



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIOS UGV EN UNIDADES DE CABALLERÍA

Sergio Gil Rodríguez

Director académico: Domenico Sicignano

Director militar: Hugo de Diego Andrés

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021-2022



Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y hermano la ayuda que me han brindado para realizar este trabajo cuyo apoyo ha sido fundamental. También quiero agradecer a mis compañeros de la LXXVII promoción que nos hemos ayudado mutuamente en momentos complicados durante la realización de los trabajos finales de grado.

En segundo lugar, quiero hacer una especial mención al personal del ELAC 3 del Grupo Santiago I/12, en especial al teniente Manuel Pérez Loma, al teniente Álvaro Gago Inyesto y al capitán Hugo de Diego Andrés cuya ayuda ha sido fundamental tanto en la realización de este trabajo como en la realización de mis prácticas externas en la unidad. Por último, quiero agradecerle a mi director académico, Domenico Sicignano, la atención y dedicación puesta en mi trabajo para conseguir un resultado lo más satisfactorio posible.





RESUMEN

El trabajo final de grado "Implementación de medios UGV en unidades de caballería" pretende estudiar las capacidades operativas que puede ofrecer un vehículo terrestre no tripulado a las pequeñas unidades de caballería, concretamente de entidad sección y escuadrón, para suplir algunas carencias que poseen actualmente en la realización de sus cometidos. El estudio se lleva a cabo debido a que el Ejército de Tierra está inmerso en una modernización tecnológica dentro del marco de la Fuerza 35 cuyo objetivo es implementar nuevos medios tecnológicamente avanzados.

Al tratarse de una tecnología pionera, se estudian los riesgos que pueden conllevar el empleo de estos vehículos, los fallos que pueden surgir durante su utilización y posibles características que podrían poseer para cumplir satisfactoriamente con sus cometidos. Todo esto se realiza con el apoyo de las herramientas QFD y análisis cualitativo de riesgos. Asimismo, se proponen posibles empleos tácticos de estos vehículos y se determina su dependencia orgánica para lograr su empleo más eficaz. Para ello, se hace un fuerte uso de entrevistas, encuestas, revisión documental y estudio de casos, puesto que el UGV es una tecnología emergente y no es posible realizar experimentaciones. No obstante, se ha podido analizar el prototipo UGV existente en el RC Farnesio 12 y extraer sus ventajas e inconvenientes

Los resultados extraídos del estudio son satisfactorios desde el punto de vista operativo. En determinadas situaciones el empleo de un UGV es capaz de incrementar la supervivencia de los exploradores y mejorar las tareas de reconocimiento. A pesar de que el prototipo estudiado tiene alguna carencia como podría ser su autonomía, puede cumplir satisfactoriamente con los cometidos que se esperan de este tipo de vehículos, al menos en el corto plazo. Mientras tanto, el UGV THeMIS es un vehículo que puede desarrollar sus cometidos de igual o mejor manera, pero es logísticamente complejo y sobrepasa el alcance que se había marcado como objetivo, por lo que es un UGV de difícil implementación, al menos en el corto-medio plazo.

Palabras clave

Reconocimiento, táctica, exploradores, supervivencia, UGV.



ABSTRACT

The final project "Introduction of UGV funds in cavalry units" aims to investigate the operational capabilities that an unmanned land vehicle can offer small cavalry units, especially section and squadron units, in order to fill some of the gaps that they currently have in the performance of their duties to have . The study is carried out because the Army is immersed in a technological modernization under the Force 35, the aim of which is to implement new technologically advanced means.

As this is a pioneering technology, the risks involved in using these vehicles, the errors that may occur during their use and possible properties that they might have in order to perform their tasks in a satisfactory manner are examined. All of this is done with the support of QFD tools and qualitative risk analysis. Likewise, possible tactical uses of these vehicles are suggested and their organic dependency is determined in order to achieve their most effective use. Interviews, surveys, documentation and case studies are used extensively for this, as UGV is an emerging technology and experiments are not possible. However, it was possible to analyze the existing UGV prototype in the RC Farnesio 12 and to filter out its advantages and disadvantages

The results of the study are satisfactory from an operational point of view. In certain situations, the use of a UGV can increase the survival of the explorers and improve the reconnaissance tasks. Although the examined prototype has some shortcomings, for example its autonomy, it can at least in the short term satisfactorily perform the tasks placed on this type of vehicle. The UGV THeMIS is now a vehicle that can perform its tasks in the same or better way, but is logistically complex and goes beyond the set target scope, so that a UGV at least in the short-term - medium-term.

KEYWORDS

Reconnaissance, tactics, scout, survival, UGV.



ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	<i>I</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>III</i>
<i>Palabras clave</i>	<i>III</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>IV</i>
KEYWORDS	IV
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>VIII</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>IX</i>
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	<i>X</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1 Antecedentes de la situación	1
1.2 Razones que justifican el proyecto.....	2
1.2.1 Los UGV tras los pasos de los UAV	2
1.2.2 Los UGV como pilar de la fuerza 35.....	2
1.3 Estructura 3	
<i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	<i>4</i>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	4
2.2 METODOLOGÍA 5	
<i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i>	<i>6</i>
3.1 Concepto 6	
3.2 Historia 6	
3.3 Diseño 7	
3.4 Tipos y misiones de los UGV	8



3.4.1	Misión EOD	8
3.4.2	Misión NRBQ.....	9
3.4.3	Misión AT-RECON.....	9
3.4.4	Misión de combate	10
3.5	Empleo táctico de los UGV	10
3.5.1	Movilidad táctica.....	10
3.5.2	Sigilo.....	11
3.5.3	Economía de medios.....	11
3.5.4	Integración del UGV	11
3.6	Prototipos y programas	14
3.6.1	Programa iMUGS.....	14
3.6.2	UGS de la PESCO	15
3.6.3	UGV THeMIS de Milrem Robotics	15
3.6.4	Programa Escorpión	16
4	DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	18
4.1	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	18
4.2	ANÁLISIS DAFO	18
4.3	PROTOTIPO RC FARNESIO 12	18
4.3.1	Análisis técnico.....	19
4.3.2	Análisis táctico	20
4.4	ANÁLISIS DE RIESGOS	22
4.5	GESTIÓN DE LA CALIDAD.....	23
4.5.1	AMFE.....	23
4.5.2	QFD	23
4.6	Integración del UGV.....	24



4.6.1	Propuesta empleo táctico	25
4.6.2	Dependencia orgánica	30
5	CONCLUSIONES	32
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
	ANEXOS	34
	ANEXO A. ACTA CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO. (PROJECT CHARTER)	34
	ANEXO B. ALCANCE DEL PRODUCTO Y DEL PROYECTO	36
	ANEXO C. MOVILIDAD TÁCTICA, SIGILO Y ECONOMÍA DE MEDIOS POR DENTE Y LEE (2020)	38
	ANEXO D. PROGRAMA IMUGS	40
	ANEXO E. THEMIS DE MILREM ROBOTICS	41
	ANEXO F. ESTRUCTURA DE DESGLOSE DEL TRABAJO	46
	ANEXO G. ANÁLISIS DE PERT	47
	ANEXO H. DIAGRAMA DE GANTT	49
	ANEXO I. PROTOTIPO RC FARNESIO 12	50
	ANEXO J. ANÁLISIS DE RIESGOS	52
	ANEXO K. AMFE	53
	ANEXO L. QFD	54
	ANEXO M. ENCUESTA PERSONAL RC FARNESIO 12	55
	ANEXO N. ENTREVISTA JEFE SECCIÓN	58
	ANEXO O. ENTREVISTA JEFE DE GRUPO	59



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reconocimiento de zona con UGV.....	13
Figura 2. THeMIS de Milrem Robotics con su configuración Cargo.....	14
Figura 3. Análisis DAFO.....	18
Figura 4. Prototipo UGV en su caja de transporte.....	19
Figura 5. Imagen más detallada del prototipo.....	19
Figura 6. Matriz de riesgos.....	22
Figura 7. Partes que componen la casa de la calidad.....	23
Figura 8. UGVs de Rheinmetall. A la izquierda el XT y a la derecha el ST.....	24
Figura 9. Sondeo sin empleo de UGV.....	26
Figura 10. Sondeo con empleo de UGV.....	27
Figura 11. Reconocimiento de punto concreto (puente) con UGV.....	27
Figura 12. Avance por ZURB calle ancha (1) y calle estrecha (2).....	28
Figura 13. Avance ZURB con UGV.....	29
Figura 14. Establecimiento de CP sección/patrulla.....	30
Figura 15. Organización Grupo Santiago I/12.....	30
Figura 16. Organización EPLMS del Grupo Santiago I/12.....	31
Figura 17. Posible organización de la sección de mando y transmisiones dotada de medios UGV.....	31



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de UGV	8
Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del prototipo RC Farnesio 12	21
Tabla 3. Acta constitución del proyecto	34
Tabla 4. Alcance del proyecto	36
Tabla 5. Análisis de PERT	47
Tabla 6. Análisis Modal de Fallos y Efectos.....	53



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos

AT-RECON: Aerial and Terrestrial Reconnaissance

BRIEX: Brigada Experimental

C/C: Contra carro

COIN: Contra insurgente

CP: Checkpoint

DAFO: Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades

DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency

DGAM: Dirección General de Armamento y Material

EDIDP: European Defence Industrial Development Programme

EDT: Estructura de Desglose de Trabajo

EEUU: Estados Unidos

ELAC: Escuadrón Ligero Acorazado

EOD: Explosive Ordnance Depot

EPLMS: Escuadrón de Plana Mayor y Servicios

ET: Ejército de Tierra

ETP: Equipo Tiradores de Precisión

FLOR: Forward Line of Robots

FLOT: Forward Line of Own Troops

FLUA: Forward Line of Unmanned Aerial vehicles

FWD: Forward

GT: Grupo Táctico

HDR: High Dynamic Range

IA: Inteligencia Artificial

IED: Improvised Explosive Device



IMUGS: integrated Modular Unmanned Ground System

IPB: Intelligence Preparation of the Battlefield

ISR: Intelligence, Surveillance, Reconnaissance

JEME: Jefe Estado Mayor del Ejército

LD: Line of Departure

MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina

MFV: Manned Fighting Vehicle

NPR: Número Prioridad de Riesgo

NRBQ: Nuclear, Radiológico, Biológico y Químico.

