

Trabajo Fin de Grado

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LAS PEQUEÑAS UNIDADES DE CABALLERÍA

Autor

Alfárez Alberto José Fernández Moreno

Directores

Dr. D. Alberto García Martín
Capitán D. Amado Ramos Mezquita

Centro Universitario de la Defensa - Academia General Militar
2015

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado está enmarcado dentro de los estudios del Grado en Ingeniería de Organización Industrial, perfil Defensa, impartidos en el Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza (curso 2014-2015) y busca determinar los programas de SIG (Sistema de Información Geográfica) adecuados a los requisitos que imponen, en función de sus necesidades vehiculares y no vehiculares, las Pequeñas Unidades (PU) de Caballería del Ejército de Tierra, con el fin último de facilitar el cumplimiento de las misiones que les sean asignadas. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis teórico-práctico de las características y funciones que debe tener un SIG para ser óptimo para las tareas desempeñadas por las PU de Caballería y, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se ha realizado un estudio comparativo de los SIG existentes en la actualidad en el ámbito militar y civil a partir del cual se han determinado los más adecuados para una PU de Caballería: el Carta Digital como programa SIG no vehicular y el TwoNav *Premium* como vehicular.

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis is framed within the studies of Graduate in Management Engineering, Defense profile, offered by the Defense University Center of Zaragoza (academic year 2014-2015) and it seeks to determine the GIS software (Geographic Information System) which best fulfill the requirements imposed by the Cavalry Small Units according to their needs, with the ultimate goal of easing the accomplishment of the missions assigned to them. In order to achieve this, a theoretical-practical study of the features and functions which a GIS shall have to be adequate for the tasks of a Cavalry Small Unit has been carried out and, accordingly to the results, a comparative study between state-of-the-art military and civilian GIS has been performed to determine those more suitable for a Cavalry Small Unit: the Carta Digital as the non-vehicular GIS software and the TwoNav *Premium* as the vehicular one.

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento por su implicación y ayuda para con el presente trabajo a mi director militar, codirector del Trabajo Fin de Grado (TFG) y tutor de Prácticas Externas (PEXT), Capitán de Caballería D. Amado Ramos Mezquita, jefe del primer Escuadrón de Reconocimiento del Grupo de Caballería de Reconocimiento "Santiago" VII; a mi director académico del TFG, Dr. D. Alberto García Martín, profesor de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección del Centro Universitario de la Defensa; y al Teniente de Caballería D. Ignacio Sanchís Pérez, jefe de la Sección de Vigilancia del primer Escuadrón de Reconocimiento del Grupo "Santiago" VII, del cual fui adjunto durante la realización de dichas PEXT.

Asimismo, debo agradecer al Teniente Coronel D. Juan José Pérez Uz y al Subteniente D. Juan López Sánchez, del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET), su excelente predisposición para con mi trabajo, el tiempo invertido en darme a conocer las posibilidades del Carta Digital para *Windows* y el proporcionarme en primicia la versión 5.9 de éste así como la versión *beta* de la aplicación para *Android* de dicho SIG para incluirlas en el proyecto antes de que fuesen oficialmente accesibles al público a través de la Intranet del ET.

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

ÍNDICE

Resumen/Abstract	I
Agradecimientos	III
Lista de Figuras	VII
Lista de Tablas	VII
Lista de Abreviaturas	IX
1. Introducción	1
1.1. Objetivos y alcance del proyecto	1
1.2. Metodología y herramientas	2
1.3. Ámbito de aplicación	3
1.4. Marco teórico	5
1.5. Justificación del proyecto	8
2. Análisis comparativos de los SIG-tácticos vehiculares	9
3. Análisis comparativo de los SIG-tácticos no vehiculares	14
4. Conclusiones	19
4.1. Conclusiones del proyecto	19
4.2. Grado de consecución de los objetivos del proyecto	20
4.3. Proposición de líneas de trabajo futuras	20

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

FUENTES DE LAS IMÁGENES

ANEXO A. Metodología de análisis cuantitativo

ANEXO B. Información adicional del proyecto

ANEXO C. Explicación de los requisitos para los SIG vehiculares

ANEXO D. Informe sobre Carta Digital *Android*

ANEXO E. Informe sobre OruxMaps *Android*

ANEXO F. Informe sobre TwoNav *Premium*

ANEXO G. Informe sobre OziExplorer *Android*

ANEXO H. Informe sobre Garmin GPS eTrex 30

ANEXO I. Explicación de los requisitos para los SIG no vehiculares

ANEXO J. Informe sobre Carta Digital

ANEXO K. Informe sobre gvSIG

ANEXO L. Informe sobre OziExplorerCE

ANEXO M. Informe sobre MapSource

ANEXO N. Propuestas de cambio y mejora en los programas seleccionados

ANEXO O. Proposición de líneas de trabajo futuras complementarias al Trabajo Fin de Grado desarrollado

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Arquitectura de la estructura SIG-táctica en un GCRECO	3
Figura 1.2 Arquitectura nodal de la estructura SIG-táctica	4
Figura 1.3 Dimensiones de la información geográfica en los SIG	6
Figura 1.4 Ejemplos de modelados de la realidad	7
Figura 1.5 Proceso de creación de una proyección cartográfica	8
Figura 4.1 Propuesta de encuadramiento del A-RECO en un ERECO	20
Figura D.1 Interfaz del Carta Digital <i>Android</i>	D.1
Figura E.1 Interfaz del OruxMaps <i>Android</i>	E.1
Figura F.1 Interfaz del TwoNav <i>Premium</i>	F.1
Figura G.1 Interfaz del OziExplorer <i>Android</i>	G.2
Figura H.1 Aspecto del Garmin GPS eTrex 30	H.1
Figura J.1 Interfaz del Carta Digital	J.1
Figura K.1 Interfaz del gvSIG	K.1
Figura L.1 Interfaz del OziExplorerCE	L.1
Figura M.1 Interfaz del MapSource	M.1
Figura O.1 Radioteléfonos SpearNet y PR4G V3	O.1
Figura O.2 Sensor de captura de imagen del sistema <i>Pearls of Wisdom</i>	O.3

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Lista de SIG-tácticos vehiculares a analizar.....	9
Tabla 2.2 Ponderaciones de los requisitos para los SIG vehiculares	10
Tabla 2.3 Análisis cuantitativo del SIG vehicular Carta Digital <i>Android</i>	10
Tabla 2.4 Análisis cuantitativo del SIG vehicular OruxMaps <i>Android</i>	11
Tabla 2.5 Análisis cuantitativo del SIG vehicular TwoNav <i>Premium</i>	11-12
Tabla 2.6 Análisis cuantitativo del SIG vehicular OziExplorer <i>Android</i>	12-13
Tabla 2.7 Análisis cuantitativo del Garmin GPS eTrex 3.....	13-14
Tabla 2.8 Resultados de los análisis cuantitativos de los SIG vehiculares	14
Tabla 3.1 Lista de los SIG-tácticos no vehiculares a analizar	14
Tabla 3.2 Ponderaciones de los requisitos para los SIG no vehiculares.....	15
Tabla 3.3 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular Carta Digital.....	15-16
Tabla 3.4 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular gvSIG.....	16-17
Tabla 3.5 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular OziExplorerCE.....	17-18
Tabla 3.6 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular MapSource	18
Tabla 3.7 Resultados de los análisis cuantitativos de los SIG no vehiculares	18
Tabla A.1 Criterios de asignación de los pesos específicos	A.1
Tabla A.2 Criterios de asignación de los grados individuales de cumplimiento.....	A.1
Tabla A.3 Criterios de asignación de los grados adicionales.....	A.2
Tabla B.1 Ficha técnica del <i>hardware</i> empleado	B.1
Tabla B.2 Información de las pruebas de campo.....	B.2

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

LISTA DE ABREVIATURAS

A continuación se presentan, por orden de aparición en el presente documento (tanto en textos como figuras y tablas) y ordenadas de arriba a abajo e izquierda a derecha, las distintas abreviaturas empleadas así como su significado y, en caso de estar éste en inglés, su traducción al castellano.

ABREVIATURA	SIGNIFICADO	ABREVIATURA	SIGNIFICADO
SIG	Sistema de Información Geográfica	PU	Pequeña Unidad
GIS	Sistema de Información Geográfica (<i>Geographic Information System</i>)	TFG	Trabajo Fin de Grado
PEXT	Prácticas Externas	CEGET	Centro Geográfico del Ejército de Tierra
GCRECO	Grupo de Caballería de Reconocimiento	SEV	Sección de Exploración y Vigilancia
ERECO	Escuadrón de Reconocimiento	GEOINT	Inteligencia Geoespacial (<i>Geospatial Intelligence</i>)
BRILAT	Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable	ET	Ejército de Tierra
ZO	Zona de Operaciones	GU	Gran Unidad
CCA	Ataque de Combate Cercano (<i>Close Combat Attack</i>)	CAS	Apoyo Aéreo Cercano (<i>Close Air Support</i>)
TACP	Equipo de Control Aerotático (<i>Tactical Air Control Party</i>)	OFA	Observador de Fuegos Aéreos
UAS	Sistema Aéreo No Tripulado (<i>Unmanned Air System</i>)	UAV	Vehículo Aéreo No Tripulado (<i>Unmanned Air Vehicle</i>)
EOR	Reconocimiento de Artefactos Explosivos (<i>Explosive Ordnance Reconnaissance</i>)	EOD	Desactivación de Artefactos Explosivos (<i>Explosive Ordnance Disposal</i>)
APOFU	Apoyo de Fuegos	LCC	Mando de Componente Terrestre (<i>Land Component Command</i>)
JOC	Mando de Operaciones Conjuntas (<i>Joint Operations Command</i>)	PCMOV	Puesto de Mando Móvil
PCPRAL	Puesto de Mando Principal	PC	Puesto de Mando
EW	Guerra Electrónica (<i>Electronic Warfare</i>)	CNR	Red Radio de Combate (<i>Combat-Net Radio</i>)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (<i>Global Positioning System</i>)	ISTAR	Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento (<i>Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance</i>)
SIGMIL	Sistema de Información Geográfica Militar	PCGACA	Puesto de Mando de Grupo de Artillería de Campaña
SIMACET	Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra	MGCP	Programa Multinacional de Coproducción Geoespacial (<i>Multinational Geospatial Coproduction Program</i>)
CAD	Diseño Asistido por Ordenador (<i>Computer Aided-Design</i>)	AM/FM	Cartografía Automática (<i>Automated Mapping/Facilities Management</i>)

MDE	Modelo Digital de Elevación	MDT	Modelo Digital del Terreno
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>	ECW	Ondícula de Compresión Mejorada (<i>Enhanced Compression Wavelet</i>)
FRE	Formato Raster Español	DTED	Datos Digitales de Elevación del Terreno (<i>Digital Terrain Elevation Data</i>)
GPX	Formato de intercambio GPS (<i>GPS Exchange Format</i>)	ED50	<i>European Datum 1950</i>
ETRS89	<i>European Terrestrial Reference System 1989</i>	WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>
UTM	<i>Universal Transversal Mercator</i>	GLONASS	Sistema Global de Navegación por Satélite (<i>Global Navigation Satellite System</i>)
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte	MGRS	Sistema Militar de Rejilla de Referencia (<i>Military Grid Reference System</i>)
WMS	Servicio Web de Mapas (<i>Web Map Service</i>)	WCS	Servicio de Cobertura Web (<i>Web Coverage Service</i>)
GML	<i>Geographic Markup Language</i>	WFS	Servicio Web de Entidades (<i>Web Feature Service</i>)
WFS-T	Servicio Web Transaccional de Entidades (<i>Web Feature Service - Transactional</i>)	IGN	Instituto Geográfico Nacional
HDOP	Disolución Horizontal de la Precisión (<i>Horizontal Dilution Of Precision</i>)	SMS	Servicio de Mensajes Cortos (<i>Short Message Service</i>)
POI	Punto de Interés (<i>Point Of Interest</i>)	Cap.	Capitán
JPT	Jefe de Partida	SLAC	Sección Ligero Acorazada
S/OF	Suboficial	PNMP	Pelotón de Morteros Pesados
A-RECO	Asistente de Reconocimiento	SOTM	Comunicaciones por Satélite en Movimiento (<i>Satellite Communications On The Move</i>)
SBS	Sistema de Transmisión por Satélite (<i>Satellite Broadcasting System</i>)	COMSEC	Seguridad de las Comunicaciones (<i>Communications Security</i>)
OPSEC	Seguridad de las Operaciones (<i>Operations Security</i>)	COTS	Componente Tomado del Estante (<i>Commercial Off-The-Shelf</i>)
C2	Mando y Control (<i>Command and Control</i>)	JC3IEDM	Modelo de Intercambio de Datos Conjunto para Información de Consulta, Mando y Control (<i>Joint Command, Control and Consultation Information Exchange Data Model</i>)
INTE	Integración Terreno-Enemigo		
FFT	Seguimiento de las Fuerzas Propias (<i>Friendly Forces Tracking</i>)		
BMS	Sistema de Gestión del Campo de Batalla (<i>Battlefield Management System</i>)	HQ NRDC	Cuartel General Terrestre de Alta Disponibilidad de la OTAN (<i>NATO Rapid Deployable Corps Headquarters</i>)
BMR	Blindado Medio Ruedas	VRCC	Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería

“El principal valor de la Caballería se deriva de su **velocidad y movilidad.**”

ANTOINE-HENRI JOMINI, *Précis de l'Art de la Guerre* (1838).

