martín, 2018):

- Componente espacial. Los elementos espaciales quedan representados mediante una malla de celdas regulares. Cada una de estas celdas, cuya forma más corriente es el cuadrado, reciben el nombre del píxel. Cada píxel puede ser identificado posición en la malla a partir de su número de fila y columna y a la que se le corresponde una coordenada en un sistema de proyección.

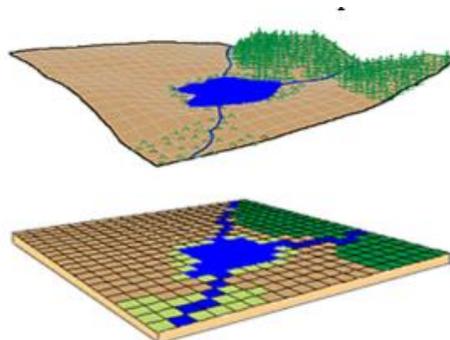


Figura 6. Ejemplo de representación de una capa Ráster. Fuente: EGE-VA-003

- Componente temática: Es más simple que la de las capas vectoriales, pues solo se asocia un valor numérico, denominado nivel digital, a cada celda. En este sentido, cada capa solo puede recoger una temática.

Dentro de este modelo, Carta Digital distingue dos tipos de archivos:

- Formato .FRE (*.fre): pensado para la representación de capas ráster sobre las que no se pueden ejecutar operaciones de análisis (ortoimágenes, imágenes de satélite y mapas escaneados).

- Formato .GEO (*.geo): creado para la representación de capas ráster sobre las que sí se pueden ejecutar operaciones de análisis. Las capas representadas por este tipo de archivos reciben en el argot de Carta Digital el nombre de “matriciales”. Dentro de estas capas destacan los denominados como Modelos Digitales de Elevaciones (MDE), que son capas ráster en las que el valor de cada celda o píxel refiere a la altura del terreno. Otros ejemplos de capas de este formato son capas donde el valor del píxel refiere a la pendiente, a la temperatura, la precipitación, visibilidad, etc.

Además de estos formatos propios, señalar que se pueden leer los civiles más comunes (como .TIFF y .ECW), pero sobre ellos no se pueden aplicar operaciones de análisis. Para ello, es necesario transformarlos al formato nativo .GEO.

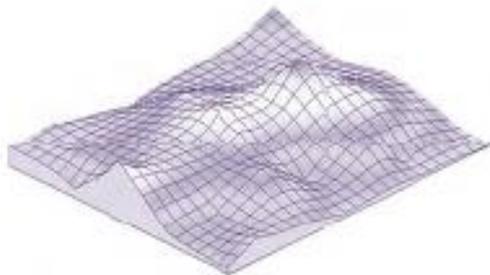


Figura 7. Representación de un MDE. Fuente: EGE-VA-003

2.2.2. Herramientas de análisis en Carta Digital útiles para el planeamiento y conducción en la Infantería Mecanizada.

Como se ha mencionado en el anteriormente, Carta Digital dispone de herramientas de trabajo específicas para las capas de información vectorial y ráster (distinguiendo dentro de estas últimas las que se aplican a capas ráster o matriciales según (MADOC, 2012). Además, dispone de herramientas que permiten una conversión de una capa a un modelo de datos diferente y el uso de simbología exclusivamente militar. A continuación, se reseñan y explican brevemente las herramientas que serían adecuadas para trabajar con la información geográfica relevante para para el planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada que

se ha identificado en el apartado 2.1.2. (Carreteras y caminos, Núcleos de población, Elevación, pendiente, vegetación e hidrografía).

2.2.2.1. Herramientas para Capas Vectoriales

- Edición. La herramienta edición nos permite crear una nueva capa vectorial para introducir un nuevo elemento (punto, línea o polígono) que no existe en ninguna otra de las capas utilizadas (como, por ejemplo, las posiciones enemigas), que está registrado en una capa ráster y, por lo tanto, no se puede utilizar para aplicar un análisis vectorial específico (por ejemplo, calcular una zona de influencia con respecto a un núcleo de población) o modificar la posición o atributos de un elemento vectorial pre-existente en la capa (por ejemplo, desplazar las posiciones propias o enemigas a lo largo del transcurso de la operación en el primer caso o reclasificar el tipo de vegetación existente por su facilidad de tránsito, en el segundo).

- Cercanía. Mediante la consulta seleccionada podemos obtener las geometrías más próximas a una dada, una vez que hemos hecho una búsqueda predeterminada. En este momento, el programa ofrece bien la distancia geodésica o la distancia plana. En este sentido, el programa calcula la cercanía al punto, segmento de línea, anillo de polígono o la geometría más cercana. Esta herramienta se puede utilizar, por ejemplo, para saber cuál es la Sección más cercana a un determinado objetivo.

-Distancia. Nos ofrece la distancia entre los dos puntos más próximos entre dos geometrías. En esta consulta tenemos la capacidad de seleccionar la distancia a la que debe estar esta geometría, es decir, una distancia igual a, menor o igual a, mayor o igual a, menor que, mayor que y distinto a. Como ejemplo de aplicación, se puede utilizar para saber los VCI Pizarro que se encuentran a una distancia inferior a 5 km del objetivo.

-Zona de influencia: Se crea un área formada por todos los puntos cuya distancia es menor o igual que la distancia dada, es decir, crea un área en el que tenemos influencia. Por ejemplo, se podría crear un área de influencia según el alcance de nuestras armas.

2.2.2.2. Herramientas para Capas Ráster.

-Clasificación. Esta herramienta nos permite agrupar las zonas del terreno que consideremos en función de unos rangos de valores. De este modo podemos clasificar las zonas en función de determinados rangos de elevación, pendientes, etc. que condicionan la capacidad de movimiento que tienen nuestras unidades o las de nuestros enemigos.

-Cotas significativas. A partir de un MDE podemos obtener las cotas significativas en el área trabajada: cotas máximas, mínimas y collados. Esto puede ser útil para encontrar posiciones dominantes, zonas adecuadas para la ocultación o zonas de paso, respectivamente.

-Pendientes. A partir de un MDE, esta función permite conocer la pendiente máxima del terreno o en una determinada dirección. Esta información es muy relevante, dado que, como se ha indicado con anterioridad, existen determinados umbrales de pendiente son infranqueables por los medios móviles que dispone la infantería Mecanizada (ANEXO B). En este sentido, si disponemos de la dirección en la que se encuentra el enemigo podemos seleccionar las zonas a cruzar. Entre 0% y 30% podríamos subir solo de forma lateral y de 30% a 60% de forma longitudinal.

-Visibilidad. Utilizando como input nuevamente un MDE, esta herramienta permite conocer las zonas vistas y ocultas desde un punto de nuestro despliegue o viceversa, lo que ve el enemigo desde su posición. Por ello, si queremos hacer tiro a las unidades enemigas sin ser visto podemos tomar zonas en desfilada.

-Perfil. Finalmente, con el perfil conocemos el desnivel que tiene uno de los trayectos que potencialmente se pueden seguir para llegar a un punto. Así, esta herramienta sirve para seleccionar entre las distintas posibilidades de aproximación a un objetivo que existen en función del relieve. En caso de tener que realizar un track es conveniente su uso para saber en qué puntos del terreno la elevación es mayor. De esa manera, nuestra columna de marcha de vehículos debe dejar más distancia con el que tiene delante en un perfil ascendente.

2.2.2.3. Herramientas APP-6C

Una de las herramientas más significativas de las que dispone Carta Digital es poder dibujar nuestra unidad sobre el terreno. De esta forma, el usuario es capaz de crear, según simbología OTAN, todas las unidades posibles. Además, se marcan los atributos, entidades, armamento, nombre de la unidad, entre otras características.

Otra de las funciones que tiene es poder plasmar zonas y líneas de coordinación, que son importantes para el planeamiento de la maniobra pues limitan nuestra zona de acción.

2.2.2.4. Conversor de formatos.

El conversor de formatos permite al usuario cambiar de un tipo de capa a otra. De esta forma la herramienta permite que los puntos, polígonos y líneas puedan convertirse a píxeles con los que trabajar en el formato ráster. También de forma inversa los píxeles se transforman a la capa vectorial dándole valores de salida.

2.3. Diseño del protocolo de actuación.

Un protocolo, según recoge la Real Academia de la Lengua (RAE) en su cuarta acepción es una “Secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, médica, etc.”. Así pues, en este apartado, que es el más relevante en el presente TFG, se recogen los pasos en orden que deben seguir los Capitanes y Tenientes a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada para el planeamiento y ejecución de misiones, respectivamente, mediante el uso de Carta Digital.

Este protocolo se ajusta a las necesidades de las necesidades detectadas en el apartado 2.1 y en las posibilidades que ofrece Carta Digital presentadas en el apartado 2.2. En él no se especifican cómo se aplican las distintas herramientas de este software, dado que no se trata de un manual, sino de una guía de procedimiento, si bien para su concepción se ha pensado en opciones más sencillas, acomodándose así al nivel de conocimiento detectado en la encuesta. Para ilustrar los distintos pasos se ha utilizado como ejemplo un ejercicio práctico real realizado durante las PEXT entre el 8 y el 17 de octubre de 2018. Su utilización en este ejercicio práctico permitirá proponer una serie de mejoras en las dos versiones de Carta Digital en el siguiente apartado que harían más útil ambas herramientas en el contexto del citado protocolo.