OTAN: Organización del Tratado Atlántico Norte

PESCO: Permanent Structured Cooperation

PEXT: Prácticas Externas

PL: Phase Line

PLMM: Plana Mayor de Mando

QFD: Quality Function Deployment

RC: Regimiento de Caballería

RCV: Robotic Combat Vehicle

RWS: Remote Weapon System

SDG PLATIN: Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación

TTP: Técnicas, Tácticas, Procedimientos

UAS: Unmanned Aerial System

UAV: Unmanned Aerial Vehicle

UE: Unión Europea

UGV: Unmanned Ground Vehicle

URSS: Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

VEC: Vehículo de Exploración de Caballería

VPN: Virtual Private Network



ZO: Zona Operaciones

ZURB: Zona Urbana





1 INTRODUCCIÓN

La siguiente memoria presenta los resultados del trabajo final del grado de Ingeniería en Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar. Su título es “Implementación de medios *Unmanned Ground Vehicles* (UGV) en unidades de caballería” y a continuación se presenta la estructura del trabajo, los antecedentes de la situación y las razones que motivan a la realización del proyecto.

1.1 ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN

A lo largo de las últimas décadas, el desarrollo de la tecnología ha permitido que el ser humano haya sido capaz de automatizar y robotizar pequeños procesos y tareas que requieren de una mínima inteligencia artificial para la toma de decisiones. Asimismo, ha ido profundizando en el desarrollo de sistemas dirigidos remotamente. De esta manera, la sociedad, con el paso de los años, se va a ir dirigiendo hacia un entorno en el que la máquina pueda sustituir al ser humano en la mayoría de sus actividades con el fin de liberarle de una importante carga de trabajo y facilitarle la vida. Obviamente es un horizonte muy lejano, pero hoy en día numerosos proyectos van dirigidos hacia esa dirección.

A modo de ejemplo se tienen a los vehículos autónomos de Tesla los cuales son capaces de circular por una carretera sin necesidad de que el conductor intervenga. También se puede acudir a la empresa Boston Dynamics¹ para ver sus desarrollos en robots que son capaces de realizar tareas que requieren de una inteligencia artificial sofisticada. Por último, y más relacionado con el ámbito de aplicación de este trabajo, se tienen a los drones o *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV).

Visto estos ejemplos, es evidente que los esfuerzos durante las siguientes décadas van a estar dirigidos a profundizar en la inteligencia artificial para lograr que su comportamiento y toma de decisiones se asemeje lo máximo posible a la del ser humano. Por el momento, el mundo civil ha encabezado y ha logrado los mayores avances en esta materia por lo que el mundo militar ha centrado sus miradas en él para lograr implementarlos en el sector de la defensa.

En este trabajo se va a tratar la implementación de vehículos terrestres no tripulados en las unidades de caballería. Así como en unidades de otra especialidad, los vehículos son un complemento que ayudan a desarrollar sus cometidos principales, en las de caballería es el aspecto fundamental ya que es el medio que se emplea exclusivamente para desarrollarlos. Por consiguiente, la caballería necesita investigar y desarrollar en materia de vehículos de combate y reconocimiento en busca de evoluciones que les permitan combatir de una manera más efectiva y lograr una ventaja competitiva con respecto a sus enemigos.

Una parte clave de este trabajo va a ser analizar los prototipos existentes en el Regimiento Caballería (RC) Farnesio 12 y UGV existentes en el mercado de tal forma que se puedan analizar unos que ayuden a mejorar las capacidades de las unidades de caballería. Asimismo, se definirá la dependencia orgánica de estos medios con la finalidad de conseguir la máxima efectividad a la hora de emplearlos.

¹ Empresa fundada en 1992 por el ingeniero Marc Raibert. Su misión es imaginar y crear robots excepcionales para enriquecer la vida de la gente.



1.2 RAZONES QUE JUSTIFICAN EL PROYECTO

1.2.1 Los UGV tras los pasos de los UAV

Como se ha comentado anteriormente, se han realizado grandes desarrollos en materia de UAV por lo que se están comenzando a centrar los esfuerzos en los UGV.

Visto los éxitos cosechados con los UAV, como por ejemplo en el conflicto de Nagorno-Karabaj² en el cual salió victoriosa Azerbaiyán en detrimento de Armenia, es evidente que hay que hacer lo propio con los vehículos terrestres. Sin embargo, es muy probable que el desarrollo de éstos sea más costoso y requiera de una mayor I+D en comparación a los UAV.

Esto se explica debido a que en un ambiente terrestre pueden surgir más imprevistos que causen una mayor fricción en la conducción de una operación. Asimismo, en este tipo de ambiente están presentes más variables que pueden definir un conflicto y es el lugar más influyente en una guerra. Por lo tanto, en el terreno existe una mayor toma de decisiones que pueden ser definitivas en la resolución de un conflicto en comparación a lo que puede suceder en el espacio aéreo.

1.2.2 Los UGV como pilar de la fuerza 35

Además de lo expuesto anteriormente, los medios UGV adquieren especial relevancia en la visión que tiene el JEME del Ejército de Tierra a través de la Fuerza 35. A pesar de que no se nombran explícitamente, sí que se definen varios conceptos a la hora de explicar la Fuerza 35 que están íntimamente relacionados con estos medios.

En primer lugar, la tecnología y la innovación están presentes en la futura Fuerza 35. Además, la Inteligencia Artificial adquiere el papel de tecnología crítica y se piensa que quien la desarrolle de una manera más efectiva obtendrá una ventaja competitiva tanto en el campo de batalla como en el mercado mundial. Los UGVs son sinónimos de tecnología e innovación y quien consiga una mejor implementación y desarrollo de éstos logrará una importante ventaja competitiva, como sucede hoy en día con los UAV.

En segundo lugar, uno de los objetivos de la Fuerza 35 es mantener la interoperabilidad con los países de la Alianza. Este punto es bastante importante, puesto que ya hay países aliados que han comenzado a realizar pruebas con medios UGV o a adquirirlos. A modo de ejemplo, el ejército francés ya está probando el empleo de UGVs en Malí y la empresa Rheinmetall hará una entrega de UGVs al ejército británico. Por este motivo, si no se opta por asignar esfuerzos a la implementación de estos medios, es muy probable que la interoperabilidad se vea perjudicada en las próximas décadas.

En tercer lugar, con la Fuerza 35 se busca poder operar en cualquier parte del espectro del conflicto, desde el apoyo a autoridades civiles hasta el combate generalizado, y este requisito puede ser cumplido por los UGV. Por último, se busca una reducción del personal a través de la tecnología por lo que este tipo de vehículos terrestres facilitan el alcance de esta meta.

En conclusión, el sector civil está enfocándose hacia un futuro robotizado autónomo en el que, entre otros aparatos, los vehículos van a ser un foco de desarrollo. Esto, irremediablemente, va a ser aprovechado por ejércitos de varios países para implementar UGVs en sus unidades.

Además, se tienen a los UAV como antecedente para creer que se pueden lograr los mismos desarrollos en materia UGV y las características de éstos son inherentes, en gran parte, a las de la Fuerza 35 que define el JEME. Por lo tanto, los UGV han de estar presentes en ella y para ello es necesario

² En el artículo *Guerra de drones en el Cáucaso Sur: lecciones aprendidas de Nagorno Karabaj* de (Marín, 2021), se puede leer acerca de las lecciones aprendidas de este conflicto en materia de UAV.



asignar esfuerzos en investigación, desarrollo e implementación de vehículos terrestres no tripulados en unidades de caballería.

1.3 ESTRUCTURA

El trabajo consta de las siguientes partes:

- **Objetivos y metodología.** En este apartado se explica el objetivo general del trabajo y también los específicos. Además, se explican los requisitos necesarios a cumplir por los medios UGV a fin de dotar a las unidades de caballería de mayores capacidades. Por último, se explica la metodología a seguir para realizar el trabajo.
- **Antecedentes y estado del arte.** En primer lugar, se recopila información acerca de los tipos de UGV existentes, las misiones que pueden realizar y se extrae de un artículo un posible empleo táctico. En segundo lugar, se mencionan los programas que se están llevando a cabo en materia UGV dentro del marco europeo y dentro del ET. Por último, se analiza el UGV de Milrem Robotics que sirve como base en los programas mencionados anteriormente.
- **Desarrollo.** Es la parte más extensa del trabajo. Se divide en los siguientes subapartados:
 - Análisis prototipos del RC Farnesio 12: el objetivo en este subapartado es realizar un análisis de los dos prototipos de UGV que existen en el RC Farnesio 12. A través de un pequeño análisis técnico y entrevistas sobre su empleo se pueden comprobar las capacidades que ofrecen, observar carencias o problemas que puedan poseer para, finalmente, saber los puntos fuertes y débiles de estos prototipos.
 - Planificación del tiempo: establecer hitos y definir actividades a realizar en un horizonte de tiempo determinado a fin de obtener un estudio ordenado y saber la duración total.
 - Riesgos del proyecto: determinar los riesgos que pueden surgir de una futura implementación de estos medios en las unidades de caballería.
 - Gestión de la calidad: realización de un AMFE para detectar fallos de los prototipos del RC Farnesio 12 y empleo del QFD para obtener un posible UGV que cumpla con los requerimientos necesarios para las unidades de caballería.
 - Integración de los medios UGV en unidades de caballería: la finalidad de este apartado es determinar la dependencia orgánica de estos vehículos para alcanzar el máximo de efectividad y proponer posibles empleos tácticos del UGV.
- **Conclusiones.** En este apartado, se decidirá si los UGV cumplen el objetivo marcado una vez realizados los estudios y análisis expuestos anteriormente y líneas de acción futuras que puede adoptar el ET.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este proyecto es estudiar una mejora de las capacidades operativas de las pequeñas unidades de caballería a través de los medios UGV. Para ello, es necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Detectar carencias de las unidades de caballería al realizar sus cometidos.
- Estudiar los tipos de vehículos terrestres no tripulados existentes para ver cuál se adapta mejor a las unidades de caballería.
- Definir correctamente el alcance, sin objetivos exageradamente ambiciosos e irreales.
- Tener clara la dependencia orgánica de los UGV en las unidades de caballería.
- Determinar un posible empleo táctico en tareas de reconocimiento y seguridad.
- Analizar los prototipos del RC Farnesio 12 y extraer conclusiones.
- Detectar posibles riesgos que pueden surgir de una futura implementación de este tipo de vehículos en las unidades de caballería.

El alcance del producto y del proyecto viene definido en la tabla número 3 presente en el Anexo C. No obstante, se procede a detallar el alcance del producto.

Durante las últimas décadas, la tecnología ha protagonizado un papel muy importante en los conflictos y éstos, a su vez, han ido evolucionando en comparación a lo que se conocía hace 40 o 50 años.