"La Caballería es el Arma de la **velocidad** (...). Actúa, preferentemente, por el **movimiento**".

R-201. *Reglamento de empleo táctico de la Caballería* (1983).

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

1. Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo Fin de Grado enmarcado dentro de los estudios del Grado en Ingeniería de Organización Industrial, perfil Defensa, impartidos por el Centro Universitario de la Defensa de la Academia General Militar (Zaragoza).

El trabajo de campo necesario para la consecución del presente TFG fue llevado a cabo por el autor en el Grupo de Caballería de Reconocimiento "Santiago" VII (GCRECO VII), sito en Santovenia de Pisuerga (Valladolid), durante la realización las PEXT correspondientes al Grado con la colaboración del personal de la Sección de Exploración y Vigilancia (SEV) del primer Escuadrón de Reconocimiento de dicho Grupo (ERECO 1/VII), así como durante las diferentes actividades de Instrucción y Adiestramiento correspondientes al cuarto curso de la Academia General Militar para la Especialidad Fundamental de Caballería (ver **Anexo B**). Asimismo, el autor tuvo la oportunidad de realizar una visita de dos días al Centro Geográfico del Ejército (CEGET), sito en Madrid, para conocer de primera mano el Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés) desarrollado por el Ejército de Tierra (Carta Digital), así como de asistir a las Jornadas de Actualización en Inteligencia Geoespacial (GEOINT) impartidas por la Compañía de Inteligencia de la Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable "Galicia" VII (BRILAT VII) entre el 23 y 24 de marzo en Pontevedra.

La memoria se organiza en cuatro bloques: en el primero se recoge la justificación del proyecto, la definición del marco teórico, el alcance, los objetivos, la metodología y el ámbito de aplicación del mismo (punto 1); el segundo está dedicado al desarrollo del proyecto, incluyendo la evaluación de los programas SIG civiles escogidos en función de los requisitos de las PU y el análisis comparativo entre éstos y los programas militares disponibles (puntos 2 y 3); el tercero está centrado en las conclusiones del proyecto, la proposición de líneas de trabajo futuras y la medida del grado de consecución de los objetivos planteados (punto 4); y un cuarto y último constituido por la bibliografía, las fuentes de las imágenes y los diferentes anexos complementarios al texto de la memoria.

1.1. Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo del presente trabajo es valorar el grado en que SIG proporcionado por el Ejército satisface las necesidades y requisitos de las PU del Arma de Caballería y realizar un estudio comparativo de este programa SIG militar con otros similares disponibles en el ámbito civil, de cara a valorar la idoneidad de uno u otros para su empleo por las Pequeñas Unidades del Arma y proponer la introducción de cambios y/o mejoras en el sistema militar, o aconsejar su sustitución por otros de procedencia civil.

Por lo tanto, los objetivos específicos del trabajo son:

- Realizar un estudio detallado de los requerimientos y necesidades de las PU de Caballería en lo que a uso y gestión de información geográfica se refiere a fin de poder dilucidar cuáles han de ser los requisitos a cumplir por un programa SIG para que sea considerado como óptimo por parte de estas Unidades.
- Llevar a cabo un estudio del estado del arte de los programas SIG para sistemas operativos *Android* y *Windows* disponibles en el ámbito civil con la finalidad de determinar cuáles podrían tener una mayor transferencia al ámbito militar.
- Efectuar un análisis comparativo entre los SIG civiles escogidos y el proporcionado por el Ejército de Tierra (ET) a sus Unidades a fin de detectar las posibles debilidades y fortalezas de este SIG de origen militar (Carta Digital) y de sus otros programas civiles análogos.
- Determinar qué sistema resulta más adecuado para su empleo por las PU de Caballería y proponer, si se identifican, cambios y/o mejoras a ser introducidas en Carta Digital por los responsables de su desarrollo o recomendar su sustitución por otro programa de procedencia

civil, así como proponer líneas de trabajo futuras relativas a las plataformas que soportan y apoyan a estos *software*, facilitándose así a las Unidades usuarias el desempeño de las funciones y misiones para las que fueron concebidas.

Así, el alcance del proyecto queda determinado por los siguientes pasos a seguir, correspondientes a los paquetes de trabajo necesarios para cumplir con el objetivo general previamente enunciado y con cada uno de los específicos con los que éste se alcanza:

- Determinación precisa, clara y detallada de los requerimientos y necesidades de las PU de Caballería en materia de programas SIG y selección de aquellos que sean más significativos para ser empleados como criterio para evaluar y comparar los programas estudiados en el trabajo.
- Estudio del estado del arte de los programas SIG de ámbito civil para sistemas operativos *Windows* y *Android*.
- Selección y evaluación de los programas civiles más adecuados a las necesidades militares en base a criterios de cumplimiento potencial o efectivo de los requisitos recopilados.
- Comparativa entre el *software* SIG militar existente en la actualidad y los civiles previamente seleccionados a la luz de los requerimientos previamente elegidos y de otros criterios particulares distintos que pudieran encontrarse significativos (ver **Anexo A**).
- Determinación de los SIG para *Windows* y *Android* que mejor cumplen con los requerimientos de las Unidades usuarias y establecimiento de mejoras y/o cambios a introducir en el futuro en dichos programas para mejorar sus prestaciones y aumentar el grado en que satisfacen las necesidades de sus usuarios y les ayudan a cumplir las misiones que se les son asignadas.

1.2. Metodología y herramientas

Dado que el enfoque del proyecto es eminentemente práctico, la metodología diseñada para cumplir con el objetivo general expuesto y con cada uno de los específicos se divide en una serie de paquetes de trabajo, relacionados a continuación:

- Para la determinación de requisitos de las Unidades usuarias: realización de entrevistas a los cuadros de mando (oficiales y suboficiales) de una PU de Caballería (en concreto, del ERECO 1/VII) a fin de conocer qué prestaciones consideran que necesita tener un programa SIG para ser de utilidad a los integrantes de una PU del Arma, tanto en el campo de maniobras o Zona de Operaciones (ZO) como en el trabajo de gabinete (bien sea antes de salir a realizar un ejercicio o cumplir una misión, o al finalizar dichas actividades y regresar al cuartel o base). Asimismo, se buscará jerarquizar estos requerimientos en función de su trascendencia y de la medida en que impacten positivamente en la facilitación del cumplimiento de las misiones asignadas.
- Para el estudio del estado del arte de los SIG civiles: búsqueda (en bibliografía e Internet) de programas SIG en el ámbito civil disponibles para sistemas operativos *Android* y *Windows*, prestando atención a cuestiones relevantes para el presente proyecto tales como objetivo con el que fueron desarrollados, capacidades básicas y disponibilidad (*software* propietario o de licencia o de libre distribución), etc.
- Para la selección de los SIG civiles más adecuados para uso militar: evaluación cuantitativa a través de un estudio empírico de sus prestaciones y el grado en que éstas satisfacen los requerimientos de las PU, de forma que pueda establecerse una prelación entre ellos de cara a escoger los más idóneos, según el método de análisis explicado en detalle en el **Anexo A**.
- Para la comparativa entre SIG militares y civiles, su selección y la determinación de mejoras o cambios a introducir en los mismos: aplicar el mismo análisis cuantitativo de prestaciones al *software* SIG de ámbito militar y efectuar una comparación entre los resultados obtenidos en este análisis y los emanados del estudio y selección de SIG civiles. Igualmente, se llevarán a cabo pruebas empíricas de funcionamiento sobre el terreno de los diferentes programas seleccionados, de forma que pueda evaluarse, en base a una plantilla ponderada de aspectos a valorar y con criterios predeterminados y estandarizados, el grado de usabilidad de cada programa y su valuación con respecto a los demás.

1.3. Ámbito de aplicación

El presente TFG se circunscribe, tal y como se señala en el título, a las PU de Caballería, por lo que únicamente se han tenido en cuenta, para la recopilación de requisitos, a las Unidades de entidad Regimiento o inferior (esto es, en orden creciente de tamaño, Equipo, Pelotón, Sección, Escuadrón y Grupo). Más aún, se centra en los Grupos de Caballería de Reconocimiento y sus Unidades subordinadas (cuya composición y vehículos se muestran en la **Figura 1.1**), dado que este es el ámbito en el que se desarrollaron las PEXT parejas a la elaboración de este TFG.

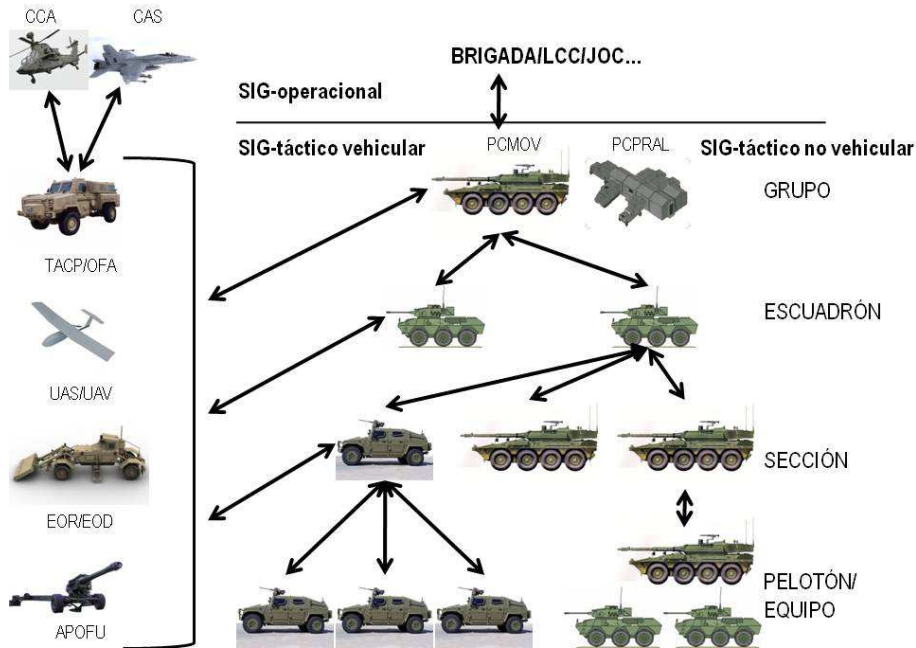


Figura 1.1 Arquitectura de la estructura SIG-táctica en un GRECO. Elaboración propia

Es importante tener en cuenta que las necesidades de estas Unidades en materia de información geográfica se centran primordialmente, aunque no de forma exclusiva, en un empleo de los programas SIG por parte de usuarios individuales dentro de un entorno vehicular y en situaciones en las la atención del usuario no puede estar plenamente dedicada al manejo del *software* sino a la ejecución y/o conducción de una misión, por lo que prima su facilidad de empleo y la velocidad con la que se gestiona y transmite la información. Así, las necesidades de estos usuarios difieren bastante de las que pudieran presentar las Grandes Unidades (GU), cuyo empleo de este tipo de programas se encuentra más enmarcado en un entorno operacional en el que el usuario no forma parte de una fuerza ejecutoria de la maniobra sobre el terreno, sino de un elemento de planeamiento y conducción de operaciones (Plana Mayor o Cuartel General) que puede dedicarse en exclusiva al empleo del *software* SIG requiriendo, por ello, sistemas de mayor capacidad de análisis aun a costa de una mayor complejidad y lentitud de empleo, ya que tanto las circunstancias de empleo como los *output* buscados son radicalmente divergentes a los anteriormente expuestos para las PU.

No obstante, es preciso considerar que los mandos de Unidades tipo Escuadrón y Grupo también requieren de un programa SIG que les permita gestionar la información recibida de sus elementos subordinados a fin de emplearla en la conducción y planeamiento de operaciones, siendo esta una labor a realizar no ya en las mismas circunstancias que los escalones inferiores sino en un ambiente de trabajo similar al de las GU. Es por esto que, en el ámbito de las PU de Caballería (que llamaremos estructura SIG-táctica por contraposición a la estructura SIG-operacional de las GU), debemos diferenciar entre los SIG "de campo" (SIG-tácticos vehiculares), a ser empleados durante la maniobra y que deben buscar la

interoperabilidad con los distintos apoyos al combate con los que puede contar el usuario (ver **Figura 1.1**), y los SIG "de gabinete" (SIG-tácticos no vehiculares), empleados durante el planeamiento o la elaboración de informes posteriores a una misión. Dadas las radicales diferencias en las funcionalidades que los usuarios van a requerir para un tipo u otro de sistema y a la divergencia en el entorno de empleo de los mismos, se hace preciso disponer de dos programas SIG diferentes para las PU de Caballería.