Así, este apartado se divide en dos partes. En primer lugar, se presenta el supuesto táctico que amparó el ejercicio práctico real realizado durante las PEXT y en segundo el protocolo ideado y su aplicación práctica.

2.3.1. Ambientación del Supuesto Táctico.

El supuesto táctico que dirigió el ejercicio práctico real realizado entre el 8 y el 17 de octubre de 2018 se basa en una operación que se realizó durante el año 2017 por las compañías que se encuentran en este momento en Fuerza Conjunta de Muy Alta Disponibilidad¹ (Ministerio de Defensa, 2016).

En este caso, el enemigo que nos encontramos es una fuerza de entidad Sección que dispone de granadas autopropulsadas o *Rocket Propelled Grenade* (RPG), además de armamento antiaéreo y vehículos mecanizados antiguos. Junto a esto, es de reseñar que en las áreas de vida como son pueblos y aldeas se encuentra una alta presencia de civiles. Este hecho puede complicar el desarrollo de la operación, pues el enemigo podría usar la población civil para protegerse.

¹ VJTF, (*Very High Readiness Joint Task Force*, VJTF, en inglés) es una brigada multinacional, cuya composición puede llegar hasta cinco batallones de maniobra, común apoyos por vía aérea, marítima y fuerzas especiales, que se formará sobre un núcleo principal de fuerzas aportado por cada nación marco que la lidera, al que se suman elementos de otras naciones aliadas. La fuerza constituida será capaz de desplegar en cuestión de pocos días para hacer frente a cualquier amenaza a la seguridad euroatlántica.

En este contexto, la misión que tiene nuestras fuerzas propias con entidad Cía., es atacar y limpiar la posición enemiga de Casas Altas, que se encuentra localizada en el CENAD San Gregorio, para un posterior control y consolidación de dicha posición. Para ello, es fundamental llevar a cabo una acción ofensiva rápida y resolutive para derrotar a las unidades enemigas permitiendo la captura del mayor número de enemigos y la liberación de la población civil.

2.3.2. Protocolo de actuación.

El protocolo diseñado consta de un total de ocho (8) pasos: (i) obtención de la información original y almacenado; (ii) transformación de la información a los formatos propios de Carta Digital y almacenado; (iii) aplicación de herramientas para la obtención de la información adecuada para la misión en concreto; (iv) planeamiento de la operación; (v) traspaso de la información de la operación a otros CUMAS (vi) volcado de las información a dispositivos móviles; (vii) obtención de información mediante dispositivos móviles en el transcurso de la operación y traspaso; (viii) traspaso de la información de obtenida mediante dispositivos móviles a las Unidades superiores una vez finalizada la operación.

2.3.2.1. Obtención de la información original y almacenado.

El primer paso del protocolo es la obtención de toda la información que necesitamos para trabajar con Carta Digital (Centro Geográfico del Ejército de Tierra). Este primer paso es uno de los más importantes, pues tener una información detallada del terreno ofrece una ventaja bastante considerable respecto al enemigo. En este sentido, la conducción de la operación militar se ve reforzada por realizar un planeamiento detallado. (MADOC, 2004)

En este sentido, el CEGET es el encargado de suministrar los mapas topográficos en formato digital de la zona de interés, en los cuales se recoge toda la información básica citada en el apartado 2.1.2: carreteras y caminos, núcleos de población y edificios, elevación, pendientes, vegetación e hidrografía. Para ello, la Unidad debe de utilizar el catálogo de información geográfica del CEGET utilizando para ello la Norma General 01/06 "Proceso de solicitud y distribución de información geográfica en el Ejército de Tierra" (EME, 2006). En este supuesto, la información de los mapas topográficos básicos del CENAD San Gregorio suministrada por el CEGET ya se encontraba en el RI "La Reina" Nº2.

En este punto, es necesario reseñar que los mapas topográficos en formato digital suministrados por el CEGET son, simplemente, imágenes georreferenciadas que sirven para visualizar el terreno y localizar determinadas entidades, pero con las que no se puede operar en Carta Digital (formato ráster propiamente dicho) (es decir, no se pueden seleccionar una carretera y aplicar sobre ella una operación de análisis vectorial). Además, señalar también que: la información de pendiente, en sí misma, no existe, ya que se obtiene de la interpretación visual de las curvas de nivel; y (ii) la

información de vegetación se restringe a la utilización de unas tramas que solamente indican si se trata de una zona de bosque, de matorral, de pasto o desprovista de vegetación.

En territorio nacional, para obtener capas de información editables en Carta Digital e información detallada sobre cualquier variable temática, la Unidad debe acudir a los centros de descarga oficiales de las distintas administraciones del Estado, los cuales están recopilados en la web de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (www.idee.es). En esta web, la información geográfica a descargar está organizada según el nivel de la administración competente encargada de generarla y administrarla. Cuanto menor es el nivel de esa administración, mayor es la escala del producto cartográfico.

Para el correcto desempeño de la misión presentada en el punto 2.3.1. y, en cualquier misión, se debe descargar la siguiente información (entre paréntesis aparece el centro oficial de descarga que se utilizó):

(i) Las hojas a escala 1:25000 del MDE en formato matricial que recogen la totalidad del CENAD San Gregorio con una resolución de 5 m/píxel (Centro de Descargas Nacional de Información Geográfica, CNIG). Esta información permite la obtención en Carta Digital de la variable pendiente y la de cotas significativas (máximas, mínimas y collados).

(ii) Las orto-imágenes del vuelo del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) en formato ráster más recientes que recogen la totalidad del CENAD San Gregorio (CNIG). Esta información permite la visualización en detalle del terreno, dado que tienen una resolución de 0,5 m/píxel.

(iii) Las hojas a escala 1:50.000 de la cartografía de uso/ocupación del suelo Corine Land Cover en formato vectorial que recogen la totalidad del CENAD San Gregorio (CNIG). Esta información permite conocer el tipo de cubierta que aparece en el área de estudio distinguiendo entre tipos de bosques, matorrales, herbazales, suelos desprovistos de vegetación, terrenos agrícolas de secano o regadío...).

Todas estas capas deben descargarse en el Sistema de Referencia (sistema de proyección) que se ha decidido en el seno de la operación, normalmente, el oficial en España ETRS89 – UTM, (EPSG 25830) o el WGS84 – UTM (EPSG 32630) o el WGS84 – Geográfico (EPSG 4326).

En el enlace (<https://www.youtube.com/watch?v=l0wzgBsaDd8>) se encuentra un video editado por la Universidad Miguel Hernández en el que se explica cómo realizar las descargas de estas capas en el centro de descargas del CNIG, mientras que en las Figuras 8 y 9 se observa la sencillez de la descarga de las tres informaciones reseñadas del CNIG, dado que simplemente hay que dibujar en el visor el área de interés y seleccionar el producto deseado.

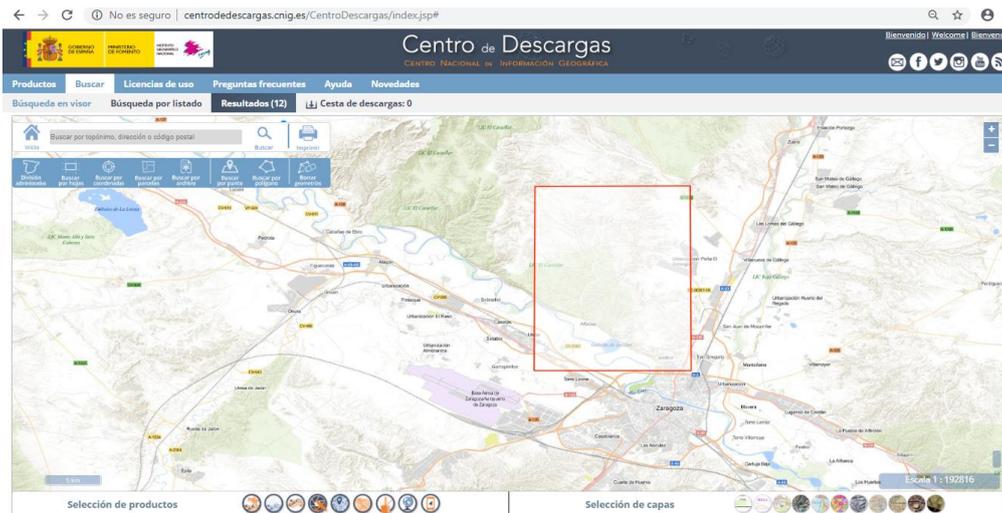


Figura 8. Ejemplo de descarga de información del Centro de Descargas del CNIG. Fuente: elaboración propia.