De este modo, el combate insurgente ha ganado protagonismo así como las zonas urbanas (ZURB), que pasan a ser el campo de batalla por excelencia. En consecuencia, la caballería ha tenido que adaptarse a este cambio y desarrollar cometidos que hasta hace dos o tres décadas eran impensables que los realizarán. Por ejemplo, patrullas, escolta de convoyes, reconocimientos de puntos o *checkpoints* (CP) en detrimento de las operaciones de retardo, combates de encuentro o avances para el contacto típicos del combate convencional.

El principal requisito que debería cumplir un UGV es ser capaz de establecer el primer contacto con el enemigo con la finalidad de evitar exponer al soldado a esta situación de alto riesgo. Para ello, deberá poder ser operado a vanguardia desde el interior del carro sin problemas de interferencias de señal.

La gran carencia que poseen actualmente las unidades de caballería es su empleo en ZURB. Los problemas a los que se enfrentan los vehículos son diversos:

- Dimensiones de los vehículos: el tamaño de los vehículos de caballería provoca que en diversas ocasiones no puedan ser empleados en toda la extensión de la ZURB ya que en un casco histórico o calles estrechas no pueden maniobrar. Asimismo, la adquisición de objetivos puede ser compleja o nula.
- Escasos exploradores: las unidades de caballería no tienen suficiente entidad para realizar reconocimientos a pie y proteger el avance de los vehículos.
- Gran calibre de los cañones: a la hora de hacer fuego se crean condiciones de escasa visibilidad durante unos segundos a causa del polvo en suspensión y escombros que se elevan del suelo.

El empleo de UGVs puede poner remedio a esta carencia. Para ello, debería cumplir los siguientes



requisitos:

- Pequeñas dimensiones: así se pueden adentrar en calles estrechas donde no pueden los vehículos tripulados.
- Cámaras *High Dynamic Range* (HDR) y térmicas: indispensable para poder efectuar reconocimientos incluso en momentos de escasa visibilidad
- Sistema de armas: proporcionar protección al propio UGV y también a los exploradores.

2.2 METODOLOGÍA

El análisis de este trabajo estará enfocado en gran medida en el aspecto táctico, aunque también se analizará el aspecto técnico. La metodología empleada para desarrollarlo será un método mixto.

Por una parte, como método cualitativo se empleará la revisión documental a través de la lectura de manuales y artículos de revistas. De esta forma se pretenden obtener las debilidades de las unidades de caballería y conocer las características de los UGV. Además, las entrevistas, la observación y el estudio de casos serán importantes en el desarrollo del trabajo para poder concluir si esta clase de vehículos pueden cumplir con el objetivo propuesto para este trabajo. Por último, también se realizará una lista de registro de riesgos para identificar, priorizar y proponer planes de respuesta a los riesgos que pueden amenazar al correcto empleo táctico del vehículo.

Por otra parte como método cuantitativo se realizarán encuestas para, posteriormente, efectuar un *Quality Functional Deployment* (QFD) a través de la casa de la calidad. Éste ayudará a determinar las características y exigencias que podría poseer un futuro UGV en las unidades de caballería para suplir las carencias tácticas que poseen éstas. Además, se empleará la herramienta de análisis modal de fallos y efectos (AMFE) con la finalidad de identificar los fallos del prototipo existente en el RC Farnesio 12 y adoptar posibles acciones correctoras. Asimismo, servirá para anticiparse a los fallos que puedan surgir de un futuro UGV.



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

A continuación se va a explicar qué son los UGV a fin de que se tenga una idea clara del tipo de vehículo sobre el cual se va a centrar este trabajo. Además, se van a explicar los tipos existentes y las misiones que son capaces de realizar.

Seguidamente, se va a proceder a explicar un artículo de la revista ARMOR que trata sobre el empleo táctico de los medios UGV en un horizonte temporal de medio-largo plazo. Para finalizar, se van a repasar los programas que están llevando a cabo la Unión Europea y el Ejército de Tierra sobre estos vehículos. Junto a estos programas, se va a proceder a mencionar el vehículo base con el que se están realizando pruebas e investigaciones y que podría resultar de gran utilidad a las unidades de caballería dentro del marco de la Fuerza 35.

3.1 Concepto

Para tener una idea clara de lo que es un UGV se puede hacer uso de la definición empleada por Jesús Pareja Estalrich (2014, p. 12) en su trabajo final de grado:

“Los vehículos no tripulados son un tipo de vehículos los cuales están diseñados para poder desplazarse y moverse, sin necesidad, como su propio nombre indica, de llevar tripulación a bordo. Para conseguir esto, es necesario dotar a este tipo de vehículos de distintas tecnología y dispositivos que doten al mismo de la autonomía necesaria”.

El objetivo que se persigue con él es evitar exponer al ser humano a acciones peligrosas las cuales pueden ser desarrolladas por una máquina con la misma eficacia. Para realizarlas, el UGV cuenta con una serie de sensores que le permiten observar el entorno y tomar decisiones de forma autónoma a través de su Inteligencia Artificial (IA) o transmitir esta información al operador que lo está controlando a distancia.

3.2 Historia

Del mismo modo Pareja (2014, p. 12) explica el origen del UGV y los pequeños avances que se han ido logrando desde los años 30:

Uno de los orígenes del uso de los UGV fue en el año 1930, en el que la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas (URSS) empezó a utilizar un UGV el cual llamaron Teletanks, el cual era un pequeño tanque que solía ser manejado por control remoto desde un tanque convencional.

Su función era transportar la munición dentro del campo de batalla sin que los soldados estuviesen en peligro. Fueron utilizados en la Guerra de Invierno contra Finlandia y en el inicio del Frente del Este después de que Alemania invadiese la Unión Soviética en 1941.

También, en 1941, durante la Segunda Guerra Mundial, los británicos desarrollaron una versión de radio control de su tanque de infantería llamado Matilda II, con la finalidad de conseguir destapar la localización de los cañones antitanques del enemigo que estaban ocultos intentando reducir al máximo el número de bajas. Finalmente este proyecto no se llegó a desarrollar debido a la fuerte inversión económica que requería.

Por último, en 1942, los alemanes comenzaron a utilizar un vehículo oruga denominado Goliath, y cuya finalidad era la de llevar a cabo trabajos de demolición a distancia. El vehículo contaba con una carga a bordo de 60 kg de explosivo y era controlado a través de un cable. El vehículo no tuvo un gran éxito debido a sus limitaciones como la dependencia de un cable físico, la escasa protección contra el fuego enemigo y su baja velocidad de desplazamiento.

Sin embargo, el primer gran desarrollo que se logró fue el denominado Shakey el cual se creó en la



década de 1960 como un estudio de investigación para la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA)³.

Este robot contaba con una plataforma con ruedas que tenía una cámara de televisión, sensores y una computadora que ayudaba a las tareas de navegación. Más adelante, DARPA desarrolló más robots de tierra autónomos y semiautónomos junto con el Ejército de los EE.UU.

De esta forma, consiguieron demostrar el vehículo terrestre autónomo, el primer UGV capaz de navegar de forma autónoma dentro y fuera de las carreteras a una velocidad nada desdeñable. A día de hoy, Rusia y China son los que encabezan el desarrollo de vehículos terrestres no tripulados.

3.3 Diseño

En general, los vehículos terrestres no tripulados están formados por los siguientes componentes:

- **Plataforma:** en función de la aplicación final del UGV esta parte adoptará una forma u otra. En muchas ocasiones su diseño es el de un vehículo todoterreno, en especial si el ámbito de aplicación es militar. La plataforma incluye el aparato de locomoción, los sensores y la fuente de energía. El primero de ellos puede adoptar la forma de orugas, ruedas o incluso patas. Las más comunes suelen ser las dos primeras.
- **Sensores:** son una parte fundamental del UGV. Gracias a ellos pueden navegar y detectar el entorno, es decir, son los instrumentos que utiliza el vehículo para llevar a cabo sus funciones. Por citar algunos ejemplos, se incluirían brújulas, odómetros, giróscopos, cámaras, ultrasonidos y tecnología infrarroja.
- **Sistemas de control:** como su propio nombre indica, esta parte determina el procedimiento que utiliza el UGV para ser dirigido. En este punto se encuentra la diferencia principal entre los vehículos terrestres no tripulados.

Sistema de control remoto

Por una parte se tienen a los UGV operados remotamente. Esto significa que es operado a distancia por un humano a través de una interfaz de guiado, la cual se tratará en el siguiente punto. En el ser humano basa sus acciones gracias a sus sensores a la hora de dirigir el aparato.

Sistema de control autónomo

Por otra parte, se tienen a los UGV completamente autónomos. En esta ocasión, el vehículo no tiene la necesidad de ser operado por un ser humano ya que gracias a su inteligencia artificial puede desarrollar sus funciones por sí mismo. Nuevamente, el UGV hace uso de sus sensores para comprender el entorno y, a través de algoritmos de control, determina la acción a desarrollar.

El gran desafío que se presenta con los vehículos completamente autónomos es a la hora de discernir entre combatientes y civiles. Por el momento, no se posee una IA con el 100% de efectividad en este aspecto por lo que su empleo en zona de operaciones, y más teniendo en cuenta que actualmente las ZURB son las áreas más importantes, podría ser catastrófico.

- **Interfaces de guiado:** según el sistema de control del UGV, se pueden utilizar diversas herramientas a la hora de dirigir el vehículo. Pueden ser palancas de mando tradicionales, programas de computadora, comandos de voz o un aparato radio control.

³ Agencia del departamento de Defensa de EEUU fundada el 7 de Febrero de 1958 por Dwight D. Eisenhower. Es la responsable del desarrollo de nuevas tecnologías para uso militar.



- **Enlaces de comunicación:** se refiere a la comunicación que existe entre la estación de control y el UGV. Generalmente, se utiliza la radiofrecuencia o la fibra óptica.
- **Integración de sistemas:** como cualquier máquina del mundo, necesita de una buena arquitectura de sistemas para lograr una buena interacción entre el hardware y el software.

3.4 Tipos y misiones de los UGV

En un artículo escrito por Ángel Alejandro Gómez y publicado en el Boletín de Observación Tecnológica nº60 se hace una clasificación de los tipos de UGVs en función de su tamaño (*Ver Tabla 1*) y se hablan sobre las misiones que llevan a cabo los UGVs ligeros.

Tabla 1. Tipos de UGV

Tipo UGV	Peso	Características
Mini	<10kg	Sin brazo robótico. Para misiones de reconocimiento. No necesitan transporte especial.
Ligero	<50kg	Dispone de brazo robótico con capacidad de carga de hasta 10kg. Misiones de reconocimiento, EOD, NRBQ y de combate. No necesitan transporte especial.
Mediano	<150kg	Dispone de brazo robótico con capacidad de carga de hasta 20kg. Misiones de EOD y NRBQ y de combate. Necesitan transporte mediano adaptado.
Pesado	>400kg	Dispone de brazo robótico con capacidad de carga superior a 100kg. Misiones EOD y NRBQ y de combate. Necesitan un transporte especial propio.