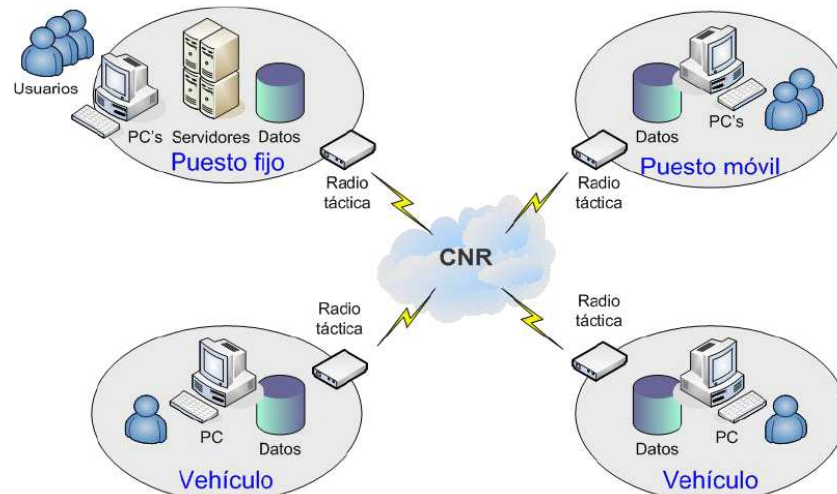


Figura 1.2 Arquitectura nodal de la estructura SIG-táctica. Extraído de [66]

Así pues, los usuarios que constituyen el ámbito de aplicación "de campo" del SIG-táctico desarrollan sus misiones en un entorno marcado por el movimiento constante, en el interior de vehículos de combate muy desfavorables al trabajo con las plataformas informáticas empleadas como soporte del programa que, dadas estas circunstancias, deben ser dispositivos móviles de mano (*handheld*) tales como teléfonos móviles y *tablets* de uso comercial, u ordenadores especialmente fabricados para resistir condiciones extremas. En todo caso, cualquier dispositivo empleado por estas Unidades debe encontrarse ruggedizado con un grado de protección IP67 (es decir, completamente protegido frente a polvo e inmersión en agua a un metro de profundidad durante media hora [72]), bien sea mediante una funda industrial o por integrar la protección en su diseño original [64].

Por su parte, los usuarios "de gabinete" dentro del SIG-táctico desarrollan sus misiones un ambiente más favorable que los usuarios "de campo", pasando de vehículos en movimiento a Puestos de Mando (PC) generalmente estáticos en los que el espacio y las condiciones de trabajo posibilitan el empleo de programas más complejos sobre plataformas informáticas de mayor potencia que en el caso anterior, como son los ordenadores ruggedizados TACTER [69] o *Switchback* [68], entre otros.

Igualmente, es muy importante tener en cuenta que el ambiente en que las PU de Caballería realizan sus actividades en ZO está marcado por la imposibilidad de emplear medios de transmisión civiles (Internet, datos móviles) dada la necesidad de proteger las comunicaciones propias de posibles medidas enemigas de guerra electrónica (EW) destinadas a imposibilitarlas, dificultarlas o interceptarlas. Es por ello que las PU deben emplear sistemas radio cifrados dentro de la estructura nodal (ver **Figura 1.2**) de la Red Radio de Combate (CNR) de escaso ancho de banda, en los que la voz tiene prioridad sobre los datos y con los que el enlace no está garantizado por los parámetros de alcance y potencia de los sistemas, la influencia de la temperatura, el terreno, la vegetación o la meteorología, el uso de inhibidores, las acciones de EW enemigas y otros factores [66].

Ante esta situación general, un exceso de información es tan contraproducente como la ausencia de ésta, y un programa SIG con grandes cantidades de funcionalidades resulta para el usuario más un impedimento que una ayuda. Es por ello que los programas SIG a emplear sobre el terreno por los

usuarios "de campo" (SIG vehiculares) deben buscar únicamente facilitar la navegación durante los movimientos (mediante tecnología GPS) y posibilitar al usuario la representación gráfica de la información percibida y su transmisión inmediata al mando para facilitar la acción de éste, mientras que los SIG a emplear en PC por las PU de Caballería (SIG no vehiculares) deben facilitar el análisis y la gestión de la información geográfica recibida (mediante las propias funciones y herramientas del sistema), posibilitar al usuario el manejo de los datos recabados por sus Unidades subordinados y la elaboración de los planeamientos e informes que a su vez deben ser transmitidos al escalón superior y a los escalones inferiores.

Finalmente, es necesario subrayar que el título del trabajo no sólo implica su circunscripción a usuarios de entidad PU, sino que indica que dichas Unidades son del Arma de Caballería. Ello supone que los usuarios presentarán unas necesidades diferentes a las PU de otras Armas, derivadas de las particulares características de las Unidades de Caballería y de las peculiaridades de su forma de empleo (movimiento en vehículos, misiones de reconocimiento y captura de información, amplitud en los despliegues, velocidad, etc. [38] [55]), que hacen diferir en gran medida los requisitos que exige a un programa SIG un usuario de Caballería frente a otro usuario de diferente especialidad fundamental.

1.4. Marco teórico

La necesidad de información de calidad relativa al terreno ha sido una constante en la historia del ser humano y, más aún, en la de sus actividades militares, para las que el adecuado conocimiento del entorno geográfico (orografía, hidrografía, poblaciones, caminos, presencia de elementos hostiles...) ha constituido siempre uno de los factores determinantes en el éxito de las operaciones bélicas [10]. Es por ello que los ejércitos siempre han requerido la ayuda de la cartografía.

En los actuales teatros de operaciones, los ejércitos precisan ostentar la superioridad de la información frente al oponente durante todas las fases de la maniobra a través de la adquisición de una base cartográfica actualizada, el empleo de ayudas satelitales de navegación por GPS, la vigilancia constante del campo de batalla por medios aéreos y terrestres, la detección y localización del enemigo a distancia mediante sensores y la confirmación de las observaciones mediante el reconocimiento directo [64]. De este modo, el éxito de las operaciones actuales se encuentra condicionado por la capacidad para obtener, gestionar, visualizar, analizar y compartir la información geográfica [7], especialmente dentro del marco de las actividades de Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento (ISTAR) en las que la Caballería tiene un papel preeminente y la cartografía una importancia capital.

El empleo de los SIG ha resultado una ayuda fundamental para la consecución de esta superioridad informacional. Esta sub-familia de los Sistemas de Información se caracteriza por manejar de forma eficiente cualquier tipo de información geográfica, permitiendo su localización exacta en el espacio conservando sus propiedades más relevantes y considerando -opcionalmente- la realidad temporal de la misma. Esta tecnología se empezó a desarrollar a partir de los años 50 y 60 del pasado siglo, fundamentándose en el paradigma cuantitativo de la geografía y desarrollándose paralelamente a las nuevas técnicas de obtención de información geográfica (teledetección) surgidas en los años 60 y 70 [7], como respuesta a la necesidad de manejar de forma rápida y eficaz volúmenes de información espacial cada vez mayores. En el ámbito del ET español, el CEGET es el organismo encargado del desarrollo del Sistema de Información Geográfica Militar (SIGMIL), un conjunto modular de librerías y herramientas de gestión y análisis de información para el desarrollo de aplicaciones SIG independientes (PCGACA, Carta Digital, SIMACET, etc.) [44], así como de la adquisición y producción de información geográfica, la creación de las series cartográficas militares o la participación en proyectos internacionales de producción cartográfica militar como el *Multinational Geospatial Coproduction Program* (MGCP).

Actualmente existen múltiples definiciones para el término SIG, si bien todas ellas contemplan unas mismas características que diferencian a estos sistemas de otros que, en principio, podrían resultar similares, como los programas de diseño asistido por ordenador (CAD) o la cartografía automática (AM/FM). Sin embargo, para que un SIG sea considerado como tal debe reunir ciertas características:

- Estar compuesto por un *hardware* (soporte físico del sistema), un *software* (programas informáticos empleados para capturar, editar, almacenar, analizar, modelizar y visualizar la información), una base de datos geográfica (colección de datos geográficos a emplear), una serie de procedimientos (prácticas operativas de empleo del sistema) y un personal especializado (tanto analistas o usuarios como programadores) [3] [7] [10] [54] [58].
- Dividirse funcionalmente en tres subsistemas (datos, almacenamiento y análisis y visualización) [7], permitiendo así la lectura, el almacenamiento, la gestión y el análisis de los datos y la generación de resultados [10].
- Estructurar la información en tres dimensiones (espacial, temática y temporal) que, combinadas en un espacio de trabajo, se empleen para generar productos que presten apoyo a la decisión [54] (ver **Figura 1.3**) en una gran cantidad de ámbitos de aplicación civiles y militares (navegación asistida, gestión de instalaciones militares, planeamiento del campo de batalla, evaluación de objetivos, creación de mapas, seguimiento del clima, planificación hídrica, inventario de recursos naturales, evaluación de impactos ambientales, estudios del suelo, control de plagas y epidemias, estudios antropológicos y arqueológicos, planeamiento de infraestructuras, ordenación urbana, gestión de riesgos medioambientales, etc. [7] [8] [10] [75]).

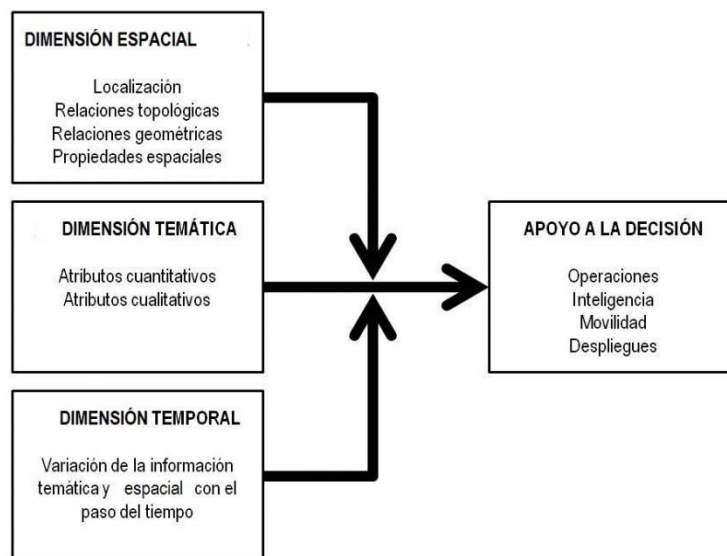


Figura 1.3 Dimensiones de la información geográfica en los SIG. *Elaboración propia*

- Ofrecer una serie de funciones de análisis de la información geográfica empleada (análisis topológicos, consultas espaciales, mediciones, análisis de superficies, estadística descriptiva, inferencia, optimización, modelado cartográfico, etc.) [7].

Centrándonos específicamente en el *software* SIG, encontramos distintos niveles en función de su complejidad y posibilidades [10]:

1. Visualizadores de datos (*viewers*): permiten análisis básicos de la información (SIG vehiculares).
2. De escritorio (*desktop GIS*): permiten análisis avanzados de la información con capacidad limitada en cuanto a modificación y estructuración de la misma (SIG no vehiculares de PU).

3. Profesionales (*professional GIS*): permiten una gestión eficiente de datos de diversas fuentes, generando mapas de calidad y grandes volúmenes de datos según las necesidades de los analistas especializados (SIG-operacionales de GU).

Normalmente, la información geográfica empleada por los SIG para ejecutar las distintas funciones de análisis disponibles debe ser adquirida por el propio usuario, bien a partir de procedimientos de captura a través de distintos medios (estaciones totales, dispositivos GPS, escaneado, digitalización, creación manual de capas...) u obteniéndola de las diversas fuentes disponibles (imágenes de satélite, ortofotografías aéreas, repositorios de datos cartográficos...) [7]. En cualquier caso, esta información supone el resultado de un proceso de modelado de la realidad que permite representarla de forma digital, convirtiendo los objetos geográficos en elementos y las propiedades de la realidad en sus atributos (ver **Figura 1.4**). En función de la naturaleza de estos elementos, nos encontraremos tres modelos datos distintos: para representar los discretos se emplea el modelo vectorial y para los continuos, los modelos ráster y matricial [24].

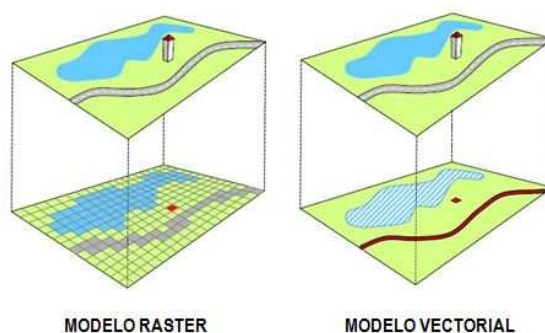


Figura 1.4 Ejemplos de modelados de la realidad. Modificado de [54]

Los datos vectoriales presentan una dimensión espacial (entidades puntuales, lineales o poligonales) y una temática (atributos) organizada en tablas que describen los diferentes elementos representados. Los datos ráster discretizan las realidades continuas a las que representan a través de una malla de celdas regulares o *píxeles* (dimensión espacial, siendo mayor la resolución cuanto menor sea el tamaño del *pixel*) con un valor numérico determinado (dimensión temática) que es el atributo de tipo cualitativo de la variable u objeto representado. Los modelos matriciales se diferencian de los ráster en que el atributo que los define es de tipo cuantitativo, siendo generalmente su altitud o cota, en cuyo caso hablaremos de Modelos Digitales de Elevación (MDE); o, si es otra propiedad, de Modelos Digitales del Terreno (MDT). Así, tanto el modelo ráster como el matricial quedan definidos por su paso de malla, o distancia entre dos vértices consecutivos [5] [7] [10] [54] [56].