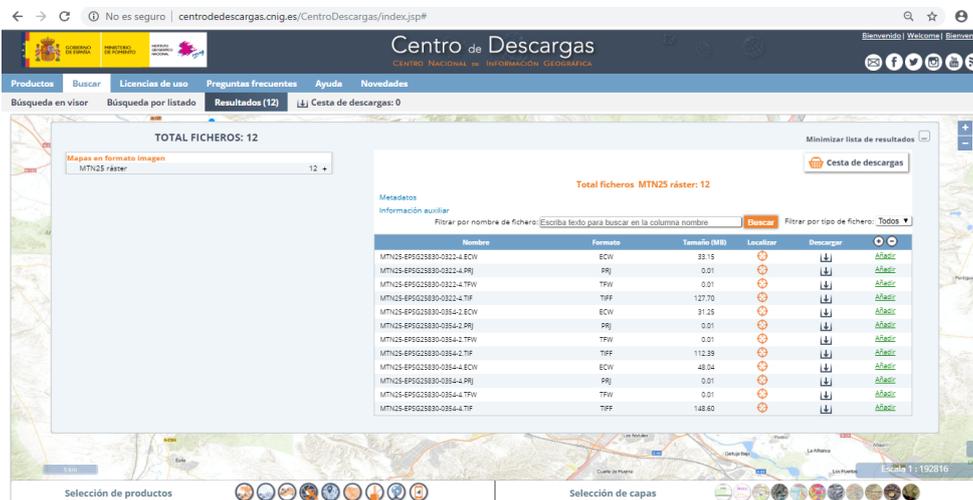


Figura 9. Resultados de la búsqueda realizada. Fuente: elaboración propia.

Toda la información descargada debe almacenarse en una única carpeta por el responsable de esta tarea denominada “Capas_originales_Operacion_XXX” al objeto de imponer el principio de que la información se descarga una sola vez por un responsable, que, a su vez, debe ser la persona encargada de compartirla en caso de necesidad.

Por último, reseñar que **no** se utilizará la posibilidad de la descarga de mapas on-line de la versión Carta Digital Android para no romper el principio enunciado en el anterior párrafo.

En caso de tratarse de una operación en el exterior, la encargada de facilitar la información primaria de un país extranjero son las células de inteligencia², integradas en las planas mayores de los Grupos Tácticos, denominación que reciben los Batallones encuadrados en una misión. (MADOC, 2004).

² Las células de inteligencia son las Secciones S-2 que se encargan de analizar y difundir información de diferente índole como, en este caso, es el terreno.

2.3.2.2. Transformación de la información a los formatos propios de Carta Digital y almacenado.

Este segundo paso del protocolo consiste en la transformación, en caso necesario, de las capas obtenidas en el primer punto del protocolo a los formatos propios de Carta Digital. Este paso es necesario dado que Carta Digital sólo puede aplicar operaciones de análisis (descritas en el siguiente apartado) sobre sus propios formatos.

En concreto, se deben realizar los siguientes procesos: (i) las capas de información vectorial serán transformadas al formato Base de datos SIGMIL (*.mdb); (ii) las capas de información ráster (sin posibilidad de análisis) lo serán a formato FRE (*.fre); y (iii) las capas de información de tipo matricial pasarán a tener GEO (*.geo).

También en este paso se re proyectarán todas las capas al Sistema de Referencia elegido para la misión en el caso de que sea distinto al que se ha utilizado en las descargas.

Toda la información transformada debe almacenarse en una única carpeta por el responsable de esta tarea denominada "Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX" al objeto de asegurar que esto se hace una sola vez, evitándose posibles errores que se pueden producir cuando este proceso es llevado a cabo por más de una persona. Esta única carpeta será la utilizada en el siguiente paso del protocolo, evitándose de esta manera los problemas que presenta Carta Digital cuando la información que la alimenta está ubicada en distintos directorios.

2.3.2.3. Aplicación de herramientas para la obtención de la información adecuada para la misión en concreto.

En este estadio del protocolo, es donde el Cap. o Tte. debe realizar un estudio exhaustivo del terreno por el que se va a desarrollar la acción de su maniobra. Para ello partirá de los mapas topográficos básicos y de los MDE. La Figura 10 muestra el ejemplo para el ejercicio práctico realizado durante las PEXT.

Una vez cargadas en la aplicación estas informaciones es cuando se debe hacer uso de las herramientas de análisis incluidas en Carta Digital. La utilización de estas herramientas estará en función de la misión y de los objetivos marcados, de los medios asignados para ello y de los que cuente el enemigo.

Debido a los requerimientos que la versión Android de Carta Digital, los resultados de las operaciones de análisis aplicadas sobre capas vectoriales serán obligatoriamente transformados al modelo matricial, siendo guardados en este formato.

Los pasos fundamentales son (las figuras muestran los resultados de estos pasos en el ejercicio práctico realizado): (i) detallar la posición propia y la del enemigo (Figura 11); (ii) análisis de la visibilidad (Figura 12); (iii) obtención de la información de pendientes (Figura 13); (iv) obtención de la información de cotas máximas (Figura 14); y (v) calcular la zona de influencia del enemigo en función del alcance de sus armas (Figura 15).

Los resultados de los análisis se almacenarán en la carpeta “Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX” resultante del paso anterior. Además, se guardará un fichero de estado (proyecto) (*.sms) denominado “Resultado_analisis_Operacion_XXX” dentro de esa misma carpeta para que se conserve la simbología empleada en cada capa y la escala de trabajo, asegurándose así la integridad de toda la información.

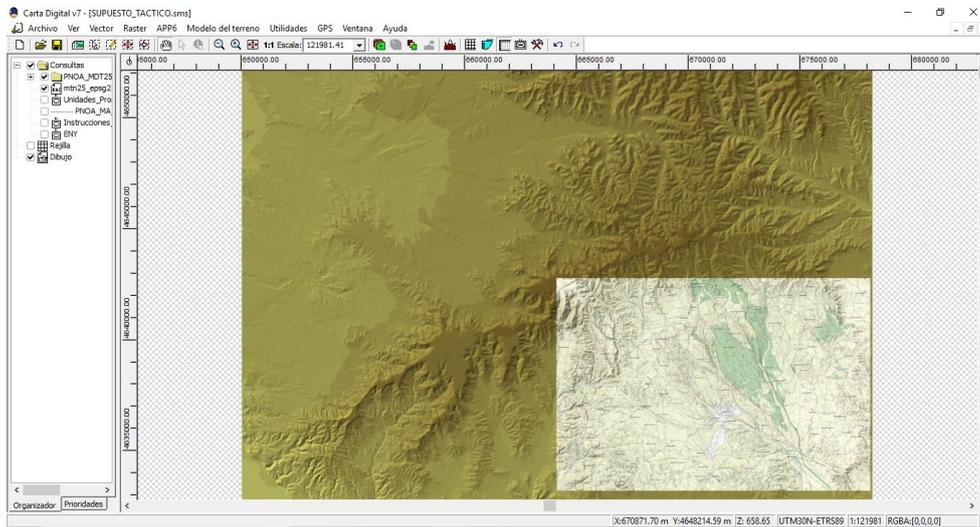


Figura 10. Ejemplo de MDE y mapa cartográfico en Carta Digital. Fuente: elaboración propia.

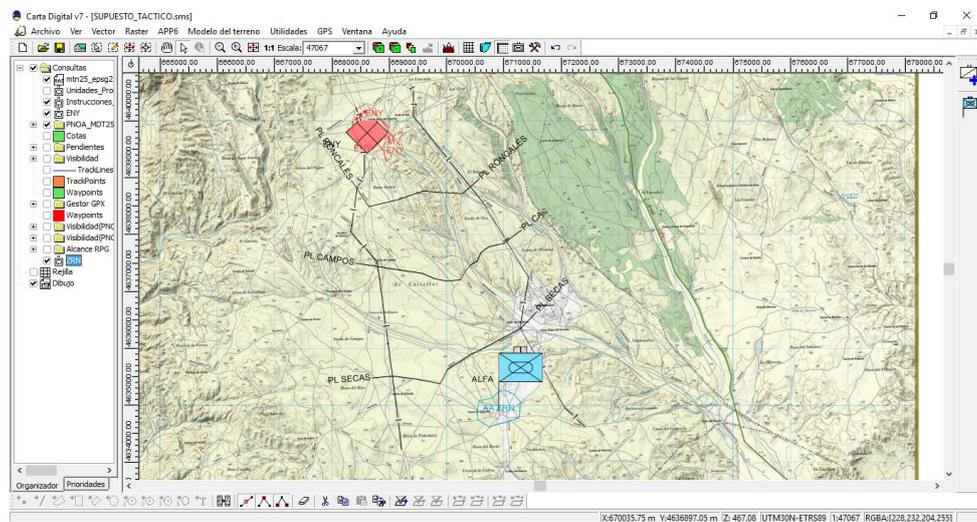


Figura 11. Posición propia y enemiga. Fuente: elaboración propia.