(Alejandre, 2019) menciona que existen vehículos tripulados que han sido robotizados, por lo que se pueden encontrar UGVs con un peso superior a los 2.000kg. Asimismo, se centra en hablar de los UGVs ligeros ya que son los que están más extendidos en el entorno militar. A modo de ejemplo, muestra el Packbot de Estados Unidos (EEUU) y el Talon Sword de Reino Unido, ambos basados en tracción por orugas a fin de poder subir escaleras, sortear obstáculos o moverse por zonas no estructuradas.

Resulta interesante saber las misiones que es capaz de realizar un UGV ligero, puesto que se pueden extrapolar a un UGV mediano o pesado. De hecho, el tamaño es un aspecto muy restrictivo, por lo que todo lo se pueda realizar en un vehículo pequeño podrá lograrse o mejorarse en uno de mayores dimensiones.

Los principales países del mundo poseen UGVs ligeros para apoyar sus capacidades operativas. Alejandre (2019) destaca las principales misiones que llevan a cabo estos pequeños vehículos y son las siguientes: misión Explosive Ordnance Depot (EOD), misión Nuclear Radiológica Biológica Química (NRBQ), misión Aerial and Terrestrial Reconnaissance (AT-RECON) y misión de combate.

3.4.1 Misión EOD

Alejandre (2019) recuerda que la principal aplicación para la cual fueron diseñados los UGV es la desactivación de explosivos con la finalidad de alejar del peligro al operador que debe desactivar el artefacto. Existen diversas maneras de desactivarlo a través de este tipo de vehículos.

En primer lugar, se puede utilizar un cañón disruptor que dispare una munición de agua sobre el artefacto. Va montado sobre el brazo robótico para apuntar sin problemas hacia el explosivo, de tal forma



que se deshace sin provocar su detonación.

En segundo lugar, el UGV puede transportar en su pinza una carga que puede colocar sobre el artefacto. Acto seguido, el robot se aleja y se detona la carga por lo que el artefacto queda destruido.

En tercer lugar, el UGV puede hacer uso de su brazo robótico para coger la carga explosiva y transportarla hacia un lugar seguro para poder detonarla de una forma controlada.

Cabe destacar que estas operaciones son realizadas por vehículos no tripulados dirigidos remotamente por un especialista, puesto que son operaciones de alto riesgo y realizarlas con un vehículo completamente autónomo podría derivar en situaciones peligrosas. Por ejemplo, si un robot autónomo pierde el control mientras transporta una carga en su pinza puede causar bajas propias o civiles.

3.4.2 Misión NRBQ

Otra de las misiones para las que fueron ideados los UGV fue para detectar un ambiente NRBQ sin necesidad de exponer al ser humano y que pueda contaminarse. Para que el vehículo pueda llevar a cabo esta operación, la plataforma debe disponer de dos características específicas:

Nivel de protección ambiental IP66

Este requisito significa que ha de tener una protección completa contra el polvo y contra un chorro de agua a presión.

El primero es necesario para evitar que los contaminantes entren en contacto con el robot, lo que supondría no poder reutilizarlo. El segundo es necesario para que pueda soportar el principal método de descontaminación el cual consiste en el lavado con agua y otros agentes a presión.

Sin embargo, este último requisito es difícil de implementar en un UGV ligero debido a las muchas articulaciones, pasos de cableado, etc., que posee el vehículo. Cumplir con esta característica y, a la vez, conservar el carácter ligero del UGV implica un alto coste de desarrollo por lo que es más común gozar de este aspecto en los medianos o pesados.

Integración de sensores NRBQ

Es un requisito fundamental para tomar mediciones de una área contaminada en zona de operaciones. Para ello, se utilizan sensores de mano con conexión de datos que son leídos por el robot y transmitidos a la unidad de control. Los más usados son los químicos y bacteriológicos ya que los biológicos son muy aparatosos y pesados y tienden a no ser empleados en los UGVs.

3.4.3 Misión AT-RECON

Estas siglas significan Aerial and Terrestrial Reconnaissance y es un término que trata de unir las misiones de reconocimiento con medios aéreos y terrestres. Una de las principales funciones del UGV, y más en las unidades de caballería, es la del reconocimiento. Esto es debido a que el vehículo puede transportar cámaras que permiten al operador observar el entorno. Sin embargo, esta capacidad se ve reducida en el UGV al tener un limitado alcance y desplazamiento. Es por ello que se suelen emplear en mayor medida los medios UAV.

La clave de la cuestión con las misiones AT-RECON es que se logran integrar ambas capacidades: las del UGV ligero y las del UAV ligero. De esta manera, la unidad de control del UGV puede incorporar la información captada por el UAV con lo que el operador tiene una mejor percepción de la situación.

Además, se consigue una mejor destreza al manejar el UGV ya que dispone de capacidades aéreas para reconocer el terreno y la imagen en tiempo real del UGV. Por si fuera poco, este tipo de misión aporta más autonomía a la tarea de reconocimiento. A pesar de que un dron ligero dispone de escasa autonomía (alrededor de 30 minutos), puede cambiar su batería en el punto de control mientras el UGV



continúa ejecutando la misión.

3.4.4 Misión de combate

Aunque el propósito de los UGVs ha sido el de combatir, no ha sido hasta en fechas recientes que se ha logrado una tecnología suficientemente madura como para incorporar sistemas de armas de combate en estos vehículos. De hecho, generalmente estos sistemas de armas son equipados en vehículos medianos y pesados ya que pueden soportar unos de mayor peso. Aún así, los ligeros pueden portar armas de dos maneras:

1. Diseñando un UGV a medida de un sistema de armas motorizado y sensorizado que le permita realizar el apuntamiento. Se consigue aumentar el tamaño del arma a transportar, pero como la plataforma es a medida de este sistema de armas, el UGV no puede desempeñar otras funciones y sólo es apta para combatir.
2. Incorporando al brazo robótico manipulador un arma similar al que pueda llevar un soldado. Esto junto a miras láser de alta potencia y módulos de visión avanzados permiten realizar apuntamientos muy precisos. La ventaja respecto al caso anterior es que sí puede realizar otras misiones ya que sólo sería necesario cambiar el accesorio que transporta en el brazo robótico.

Para finalizar este apartado, se concluye que los UGVs ligeros son los más extendidos y desarrollados en el entorno militar. Además, las misiones más comunes que realizan son la de desactivación EOD y NRBQ. Sin ir más lejos, el Ejército de Tierra está dotado del robot tEODor y de su complemento iRobot Packbot 510 para desactivación de explosivos.

En cuanto a misiones de combate, se puede observar que se han logrado incorporar sistemas de armas a los UGVs ligeros. Aunque su empleo táctico puede ser muy reducido y no muy útil en las unidades de caballería, es un avance a tener muy en cuenta ya que ofrece una buena línea de partida para incorporar estos sistemas en vehículos de mayores dimensiones donde sí les pueden resultar efectivos a la caballería.

3.5 Empleo táctico de los UGV

En el Memorial de Caballería nº90 de Diciembre de 2020, se publica un artículo de la revista ARMOR escrito por el coronel Frederik Dente y el capitán Timothy Lee, ambos pertenecientes al ejército estadounidense.

Resulta un artículo bastante interesante ya que habla sobre la llegada de los vehículos robotizados al campo de batalla y la manera en que las unidades de caballería van a tener que cambiar su doctrina y procedimientos a la hora de realizar tareas de reconocimiento.

Dente y Lee (2020) tratan aspectos intrínsecos de la caballería como la movilidad táctica, el sigilo y la economía de medios, todos ellos detallados en el Anexo C. Finalmente, explican cómo se verán afectados todos ellos con la llegada de estos vehículos una vez se lleve a cabo la integración del UGV.

3.5.1 Movilidad táctica

El primer aspecto del cual hablan los dos oficiales estadounidenses es de la movilidad táctica. Argumentan que las formaciones de caballería transforman los conceptos de maniobra en verdaderas capacidades dentro del campo de batalla y gracias a ellas el ejército estadounidense puede encabezar, retener la iniciativa y crear y explotar acciones ofensivas. A través de los siglos, la caballería ha sido capaz de proporcionar estas necesidades a los mandos gracias a su poder de movilidad y reteniendo la



libertad de maniobra.

3.5.2 Sigilo

En este apartado Dente y Lee (2020) comentan que la doctrina del reconocimiento incluye la capacidad de las unidades de caballería para combatir por la información y la mejor manera de llevarlo a cabo es a través del sigilo. Indican que a través de esta técnica se logra incrementar la supervivencia de las unidades de caballería, pero que siempre hay que estar preparado para un contacto probable con el enemigo.

3.5.3 Economía de medios

En el artículo se recuerda que las unidades de caballería tratan de proteger y preservar la potencia de combate de las brigadas durante operaciones de seguridad lo cual permite al mando gozar de tiempo valiosos para saber en qué lugar concentrar sus fuerzas.

Esto proporciona a la brigada una capacidad crítica basada en un principio de guerra: la economía de medios. Esto significa emplear toda la capacidad de combate disponible de la manera más efectiva posible.

3.5.4 Integración del UGV

Finalmente, Dente y Lee (2020) teorizan cómo va a ser la integración del UGV en las unidades de caballería y en qué medida va a afectar a los principios comentados anteriormente. Aunque permitirá que los jefes se olviden de ciertas restricciones, estos vehículos ofrecerán limitaciones a las que los oficiales de caballería deberán hacer frente.

Como se ha comentado anteriormente, los oficiales de caballería se ven obligados a sacrificar el nivel de detalle recopilado del entorno operacional para maniobrar más rápidamente. La llegada de los UGVs puede solucionar este problema.

Los oficiales de caballería han estado limitados no sólo por el enemigo sino también por el terreno y el factor humano, tanto físico como mental, pero con la llegada de los UGVs se encuentra que pueden mantener un ritmo constante durante su maniobra.

Esto es debido a que los vehículos no tripulados no están limitados por la falta de sueño de los soldados o su capacidad de aguante para mantener el ritmo de avance, cosa que sí ocurre en los tripulados. Los UGVs son capaces de maniobrar a vanguardia de los vehículos tripulados para asegurar el terreno. Mientras tanto, estos vehículos y sus exploradores pueden maniobrar a retaguardia de la línea que forman los UGVs e, incluso, de los UAVs a fin de recopilar información del terreno, de la población civil o de las edificaciones.