En la actualidad existen multitud de formatos de archivos para empleados para generar estos tres modelos de datos geográficos, si bien los más empleados al nivel de una PU de Caballería son:

- Datos ráster: Formatos *Georeferenced Tagged Image File Format* (.GeoTIFF), *Enhanced Compressed Wavelet* (.ECW) y Formato Ráster Español (.FRE, formato nativo del Carta Digital).
- Datos vectoriales: Formatos .GPX (estándar internacional de intercambio de archivos GPS/GLONASS), *Shapefile* (.SHP) y *Keyhole Markup Language* (.KMZ y .KML).
- Datos matriciales: Formatos .GEO (formato nativo de Carta Digital), *Digital Terrain Elevation Data* (.DTED) y *ASCII Grid* (.ASC).

Independientemente del formato de un archivo de información geográfica digital, ésta debe estar siempre georeferenciada y, para que se pueda trabajar con más de un archivo al mismo tiempo, todos han de estar referenciados en un mismo sistema de referencia, ya que un mismo punto de la superficie terrestre tendrá coordenadas diferentes en función del sistema elegido, siendo los más frecuentemente en el ámbito del ET el ED50, el ETRS89 y el WGS84.

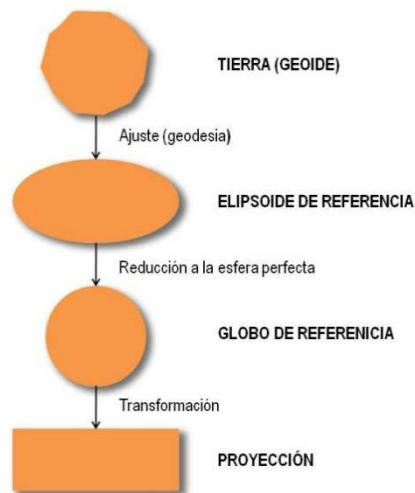


Figura 1.5 Proceso de creación de una proyección cartográfica. Modificado de [4]

Igualmente, dado que la Tierra presenta una forma de esfera irregular (geoide), para su representación en planos es preciso aproximarla a una superficie plana mediante una proyección cartográfica, previa conversión del geoide en un elipsoide de referencia y de éste en un globo de referencia esférico (ver **Figura 1.5**). En el ámbito militar, la proyección cartográfica empleada es la UTM (*Universal Transversal Mercator*), que proyecta el globo de referencia sobre un cilindro, dividiendo la Tierra en 60 zonas verticales y 10 bandas horizontales, estando cada una de las celdas resultantes dividida en cuadrículas cienkilométricas [59].

Por último, es necesario emplear un mismo sistema de coordenadas a la hora de trabajar con un SIG, tanto en su ámbito no vehicular como en el vehicular. En el ámbito militar, las PU terrestres emplean para sus actividades de navegación y planeamiento el sistema de coordenadas cartográficas UTM (expresado en metros para las coordenadas verticales y horizontales), si bien para las comunicaciones con elementos de aviación se han de emplear coordenadas geográficas (expresadas en grados, minutos y segundos para la latitud y la longitud).

1.5. Justificación del proyecto

Desde que a principios de la década de 1990 España comenzó a desplegar sus Fuerzas Armadas en misiones de mantenimiento de la paz en el extranjero, el ET ha ido adquiriendo una creciente proyección internacional que le ha llevado, en la actualidad, a tener que estar dispuesto para desplegar en cualquier parte del globo [44].

Esta participación en misiones internacionales, en las que no respetar rutas o áreas predefinidas puede resultar en un grave riesgo para el personal desplegado o desencadenar un conflicto con la población nativa [39], hace que la navegación y la información geográfica cobren, si cabe, un papel aún más vital que el que ya tenían dentro de la labor del ET, haciéndose muy recomendable instruir en la navegación precisa, con o sin elementos auxiliares, a los cuadros de mando del ET y convirtiéndose el apoyo geográfico a las operaciones en un pilar fundamental para el buen desarrollo de las mismas. Más aún, en una era digital como la actual, en la que los SIG parecen reemplazar a los mapas en papel, el personal del ET está cada vez más inclinado a emplear medios digitales para llevar a cabo los movimientos sobre el terreno de la forma más precisa y fluida posible y elaborar los planeamientos (si bien el plano en papel nunca podrá ser desechado del todo, ya que todos los sistemas informáticos que se empleen son susceptibles de fallar en un momento dado).

Sin embargo, la gran cantidad de medios de navegación GPS civiles disponibles actualmente en el mercado, asociado a la subsecuente disparidad de formatos de datos, formas de trabajo, procedimientos, funcionalidades, etc., y la ausencia de un programa militar de empleo obligado por todo el personal del ET, hace que sea necesario proporcionar a las Unidades un SIG de dotación que permita estandarizar y normalizar el empleo de estos sistemas para la navegación y el planeamiento, a fin de garantizar que la necesaria transmisión de información entre diferentes usuarios se realice de la forma más fluida posible, y se asegure un igual funcionamiento en materia de información geográfica en todas las Unidades del ET.

El presente TFG pretende responder a esta necesidad, tomando los distintos programas SIG existentes en la actualidad, evaluándolos y determinando aquellos que mejor cumplan con los requerimientos de los usuarios, a fin de proponer su empleo de forma única, general y estandarizada por todas las PU de Caballería, objeto de estudio de este trabajo.

2. Análisis comparativos de los SIG-tácticos vehiculares

En el presente apartado se reflejan los resultados de los análisis cuantitativos llevados a cabo en base a los requisitos establecidos por las PU de Caballería para los SIG-tácticos vehiculares. De entre la gran cantidad de programas que pudieran encajar dentro esta categoría, se han escogido un total de cinco (5) siguiendo criterios de posibilidad de acceso a los mismos y de aproximación a las necesidades de las PU de Caballería, esbozadas en el **apartado 1.3**. Igualmente, por cumplir con este criterio de aproximación a los requerimientos de las Unidades, se ha incluido un dispositivo GPS convencional no instalado en una plataforma informática portátil (ver **Tabla 2.1**).

LISTA DE SIG-TÁCTICOS VEHICULARES A ANALIZAR					
#	CATEGORÍA	NOMBRE	VERSIÓN	SISTEMA OPERATIVO	DESARROLLADOR
1	Vehicular	Carta Digital <i>Android</i>	1.0	<i>Android</i>	CEGET
2	Vehicular	OruxMaps <i>Android</i>	6.0.7	<i>Android</i>	OruxMaps
3	Vehicular	TwoNav <i>Premium</i>	3.2.2	<i>Android</i>	CompeGPS SL.
4	Vehicular	OziExplorer <i>Android</i>	1.2	<i>Android</i>	D&L Software Ltd.
5	Vehicular	Garmin GPS	<i>exTrex 30</i>	-----	Garmin Ltd.

Tabla 2.1 Lista de SIG-tácticos vehiculares a analizar. Elaboración propia

El *hardware* empleado para llevar a cabo estos análisis ha sido una *tablet* Samsung Galaxy Tab 3 de 7.0" con capacidad de asistencia satelital a la navegación proporcionada por una pastilla GPS/GLONASS por *bluetooth* Garmin GLO. Las especificaciones técnicas del primer dispositivo, así como la información relativa a las diferentes pruebas de campo llevadas a cabo sobre los programas vehiculares (fecha, vehículo empleado, contexto de la prueba) y la cartografía empleada durante dichos *tests* aparecen reflejadas en el **Anexo B** de esta memoria.

Asimismo, en la **Tabla 2.2** se enuncian los treinta y siete (37) requisitos que debería cumplir un programa SIG a ser empleado en entorno táctico vehicular para satisfacer de forma completa las necesidades de las PU, indicándose también los pesos específico y relativo de cada requisito a ser empleados para el análisis cuantitativo de los diferentes programas. El desarrollo pormenorizado de cada uno de los requisitos así como la justificación del peso que se le ha asignado se encuentran recogidos en el **Anexo C** de la presente memoria.

En las **Tablas 2.3 a 2.7** se reflejan esquemáticamente las evaluaciones de los programas SIG vehiculares estudiados, ampliadas en los **Anexos D a H** de la presente memoria. Estas evaluaciones incluyen, como se explica en el **Anexo A**, el estudio de las funcionalidades adicionales particulares de cada programa que, no incluidas en la lista de requisitos, resultan útiles para una PU, por lo que se las evalúa asignándoseles un valor de ponderación igual al del requisito con un menor peso relativo.

PONDERACIONES DE LOS REQUISITOS PARA LOS SIG VEHICULARES							
#	DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍF.	PESO REL.	#	DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍF.	PESO REL.
1	Navegación GPS	10	4,72	20	Abrir archivos <i>Shapefile</i>	5	2,36
2	Simbología militar OTAN	3	1,42	21	Abrir archivos FRE	5	2,36
3	<i>Waypoints</i> en mapa	9	4,25	22	Abrir archivos ECW	5	2,36
4	<i>Waypoints</i> por coordenadas	8	3,77	23	Abrir archivos GeoTIFF	5	2,36
5	Crear rutas sobre el mapa	8	3,77	24	Texto en <i>waypoint</i>	8	3,77
6	Alerta proximidad a <i>waypoint</i>	3	1,42	25	<i>Fotowaypoint</i>	4	1,89
7	Calcular rumbos	7	3,30	26	Brújula sobre el usuario	4	1,89
8	Calcular áreas	2	0,94	27	Interfaz de uso táctico	10	4,72
9	Distancias a la posición	7	3,30	28	Diferentes rejillas	6	2,83
10	Distancias entre puntos	7	3,30	29	Coord. geográficas y UTM	8	3,77
11	Cargar dos (2) capas ráster	6	2,83	30	Coord. UTM MGRS	4	1,89
12	Grabar y exportar itinerario	7	3,30	31	ED50, WGS84, ETRS89	9	4,25
13	Importar y exportar GPX	9	4,25	32	Nuevo sistema de referencia	9	4,25
14	Altura de la posición por MDE	2	0,94	33	Aviso de proximidad textual	1	0,47
15	Altura de un punto por MDE	4	1,89	34	Aviso de proximidad con foto	3	1,42
16	Navegación 3D por MDE	3	1,42	35	Rutas con distintos colores	4	1,89
17	Abrir archivos DTED	5	2,36	36	<i>Waypoints</i> con colores	5	2,36
18	Abrir archivos <i>ASCII Grid</i>	5	2,36	37	Modo nocturno	7	3,30
19	Abrir archivos GEO	5	2,36				

Tabla 2.2 Ponderaciones de los requisitos para los SIG vehiculares. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL CARTA DIGITAL ANDROID											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	4,72	5	23,60	14	0,94	3	2,82	27	4,72	5	23,60
2	1,42	0	0	15	1,89	0	0	28	2,83	0	0
3	4,25	4	17,00	16	1,42	0	0	29	3,77	5	18,85
4	3,77	4	15,08	17	2,36	0	0	30	1,89	0	0
5	3,77	1	3,77	18	2,36	0	0	31	4,25	5	21,25
6	1,42	2	2,84	19	2,36	0	0	32	4,25	0	0
7	3,30	1	3,30	20	2,36	0	0	33	0,47	2	0,94
8	0,94	0	0	21	2,36	0	0	34	1,42	0	0
9	3,30	1	3,30	22	2,36	4	9,44	35	1,89	2	3,78
10	3,30	1	3,30	23	2,36	4	9,44	36	2,36	2	4,72
11	2,83	4	11,32	24	3,77	5	18,85	37	3,30	4	13,20
12	3,30	5	16,50	25	1,89	0	0				
13	4,25	5	21,25	26	1,89	3	5,67				
GRADO GENERAL										253,82	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCIÓN			GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO					
1	Posibilidad de modificar la transparencia de cada capa cargada			5	0,47	2,35					
2	Posibilidad de exportar por correo electrónico archivos GPX			1	0,47	0,47					
3	Posibilidad de activar una navegación directa a un <i>waypoint</i>			1	0,47	0,47					
4	Posibilidad de activar la navegación de una ruta (unión de <i>waypoints</i>)			1	0,47	0,47					
5	En todo momento señala las tres coordenadas de la posición actual			4	0,47	1,88					
6	En todo momento señala el error en la geolocalización del usuario			3	0,47	1,41					
7	Posibilidad de copiar a un portapapeles las coordenadas actuales			3	0,47	1,41					
8	En todo momento señala la velocidad de desplazamiento del usuario			1	0,47	0,47					
9	Únicamente permite usar <i>datum</i> ED50, ETRS89 o WGS84			2	0,47	0,94					
GRADO ADICIONAL CONJUNTO										9,87	
VALORACION CUANTITATIVA FINAL											
263,69											