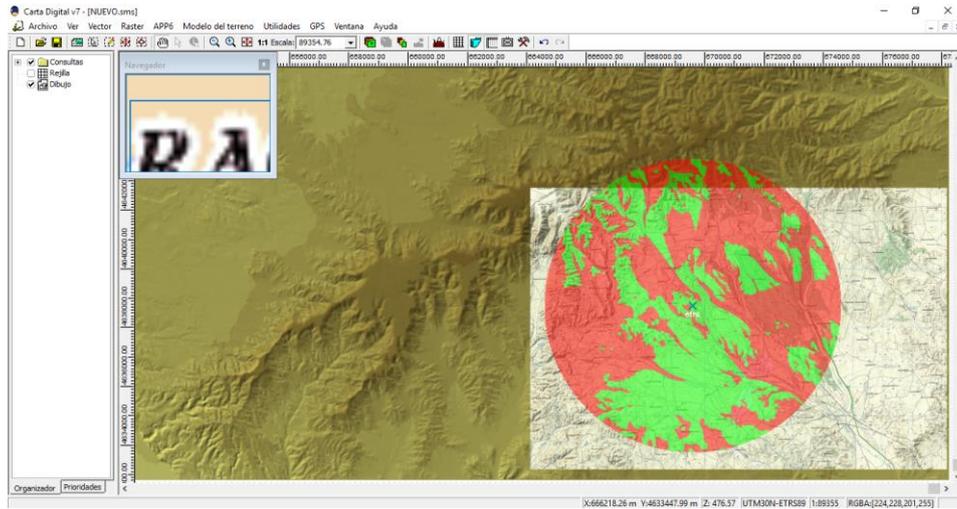


Figura 12. Ejemplo de uso de la herramienta Visibilidad. Fuente: elaboración propia

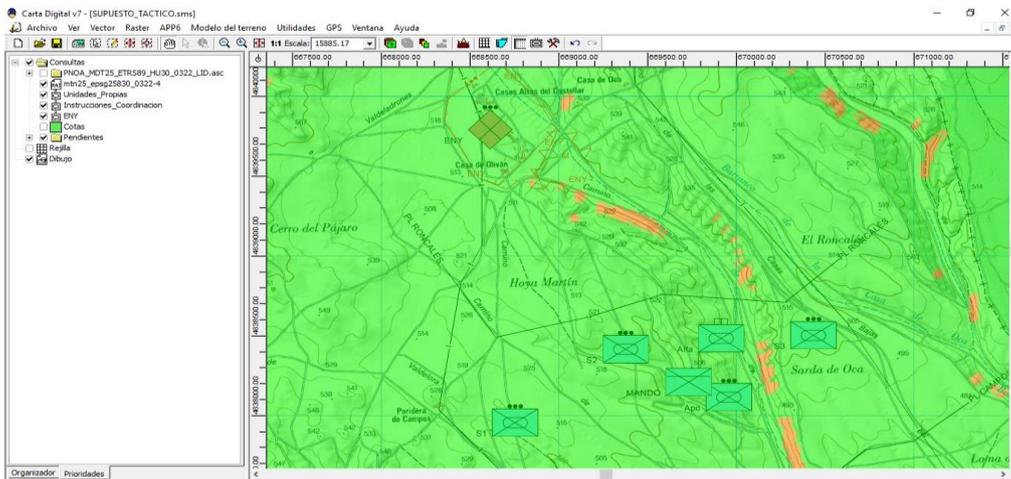


Figura 13. Ejemplo de uso de la herramienta Pendientes. Fuente: elaboración propia.

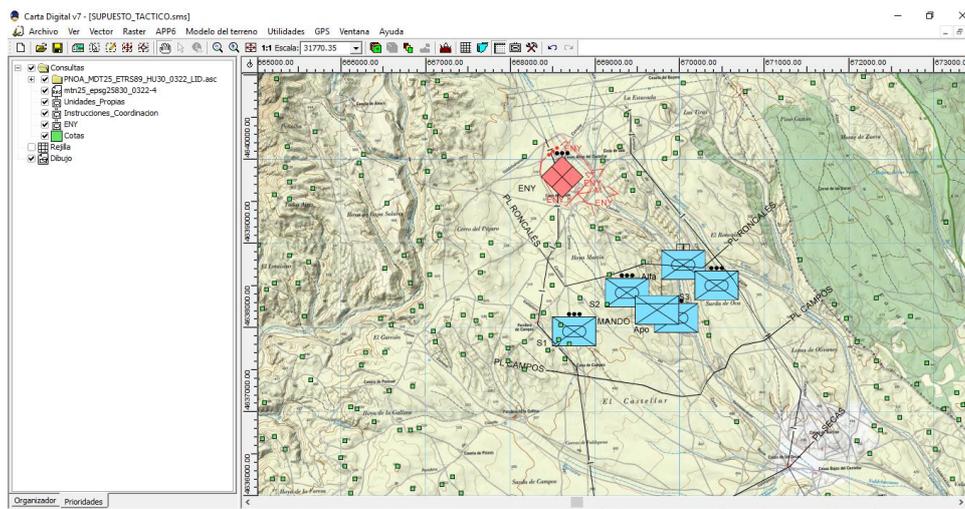


Figura 14. Ejemplo de uso de la herramienta Cotas Significativas. Fuente: elaboración propia.

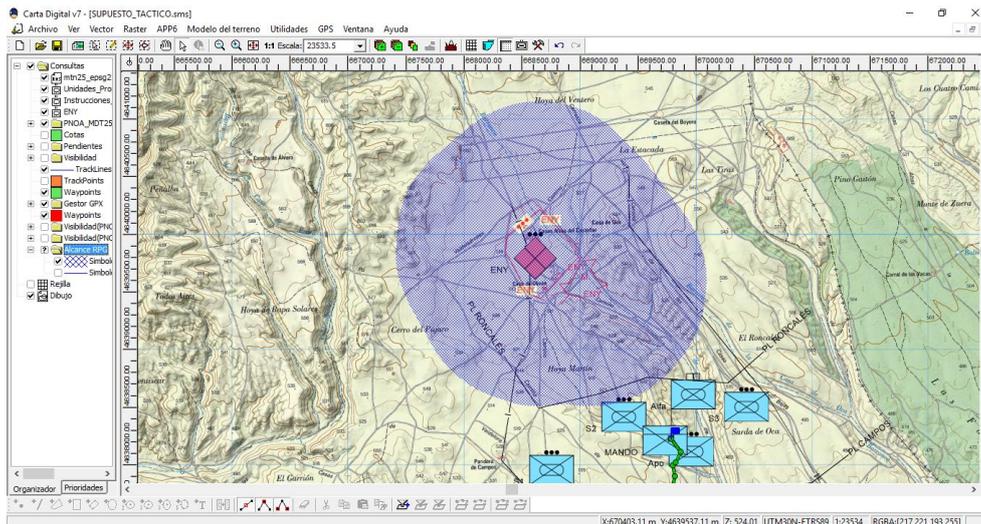


Figura 15. Zona de influencia del enemigo en función de su armamento (RPG). Fuente: elaboración propia.

2.3.2.4. Planeamiento de la operación.

Este paso consiste en la plasmación en Carta Digital de la operación militar que se va a llevar a cabo utilizando para su diseño las capas originales y las derivadas del análisis obtenidas en los anteriores pasos.

Para ello se utilizará la herramienta disponible en Carta Digital APP-6C, que permite añadir toda la simbología militar de este STANAG OTAN (MADOC, 2011). De esta manera, unidades propias o aliadas utilizan un lenguaje homogéneo en la maniobra. Mediante la herramienta anteriormente citada, el jefe llevará a cabo las siguientes operaciones (las figuras incluidas recogen ejemplos en el ejercicio práctico real realizado): (i) dibujar las zonas propias y enemigas (Figura 16); (ii) asignar la entidad del enemigo y de las unidades propias y amigas, en función de sus capacidades y medios (Figura 16) ; y (iii) elección de la maniobra, marcando: líneas de coordinación, zonas a ocupar y símbolos zonales que se adecuen a la operación (Figura 17).

Por otro lado, mediante opciones de la herramienta GPS marcará: (i) los itinerarios a seguir, mediante tracks (Figura 18); (ii) los puntos de ocupación obligada (temporal o final), mediante Waypoints (Figura 18); y, (iii) las zonas donde establecer a sus unidades para que dispongan de las mayores capacidades operativas, mediante Waypoints (Figura 18). Toda esta información quedará grabada en un archivo *.gpx denominado "Hitos_operacion_XXX" que se almacenará en la carpeta "Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX".

De esta manera, se permite interactuar con las distintas capas obtenidas según las necesidades concretas que se presenten, obteniéndose una maniobra precisa y con el mayor detalle posible teniendo en cuenta todas las ventajas y dificultades con las que se va a encontrar los CUMAS sobre el terreno.

La operación se guardará en un fichero de estado (*.sms) denominado "Operación_XXX" que quedará almacenado en la ya citada carpeta "Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX", volviéndose a asegurar la integridad de todos los ficheros y capas utilizados.

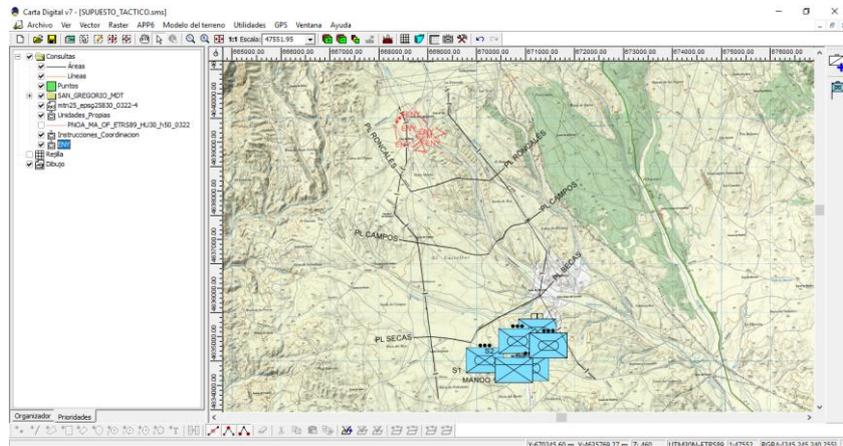


Figura 16. Ejemplo uso de las herramientas APP-6C para añadir unidades, líneas y zonas de coordinación. Fuente: elaboración propia.