Permitiendo que los UGVs establezcan el primer contacto con el enemigo y aseguren el terreno a vanguardia de la brigada, se consigue que los mandos puedan reducir el riesgo para las fuerzas y la propia misión.

No obstante, a pesar de que los jefes consiguen mantener su movilidad táctica, la limitación que implica la movilidad del UGV provoca que se tenga que replantear la enseñanza de la doctrina de reconocimiento a los oficiales de caballería, concretamente en la Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB).

Tradicionalmente se ha enfocado la instrucción en el IPB en cómo usar el terreno de la mejor manera posible y cómo usar las líneas de observación para mantener oculto el movimiento de las unidades montadas o desmontadas con el fin de mantener una posición de relativa ventaja.



Ahora bien, como se ha comentado, el empleo del UGV permite reducir el riesgo y tener un mejor conocimiento de la situación. Consecuentemente, el IPB pasará a centrarse en el tipo de terreno que mejor se adapta a los UGVs en lugar de a los vehículos tripulados. A esto hay que sumarle que el UGV debe operarse a una distancia a la que se pueda controlar el vehículo remotamente. Por lo tanto, será necesario un especial énfasis en el aspecto tridimensional del terreno con la finalidad de que no afecte ni a la modulación de la frecuencia a la hora de comunicarse con el UGV ni a su conectividad con respecto al vehículo que lo controla.

Finalmente, se espera que los UGVs incluyan inteligencia artificial que asista en la detección y reconocimiento de objetivos, la capacidad de misiles guiados contra carro (C/C) y que mejoren la habilidad de las unidades de caballería para combatir por la información.

Asimismo, la llegada de los UGVs va a permitir que los oficiales de caballería no empleen más el reconocimiento sigiloso, puesto que estos vehículos mitigarán el riesgo que implica exponer a los soldados ante el fuego enemigo. Además, el UGV permite, en última instancia, que el jefe del grupo de caballería goce de su propio tiempo de reacción y espacio de maniobra, por lo que el reconocimiento sigiloso pierde importancia.

En el artículo se recuerda que la doctrina norteamericana utiliza a sus exploradores ocultos a vanguardia de los vehículos para establecer el primer contacto con el enemigo. Sin embargo, la llegada de los UGVs permite establecer el primer contacto con robots.

De este modo, si se operan con esta capacidad tan agresiva, los UGVs podrán resolver la situación a través de acciones de combate y pueden suprimir o fijar al enemigo mientras los exploradores toman posiciones ventajosas que busquen llamar la atención del enemigo y eliminarlo. Además, los UGVs permiten al jefe del grupo disponer de mayor potencia de fuego, por lo que la economía de medios está garantizada para prevenir un enfrentamiento decisivo.

Sin embargo, los dos oficiales norteamericanos destacan las limitaciones de utilizar los UGVs de forma agresiva. Defienden que las capacidades futuras del UGV deben adaptarse a unos requisitos exigentes y, por lo menos, igualar a los vehículos tripulados en términos de movilidad y firma térmica.

Es posible que sea prácticamente imposible emplearlos sigilosamente a vanguardia de éstos o de los exploradores a pie. A pesar de que un UGV puede tener el mismo o menor nivel de firma térmica y acústica, se torna complicado disimular la firma física y electromagnética en comparación a un simple explorador que esté a vanguardia de su vehículo en un puesto de observación.

En consecuencia, el oficial de caballería no podrá unir los conceptos de reconocimiento y sigilo como si puede hacer hoy en día, puesto que tendrá que tener en cuenta a los UGVs. Esta situación puede provocar un impacto gigantesco debido a que si se aparca el principio del sigilo, irremediablemente se deberán emplear las unidades de caballería de una forma más agresiva y contundente. Esto implicará que se incremente el riesgo que se buscaba mitigar con los UGVs ya que se exponen a las tripulaciones a situaciones más peligrosas y de más contacto con el enemigo.

Además, la llegada de estos vehículos pueden provocar que las unidades de caballería se vean obligadas a reconsiderar sus organizaciones operativas por el hecho de que necesitarán mayor potencia de fuego para ser empleadas de este modo más agresivo.

A modo de conclusión, los oficiales norteamericanos recuerdan que en el pasado muchos ejércitos no fueron conscientes del impacto que iban a tener el telégrafo y el ferrocarril en la guerra moderna hasta que fue muy tarde.

De este modo asumen que sucederá lo mismo con los medios UGV y que frecuentemente nuestras tácticas y doctrinas están muy alejadas respecto a los avances que se logran en letalidad y movilidad. Por lo tanto, la llegada de los UGVs cambiará por completo la forma que tendrán los líderes para llevar a cabo sus operaciones de reconocimiento y seguridad.



Defienden que para ganar la siguiente gran guerra, la doctrina debe adaptarse y que no sólo se debe adaptar este nuevo sistema a las organizaciones actuales y a los modelos de adiestramiento, si no también revisar los principios doctrinales que se asumen en la táctica actual. De esta manera, se podrán aprovechar al máximo las nuevas capacidades y oportunidades que ofrecen los medios no tripulados.

Dente y Lee (2020) utilizan la *Figura 1* para mostrar de forma gráfica un empleo táctico teórico de los UGVs junto a plataformas tripuladas y UAVs.

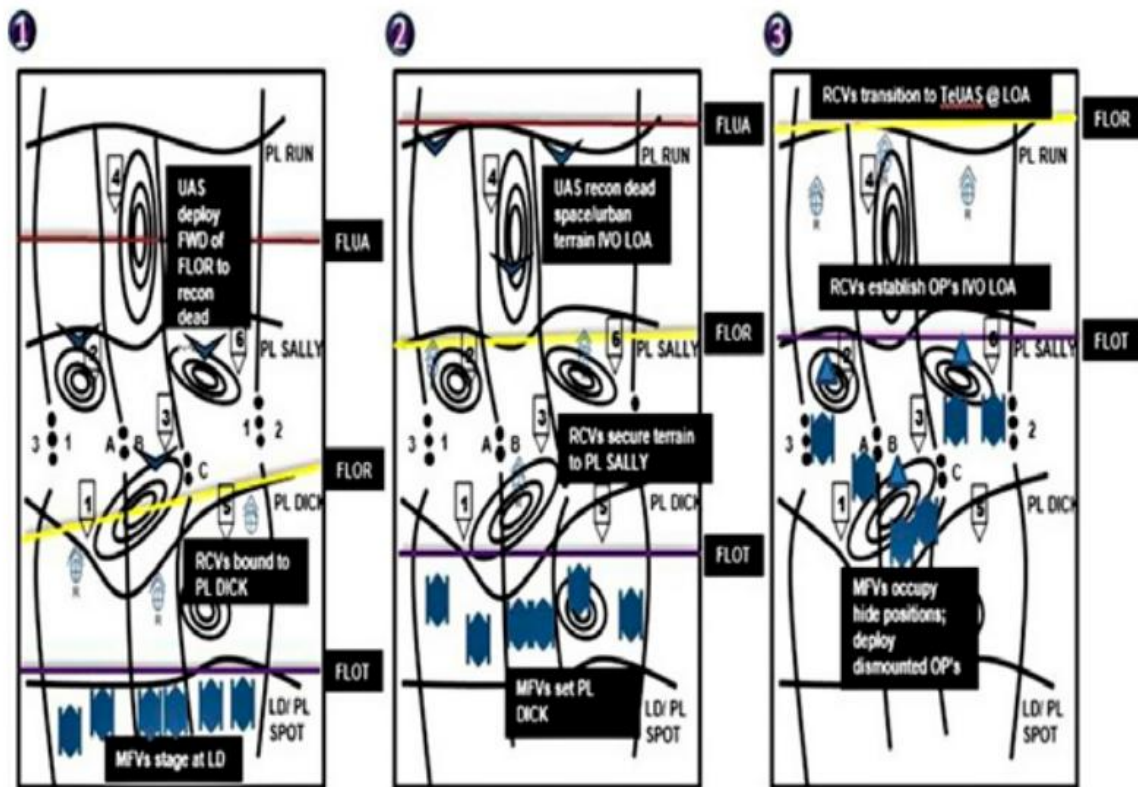


Figura 1. Reconocimiento de zona con UGV.

A fin de entender mejor la figura, se va a proceder a mostrar el significado de los acrónimos.

- **PL:** Phase Line (Línea de coordinación)
- **UAS:** Unmanned Aerial System (Sistema aéreo no tripulado)
- **FLUA:** Forward Line of Unmanned Aerial vehicles (Línea de vanguardia de UAS)
- **FWD:** Forward (Vanguardia)
- **FLOR:** Forward Line of Robots (Línea de vanguardia de robots)
- **RCV:** Robotic Combat Vehicle (Vehículo de combate robotizado)
- **FLOT:** Forward Line of Own Troops (Línea de vanguardia de las tropas propias)
- **MFV:** Manned Fighting Vehicle (Vehículo de combate tripulado)
- **LD:** Line of Departure (Línea de partida)

Las líneas de coordinación FLOT, FLOR y FLUA sirven para coordinar los avances de cada medio, MCV, RCV y UAS respectivamente. Primeramente (1), se puede observar como los UAS despliegan a vanguardia de los UGV con la finalidad de reconocer espacios muertos y áreas urbanizadas. Seguidamente (2), los UGV entran en la zona para efectuar un reconocimiento desde tierra y asegurar el terreno. Por último (3), una vez logrado esto, los vehículos tripulados tradicionales (MFV) entran y ocupan el terreno mediante puestos de observación y proceden a efectuar un reconocimiento más detallado del terreno, pudiendo desembarcar los exploradores. Mientras tanto, a vanguardia, los UAS y UGV siguen realizando las acciones comentadas anteriormente sucesivamente hasta que se alcance la línea de



máximo avance y se dé por terminado el reconocimiento de zona.

3.6 Prototipos y programas

En este apartado se van a repasar los prototipos y programas relativos a los medios UGV. Se abordará de lo general a lo particular, de tal forma que se empezará tratando el programa que está llevando a cabo la UE, en el cual participa España, y se terminará hablando del programa nacional que está llevando a cabo nuestro país. En cada uno de ellos se están estudiando diversos prototipos UGV que también serán analizados.

3.6.1 Programa iMUGS

Por una parte, dentro del marco europeo se está desarrollando el programa integrated Modular Unmanned Ground System (iMUGS), que forma parte del Programa para el Desarrollo Industrial Europeo (EDIDP)⁴ de 2019.

Se inició (EDIDP, 2019) en 2019 y se prevé que la duración del proyecto fuera de 30 meses. Durante el transcurso del programa se realizarán actividades de estudio, diseño, prototipos de sistemas y testeo.