Tabla 2.3 Análisis cuantitativo del SIG vehicular Carta Digital Android. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL ORUXMAPS ANDROID											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	4,72	5	23,60	14	0,94	2	1,88	27	4,72	4	18,88
2	1,42	3	4,26	15	1,89	0	0	28	2,83	0	0
3	4,25	4	17,00	16	1,42	4	5,68	29	3,77	5	18,85
4	3,77	4	15,08	17	2,36	0	0	30	1,89	5	9,45
5	3,77	5	18,85	18	2,36	0	0	31	4,25	5	21,25
6	1,42	2	2,84	19	2,36	0	0	32	4,25	3	12,75
7	3,30	1	3,30	20	2,36	0	0	33	0,47	0	0
8	0,94	1	0,94	21	2,36	0	0	34	1,42	0	0
9	3,30	3	9,90	22	2,36	0	0	35	1,89	3	5,67
10	3,30	5	16,50	23	2,36	0	0	36	2,36	4	9,44
11	2,83	2	5,66	24	3,77	5	18,85	37	3,30	5	16,50
12	3,30	5	16,50	25	1,89	5	9,45				
13	4,25	5	21,25	26	1,89	3	5,67				
GRADO GENERAL										310,00	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCION						GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO		
1	Posibilidad de editar los WMS a emplear según preferencias del usuario						2	0,47	0,94		
2	Posibilidad de mostrar gran cantidad de información en pantalla						1	0,47	0,47		
3	Posibilidad de activar una navegación directa a un <i>waypoint</i>						1	0,47	0,47		
4	Posibilidad de activar la navegación de una ruta (unión de <i>waypoints</i>)						1	0,47	0,47		
5	Posibilidad de crear tipos de <i>waypoints</i> predeterminados						5	0,47	2,35		
6	Posibilidad de hacer zoom con los botones laterales de volumen						4	0,47	1,88		
7	Posibilidad de abrir archivos ráster .RMAP, .MAP y .IMG						2	0,47	0,94		
8	En todo momento señala la velocidad de desplazamiento del usuario						1	0,47	0,47		
9	Posibilidad de editar el contenido de las botoneras de herramientas						1	0,47	0,47		
10	Escala métrica gráfica en la interfaz principal						2	0,47	0,94		
11	Posibilidad de activar una representación gráfica de la "zona vista"						3	0,47	1,41		
12	Posibilidad guardar y exportar archivos vectoriales en formato KMX o KMZ						2	0,47	0,94		
13	Posibilidad de aplicar filtros por atributos a los archivos vectoriales						2	0,47	0,94		
GRADO ADICIONAL CONJUNTO										12,69	
VALORACION CUANTITATIVA FINAL											
322,69											

Tabla 2.4 Análisis cuantitativo del SIG vehicular OruxMaps Android. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL TWONAV PREMIUM											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	4,72	5	23,60	14	0,94	4	3,76	27	4,72	4	18,88
2	1,42	3	4,26	15	1,89	4	7,56	28	2,83	0	0
3	4,25	5	21,25	16	1,42	4	5,68	29	3,77	5	18,85
4	3,77	5	18,85	17	2,36	0	0	30	1,89	5	9,45
5	3,77	2	7,54	18	2,36	0	0	31	4,25	5	21,25
6	1,42	2	2,84	19	2,36	0	0	32	4,25	3	12,75
7	3,30	1	3,30	20	2,36	0	0	33	0,47	4	1,88
8	0,94	1	0,94	21	2,36	0	0	34	1,42	4	5,68
9	3,30	1	3,30	22	2,36	5	11,80	35	1,89	3	5,67
10	3,30	3	9,90	23	2,36	0	0	36	2,36	4	9,44
11	2,83	5	14,15	24	3,77	5	18,85	37	3,30	4	13,20
12	3,30	4	13,20	25	1,89	5	9,45				
13	4,25	4	17,00	26	1,89	2	3,78				
GRADO GENERAL										318,06	

ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES				
#	DESCRIPCION	GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO
1	Posibilidad de modificar la transparencia de cada capa cargada	5	0,47	2,35
2	Posibilidad de activar una navegación directa a un <i>waypoint</i>	1	0,47	0,47
3	Posibilidad de activar la navegación de una ruta (unión de <i>waypoints</i>)	1	0,47	0,47
4	En todo momento señala las tres coordenadas de la posición actual	4	0,47	1,88
5	En todo momento señala la precisión de la geolocalización del usuario	3	0,47	1,41
6	En todo momento señala la velocidad de desplazamiento del usuario	1	0,47	0,47
7	Posibilidad de mostrar gran cantidad de información en pantalla	1	0,47	0,47
8	Posibilidad de hacer zoom mediante botones específicos en el lateral del visor	4	0,47	1,88
9	Posibilidad de abrir archivos ráster .RMAP, .RTMAP, .IMP y .MAP	2	0,47	0,94
10	Posibilidad de rotar o desplazar el mapa de forma excluyente	1	0,47	0,47
11	Posibilidad de editar el contenido de las botoneras de datos y herramientas	1	0,47	0,47
12	Posibilidad de abrir archivos vectoriales .WPT, .TRK, .VMAP, .KML y .KMZ	2	0,47	0,94
13	Posibilidad de crear <i>videowaypoints</i>	3	0,47	1,41
14	Posibilidad de elegir el sistema de referencia del <i>waypoint</i> cuando se crea	2	0,47	0,94
15	Posibilidad de activar distintos modos de consumo de la batería del dispositivo	1	0,47	0,47
16	Posibilidad de activar una simulación de recorrido de <i>track</i> o ruta	1	0,47	0,47
17	Propiedades de los <i>tracks</i> muy completas (distancia, perfil, velocidad...)	1	0,47	0,47
18	Posibilidad de activar múltiples perfiles de uso (a pie, en vehículo...)	1	0,47	0,47
19	Posibilidad de anclar una posición se sustituya a la del usuario	1	0,47	0,47
20	Posibilidad de aplicar realces a la vista en 3D	2	0,47	0,94
21	Posibilidad de ver el estatus de adquisición de satélites para la navegación GPS	2	0,47	0,94
22	Existencia de versiones para <i>iPhone/iPad</i> y <i>Windows Phone</i>	1	0,47	0,47
23	Posibilidad que el color de las rutas cambie conforme lo hace una variable	3	0,47	1,41
24	Posibilidad de emplear un MDE para dibujar las curvas de nivel	1	0,47	0,47
25	Posibilidad de empleo de MDE para efectuar sombreados y relieves en mapa 2D	3	0,47	1,41
26	Posibilidad de emplear el programa con la pantalla del dispositivo en suspensión	4	0,47	1,88
GRADO ADICIONAL CONJUNTO				24,44
VALORACION CUANTITATIVA FINAL				
342,50				

Tabla 2.5 Análisis cuantitativo del SIG vehicular TwoNav Android. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL OZIEPLORER ANDROID											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	4,72	5	23,6	14	0,94	5	4,70	27	4,72	3	14,16
2	1,42	0	0	15	1,89	0	0	28	2,83	0	0
3	4,25	5	21,25	16	1,42	4	5,68	29	3,77	5	18,85
4	3,77	0	0	17	2,36	0	0	30	1,89	5	9,45
5	3,77	5	18,85	18	2,36	0	0	31	4,25	0	0
6	1,42	2	2,84	19	2,36	0	0	32	4,25	0	0
7	3,30	5	16,50	20	2,36	0	0	33	0,47	0	0
8	0,94	0	0	21	2,36	0	0	34	1,42	0	0
9	3,30	1	3,30	22	2,36	3	7,08	35	1,89	2	3,78
10	3,30	2	6,60	23	2,36	0	0	36	2,36	5	11,80
11	2,83	2	5,66	24	3,77	5	18,85	37	3,30	2	6,60
12	3,30	3	9,90	25	1,89	0	0				
13	4,25	1	4,25	26	1,89	4	7,56				
GRADO GENERAL										221,26	

ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES				
#	DESCRIPCION	GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO
1	Posibilidad de buscar mapas de la zona de más o menos calidad	2	0,47	0,94
2	Posibilidad de que el programa muestre los waypoints más cercanos al usuario	2	0,47	0,94
3	Buscador de localidades de todo el mundo por toponimia	1	0,47	0,47
4	Posibilidad de elegir entre ocho (8) paneles de información en pantalla	3	0,47	1,41
5	Posibilidad de hacer zoom con sendos botones específicos del visor principal	4	0,47	1,88
6	Posibilidad de activar una navegación directa a un waypoint	1	0,47	0,47
7	Posibilidad de activar la navegación de una ruta (unión de waypoints)	1	0,47	0,47
8	Posibilidad de elegir el tamaño del icono del usuario	1	0,47	0,47
9	Posibilidad de mostrar hasta cinco (5) anillos concéntricos alrededor del usuario	2	0,47	0,94
10	Posibilidad de ver el estatus de adquisición de satélites para la navegación GPS	2	0,47	0,94
11	Posibilidad de trabajar con hasta tres (3) cuentakilómetros independientes	1	0,47	0,47
12	Posibilidad de ver en pantalla diversos parámetros de la navegación	4	0,47	1,88
13	Información sobre la hora exacta de salida y puesta del sol	3	0,47	1,41
14	Posibilidad de abrir archivos ráster en formato .PNG, .JPG, y .OZF	2	0,47	0,94
15	Posibilidad de editar el contenido de las botoneras de datos	1	0,47	0,47
16	Posibilidad de abrir vectoriales en .WPT, .PLT, .KML, .KMZ, .MPS y .MNEA	2	0,47	0,94
17	Posibilidad de proyectar un waypoint por rumbo y distancia	3	0,47	1,41
18	Optimización automática del número de puntos de un track	2	0,47	0,94
19	Posibilidad de mostrar una línea proyectada en la dirección del usuario	3	0,47	1,41
20	Posibilidad de abrir archivos matriciales en formato .SRTM	2	0,47	0,94
21	Posibilidad de enviar o recibir SMS con la posición actual de un usuario	1	0,47	0,47
GRADO ADICIONAL CONJUNTO				20,21
VALORACION CUANTITATIVA FINAL				
241,47				

Tabla 2.6 Análisis cuantitativo del SIG vehicular OziExplorer Android. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL GARMIN GPS ETREX 30											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	4,72	5	23,60	14	0,94	3	2,82	27	4,72	4	18,88
2	1,42	3	4,26	15	1,89	3	5,67	28	2,83	0	0
3	4,25	2	8,50	16	1,42	0	0	29	3,77	5	18,85
4	3,77	3	11,31	17	2,36	0	0	30	1,89	5	9,45
5	3,77	5	18,85	18	2,36	0	0	31	4,25	1	4,25
6	1,42	2	2,84	19	2,36	0	0	32	4,25	3	12,75
7	3,30	4	13,20	20	2,36	0	0	33	0,47	0	0
8	0,94	1	0,94	21	2,36	0	0	34	1,42	0	0
9	3,30	5	16,50	22	2,36	0	0	35	1,89	2	3,78
10	3,30	3	9,90	23	2,36	0	0	36	2,36	4	9,44
11	2,83	2	5,66	24	3,77	3	11,31	37	3,30	4	13,20
12	3,30	5	16,50	25	1,89	0	0				
13	4,25	5	21,25	26	1,89	3	5,67				
GRADO GENERAL										269,38	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCION	GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO							
1	Posibilidad de activar una navegación directa a un waypoint	1	0,47	0,47							
2	Posibilidad de activar la navegación de una ruta (unión de waypoints)	1	0,47	0,47							
3	Posibilidad de emplear el dispositivo con la pantalla en suspensión	4	0,47	1,88							
4	El zoom se hace con los botones laterales del dispositivo	4	0,47	1,88							
5	El mapa se mueve en el visor mediante joystick ("Thumb Stick")	3	0,47	1,41							
6	Posibilidad de abrir archivos ráster .JNX y .IMG	2	0,47	0,94							
7	Señala la velocidad de desplazamiento del usuario	1	0,47	0,47							
8	Posibilidad de editar el contenido de las botoneras de datos	1	0,47	0,47							

9	Escala métrica gráfica en la interfaz principal	2	0,47	0,94
10	Posibilidad de aplicar filtros por atributos a los archivos vectoriales	2	0,47	0,94
11	Empleo de pilas AA como fuente de alimentación	4	0,47	1,88
12	Posibilidad de almacenar imágenes georreferenciadas	1	0,47	0,47
13	Existencia de calculadora, calendario, cronómetro y despertador	1	0,47	0,47
14	Herramienta "Promediar <i>waypoint</i> "	3	0,47	1,41
15	Posibilidad de activar una ubicación simulada	1	0,47	0,47
16	Herramienta " <i>Sight 'n Go</i> "	5	0,47	2,35
17	Solidez y tamaño compacto	3	0,47	1,41
18	Posibilidad de activación automática del modo noche	2	0,47	0,94
19	Posibilidad de hacer capturas de pantalla	1	0,47	0,47
20	Información sobre el alba y el ocaso solar y lunar	3	0,47	1,41
21	Posibilidad de ver el estatus de adquisición de satélites para la navegación GPS	2	0,47	0,94
GRADO ADICIONAL CONJUNTO				22,09
VALORACION CUANTITATIVA FINAL				
291,47				

Tabla 2.7 Análisis cuantitativo del Garmin GPS eTrex 30. Elaboración propia

Finalmente, en la **Tabla 2.8** se encuentra reflejado el resumen de los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de los potenciales SIG-tácticos vehiculares, siendo el que ha obtenido la mayor puntuación el **TwoNav Premium** al ser el sistema que mejor cumple todos los requisitos marcados por las PU, así como el que mayor utilidad aporta con sus funciones adicionales. Por ello, tal y como se refleja en el **apartado 4.1**, se recomienda la sustitución del Carta Digital *Android* por el **TwoNav Premium** para su empleo por las PU de Caballería.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS CUANTITATIVOS DE LOS SIG VEHICULARES				
PUESTO	SIG	GRADO GENERAL	GRADO ADICIONAL CONJUNTO	VALORACIÓN FINAL
1º	TwoNav Premium	318,06	24,44	342,50 puntos
2º	OruxMaps <i>Android</i>	310,00	12,69	322,69 puntos
3º	Garmin GPS eTrex 30	269,38	22,09	291,47 puntos
4º	Carta Digital <i>Android</i>	253,82	9,87	263,69 puntos
5º	OziExplorer <i>Android</i>	221,26	20,21	241,47 puntos

Tabla 2.8 Resultados de los análisis cuantitativos de los SIG vehiculares. Elaboración propia

3. Análisis comparativo de los SIG-tácticos no vehiculares

En el presente apartado se reflejan los resultados de los análisis cuantitativos llevados a cabo a los SIG-tácticos no vehiculares, habiéndose escogido un total de cuatro (4) programas, relacionados en la **Tabla 3.1** (el OziExplorerCE requiere descargar un complemento, el OziExplorer3D, para poder trabajar en un entorno tridimensional, si bien se deben considerar como un único programa por tratarse de una simple extensión) siguiendo los mismos criterios que los seguidos para escoger los SIG-tácticos vehiculares. El *hardware* empleado para llevar a cabo estos análisis ha sido un ordenador portátil Toshiba Satellite L755 - 1HW de 15.6" (ver **Anexo B**).