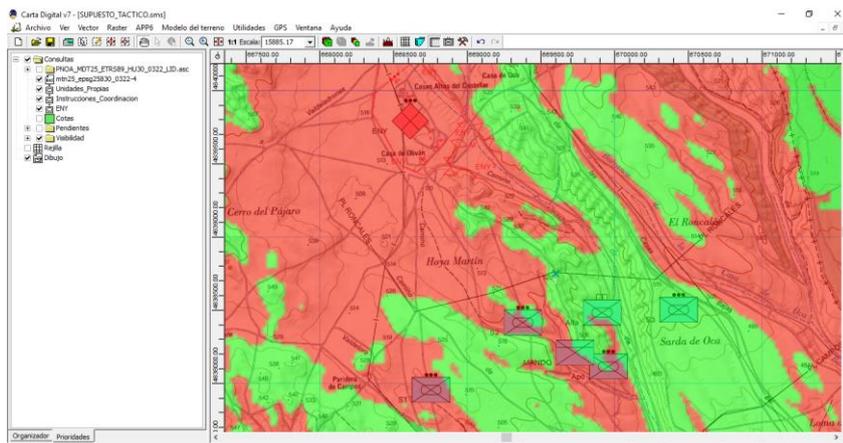


Figura 17. Aplicación de la capa de Visibilidad con las propias unidades. Fuente: elaboración propia.

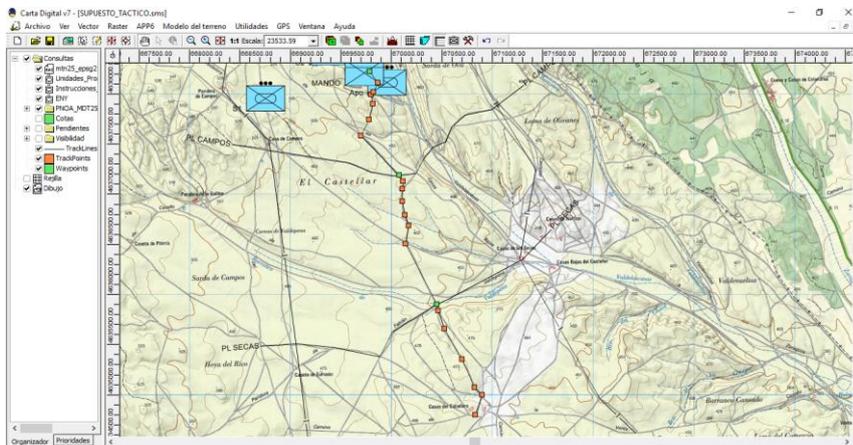


Figura 18. Ejemplo de track y Waypoint con Carta Digital. Fuente: elaboración propia.

2.3.2.5. Traspaso de la información de la operación a otros CUMAS.

El traspaso de la información a otros CUMAS se realizará mediante una memoria USB siendo el responsable de esta tarea el Capitán/es-Teniente/es que haya realizado el planeamiento de la operación. En concreto, se traspasará toda la carpeta “Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX”, incluyendo, por tanto todos los ficheros de estado (proyectos) (*.sms) que se han elaborado hasta esta parte del protocolo.

De esta forma, todas las unidades propias y aliadas disponen de la misma información en sus ordenadores con S.O. Windows siendo solamente necesario para consultarla abrir con Carta Digital el fichero de estado (*.sms).

2.3.2.6. Volcado de la información a dispositivos móviles.

En este paso se produce el traspaso de la información desde el ordenador con S.O. Windows a los dispositivos móviles (Tablet o Smartphone) equipados con la versión Android de Carta Digital³ de cada uno de los CUMAS implicados en la operación como de aquellos combatientes a los que se estime oportuno que sea necesario para la correcta ejecución de la misma. El responsable de esta tarea es cada uno de los CUMAS que ha recibido la información del apartado anterior.

Para ello, se utilizará la herramienta de “Exportar archivo” de la versión escritorio de Carta Digital, seleccionándose dos (2) de las cuatro (4) opciones de almacenado en el dispositivo móvil (Figura 19): (i) Carta Digital en Tarjeta SD SanDisk; y (ii) Carta Digital en Almacenamiento Interno. De esta manera, se utilizan los dos directorios directos que alimentan las capas de información a utilizar en la versión Android de Carta Digital, evitándose pérdidas de la información las memorias genéricas del dispositivo móvil o retrasos en su apertura en el transcurso de la operación. Además, al duplicar la información se garantiza la existencia de una copia de seguridad.

En este proceso, se traspasará:

1- El archivo “Hitos_operacion_XXX” (*.gpx) creado mediante la herramienta GPS que marcan los hitos de la operación (los itinerarios a seguir, los puntos de ocupación obligada y las zonas donde establecer a sus unidades para que dispongan de las mayores capacidades operativas).

2- Las capas trabajadas en el apartado 2.3.2.3. que se consideran necesarias para apoyar la operación sobre el terreno (mapas topográficos básicos, ortoimágenes, pendientes, visibilidad, zona de influencia del enemigo, etc). En este punto reseñar que en esta operación de traspaso, el programa transforma automáticamente los archivos ráster o matricial seleccionados al formato *.TIFF para que puedan ser visualizados correctamente y de forma liviana en el dispositivo móvil.

³ Los requisitos mínimos de estos dispositivos móviles serán los indicados en el Manual de Usuario Carta Digital Android v2.0 (GEGET, 2017): procesador 1GHz; 768 MB de memoria RAM; pantalla con resolución mínima de 320 x 480 pixeles y 200 MB de almacenamiento local.

En la Figura 20 se recoge a modo de ejemplo como queda la visualización de estas capas en el dispositivo móvil equipado con Carta Digital Android utilizado en la realización del ejercicio práctico real realizado durante las PEXT.

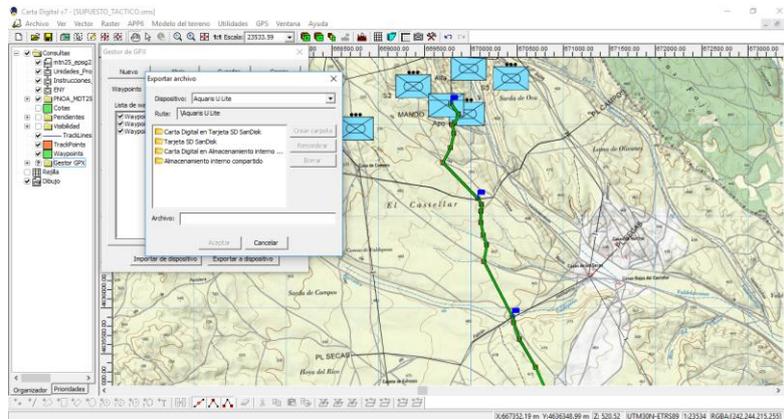


Figura 19. Volcado de la información al dispositivo Android. Fuente: elaboración propia

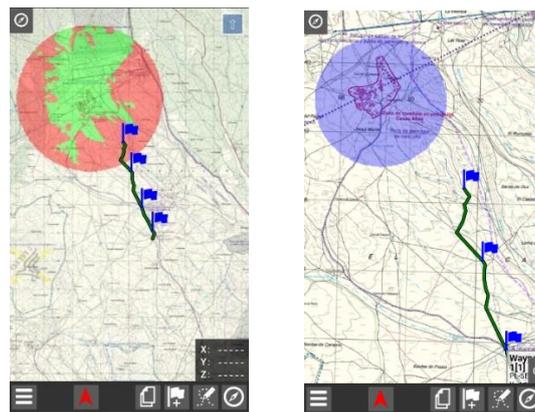


Figura 20. Ejemplo volcado de productos desarrollados a la versión Android de Carta Digital. La línea verde (track) indica el itinerario a seguir por la Unidad y las banderas azules (waypoints) los puntos de ocupación obligada. Las capas de información que auxilian esta operación son el mapa topográfico básico del CENAD, la capa de visibilidad del enemigo (verdes y rojos) y la zona de influencia de su armamento (morado). Fuente: elaboración propia.

2.3.2.7. Obtención de información mediante dispositivos móviles en el transcurso de la operación y traspaso.

El usuario de la aplicación deberá almacenar la información recogida durante el transcurso de la operación (waypoints y track) (. *gpx) en el directorio "Carta Digital en Almacenamiento Interno" para hacer que el manejo de la aplicación sea más ágil.

Los waypoints serán siempre puntos relevantes en el contexto de la operación que deban ser transmitidos a los CUMAS u a otros integrantes de la operación. El track será simplemente la grabación automática que el dispositivo hace del itinerario seguido.