El coste total del proyecto es de 32.595.365€, de los cuales 30.000.000 son financiados por la Comisión Europea a través de los fondos asignados a la EDIDP y los 2.595.365€ restantes son aportados por los países participantes: Estonia, Francia, Finlandia, España, Alemania y Letonia.

Son varias las empresas de cada país las que participan en este proyecto (*ver Anexo C*). Se destaca la estonia Milrem Robotics que es la coordinadora y quien encabeza el proyecto. La representación española está liderada por GMV Aerospace and Defence SAU.

El programa iMUGS consiste (EDIDP, 2019) en desarrollar una arquitectura escalable y modular para los sistemas híbridos tripulados-no tripulados con la finalidad de abordar un buen rango de misiones y permitir una sencilla actualización o modificación de los recursos y funcionalidades dentro del sistema.

Se busca estandarizar las plataformas aéreas y terrestres, equipos de comunicaciones y de mando y control, sensores, cargas útiles y algoritmos. A fin de demostrar los hallazgos del proyecto, el prototipo estará basado en un vehículo no tripulado ya existente y en una lista específica de cargas útiles. El UGV ya existente se trata del denominado THeMIS (*ver Figura 2*), de la empresa Milrem Robotics, cuyas características técnicas se pueden encontrar en el *Anexo D*.



Figura 2. THeMIS de Milrem Robotics con su configuración Cargo.

Utilizando este UGV como base para realizar investigaciones y pruebas, se persigue obtener un vehículo terrestre no tripulado robusto y modular que disponga de una solución contra la guerra electrónica. De esta manera, se pretende que los sistemas de mando, control y comunicaciones se vean

⁴ Programa industrial de la UE que apoya la competitividad y la capacidad de innovación de la industria de defensa de la Unión.



afectados lo menos posible.

También se pretende adoptar un software seguro de movilidad autónoma que permita al operador controlar de forma simultánea plataformas terrestres y aéreas. El propósito del programa iMUGS es que los países europeos puedan utilizar vehículos no tripulados para funciones logísticas e ISR, pero no se mencionan las misiones de combate. Sin embargo, el UGV THeMIS puede desempeñar funciones de combate gracias a su modularidad de componentes.

3.6.2 UGS de la PESCO

Por otra parte, siguiendo la línea de cooperación entre países europeos, la Cooperación Permanente Estructurada (PESCO)⁵ también ha iniciado un programa de investigación en materia de UGV. Estonia vuelve a ser el país coordinador del proyecto y en él participan: Bélgica, República Checa, Finlandia, Francia, Alemania, Hungría, Letonia, Países Bajos, Polonia y España.

Según la Cooperación Permanente Estructurada (PESCO) de 2020, el objetivo es desarrollar un sistema terrestre no tripulado con capacidad para trabajar en equipo no tripulado-no tripulado o no tripulado-tripulado con plataformas no tripuladas o tripuladas para proporcionar apoyo de combate y servicio de apoyo de combate a las fuerzas terrestres. La PESCO busca que el sistema cumpla los siguientes requisitos:

- Diseño modular, un UGV con capacidad multimisión en el cual puedan ser transportados una gran variedad de cargas útiles para apoyar todo tipo de misiones (transporte, apoyo de fuegos, ISR, EW). También deberá lograrse una buena integración para los sensores necesarios y el sistema de comunicaciones.
- Poseer una red de mando, control y comunicaciones que resista a la EW.
- Una función autónoma de ciberseguridad.

3.6.3 UGV THeMIS de Milrem Robotics

En este subapartado se va a proceder a repasar las características del UGV THeMIS de la empresa Milrem Robotics ya que es un vehículo adquirido por países de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y que se ha probado en operaciones. De hecho, como se verá más adelante el ET ya está realizando pruebas con él y puede ser un buen candidato para implementarlo en las unidades de caballería o, en su defecto, un vehículo de similares características.

Como bien comenta la empresa estonia Milrem Robotics, el vehículo no tripulado THeMIS ha sido probado en la Operación Barkhane de Mali y está creado para reducir el número de tropas en el campo de batalla, que es el objetivo general de todo UGV. Su arquitectura abierta, es decir, su modularidad, le permite ser configurado rápidamente para varios cometidos según la naturaleza de la misión.

Puede emplearse para funciones de transporte, estar armado, eliminar objetivos de artillería y apoyar operaciones de inteligencia. Ya son 11 países los que han adquirido este vehículo, entre los que se destacan 6 pertenecientes a la OTAN: Estonia, Alemania, Países Bajos, Noruega, Reino Unido y Estados Unidos.

El THeMIS, gracias a su arquitectura abierta, está pensado para funciones logísticas, de combate, de Intelligence Surveillance Reconnaissance (ISR) y de EOD.

- **Logísticas**

Es sabido por todos que existe una limitación física para el ser humano a la hora de acarrear el equipo de combate, por lo que en ciertos momentos el personal desembarcado puede tener dificultades a la hora de llevar el equipamiento necesario para realizar sus cometidos.

El propósito de la función de este vehículo según Milrem Robotics es reducir la carga del explorador e



incluso conseguir transportar equipo adicional o armamento pesado. Esto permitiría que el explorador se libere de todo el peso y, por tanto, que aumente su movilidad y se pueda centrar de manera más efectiva en el adversario.

Finalmente, también podría emplearse para apoyar a las unidades logísticas que operen a retaguardia o en la propia base. THeMIS dispone de tres especificaciones para esta función: el THeMIS Cargo, THeMIS Cargo portamorteros y el THeMIS Cargo Casevac para evacuación de bajas. Se adjunta imágenes y una pequeña descripción en el *Anexo D*.

- **Combate**

El THeMIS en funciones de combate permite apoyo de fuego directo para las unidades de maniobra lo que le permite actuar como un multiplicador de fuerzas. Lleva integrado un sistema de armas remoto auto-estabilizado que permite obtener una gran precisión en áreas extensas.

Además, esto conlleva que se pueda hacer fuego a más distancia por lo que aumenta la protección de la fuerza y su supervivencia. En esta configuración puede equiparse con armas pesadas o ligeras, lanzagranadas de 40mm, cañones automáticos de 30mm y sistemas de misiles C/C.

Existen seis especificaciones con esta función, son tantas debido a que cada una de ellas está equipada con un sistema de armas diferente. Son la THeMIS Combat Support, THeMIS Combat con ADDER DM, THeMIS Combat con PROTECTOR Remote Weapon System (RWS), THeMIS Combat con deFENDER Medium, THeMIS Combat con R400S-MK2-D-HD, THeMIS Combat con Guardian 2.05, THeMIS Combat con Hero-120. Cada una de ellas está detallada en el *Anexo D*.

- **ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance)**

El THeMIS con función ISR posee un multi-sensor avanzado que permite una gran capacidad de inteligencia al recopilar información de calidad. El propósito principal que busca Milrem Robotics es incrementar la percepción de la situación y proporcionar inteligencia de calidad, vigilancia y reconocimiento a lo largo de áreas extensas, además de capacidades para asistir en daños durante el combate. Existen dos especificaciones con esta función, el THeMIS Observe con el KX-4 LE Titan y el THeMIS Marduk Shark. Cada una de ellas está detallada en el *Anexo D*.

- **EOD**

Por último, el THeMIS puede desempeñar funciones de EOD. Puede ser configurado para la detección y eliminación de artefactos Improvised Explosive Device (IED). En este caso sólo existe una especificación, el THeMIS con GroundEye. Está detallado en el *Anexo D*.

3.6.4 Programa Escorpión

El día 18 de marzo el Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa publicó que la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), a través de la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN), iba a iniciar en las próximas fechas el programa ESCORPIÓN con la finalidad de probar y experimentar con medios UGV.

El objetivo de la DGAM (2021) es:

Ofrecer a la industria entornos relevantes de prueba y experimentación en los que se pueda comprobar, de primera mano y de una manera práctica, las capacidades de los prototipos de UGV existentes, así como de posibles subsistemas o módulos funcionales innovadores que

⁵ Torre de armas de empleo remoto de la empresa española Escribano Mechanical & Engineering. Actualmente está siendo evaluada para el Vehículo de Combate de Ruedas (VCR) 8x8.



puedan dar servicio en plataformas robóticas.

Asimismo, (DGAM, 2021) indica que los potenciales usuarios futuros van a poder valorar objetivamente los sistemas de las entidades participantes en el programa, a fin de que les aporten claves que les puedan ayudar a evolucionar sus desarrollos y hacer posible su empleo.

Además, (DGAM, 2021) espera poder llevar a cabo una selección de los robots más prometedores para adaptarlos a los requisitos operativos que se hayan definido previamente. De esta manera, se logra que las empresas implementen aspectos de mejora que se identifiquen durante la experimentación.

La Brigada “Rey Alfonso XIII” de la Legión, al tratarse de la Brigada Experimental (BRIEX) de la Fuerza 35, es la encargada de evaluar las propuestas de UGV con el objetivo a tres años vista. Deberán evaluar tanto el propio UGV como los sistemas que puedan instalarse en él, denominados “capacitadores” según el ET.

Uno de los vehículos que entran dentro del marco del programa Escorpión es el THeMIS de Milrem Robotics, comentado anteriormente. La empresa española Escribano, participante en el programa Escorpión, ya ha empezado a trabajar en el desarrollo, integración y desarrollo del sistema de armas Guardian 2.0 y el sistema electroóptico OTEOS para dotar al THeMIS.

Sin embargo, la empresa busca una solución más ambiciosa, por lo que también se ha enfocado en una nueva plataforma basada en el 8x8 Mission Master de Rheinmetall.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Inicialmente, se van a analizar los prototipos existentes en el Regimiento de Caballería Farnesio 12. Se revisará tanto el aspecto técnico como el táctico, puesto que ya han sido probados en ejercicios y existen informes de dónde se pueden extraer fortalezas y debilidades de estos vehículos.

Una vez terminado, se procederá a realizar un QFD de un posible UGV y un AMFE. A continuación, se realizará un análisis de riesgos que pueden surgir durante la implementación de estos medios.

Finalmente, se realizará una propuesta de empleo táctico a fin de determinar la posible integración del UGV en las unidades de caballería.

4.1 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

En este apartado se procede a explicar la organización temporal del trabajo. A fin de obtener las tareas planificadas en el tiempo, se ha procedido a realizar una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) que está adjuntada en el *Anexo E* en la cual se indican las actividades que se han llevado a cabo.

Una vez identificadas las actividades a realizar se ha procedido a realizar un análisis de PERT, que se puede ver en la tabla 5 del *Anexo G*, para estimar la duración de cada una de ellas. Finalmente, se obtiene un diagrama de GANTT, localizado en el *Anexo H*, para controlar el calendario de actividades.