LISTA DE SIG-TÁCTICOS NO VEHICULARES A ANALIZAR					
#	CATEGORÍA	NOMBRE	VERSIÓN	SISTEMA OPERATIVO	DESARROLLADOR
1	No vehicular	Carta Digital	5.9	<i>Windows</i>	CEGET
2	No vehicular	gvSIG	2.1.0	<i>Windows</i>	Asociación gvSIG
3.1	No vehicular	OziExplorerCE	3.96.2a	<i>Windows</i>	D&L Software Ltd.
3.2	No vehicular	OziExplorer3D	1.14	<i>Windows</i>	D&L Software Ltd.
4	No vehicular	MapSource	6.14	<i>Windows</i>	Garmin Ltd.

Tabla 3.1 Lista de SIG-tácticos no vehiculares a analizar. Elaboración propia

En la **Tabla 3.2** se enuncian los cuarenta y cuatro (44) requisitos que debería cumplir un programa no vehicular así como sus pesos específico y relativo. La explicación de cada uno de los requisitos y la justificación del peso que se le ha asignado se encuentran en el **Anexo I** de la presente memoria.

PONDERACIONES DE LOS REQUISITOS PARA LOS SIG NO VEHICULARES							
#	DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍF.	PESO REL.	#	DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍF.	PESO REL.
1	Simbología militar OTAN	7	2,43	23	Abrir archivos ráster ECW	5	1,74
2	Crear waypoints sobre el mapa	8	2,78	24	Abrir archivos GeoTIFF	5	1,74
3	Crear rutas sobre el mapa	8	2,78	25	Texto en waypoint	8	2,78
4	Waypoints por coordenadas	7	2,43	26	Fotowaypoint	4	1,39
5	Editor de mapas	6	2,08	27	Convertor ráster	7	2,43
6	Calcular rumbos	3	1,04	28	Convertor matricial	7	2,43
7	Calcular áreas	5	1,74	29	Filtro por atributos	6	2,08
8	Edición de archivos ráster	8	2,78	30	Combinación de tablas	3	1,04
9	Edición de archivos matriciales	6	2,08	31	Cálculo de ruta óptima	8	2,78
10	Distancias entre puntos	7	2,43	32	Edición de vectoriales	7	2,43
11	Representación de pendientes	9	3,13	33	Distintas rejillas	4	1,39
12	Representación de visibilidad	9	3,13	34	Coord. UTM y geográficas	9	3,13
13	Importar y exportar GPX	9	3,13	35	Coordenadas UTM MGRS	5	1,74
14	Transferencia a dispositivos	8	2,78	36	ED50, WGS84, ETRS89	9	3,13
15	Altura en punto por MDE	6	2,08	37	Nuevo sistema de referencia	9	3,13
16	Vista de trabajo en 3D	5	1,74	38	Consulta vectorial de buffer	7	2,43
17	Abrir archivos DTED	5	1,74	39	Consulta de cercanía	6	2,08
18	Abrir archivos ASCII Grid	5	1,74	40	Unión de vectoriales	6	2,08
19	Abrir archivos matriciales GEO	5	1,74	41	Generar curvas de nivel	7	2,43
20	Abrir archivos Shapefile	5	1,74	42	Georreferenciar ráster	8	2,78
21	Abrir archivos vectoriales GPX	9	3,13	43	Perfil de altura de una ruta	8	2,78
22	Abrir archivos ráster FRE	5	1,74	44	Convertor de coordenadas	5	1,74

Tabla 3.2 Ponderaciones de los requisitos para los SIG no vehiculares. Elaboración propia

Como en el caso de los SIG vehiculares, en las **Tablas 3.3 a 2.6** se reflejan esquemáticamente las evaluaciones de los SIG no vehiculares estudiados, que se encuentran ampliadas en los **Anexos J a M**.

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL CARTA DIGITAL											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	2,43	5	12,15	16	1,74	5	8,70	31	2,78	5	13,90
2	2,78	5	13,90	17	1,74	5	8,70	32	2,43	5	12,15
3	2,78	4	11,12	18	1,74	0	0	33	1,39	5	6,95
4	2,43	5	12,15	19	1,74	5	8,70	34	3,13	5	15,65
5	2,08	5	10,40	20	1,74	5	8,70	35	1,74	0	0
6	1,04	5	5,20	21	3,13	5	15,65	36	3,13	5	15,65
7	1,74	5	8,70	22	1,74	5	8,70	37	3,13	5	15,65
8	2,78	3	8,34	23	1,74	5	8,70	38	2,43	5	12,15
9	2,08	2	4,16	24	1,74	5	8,70	39	2,08	5	10,40
10	2,43	5	12,15	25	2,78	5	13,90	40	2,08	5	10,40
11	3,13	5	15,65	26	1,39	0	0	41	2,43	5	12,15
12	3,13	5	15,65	27	2,43	4	9,72	42	2,78	5	13,90
13	3,13	5	15,65	28	2,43	5	12,15	43	2,78	5	13,90
14	2,78	5	13,90	29	2,08	5	10,40	44	1,74	5	8,70
15	2,08	5	10,40	30	1,04	0	0				
GRADO GENERAL										453,79	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCION						GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO		
1	Posibilidad de abrir archivos ráster en formatos JPEG, BMP y OZf2						2	1,04	2,08		
2	Posibilidad de abrir archivos vectoriales en formato KML y KMZ						2	1,04	2,08		

3	Posibilidad de abrir bases de datos SQL, DBF, Oracle Spatial y Access (.mdb)	5	1,04	5,20
4	Posibilidad de emplear servicios WMS	2	1,04	2,08
5	Función "Ver Información" de archivos ráster y matriciales	1	1,04	1,04
6	Posibilidad de crear plantillas de mapas y conjuntos de datos en formato PFT	3	1,04	3,12
7	Posibilidad de elegir el sistema de referencia del <i>waypoint</i> cuando se crea	1	1,04	1,04
8	Posibilidad de grabar vídeos tridimensionales	5	1,04	5,20
9	Posibilidad de guardar imágenes tridimensionales	5	1,04	5,20
10	Consulta vectorial SQL	3	1,04	3,12
11	Asignación de altura a vectoriales	4	1,04	4,16
12	Convertor ráster-matricial y vectorial-matricial	2	1,04	2,08
13	Consultas de edición de archivos matriciales	3	1,04	3,12
14	Consulta de cotas significativas	5	1,04	5,20
15	Consulta de transitabilidad matricial	5	1,04	5,20
16	Consulta de reducción de líneas	3	1,04	3,12
17	Consultas vectoriales de centroide, cerco convexo y texto a punto	2	1,04	2,08
18	Consultas vectoriales de diferencia, intersección, relación espacial y geometrías disjuntas	3	1,04	3,12
19	Consulta vectorial de distancia	3	1,04	3,12
20	Consulta de filtro por tipo de geometría	2	1,04	2,08
21	Consulta de generación de puntos	1	1,04	1,04
22	Posibilidad de empleo como SIG vehicular	3	1,04	3,12
GRADO ADICIONAL CONJUNTO				67,60
VALORACION CUANTITATIVA FINAL				
				521,39

Tabla 3.3 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular Carta Digital. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL GVSIG											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	2,43	1	2,43	16	1,74	0	0	31	2,78	5	13,90
2	2,78	0	0	17	1,74	0	0	32	2,43	5	12,15
3	2,78	0	0	18	1,74	0	0	33	1,39	0	0
4	2,43	0	0	19	1,74	0	0	34	3,13	5	15,65
5	2,08	2	4,16	20	1,74	5	8,70	35	1,74	0	0
6	1,04	0	0	21	3,13	0	0	36	3,13	5	15,65
7	1,74	5	8,70	22	1,74	0	0	37	3,13	5	15,65
8	2,78	2	5,56	23	1,74	5	8,70	38	2,43	5	12,15
9	2,08	2	4,16	24	1,74	5	8,70	39	2,08	5	10,40
10	2,43	5	12,15	25	2,78	0	0	40	2,08	5	10,40
11	3,13	3	9,39	26	1,39	0	0	41	2,43	5	12,15
12	3,13	3	9,39	27	2,43	5	12,15	42	2,78	5	13,90
13	3,13	0	0	28	2,43	5	12,15	43	2,78	5	13,90
14	2,78	0	0	29	2,08	5	10,40	44	1,74	0	0
15	2,08	2	4,16	30	1,04	5	5,20				
GRADO GENERAL										272,00	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCION					GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO			
1	Posibilidad de abrir archivos vectoriales en formatos KML y GML					2	1,04	2,08			
2	Posibilidad de abrir archivos ráster en formatos BMP, MAP, GIL, JPG, JPEG, JP2 y PNG					2	1,04	2,08			
3	Posibilidad de abrir bases de datos en formatos DBF y Excel (.xls)					5	1,04	5,20			
4	Posibilidad de emplear WMS, WCS, WFS y WFS-T					2	1,04	2,08			
5	Posibilidad de guardar zooms					1	1,04	1,04			

6	Posibilidad de obtener las coordenadas de un punto cualquiera	2	1,04	2,08
7	Posibilidad de obtener información de un punto cualquiera	2	1,04	2,08
8	Conversor ráster-matricial, vectorial-ráster y ráster-vectorial	2	1,04	2,08
9	Posibilidad de crear un MDE a partir de un archivo vectorial de curvas de nivel	1	1,04	1,04
10	Posibilidad de reproyectar archivos vectoriales	4	1,04	4,16
11	Consulta de perfiles transversales	2	1,04	2,08
12	Consulta de generación de sombreados	3	1,04	3,12
13	Posibilidad de llevar a cabo tareas de teledetección	1	1,04	1,04
14	Posibilidad de importar campos de atributos	3	1,04	3,12
15	Posibilidad de importar/exportar datos	3	1,04	3,12
16	Posibilidad de crear capas vectoriales de geometrías derivadas	1	1,04	1,04
17	Consulta de <i>buffer</i> lateral	2	1,04	2,08
18	Consultas recorte, diferencia, intersección, disolver, cortar líneas y traslación 2D	3	1,04	3,12
GRADO ADICIONAL CONJUNTO				42,64
VALORACION CUANTITATIVA FINAL				
				314,64

Tabla 3.4 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular gvSIG. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL OZIEXPLORER CE											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	2,43	3	7,29	16	1,74	3	5,22	31	2,78	0	0
2	2,78	5	13,90	17	1,74	5	8,70	32	2,43	3	7,29
3	2,78	5	13,90	18	1,74	5	8,70	33	1,39	2	2,78
4	2,43	0	0	19	1,74	0	0	34	3,13	5	15,65
5	2,08	3	6,24	20	1,74	5	8,70	35	1,74	5	8,70
6	1,04	5	5,20	21	3,13	5	15,65	36	3,13	1	3,13
7	1,74	5	8,70	22	1,74	0	0	37	3,13	4	12,52
8	2,78	0	0	23	1,74	2	3,48	38	2,43	0	0
9	2,08	0	0	24	1,74	2	3,48	39	2,08	0	0
10	2,43	5	12,15	25	2,78	5	13,90	40	2,08	0	0
11	3,13	0	0	26	1,39	3	4,17	41	2,43	0	0
12	3,13	0	0	27	2,43	0	0	42	2,78	4	11,12
13	3,13	5	15,65	28	2,43	0	0	43	2,78	3	8,34
14	2,78	2	5,56	29	2,08	0	0	44	1,74	0	0
15	2,08	4	8,32	30	1,04	0	0				
GRADO GENERAL										238,44	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCION						GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO		
1	Posibilidad de abrir archivos ráster en formatos BMP, PNG, JPG, OZF y OZF2						1	1,04	1,04		
2	Posibilidad de crear rutas por <i>waypoints</i>						1	1,04	1,04		
3	Posibilidad de determinar el porcentaje de zoom con el que visualizar el plano						1	1,04	1,04		
4	Posibilidad de activar una "Ventana Lupa"						1	1,04	1,04		
5	Posibilidad de abrir archivos matriciales en formatos GTopo30, BIL, USA DEM 24K y USA DEM 250K						2	1,04	2,08		
6	Posibilidad de abrir archivos vectoriales en formato KML, PLT, RTE, EVT y WPT						2	1,04	2,08		
7	Posibilidad de personalizar la barra de herramientas						1	1,04	1,04		
8	Posibilidad de activar un modo de uso nocturno						1	1,04	1,04		
9	Herramienta de "Filtrado de <i>Tracks</i> "						2	1,04	2,08		
10	Posibilidad de proyectar <i>waypoints</i>						2	1,04	2,08		
11	Posibilidad de imprimir listas de eventos, rutas y <i>waypoints</i>						3	1,04	3,12		
12	Posibilidad de empleo como SIG vehicular						3	1,04	3,12		
13	Posibilidad de crear "Elementos de mapa"						1	1,04	1,04		
14	Posibilidad de crear "Eventos"						1	1,04	1,04		