Se permitirá el traspaso de información de los Waypoints recogidos en el campo, dado que se considera información relevante que debe ser compartida entre las distintas

Unidades. Sólo se permitirá compartir puntos de ocupación obligada e itinerarios cuando estos sean resultado de cambios significativos en el planeamiento de la operación por condiciones adversas o de ventaja que se detecten en el campo.

El traspaso de esta información se podrá hacer por dos vías: (i) por Bluetooth entre dispositivos móviles; (ii) mediante cable USB entre dispositivo móvil y ordenador. En el primero de los casos, la información se almacenará tanto en la carpeta “Carta Digital en Tarjeta SD SanDisk” como en la de “Carta Digital en Almacenamiento Interno”. En el segundo se almacenará en la carpeta “Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX”. En el caso en el que exista conexión a Internet, también podrá usarse la opción de compartir esta información tanto a dispositivos móviles como a ordenadores mediante correo electrónico.

Este procedimiento permite adaptar el planeamiento inicial a las circunstancias que puedan observarse durante el transcurso de la operación.

Las figuras 21 y 22 muestra un caso práctico desarrollado durante las citadas maniobras realizadas durante las PEXT. En el se simula que durante la aproximación a la zona enemiga se ha encontrado el indicio de un artefacto explosivo improvisado (del inglés IED). Por ello, se hace un alto de la comuna de vehículos y el Tte. jefe de Sc. toma un waypoint (Figura 21) con la información relevante. Más tarde, dicho waypoint se traslada al dispositivo con S.O. Windows. (Figura 22) en el que se observa la información recogida en la operación.

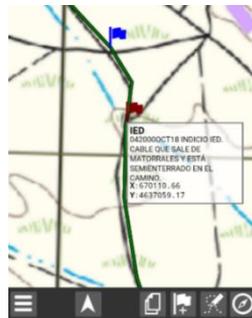


Figura 21. Ejemplo toma Waypoint (IED) en el track. Fuente: elaboración propia.

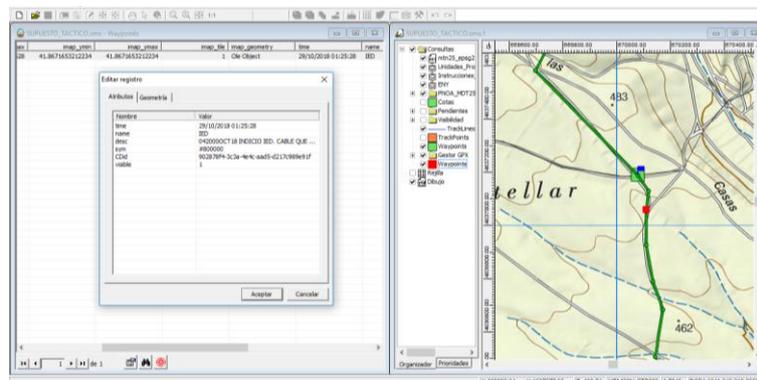


Figura 22. Ejemplo de volcado en el s.o. Windows de un Waypoint. Fuente: elaboración propia.

2.3.2.8. Traspaso de la información obtenida mediante dispositivos móviles a las Unidades superiores una vez finalizada la operación.

Una vez que la operación ha concluido, todos los CUMAS deberán traspasar la información obtenida en el campo al responsable que preparó la carpeta “Capas_formato_Carta_Digital_Operacion_XXX en el punto 2.3.2.5. Este, después de depurar posibles errores o duplicidades, será el responsable de hacer llegar esta carpeta a la Unidad superior. De esta manera, la información sobre el campo de batalla se ve actualizada y complementada.

De este modo, en las acciones posteriores, las unidades propias o aliadas se apoyarán en los datos que la Unidad superior distribuya para poder mantener sus capacidades operativas y tener un detalle exhaustivo del terreno.

2.4. Mejoras en Carta Digital para que el protocolo diseñado sea más efectivo.

Fruto de la experiencia adquirida durante el diseño y la aplicación durante las PEXT del protocolo expuesto en el anterior apartado, se mencionan a continuación una serie de mejoras que podrían implementarse en las dos versiones de Carta Digital para incrementar su utilidad para el planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada. Estas mejoras se agrupan en los distintos apartados del protocolo diseñado.

- *Paso 2.3.2.2. Transformación de la información a los formatos de Carta Digital y almacenado.*

Se propone la modificación de Carta Digital versión Desktop para que pueda utilizar los formatos civiles más comunes para los tres tipos de capas que manejan los SIG: vectoriales, ráster y matriciales.

La adopción de esta mejora supondría la eliminación de este paso del protocolo y, por tanto, una simplificación del mismo y un ahorro de tiempo.

- *Punto 2.3.2.3. Aplicación de herramientas para la obtención de la información adecuada para la misión en concreto.*

Por un lado, se propone que las herramientas de análisis en Carta Digital versión Desktop queden directamente integradas en los menús de “Vector”, “Ráster” y “Modelo del Terreno”, dado que en su forma actual es necesario son necesarios la concatenación de cinco “click” para llegar hasta cada una de ellas, no siendo este proceso nada intuitivo.

Por otro, se sugiere la incluir en cada herramienta de esta versión un botón de “Ayuda” donde se explique qué hace la herramienta y qué significa cada una de las opciones que hay dentro de ella.

- *Punto 2.3.2.4. Planeamiento de la operación.*

En este apartado, se considera necesaria la modificación de la escala a la que se representan las unidades propias en Carta Digital versión Desktop de tal modo que quede definido lo que ocupa sobre el terreno una Cía. o Sc. Mecanizada.

- *Punto 2.3.2.6. Volcado de la información a dispositivos móviles.*

Se considera esencial que se pueda volcar la simbología militar STANAG OTAN trabajada en la versión Desktop a la versión Android, dado que así se puede observar en el campo todos los detalles del planeamiento diseñados con el concurso de la herramienta APP6-C, dotándole al combatiente de una visión global de la operación.

- *Punto 2.3.2.7. Obtención de información mediante dispositivos móviles en el transcurso de la operación y traspaso.*

En relación con el punto anterior, se considera muy importante que a la hora de recoger en el campo un waypoint se pudiera utilizar la simbología militar STANAG OTAN. De esta manera, se conseguiría una caracterización más rápida y precisa del waypoint.

3.CONCLUSIONES.

Tras el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado, se han extraído las siguientes conclusiones:

- Respecto a la determinación de las necesidades de índole geográfica que tienen las unidades de Compañía o Sección de Infantería Mecanizadas y conocimiento de cómo son satisfechas en la actualidad.

- Las Cía. y Sc. Mecanizadas dotan de gran movilidad y potencia de fuego a las operaciones militares, debiendo ser conocidos determinados aspectos del campo de batalla para garantizar el éxito de la operación. Entre estos aspectos destaca la información detallada de carreteras y caminos, núcleos de población y edificios, elevación, pendiente, vegetación e hidrografía.
- La información recabada en el RI "La Reina" Nº2 muestra que el uso de Carta Digital, la herramienta diseñada por el ET para trabajar con la información geográfica ha quedado relegado por el de otras aplicaciones civiles que se consideran más intuitivas. Sin embargo, existe una predisposición firme por parte de los CUMAS de la Unidad a implementar en sus operaciones un protocolo que facilite las tareas de planeamiento y ejecución con Carta Digital, ya que creen que sería de gran ayuda en la toma de sus decisiones.

- Respecto al análisis de las capacidades de Carta Digital para la toma de decisiones en el planeamiento y la ejecución de las operaciones de las unidades seleccionadas.

- Se ha comprobado que Carta Digital dispone de las herramientas de análisis básicas que precisa el planeamiento y la ejecución de la Infantería mecanizada dado que son capaces de trabajar con capas vectoriales, ráster y matriciales útiles para determinar cuáles son las condiciones del terreno en relación con las capacidades propias y las del enemigo, permitiendo tomar una decisión en base a los productos desarrollados.
- Las funciones de simbología del APP-6C permiten implementar de forma estandarizada el uso de entidades y de medidas de coordinación en el planeamiento de la operación con un lenguaje común entre todas las unidades propias y las de nuestros aliados, dado que se basan en un STANAG OTAN. Esta herramienta no está presente en ningún software civil que maneje información geográfica.

- Respecto al diseño del protocolo de actuación:

- El protocolo diseñado recoge de forma apropiada la secuencia temporal detallada de planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada mediante el concurso de las versiones desktop y Android de Carta Digital. En cada paso se dan las instrucciones de cómo se debe proceder para garantizar en todo caso la obtención, utilización, explotación y compartición de la información geográfica relevante para una operación y las instrucciones precisas de ésta, evitándose en todo momento su duplicación y salvaguardando la integridad de la misma. La valía de este protocolo ha sido testada con éxito durante la realización de unas maniobras en el periodo de PEXT.

- Respecto mejoras de Carta Digital para incrementar la efectividad de dicho protocolo.

- Se han identificado una serie de mejoras que deberían implementarse en ambas versiones de Carta Digital para hacer más sencillos y efectivos algunos de los pasos del protocolo diseñado.

Líneas de Trabajo Futuras.