4.2 ANÁLISIS DAFO

Con este análisis, mostrado en la *Figura 3*, se pretende mencionar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que pueden surgir de la implementación de los medios UGV en las unidades de caballería de una manera gráfica y sencilla.



Figura 3. Análisis DAFO

4.3 PROTOTIPO RC FARNESIO 12

En el RC Farnesio 12 existen dos prototipos de UGV que han sido probado en ejercicios tácticos. Se tratan de UGVs ligeros fabricados por el equipo de simulación de la sección de Plana Mayor de Mando (PLMM) y están pensados para apoyar a un pelotón de Vehículo de Exploración de Caballería (VEC), en



concreto a sus exploradores, a la hora de realizar un reconocimiento. Este vehículo está siendo probado en ejercicios de combate en ZURB ya que aumenta su movilidad y facilita su manejo sobre zonas asfaltadas. Actualmente el UGV es de tipo ruedas, pero se prevé fabricar uno de cadenas para comprobar en qué situaciones es mejor emplear uno u otro tipo

4.3.1 Análisis técnico

Componentes

En la *Figura 4* se muestran los componentes del prototipo en su caja de transporte.



Figura 4. Prototipo UGV en su caja de transporte

La caja de transporte del UGV está formada por los siguientes componentes:

1. **UGV:** se asemeja a un vehículo teledirigido. Formado por cuatro ruedas las cuales carecen de dirección ya que utilizan el pivotaje para girar.
2. **Dispositivos móviles Android:** dispositivos utilizados para visualizar las imágenes grabadas por la cámara incorporada al UGV.
3. **Cámara:** dispositivo para grabar vídeo el cual se inserta en el UGV.
4. **Mando control remoto:** interfaz para dirigir el vehículo. Lleva incorporado “una inserción” para acoplar el dispositivo móvil.
5. **Cargador de la cámara**
6. **Pilas**
7. **Destornillador**

En la *Figura 5* se muestra una imagen del prototipo de manera más detallada. Nótese el hueco en la parte delantera del vehículo para la ubicación de la cámara. También se puede observar el soporte del mando de control remoto para el dispositivo móvil.



Figura 5. Imagen más detallada del prototipo



Descripción

Tras una reunión con el Cabo 1º, perteneciente al equipo de simulación de la PLMM del Grupo Santiago I/12, se ha podido obtener una pequeña descripción del prototipo y su funcionamiento.

Este vehículo es semejante a un coche teledirigido. Está fabricado a través de una impresora 3D y está compuesto por material PLA y PLEX en el caso de las ruedas. Esto significa que el coste de fabricación es ínfimo. Lo más caro de este UGV son los terminales Android y la cámara que se le incorpora, por lo que el coste total puede ascender a 200€ como máximo, aparte de que su fabricación es bastante rápida.

Se trata de un vehículo 4x4 de doble eje sin dirección para evitar problemas de rotura, por lo que el UGV utiliza el pivotaje para poder maniobrar. Además, la forma del conjunto y sus particulares ruedas impiden que vuelque.

En cuanto a su funcionamiento, el vehículo se opera a través de un sistema de movimiento por radiofrecuencia, en concreto la frecuencia 433 MHz. La señal captada por la cámara se transmite en tiempo real a través de una Virtual Private Network (VPN) la cual está cifrada de punto a punto. En consecuencia, no se requiere una tarjeta externa, datos o Internet.

Uno de los problemas que surgen con este sistema de movimiento es el empleo de inhibidores por parte del enemigo. Sin embargo, el vehículo puede seguir retransmitiendo vídeo a pesar de que no pueda ser dirigido. Aún así, el cabo 1º sostiene que todavía no se ha llegado a inhibir la frecuencia 433 MHz ya que él mismo ha podido hacer uso de drones y coches teledirigidos comerciales en zona de operaciones (ZO) junto con inhibidores.

El problema más grave, en su opinión, es que se pierde la señal cuando el operador se adentra en algún lugar cerrado, como por ejemplo dentro de un VEC con la escotilla cerrada, o si el mismo vehículo hace lo propio. Ante este problema se le ha incorporado a la plataforma una antena con el fin de aumentar su alcance.

Con el objetivo de poder controlar el UGV, se utiliza una interfaz de control que consiste en mando con diversos botones para acelerar, frenar y pivotar. Además dispone de un acople para colocar el dispositivo móvil que retransmite la señal captada por la cámara. En el *Anexo H* se adjuntan más imágenes del prototipo.

4.3.2 Análisis táctico

Ante la imposibilidad de emplear el prototipo en ejercicios tácticos durante el periodo de prácticas externas, se ha decidido entrevistar a un jefe de sección del escuadrón ligero acorazado (ELAC) 1 que ha tenido la oportunidad de experimentar con él. Las preguntas que se han realizado para conocer el aspecto táctico de este vehículo se pueden observar en el *Anexo N*.

Tras la entrevista realizada se pueden extraer diversas conclusiones:

- Se confirma que el prototipo es sencillo de manejar. Como se puede observar en las imágenes anteriores, no goza de mandos muy sofisticados, por lo que su empleo no es complejo.
- El entrevistado afirma que el empleo del prototipo aumenta la supervivencia de la escuadra de exploradores por diferentes motivos. El primero de ellos es el más obvio y ha sido comentado con anterioridad y es que el UGV pasa a ser el elemento más destacado a vanguardia a la hora de reconocer un punto concreto o sensible.
- Relacionado con el punto anterior, el prototipo mejora las capacidades de reconcoimiento,



puesto que además de aumentar la supervivencia de los exploradores, se le pueden instalar cámaras con varios aumentos y con capacidad nocturna que en palabras del entrevistado "aportarían mayor detalle y profundidad al reconocimiento".

- Uno de los problemas más importantes es su falta de autonomía. El entrevistado comenta que el vehículo puede funcionar varias horas, sin embargo cuando se le integra la cámara (requisito indispensable) agota la batería en muy poco tiempo.
- El entrevistado reconoce que alguna vez ha echado en falta poder emplear un prototipo de estas características en ejercicios tácticos. Por lo tanto, es una buena herramienta en momentos determinados durante un cometido táctico.

Por último, se decide preguntar al entrevistado si, bajo su punto de vista, sería de utilidad el empleo de un UGV en tareas de reconocimiento y si lo dotaría de un sistema de armas. El entrevistado concluye que no sería esencial dotarlo de un sistema de armas porque "el propósito de la utilización de este elemento es el reconocimiento y, por tanto, la obtención de información". Además, añade que esto supondría más limitaciones logísticas y servidumbres para el pelotón y, consecuentemente, para la sección. A modo de ejemplo, indica que aumentaría el coste por unidad, con lo cual coplicaría su dotación a todos los pelotones y también aumentaría su tamaño y peso, con lo cual dificultaría su transporte y manejo.

Para finalizar, se extraen las siguientes ventajas e inconvenientes del análisis táctico del prototipo, todos ellos mostrados en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del prototipo RC Farnesio 12

Ventajas	Inconvenientes
Bajo coste	Reducida autonomía de la cámara (3h aprox.)
Escaso tiempo de formación	Vulnerable a inhibidores
Ausencia de huella logística	Nula protección frente a ataque enemigos
No requiere mantenimiento	Cometidos reducidos
Lanzamiento rápido	Baja calidad de imagen
Fácil manejo	Escasa capacidad para superar obstáculos

A pesar de que el objetivo debería ser implantar UGV de mayor tamaño y, en consecuencia, que fueran capaces de realizar más cometidos, estos prototipos de pequeño tamaño definen un punto de partida. Aunque sean vehículos pequeños y sólo sean capaces de desarrollar cometidos muy sencillos, los exploradores y la tripulación tienen la oportunidad de instruirse y adiestrarse en el empleo de UGVs mientras realizan su maniobra. De esta manera, se puede conseguir una plena integración y normalización de estos medios en las unidades y, consecuentemente, que el personal esté mejor preparado para una futura implementación de unos más complejos técnicamente y de mayores dimensiones que puedan ejecutar cometidos más sofisticados.



4.4 ANÁLISIS DE RIESGOS

En el siguiente apartado se pretende determinar riesgos que puedan surgir y que afecten al objetivo del trabajo, en este caso, una mejora de las capacidades operativas de las unidades de caballería. Según la asignatura Oficina de Proyectos (Centro Universitario de la Defensa, 2020) estos pueden ser riesgos conocidos (known unknowns) o desconocidos (unknown unknowns) y además positivos o negativos. La idea es aumentar la probabilidad de aparición y el impacto de los positivos y disminuir la de los negativos.

Para ello, se ha procedido a realizar un análisis cualitativo de riesgos empleando una lista de registro de riesgos. Se ha utilizado la EDT y el análisis DAFO como entrada y herramienta para identificarlos. En ella se detallan aspectos como el propio riesgo, su causa, los efectos que produce, medidas correctoras y una priorización en base a su probabilidad de ocurrencia y su impacto. La tabla al completo está adjuntada en el *Anexo J*. A continuación, en la *Figura 6*, se muestra la matriz de riesgos en base a la probabilidad y el impacto, obteniendo como resultado la clase de riesgo de cada uno.

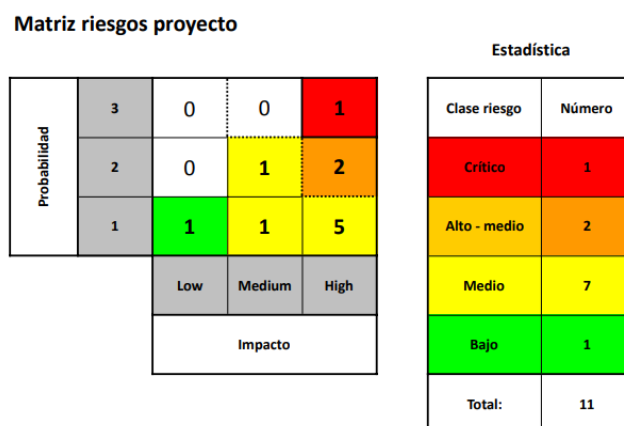


Figura 6. Matriz de riesgos.

Con el objetivo de destacar los riesgos más importantes, se va a proceder a explicar con más detalle el riesgo crítico identificado y los dos altos-medios.

En cuanto al crítico, consiste en una falta de capacidad por parte de las unidades de caballería de efectuar tareas de mantenimiento a los UGVs de 2º, 3º o 4º escalón una vez implementados debido a la falta de personal, talleres y repuestos de piezas.