15	Posibilidad de crear "Comentarios de mapa"	2	1,04	2,08
16	Posibilidad de selección y ocultación de elementos	1	1,04	1,04
17	Posibilidad de mostrar el último mapa	1	1,04	1,04
GRADO ADICIONAL CONJUNTO				27,04
VALORACION CUANTITATIVA FINAL				
265,48				

Tabla 3.5 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular OziExplorerCE. Elaboración propia

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL MAPSOURCE											
ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LAS UNIDADES											
#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO	#	PESO RELATIVO	GRADO INDIVIDUAL	GRADO INDIVIDUAL PONDERADO
1	2,43	3	7,29	16	1,74	0	0	31	2,78	1	2,78
2	2,78	5	13,9	17	1,74	0	0	32	2,43	2	4,86
3	2,78	5	13,9	18	1,74	0	0	33	1,39	0	0
4	2,43	3	7,29	19	1,74	0	0	34	3,13	5	15,65
5	2,08	1	2,08	20	1,74	0	0	35	1,74	0	0
6	1,04	5	5,20	21	3,13	5	15,65	36	3,13	5	15,65
7	1,74	5	8,70	22	1,74	0	0	37	3,13	3	9,39
8	2,78	0	0	23	1,74	0	0	38	2,43	0	0
9	2,08	0	0	24	1,74	0	0	39	2,08	0	0
10	2,43	5	12,15	25	2,78	5	13,90	40	2,08	4	8,32
11	3,13	0	0	26	1,39	3	4,17	41	2,43	0	0
12	3,13	0	0	27	2,43	0	0	42	2,78	0	0
13	3,13	5	15,65	28	2,43	0	0	43	2,78	2	5,56
14	2,78	2	5,56	29	2,08	0	0	44	1,74	0	0
15	2,08	1	2,08	30	1,04	0	0				
GRADO GENERAL										189,73	
ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES ADICIONALES											
#	DESCRIPCION						GRADO ADICIONAL	VALOR DE PONDERACION	GRADO ADICIONAL PONDERADO		
1	Buscador de lugares por nombre y categoría						1	1,04	1,04		
2	Posibilidad de editar el detalle de los mapas						1	1,04	1,04		
3	Posibilidad de crear rutas por waypoints						1	1,04	1,04		
4	Posibilidad de introducir indicaciones, notas y colores a las rutas y tracks						1	1,04	1,04		
5	Posibilidad de crear categorías con las que agrupar a los waypoints						3	1,04	3,12		
6	Posibilidad de determinar el zoom kilométrico con el que visualizar el plano						1	1,04	1,04		
GRADO ADICIONAL CONJUNTO										8,32	
VALORACION CUANTITATIVA FINAL											
198,05											

Tabla 3.6 Análisis cuantitativo del SIG no vehicular MapSource. Elaboración propia

En la **Tabla 3.7** se encuentra reflejado el resumen de los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de los potenciales SIG-tácticos no vehiculares, siendo el que ha obtenido la mayor puntuación el Carta Digital al cumplir en mayor medida los requisitos establecidos por las PU. Por ello, tal y como se refleja en el **apartado 4.1**, se recomienda mantener el Carta Digital como programa SIG vehicular.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS CUANTITATIVOS DE LOS SIG VEHICULARES				
PUESTO	SIG	GRADO GENERAL	GRADO ADICIONAL CONJUNTO	VALOR FINAL
1º	Carta Digital	453,79	67,60	521,39 puntos
2º	gvSIG	272,00	42,64	314,64 puntos
3º	OziExplorerCE	238,44	27,04	265,48 puntos
4º	MapSource	189,73	8,32	198,05 puntos

Tabla 3.7 Resultados de los análisis cuantitativos de los SIG no vehiculares. Elaboración propia

4. Conclusiones

En este apartado se recogen las conclusiones generales del proyecto, el grado de consecución de los objetivos planteados al inicio del mismo, así como una serie de propuestas de líneas de trabajo futuras que quedan abiertas a la luz de los resultados del presente TFG.

4.1. Conclusiones del proyecto

Los resultados de los estudios comparativos de programas SIG para entornos vehiculares y no vehiculares constituyen el núcleo central de este proyecto. Sin embargo, a lo largo de su realización han ido surgiendo otra serie de aspectos de distinta naturaleza que merecen ser considerados:

La conclusión más directa que se extrae del presente trabajo es la elección del *TwoNav Premium* como programa SIG-táctico vehicular más adecuado a las necesidades de las PU de Caballería, en sustitución del *Carta Digital Android*, proporcionado por el ET a sus Unidades. Igualmente, se ha confirmado la idoneidad del *Carta Digital* como SIG-táctico no vehicular al cumplir de forma muy completa los requisitos de las PU de Caballería en este ámbito. Las propuestas de cambio y mejora para ambos programas se recogen en el **Anexo N**.

Por otro lado, tenemos una serie de conclusiones extraídas de los diferentes aspectos que se han ido observando a lo largo de la realización del presente trabajo, entre las que se encuentran:

1. Uno de los aspectos fundamentales para que una PU de Caballería pueda llevar a cabo sus cometidos de forma eficaz es que sea capaz de transmitir de forma rápida y segura la información geográfica a los diferentes escalones de mando.
2. En el ámbito militar, los SIG no vehiculares sólo resultan efectivos si disponen de información actualizada contenida en bases de datos accesibles por los diferentes usuarios que se actualicen y repliquen de forma automática.
3. Los usuarios SIG vehiculares se enfrentan a dos grandes limitaciones determinadas por su entorno de trabajo que actualmente no cuentan con una solución oficial: la duración de la carga de la batería de los dispositivos empleados como soporte del SIG y la ubicación de dichos dispositivos de forma que estorben lo menos posible la labor del jefe de vehículo.
4. A pesar de la utilidad que proporcionan los SIG-tácticos, debe tenerse en cuenta que al tratarse de sistemas informáticos funcionando sobre dispositivos electrónicos, existe un elevado riesgo de fallo o avería de los mismos, por lo que en ningún caso debe perderse la instrucción en el empleo de medios convencionales de navegación y conducción de operaciones (mapas en papel y medios no digitales de representación de la situación).
5. El gran flujo de información que genera en la ejecución de sus cometidos una PU de Caballería dificulta enormemente la labor de los mandos de las Unidades de entidad Escuadrón (generalmente, Capitanes) que, además de tener que dirigir su propio vehículo, actuando como usuarios de un SIG vehicular, deben canalizar toda esta información en sentido ascendente y descendente, filtrando y transmitiendo la que reciben de sus subordinados y que resulta relevante para el Grupo y, a la vez, recibiendo y difundiendo las órdenes y la información que reciben de éste entre sus subordinados, constituyéndose por tanto como potenciales usuarios de un SIG no vehicular. Más aún, deben encargarse simultáneamente de la conducción de la maniobra de Secciones, recibiendo novedades y transmitiendo instrucciones y coordinando la ejecución de la operación. Todo ello hace que el jefe de Escuadrón pueda verse sobrepasado por la cantidad ingente de información que gestionar y de cometidos a llevar a cabo, por lo que resultaría conveniente crear una figura que se encargase de recibir, filtrar, gestionar, canalizar y transmitir la información de los

reconocimientos de las Secciones del Escuadrón y descargase al Capitán de la gestión de la información geográfica obtenida o recibida por la Unidad. Este "Asistente de Reconocimiento" (A-RECO) podría ser un suboficial encuadrado en el equipo de mando del Capitán del ERECO (ver **Figura 4.1**) ya que su interacción con éste resulta fundamental, y debería contar con sus propios medios de gestión y transmisión/recepción de información.



Figura 4.1 Propuesta de encuadramiento del A-RECO en un ERECO. Elaboración propia

4.2. Grado de consecución de los objetivos del proyecto

Al inicio de la presente memoria (**apartado 1.1**) se establecía como objetivo principal del TFG el valorar el grado en que los programas SIG del ET satisfacen las necesidades de las PU de Caballería, compararlo con otros sistemas civiles similares y proponer la introducción de cambios en éstos o aconsejar su sustitución por otros de procedencia civil. Este objetivo ha sido plenamente cumplido al haberse realizado dicha comparativa entre los programas militares vehicular y no vehicular y sus homólogos civiles, aconsejándose la sustitución del Carta Digital *Android* por el *TwoNav Premium* y confirmándose la idoneidad del Carta Digital no vehicular. En cuanto a los objetivos específicos del trabajo que posibilitaban la consecución del principal, han sido cumplidos en el grado siguiente:

- Estudio de las necesidades de las PU de Caballería para determinar los requisitos a cumplir por un SIG que satisfaga sus necesidades de forma óptima: objetivo cumplido, pues se determinaron, mediante entrevistas con cuadros de mando de una PU, las necesidades de ésta en cuanto a información geográfica. A partir de éstas se elaboraron sendas listas de requisitos para los programas vehiculares (37) y no vehiculares (44) sobre las que realizar los análisis.
- Estudio del estado del arte de los programas SIG para sistemas operativos *Android* y *Windows* disponibles en el ámbito civil para encontrar los de mayor transferencia al ámbito militar: objetivo cumplido que tuvo como resultado una lista de cuatro (4) SIG vehiculares (*OruxMaps Android*, *TwoNav Premium*, *OziExplorer Android* y *Garmin GPS eTrex 30*) y tres (3) no vehiculares (*gvSIG*, *OziExplorerCE* y *MapSource*) que podrían ser empleados en el ámbito militar.
- Análisis comparativo entre los programas SIG civiles escogidos y Carta Digital: objetivo cumplido, habiéndose realizado un total de nueve (9) evaluaciones cuantitativas y cualitativas de SIG militares y civiles, vehiculares y no vehiculares, en base a la metodología de análisis detallada en el **Anexo A** y en base a las listas de requisitos establecidas previamente (ver **Anexos C e I**).
- Determinar qué sistema resulta más adecuado para su empleo por las PU de Caballería y proponer cambios y mejoras a ser introducidas en él: objetivo cumplido, que ha tenido como resultado la elección del *TwoNav Premium*, la confirmación del Carta Digital y la proposición de mejoras y cambios que deberían ser introducidas en ambos (ver **Anexo O**).

4.3. Proposición de líneas de trabajo futuras

En el **Anexo O** se recogen, de forma desarrollada, una serie de propuestas de líneas de trabajo futuras emanadas de los resultados y conclusiones extraídas tras la realización del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

A continuación se relaciona la bibliografía empleada para la confección del presente TFG, clasificada por su origen y ordenada alfabéticamente por categorías según el autor o, en ausencia de éste, el título.

PUBLICACIONES CIVILES

- [1] ACERO, R., SANCHO, J. (2014). *Apuntes de la asignatura*. Oficina de Proyectos Curso 2014-2015. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
- [2] BERNALDO DE QUIRÓS, J., RAMOS, J. C. (2011). *La política geoespacial en el Ministerio de Defensa*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- [3] CHRISMAN, N. (2002). *Exploring Geographic Information Systems*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- [4] ESCOBAR, F. (2007). *Apuntes de la asignatura*. Cartografía Temática Curso 2007-2008. Máster en Restauración de Ecosistemas de la Universidad de Alcalá de Henares.
- [5] FELICÍSIMO, A. M. (1994). *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- [6] GARCÍA-CABRERA, V. (2012). *Framework para la creación de visores de mapas compatibles con estándares internacionales sobre el iOS de iPhone*. ECED, J., director. Proyecto Final de Carrera, Universidad de Zaragoza.
- [7] GARCÍA-MARTÍN, A., LAMELAS, T. (2014). *Apuntes de la asignatura*. Información Geográfica y Teledetección Curso 2013-2014. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
- [8] GOODCHILD, M. F. (1991). "Geographic Information Systems". *Progress in Human Geography*, número 15-2, junio de 1991, pp. 194 – 200.
- [9] MORT, N. (2013). *Defence Geospatial Information Working Group (DGIWG) Liaison Brief to the International Hydrographic Organisation (IHO)*. NATO Geospatial Maritime Working Group.
- [10] OLAYA, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*. Distribuido bajo una licencia de *Creative Commons Atribución*.
- [11] VV.AA. (2010). *Sistema de orientación basado en brújula electrónica para la realización de prácticas*. Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.
- [12] *Necesidad de un nuevo "Datum". Versión 1.0*. Consejo Superior Geográfico de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, 2007.
- [13] "Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España". *Boletín Oficial del Estado*, número 207, 29 de julio de 2007, pp. 35986 - 35989.