Una vez que se han expuesto las conclusiones de este trabajo, se exponen dos ideas fuerza que permitirían implementar de forma más fácil el protocolo diseñado en las distintas unidades de Infantería Mecanizada de las que consta nuestro ET.

1. Realizar un manual específico de apoyo al protocolo que recogiera los aspectos más técnicos de manejo de las dos versiones de Carta Digital en los distintos pasos.
2. Diseñar un curso presencial de apoyo al protocolo en el que se trabajen distintos casos prácticos, tanto en el aula, como el campo para adquirir un uso ágil y eficiente de las distintas herramientas de las dos versiones de Carta Digital que en él se manejan.

Bibliografía

- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*(31), 527-538.
- Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (s.f.). *Manual de Usuario de la Carta Digital Android v2.0*.
- Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (s.f.). *Manual de Usuario de la Carta Digital v7.0*.
- Corisco, C. I. (2018). Carta Digital. El sistema de apoyo geográfico a las pequeñas unidades. *Revista Ejército de tierra español*(923), 94-100.
- Estado Mayor del Ejército. (1993). *Manual de Enseñanza. Compañía y Sección Mecanizada*. Madrid.
- Estado Mayor del Ejército. (2006). *Norma General 01/06. Proceso de solicitud y distribución de información hgeográfica en el Ejército de Tierra*. Madrid.
- Goodchild, M. y. (1990). *NCGIA Core Curriculum in GIS*. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara.
- Guijarro, C. A. (2013). La Carta Digital no descansa. *Revista Ejército de tierra español*(873), 120-126.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (s.f.). *inegi*. Recuperado el 27 de Octubre de 2018, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
- Kerlinger, F. (1997). *Investigación del comportamiento*. México, D.F: McGraw-Hill.
- MADOC. (2004). *OR5-008. Orientaciones. Método de planeamiento de las operaciones Nivel Táctico*.
- MADOC. (2005). *OR4-123 .Orientaciones. Compañía de Infantería Mecanizada (VCI)*. Granada.
- MADOC. (2005). *OR4-124 .Orientaciones. Sección de Infantería Mecanizada (VCI)*. Granada.
- MADOC. (2011). *APP-6C.Extracto APP-6C NATO MILITARY JOINT SYMBOLOGY*.
- MADOC. (2012). *EGE-VA-003. Fundamentos de Información Geográfica Digital*.
- Manuel García Ferrando, J. I. (1986). *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*. Madrid: Alianza.
- Martín, D. T. (Curso 2017-2018). *Apuntes de la Asignatura. Información Geográfica Digital y Teledetección*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Ministerio de Defensa. (2016). *defensa.gob*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de <http://www.defensa.gob.es/brigada-vjtf/es/que-es-vjtf.html>
- Nacional, I. G. (s.f.). *centrodedescargas.cnig*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2018, de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=BT100#>

- Narváez, E. C. (2018). CENTRO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO: A LA VANGUARDIA DE LA INFORMACIÓN. *Revista Ejército de Tierra español*(923), 76-77.
- Palacios, J. E. (s.f.). *docplayer.es*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2018, de <https://docplayer.es/78955465-Geoinformatica-sistemas-de-informacion-geografico-militar.html>
- Paul A. Longley, M. G. (2011). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: John Wiley & Sons, Inc.
- Rodríguez, M. L. (s.f.). *metodologiasdelainvestigacion*. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <https://metodologiasdelainvestigacion.wordpress.com/2010/11/19/la-tecnica-de-la-encuesta/>
- Sociológicas, C. d. (s.f.). *cis*. Recuperado el 3 de Octubre de 2018, de http://www.cis.es/cis/opencms/ES/1_encuestas/ComoSeHacen/queesunaencuesta.html
- Tello, J. L. (2018). LA JEFATURA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. EL ALMA DEL CEGET. *Revista Ejército de Tierra español*(923), 83-89.

ANEXO A: SISTEMAS GNSS. (Lamelas Gracia y García Martín, 2018)

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS, en inglés) permite gracias a una red de satélites posicionar con mayor o menor exactitud un receptor. Dicho receptor recibe en una determinada frecuencia la señal que ha sido enviada por el satélite. Gracias a estos sistemas, el programa Carta Digital versión Android puede obtener las coordenadas en la que nos encontramos.

La localización exacta del receptor se da en tres dimensiones:

- Localización horizontal: mediante el par de coordenadas geográficas X e Y. (expresadas en latitud y longitud).
- Localización vertical: mediante la coordenada Z (metros sobre/bajo el nivel del mar).
- Localización temporal: mediante las efemérides⁴.

Hoy en día existe dos GNSS que se encuentran totalmente operativos. El primero de ellos es el NAVSTAR-GPS (*Navigation System and Ranging- Global Position System*) operado por el Departamento de Defensa de los EEUU. El segundo se trata de GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) operado por el Ministerio de Defensa de la Federación Rusa. A continuación, se explican los detalles técnicos de cada uno de los dos sistemas.

1. NAVSTAR-GPS:

-Formado por una red de 24 satélites:

- Disposición: 4 satélites en 6 órbitas distintas.
- Sistema de referencia: WGS 84 (EPSG 4326)
- Señal de radio frecuencia emitida (onda portadora):
 - L1 (1575,42 MHz) (Longitud de onda: 19,05 cm): Estas ondas son portadoras tanto de distintos códigos tanto civiles, con acceso ilimitado, como militares que tienen un acceso limitado, ya que está encriptado.
 - L2 (1227,60 MHz) (Longitud de onda: 24,45 cm): Las ondas L2 son portadoras de códigos de precisión, militares y civiles.
 - Usa también L3, L4 y L5, pero los receptores estándar no los utilizan.

⁴ Una efeméride es la información que está dentro del código de transmisión de una señal. Dicha información consta del identificador del propio satélite, la posición exacta del mismo en el momento que emite la señal y la hora exacta (hora, minuto, segundo y milisegundo) en el que se transmitió la señal.

2. GLONASS:

-Formado por una red de 31 satélites (pero solo 24 en modo operacional):

- Disposición: 8 satélites en 3 órbitas distintas
- Sistema de referencia actual: ITRF2000 (EPSG 4385)
- Señal de Radio Frecuencia Emitida (onda portadora):
 - L1 (1602.0 MHz): De uso civil y de uso militar para las Fuerzas Armadas Rusas.
 - L2 (1246 MHz): De uso civil y militar.

Asimismo, en fase de desarrollo se encuentran los sistemas GALILEO POSITIONING SYSTEM, desarrollado por la Unión Europea y operado por la Agencia Espacial Europea (ESA), que está diseñado para que sea interoperable con los sistemas Navstar-GPS y Glonass. Desde 2016 el sistema Galileo ya envía información de posicionamiento y navegación a usuarios de todo el mundo.

La constelación completa será de 24 satélites, repartidos en tres planos orbitales. Ya en 2017 el total de satélites puestos en órbita fue de 22. El sistema utiliza 10 radiofrecuencias: (i) cuatro (4) entre 1164-1215 MHz; (ii) tres (3) entre 1260-1300 MHz; y (iii) tres (3) entre 1559-1591 MHz. Entre sus servicios se encuentra un servicio abierto, para aplicaciones críticas, un servicio comercial, servicio público regulado y un servicio de búsqueda y salvamento.

Por último, también existe el sistema COMPASS que es operado por el Gobierno Chino y que tiene una última fase que se encuentra en desarrollo, la BeiDou-3, que permita un servicio global en 2020.

Funcionamiento de un GNSS:

El proceso consta de dos pasos:

1. Los satélites del sistema transmiten en las señales de radiofrecuencia (L1 y L2) los códigos correspondientes, las llamadas efemérides que se explicaron en el apartado anterior.

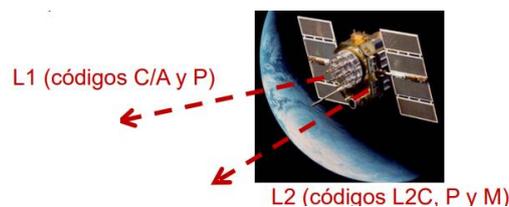


Figura 23. Emisión de señal desde un Satélite. Fuente: asignatura de Información Geográfica Digital y Teledetección.

2. El receptor recibe el código, siendo solo capaz de descifrar aquellos para los que está configurado. Una vez descifrada la señal compara el tiempo de emisión de ésta con el de recepción. De esta manera obtiene el tiempo que le ha costado viajar a la señal y, teniendo en cuenta su velocidad de propagación de las ondas, que es siempre constante, determina la distancia esférica a la que se encuentra el satélite.



Figura 24. Recepción de señal desde un dispositivo. Fuente: asignatura de Información Geográfica Digital y Teledetección.

Así, cuando sólo se recibe un satélite, solo se puede definir una esfera, pudiendo ser nuestra posición cualquiera dentro de ella. Si recibe la señal de dos satélites, nuestra posición estará dentro de la intersección de ambas y con 3 satélites, la posición queda mucho más acotada. Sólo si la trilateración es perfecta se ofrecerá una posición precisa, pero lo normal es que no lo sea, siendo posible 2 posiciones. La recepción de un cuarto satélite es la que dilucida cual de esas dos posiciones es la correcta.