MANUALES DE USUARIO CIVILES Y MILITARES

- [14] DEL POZO, A. (2014). *Manual de usuario Carta Digital Android*. Madrid: Centro Geográfico del Ejército de Tierra (no publicado).
- [15] GARCÍA-LEÓN, J., GARCÍA-MARTÍN, A, TORRES, M. (2013). *gvSIG: guía para el aprendizaje autónomo*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- [16] LEÓN, J. J. (2012). *FFT/UTV 1.2.8. Puesta en funcionamiento*. Ronda: Grupo de Caballería de Reconocimiento "Reyes Católicos" II/2.
- [17] RODRÍGUEZ-ALBANESE, A. (2010). *Operador Spearnet. (Guía Rápida Utilización)*. BellComm Information Systems Battlefield Tactical Communications.

- [18] RODRÍGUEZ-ALBANESE, A. (2010). *Spearnet. Operación y Configuración*. BellComm Information Systems Battlefield Tactical Communications.
- [19] *Etrex owner's manual for use models 10, 20, 30*. Garmin Corporation, 2011.
- [20] FFT-UTV. *Manual de administrador*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2008.
- [21] FFT-UTV. *Manual de instalación*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- [22] FFT-UTV. *Manual de operador*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- [23] *GPS Garmin eTrex 30*. Proain Tecnología Agrícola, 2014.
- [24] *Manual de usuario de la Carta Digital 5.8*. Madrid: Centro Geográfico del Ejército de Tierra, 2014.
- [25] *Manual de usuario. MapSource, software de mapas*. Garmin Corporation, 2008.
- [26] *Manual de Usuario. OruxMaps v.6.0.0*. OruxMaps, 2014.
- [27] *Operator's and Unit Maintenance Manual Including Illustrated Parts Breakdown for Spearnet Dismount and Vehicular Mount Radio Systems*. Fort Wayne: ITT Communications Systems, 2010.
- [28] *OruxMaps Desktop v.2.0x*. OruxMaps, 2011.
- [29] *OziExplorer. Programa GPS que usa Mapas*. OziExplorer, 2005.
- [30] *Tutorial GPS Garmin*. logrea.com, 2007.
- [31] *TwoNav iPhone/iPad/Android 3. Manual del usuario*. CompeGPS S.L., 2014.
- [32] *TwoNav Tablet 2.8. Manual de usuario*. CompeGPS S.L., 2013.

PUBLICACIONES MILITARES ESPAÑOLAS Y EXTRANJERAS

- [33] ARROYO, E. (2011). *Inteligencia geoespacial en apoyo a las operaciones conjuntas*. Madrid: Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional de la Escuela Superior de las Fuerzas Armadas.
- [34] BERMEJO, I. (2010). *Elaboración del INTE (Evaluación del espacio de batalla) con la Carta Digital*. Madrid: Escuela de Guerra del Ejército de Tierra.
- [35] BENI, C. (2013). "La Carta Digital tiende la mano al usuario". *Boletín Tierra*, número 208, marzo de 2013, p. 13.
- [36] BENI, C. (2011). "Un desconocido sorprendente". *Boletín Tierra*, número 191, octubre de 2011, p. 13.
- [37] BLAIS, C. (2007). *JC3IEDM*. Monterrey: United States Navy's Naval Postgraduate School.
- [38] DOMÍNGUEZ-DÍAZ, J. *La Caballería en el reconocimiento*. Instrucción y Adiestramiento IV Curso 2014-2015. Academia General Militar de Zaragoza.
- [39] FREIRE, F. (2014). "Operación L/H XX: reflexiones de un jefe de sección de Caballería". *Memorial de Caballería*, número 78, 2ª época, diciembre de 2014, pp. 76 – 81.
- [40] GÓMEZ-PAREDES, F. (2014). *Estructura orgánica de las Unidades de Caballería*. Instrucción y Adiestramiento IV Curso 2014-2015. Academia General Militar de Zaragoza.
- [41] JIMÉNEZ-VALERO, D., ALCUSA, R., GÓMEZ-ARRIBAS, S. (2013). *Manual de navegación terrestre de Pequeñas Unidades del ET*. Documento interno no publicado, Ejército de Tierra.
- [42] JORDÁN, J. A. (2014). *Apoyo geográfico a las operaciones*. Madrid: Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional de la Escuela Superior de las Fuerzas Armadas.

- [43] JULIANI, J. (2014). *Sistemas de Información Geográfica (GIS)*. Curso en Geodesia Militar del año 2014. Escuela de Guerra del Ejército de Tierra de Madrid.
- [44] MEDINA, A. J. (2010). *Apoyo geográfico a operaciones*. Madrid: Centro Geográfico del Ejército de Tierra.
- [45] PEREIRA, F. (2012). "El nuevo sistema de seguimiento de Unidades propias (FFT) en los Escuadrones de Caballería". *Memorial de Caballería*, número 73, junio de 2012, pp. 74 – 79.
- [46] PÉREZ-FERRANDIZ, L. M. (2012). "Los sistemas de duelo del CENAD del CMT. San Gregorio". *Memorial de Caballería*, número 73, junio de 2012, pp. 68 – 74.
- [47] RUIZ, J. A. (2012). *Presente y futuro de la inteligencia de señales en las FAS españolas*. Madrid: Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional de la Escuela Superior de las Fuerzas Armadas.
- [48] ACAB-TA-003. *El proceso de la decisión a nivel partida/patrulla*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2009.
- [49] APP-6A. *Military Symbols for Land Based Systems*. STANAG 2019. OTAN, 1998.
- [50] *Curso GPS*. Departamento de Táctica y Logística Curso 2005-2006. Academia General Militar.
- [51] *El Centro Geográfico del Ejército*. Madrid: Centro Geográfico del Ejército de Tierra, 2010.
- [52] EGE-VA-001. *Fundamentos de GPS (Sistemas de Posicionamiento Global)*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2005.
- [53] EGE-VA-002. *Fundamentos de cartografía*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2007.
- [54] EGE-VA-003. *Fundamentos de información geográfica digital*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2007.
- [55] *El combate de la Caballería*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2006.
- [56] *Introducción a la Información Geográfica Digital*. Madrid: Centro Geográfico del Ejército de Tierra, 2001.
- [57] JP-1-02. *Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms*. United States Joint Chiefs of Staff, 2010.
- [58] "La información geográfica digital y los sistemas de posicionamiento". *Milipedia*, web: http://webmadoc2/milipedia/index.php?title=La_Información_Geográfica_Digital_y_los_Sistemas_de_Posicionamiento&oldid=3 (consultado el 25 de marzo de 2015).
- [59] ME7-002. *Topografía. Nivel I*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 1995.
- [60] MI-500. *Manual de instrucción. Radioteléfono PR4G V3*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2014.
- [61] *Navigation Warfare (NAVWAR) in Future Multinational Joint Operations*. Finabel Coordination Committee, 2007.
- [62] O-0-4-29. *Orientaciones. Combate nocturno*. Estado Mayor del Ejército de Tierra, 1990.
- [63] OR7-018. *Orientaciones. INTE. Integración Terreno Enemigo y otros factores*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2006.

- [64] "Tendencias según especialidades". *Tendencias. Volumen II*. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales del Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2014.
- [65] *The Implication of a Satellite Broadcast Capability to Support Multinational Forces within the EUBG Concept*. Finabel Coordination Committee, 2011.

CONFERENCIAS

- [66] DE ARÉCHAGA, G. (2014, octubre). *Integración de ArcGIS en Sistemas Tácticos*. Presentado en la Conferencia ESRI España 2014 - Defensa e Inteligencia en Madrid, España.
- [67] TARAZONA, J. C. (2013, julio). *ArcGIS para Dispositivos Móviles: Extendiendo el SIG de la oficina al campo*. Taller técnico de ESRI en Redlands, California, Estados Unidos.

PÁGINAS WEB

- [68] BLICKENSTORFER, C. H. (2008). RMT Switchback rugged UMPC with configurable 'backpacks' and reconfigurable architecture. Extraído el 20 de abril de 2015 de *Rugged PC Review*: http://www.ruggedpreview.com/pdfs/RMT_SwitchBack_4pages.pdf.
- [69] BLICKENSTORFER, C. H. Ruggedized military Windows handheld. Extraído el 20 de abril de 2015 de *Rugged PC Review*: http://www.ruggedpreview.com/3_handhelds_tallatech_tacter-31m.html.
- [70] HERNANDEZ, M. A. (2011). Vulnerabilidades COTS. Extraído el 20 de abril de 2015 de *Areópago 21*: <http://www.areopago21.org/2011/06/vulnerabilidades-cots.html>.
- [71] What is WAAS?. Extraído el 6 de mayo de 2015 de *Garmin.com*: <http://www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html>.
- [72] ACEECA: <http://aceeca.com/handhelds/ip67> (consultada el 20 de abril de 2015).
- [73] ArcGIS Collector: <https://doc.arcgis.com/es/collector/> (consultada el 16 de abril de 2015).
- [74] Defence Geospatial Information Working Group: <https://www.dgiwg.org/dgiwg/index.htm> (consultada el 29 de abril de 2015).
- [75] Environmental Systems Research Institute (ESRI): <http://www.esri.com/> (consultada el 16 de abril de 2015).
- [76] Garmin: <https://buy.garmin.com/es-ES/ES/explorando/dispositivo-portatil/etrex-30/prod87774.html> (consultada el 5 de mayo de 2015).
- [77] How GPS Works: <http://www.how-gps-works.com/> (consultada el 16 de abril de 2015).
- [78] Inmarsat: <http://www.inmarsat.com/> (consultada el 20 de abril de 2015).
- [79] OziExplorer: http://www.ozieplorer3.com/android/ozieplorer_android_help.html (consultada el 20 de abril de 2015).
- [80] OziExplorer3D: <http://www.ozieplorer3.com/ozie3d/help/Tutorial.html> (consultada el 1 de junio de 2015).

FUENTES DE LAS IMÁGENES

A continuación se relacionan las fuentes de las que se han extraído las imágenes y figuras empleadas a lo largo de la memoria del presente trabajo:

FIGURA 1.1 *Arquitectura de la estructura SIG-táctica en un GRECO*

- Soldados y Uniformes (<https://soldadosyuniformes.wordpress.com/tag/b1-centauro/>).
- InfoDefensa (<http://www.infodefensa.com/es/2013/03/08/noticia-alemania-suspende-el-vuelo-de-sus-helicopteros-tigre-tras-estrellarse-uno-el-lunes.html>).
- El Aviador (<http://elaviadorsv.net/f-18.htm>).
- Blackwing Corp (<http://blackwingcorp.foroactivo.eu/t399-novo-vamtac-pintaza>).
- Rojo y Gualda (<https://rojoygualda.wordpress.com/tag/rg-31/>).
- La Pela Austral (http://www.laperlaaustral.com.ar/contenidos/index.php?option=com_content&view=article&id=334:canon-155-mm-modelo-argenitno-citer&catid=64:artilleriadecampana&Itemid=4).
- Outdoor Venture Corporation (http://www.outdoorventure.com/tent_systems_mcp.php).
- Bohemia Interactive Forum (<http://forums.bistudio.com/archive/index.php/t-131334.html>).

FIGURA 1.2 *Arquitectura nodal de la estructura SIG-táctica*

[66] DE ARÉCHAGA, G. (2014, octubre). *Integración de ArcGIS en Sistemas Tácticos*. Presentado en la Conferencia ESRI España 2014 - Defensa e Inteligencia en Madrid, España.

FIGURA 1.3 *Dimensiones de la información geográfica en los SIG*

- Elaboración propia.

FIGURA 1.4 *Ejemplos de modelados de la realidad*

[54] EGE-VA-003. *Fundamentos de información geográfica digital*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2007.

FIGURA 1.5 *Proceso de creación de una proyección cartográfica*

[4] ESCOBAR, F. (2007). *Apuntes de la asignatura*. Cartografía Temática Curso 2007-2008. Máster en Restauración de Ecosistemas de la Universidad de Alcalá de Henares. (Figura modificada).

FIGURA 4.1 *Propuesta de encuadramiento del A-RECO en un ERECO*

- Elaboración propia (basada en la estructura orgánica de un ERECO [40]).

FIGURA D.1 *Interfaz del Carta Digital Android*

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA E.1 *Interfaz del OruxMaps Android*

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA F.1 *Interfaz del TwoNav Premium*

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA G.1 *Interfaz del OziExplorer Android*

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA H.1 Aspecto del Garmin GPS eTrex 30

[23] *GPS Garmin eTrex 30*. Proain Tecnología Agrícola, 2014.

FIGURA J.1 Interfaz del Carta Digital

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA K.1 Interfaz del gvSIG

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA L.1 Interfaz del OziExplorerCE

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA M.1 Interfaz del MapSource

- Captura de pantalla del programa en ejecución.

FIGURA O.1 Radioteléfonos SpearNet y PR4G V3

[18] RODRÍGUEZ-ALBANESE, A. (2010). *Spearnet. Operación y Configuración*. BellComm Information Systems Battlefield Tactical Communications.

[60] *MI-500. Manual de instrucción. Radioteléfono PR4G V3*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2014.

FIGURA O.2 Sensor de captura de imagen del sistema Pearls of Wisdom

- Defense Update (http://defense-update.com/20111005_engager.html#.VYE45fntmko).