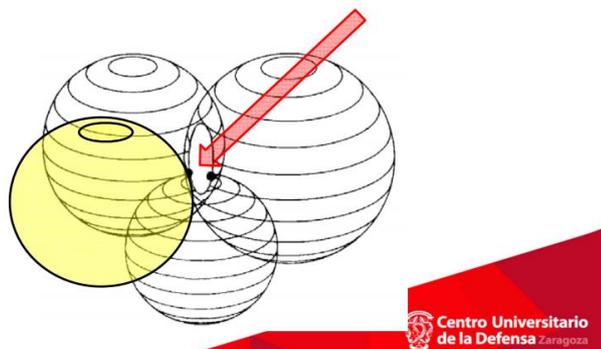


Figura 25. Acotación de la posición de un receptor en la superficie terrestre. Fuente: asignatura de Información Geográfica Digital y Teledetección.

ANEXO B: ORGÁNICA CIMZ Y SIMZ.

1. La Compañía de Infantería Mecanizada (CIMZ) (MADOC, 2005)

La CIMZ. es la Unidad Táctica Básica y uno de los elementos fundamentales de cara a las maniobras que lleva a cabo el Batallón de Infantería Mecanizada (BIMZ). La CIMZ tiene la capacidad de coordinar sus acciones en tiempo y espacio, empleando distintas formas de fuego y movimiento. Además, tiene la capacidad de reiterar esfuerzos.

Actualmente la orgánica de una Compañía de Infantería Mecanizada está estructurada de la siguiente manera:

- Mando
- Tres secciones de Infantería Mecanizadas
- Una sección de apoyo Mecanizada

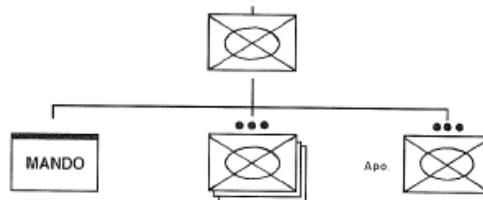


Figura 26. Orgánica de una CIMZ. Fuente:ME4-106

Los medios de combate de los que dispone son los VCI Pizarro sobre cadenas, cuyo conocimiento sobre sus características es importante de cara a una operación militar, de esta forma el jefe sabe las capacidades y limitaciones que presenta sus propios medios.

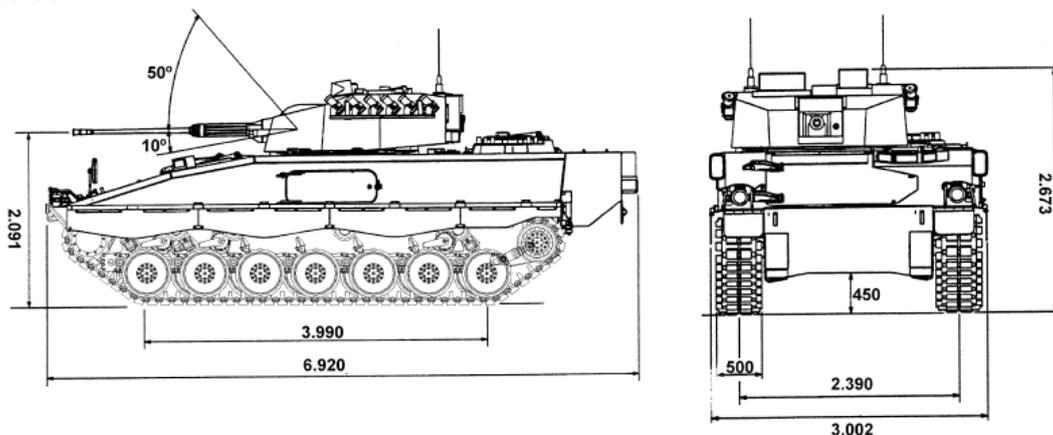


Figura 27. VCI Pizarro. Fuente: ME4-106

Características técnicas más relevantes:

- Masa en orden de combate: 28,3 t
- Velocidad máxima en carretera: 70 km/h
- Relación potencia/peso en combate: 21,2 CV/T
- Pendiente longitudinal: 60%
- Pendiente lateral: 30%
- Anchura superable zanja: 2000 mm
- Altura superable vertical: 800 mm
- Capacidad de vadeo: Sin preparar 1300 mm, Preparado 1500 mm

2. La Sección de Infantería Mecanizada. (SIMZ). (MADOC, 2005)

La SIMZ es la unidad de combate de la CIMZ. normalmente combate reunida y ejerce el esfuerzo de la maniobra en una sola dirección. Ésta no es capaz de reiterar esfuerzos ni mantener reservas, pues todos sus elementos están implicados en el combate.

En este apartado se va a explicar de lo que dispone una unidad de Infantería Mecanizada, es decir, estas unidades combinan el uso de VCI con el gran aporte que le da el uso del Elemento de Combate a Pie (ECP), pues este último puede desembarcar del vehículo y combatir a pie. Este hecho les da gran versatilidad a las unidades mecanizadas, ya que en caso de no poder hacer un uso óptimo de sus vehículos dispone de un recurso capacitado para el combate.

La orgánica de la SIMZ. se compone de:

- Mando y elemento de Mando
- Tres Pelotones de Fusiles Mecanizados

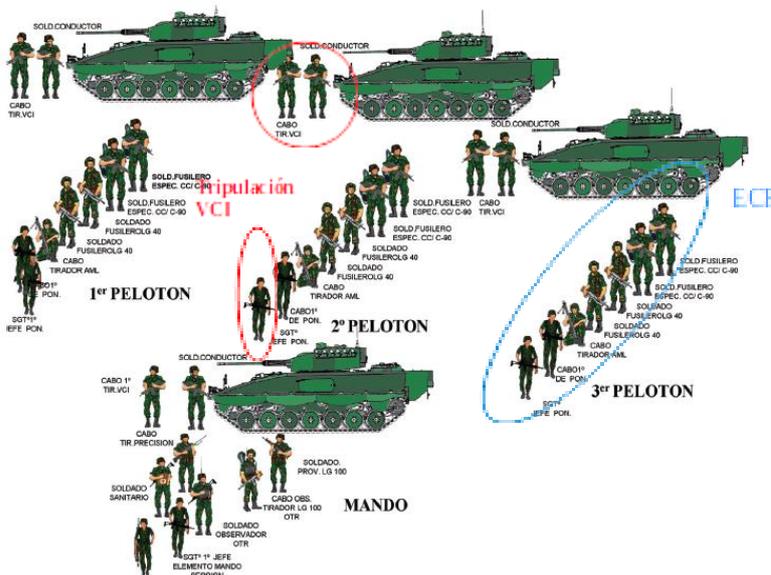


Figura 28. Orgánica de una SIMZ.
Fuente: OR4-124

ANEXO C: ENCUESTAS

CUESTIONARIO SOBRE EL USO DE SISTEMAS GNSS.

(CARTA DIGITAL)

Nombre:

Apellidos:

Empleo:

El siguiente cuestionario está relacionado con el Trabajo de Fin de Grado (TFG) que está realizando el CAC INF. Jaime José Canales Rodríguez en la BRI X. Cuya denominación es “Carta Digital para el planeamiento y ejecución de misiones a cargo de una Compañía o Sección de Infantería Mecanizada”.

El propósito de este es utilizar las dos versiones existentes de Carta Digital, versión Android y versión Windows, para desarrollar una guía que permita el planeamiento y ejecución de las operaciones militares que tiene que llevar a cabo el jefe de Cía. y Sc. apoyándose en este programa. Mediante su uso también se dispone de información que sobre el terreno se desconoce pero que se encuentra almacenada en bases de datos.

Además, con este proyecto se quiere implementar un uso común del uso de Carta Digital en el seno del ET. En este sentido, este objetivo estaría vinculado a los cuadros de mando de pequeña unidad, Capitanes y Tenientes.

1. Qué conocimientos tiene usted sobre el uso de Carta Digital (1-Muy básico, 5-Avanzado)

• 1	• 2	• 3	• 4	• 5
-----	-----	-----	-----	-----

2. Opinión sobre el programa Carta Digital. (Elige una opción, 1-insatisfactorio, 5-satisfactorio)

• 1	• 2	• 3	• 4	• 5
-----	-----	-----	-----	-----

Además, justifique la opción escogida.

3. Indique a continuación las ventajas que usted cree que puede proporcionarle el uso de Carta Digital para el planeamiento de una operación.

4. Enumere las desventajas que presenta para usted el uso de Carta Digital.

5. En este apartado indique la frecuencia con la que usa Carta Digital en su día a día. (1-Nunca, 5-Siempre)

• 1	• 2	• 3	• 4	• 5
-----	-----	-----	-----	-----

6. En la siguiente pregunta marque con un círculo la opción que desee.

¿En caso de tener que usar un programa de navegación, usaría **Carta Digital** o un **Programa civil**? En caso de civil indique su nombre y la razón de su uso.

7. Cree que sería conveniente usar todo el ET el mismo programa de navegación. (1-Nada conveniente, 5- Extremadamente conveniente)

• 1	• 2	• 3	• 4	• 5
-----	-----	-----	-----	-----

8. ¿En caso de existir una guía que facilite el planeamiento y la posterior ejecución la usaría?

SI / NO