Se ha tenido en cuenta este riesgo porque los escuadrones de caballería sufren importantes contratiempos a la hora de efectuar tareas de mantenimiento a sus vehículos por los motivos comentados anteriormente. En consecuencia, pueden transcurrir varios días y semanas en las que alguno de sus vehículos permanezca en estado inoperativo. Por lo tanto, esta situación puede verse agravada con la llegada de los UGVs si se mantienen las infraestructuras y personal actual. La clase de riesgo tras tomar medidas correctoras se sigue considerando alto-medio.

En cuanto a los riesgos altos-medios, el primero que se ha detectado es la posibilidad de que se sufra una baja humana durante el empleo del UGV, sea este causado por un fallo humano o robótico. A pesar de que una baja propia es un aspecto de gran impacto, se considera que la probabilidad de aparición no es máxima. Por una parte, porque actualmente la tecnología está muy avanzada y resulta muy poco probable que un robot tenga un fallo informático de manera súbita y, por otra parte, porque antes de su implementación se habrán realizado numerosas pruebas para detectar fallos. Por lo tanto, lo más probable es que la causa de esta posible amenaza una vez implementados los UGVs sea un fallo humano por falta de instrucción al emplear un UGV por lo que una vez aplicadas las medidas correctoras, se considera un riesgo medio. El segundo que se ha identificado, es que el UGV pueda ceder excesiva firma electromagnética con lo que provocaría que el adversario detectará su posición fácilmente e incluso



las de las unidades a retaguardia. Por lo tanto, la función del UGV se vería neutralizada y no conseguiría aumentar las capacidades de la caballería. Tras aplicar las medidas correctoras se considera que la clase de riesgo es medio. Como se ha comentado anteriormente, el resto de riesgos se pueden observar en el Anexo H.

4.5 GESTIÓN DE LA CALIDAD

En este punto del trabajo se pretende asegurar la calidad de un futuro UGV de implementación en las unidades de caballería a fin de poder satisfacer las necesidades de éstas. Para ello, se procede a realizar un AMFE y un QFD.

4.5.1 AMFE

En primer lugar, se realizará el AMFE, concretamente el de proceso. Como bien se explica en el libro Ingeniería de la Calidad (Acero et al., 2017) esta herramienta sirve para detectar posibles fallos que puedan surgir durante la producción de un UGV, sus causas y generar acciones correctivas para evitar lo máximo posible su aparición. A fin de detectarlos, se nombrarán los fallos que han aparecido en los prototipos del RC Farnesio 12 y que pueden surgir de igual forma en cualquier UGV y además se nombrarán otros nuevos. Esta herramienta determina la gravedad del efecto (G) que provoca el fallo, su probabilidad de aparición (O) y la dificultad a la hora de detectarlo (D). A la hora de cuantificar cada factor, se utiliza un número del 1 al 10 y, seguidamente, se multiplican entre ellos lo que da lugar al Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Si el NPR es mayor que 100 se debe actuar sobre el fallo para disminuir esa cifra. La única manera de lograrlo, es disminuir el factor O, puesto que su gravedad en caso de aparición y su dificultad de detección es idéntica. Para llevar a cabo este procedimiento se confecciona una tabla que está adjuntada en el Anexo K.

En este caso se han detectado tres fallos en UGV que provocan NPR > 100, pero con la aplicación de medidas correctoras el NPR desciende fácilmente por debajo de 100.

4.5.2 QFD

En segundo lugar, se realizará un QFD cuya metodología es realmente útil para traducir las necesidades y exigencias del cliente (Acero et al., 2017), en este caso las unidades de caballería, en características para el producto, en este caso un futuro UGV.

A la hora de realizar un QFD, se utiliza una herramienta llamada casa de la calidad cuya composición consta de distintas partes y matrices. Las dos partes fundamentales son los 'QUÉS' y los 'COMO'. Por una parte, los 'QUÉS' hacen referencia a los requerimientos del cliente y, por otra, los 'CÓMO' es la transformación de estas exigencias en el producto final los cuales están relacionados con una magnitud física (Acero et al., 2017). De esta forma, si un 'QUÉ' es que sea barato, el 'CÓMO' será el coste (€). En la Figura 7 se muestra un dibujo de las partes de la casa de la calidad

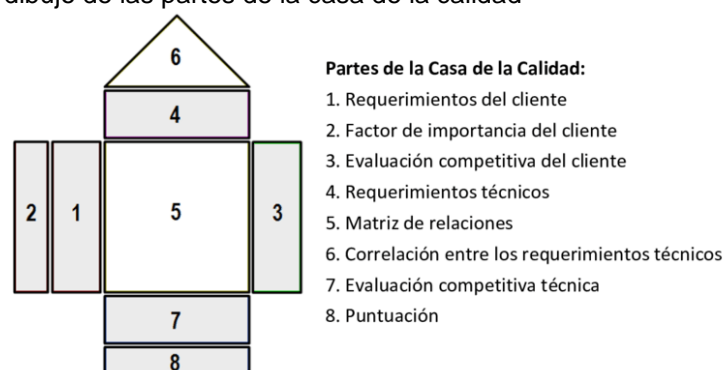


Figura 7. Partes que componen la casa de la calidad.



A la hora de establecer los 'QUÉS' de un futuro UGV se ha realizado una encuesta (adjunta en el Anexo M) a los cuadros de mando del ELAC 3 del RC Farnesio 12 ya que, previsiblemente, son los que tienen una mejor noción de las capacidades que debería poseer un futuro UGV. De ella se extrae que un futuro UGV ha de ser capaz de provocar daños a vehículos ligeros, poder seguir con la misión encomendada a pesar de los ataques enemigos, efectuar buenos reconocimientos, ser empleado en zonas de difícil acceso y que pueda sortear obstáculos y maniobrar por terreno accidentado.

En el punto 3 "Evaluación competitiva del cliente", se necesita establecer un producto en diseño o rediseño y una competencia. En este caso, se va a optar por seleccionar el UGV THeMIS de Milrem Robotics, concretamente el que monta la torre Guardian 2.0, como producto de rediseño y al Mission Master de la empresa Rheinmetall como competencia. Dentro de éste existen dos tipos, el Mission Master ST y el XT. La idea del fabricante es que estos vehículos se usen complementariamente. Por una parte, el XT está pensado para acarrear cargas pesadas, por lo que su empleo táctico en cometidos propios de la caballería es limitado. Sin embargo, al tratarse de un UGV conviene tenerlo en cuenta en el análisis QFD. Por otra parte, el ST es modular y puede montar componentes para efectuar tareas de reconocimiento y de combate. Se puede ver con más detalle en la *Figura 8*.



Figura 8. UGVs de Rheinmetall. A la izquierda el XT y a la derecha el ST.

En este caso, se asume que lo más importante del UGV es que efectúe buenos reconocimientos y sea empleado en zonas de difícil acceso. Sin embargo, los esfuerzos deberían centrarse en lograr la primera características. Para ello, es necesario dotar al UGV de cámaras térmicas, HDR y con efecto LIDAR. Así, se consigue un buen reconocimiento en amplitud y profundidad sin exponer al elemento a pie.

4.6 Integración del UGV

En este apartado se pretende estudiar la integración de los vehículos terrestres no tripulados en las pequeñas unidades de caballería.

En primera instancia, se analizarán las acciones tácticas y cometidos que pueden desarrollar con la finalidad de proporcionar una mejora operativa a la partida/patrulla y dotarlas de mayores capacidades. Para ello, se hará uso de manuales del ET que expliquen la forma en que la caballería debe desarrollar estas acciones y cometidos y, en base a eso, se propondrán distintas técnicas tácticas y procedimientos (TTP) para llevarlas a cabo con medios UGV.

Con el objetivo de simplificar el trabajo, se va a optar por analizar los cometidos más relacionados con el combate asimétrico, puesto que actualmente varias misiones del ET en el exterior son de estabilización y de apoyo a la paz. En ellas, el combate contra insurgente (COIN) es el más frecuente y para el cual las unidades del ET se adiestran.



Posteriormente, se propondrá y justificará en base a lo estudiado en el párrafo anterior, la dependencia orgánica de los medios UGV en las unidades de caballería. El motivo por el cual se decide aclarar este aspecto es por el hecho de que hoy en día existe una problemática a la hora de establecer la dependencia orgánica de algunos medios o capacidades de la caballería. Un claro ejemplo que se puede mencionar es el equipo de tiradores de precisión (ETP). En algunas unidades son dependientes directamente del grupo táctico (GT), es decir, del teniente coronel y en otras, de la partida o escuadrón, es decir, del capitán. El hecho de no esclarecer esta situación puede provocar que estas capacidades no puedan ser aprovechadas adecuadamente, por lo que es un factor a tener en cuenta.

4.6.1 Propuesta empleo táctico

A continuación, se mostrará de una forma gráfica y descriptiva de qué manera podría integrarse un vehículo no tripulado en la realización de algunos cometidos tácticos.

Reconocimiento

El reconocimiento es la acción táctica por excelencia de las unidades de caballería. Según (MADOC, 2013, p. 1-2):

Se define como la misión emprendida para obtener, mediante la observación visual u otros métodos de observación, información sobre las actividades y medios de un enemigo actual o potencial [...]. Es una actividad limitada en tiempo y espacio [...].

Durante la realización de esta acción militar táctica, los exploradores que efectúan un reconocimiento a pie son severamente vulnerables al enemigo, puesto que son los primeros que se enfrentan a momentos de incertidumbre. A modo de ejemplo, se podría destacar la entrada al interior de un edificio, el cruce o giro hacia una calle en una ZURB o el reconocimiento de un punto que esté amenazado por un posible explosivo.

Ante tales situaciones y observando el avance de la tecnología, las unidades de caballería echan en falta un dispositivo, artilugio o aparato que pueda desempeñar estas acciones con el objetivo de no exponer tanto a los exploradores y aumentar su supervivencia. Por lo tanto, un futuro UGV cobra especial relevancia en esta acción táctica, como se observa en los cometidos que se mencionan a continuación.

- **De zona**

En el apartado 3 “Antecedentes” ya se ha observado un posible empleo de los medios UGV en un reconocimiento de zona, por lo que no es necesario extenderse en este cometido. No obstante, cabe destacar que ese ejemplo se basa en unidades acorazadas norteamericanas. Éstas gozan de una mayor entidad por lo que son necesarios un mayor número de UGVs para apoyar la maniobra de sus secciones.

En el caso del ET, al disponer de cuatro vehículos por sección, el número de UGVs a emplear sería menor, pero su empleo táctico sería parecido. Es decir, destacar a vanguardia los UGVs para hacer un primer reconocimiento del terreno y establecer un posible primer contacto con el enemigo para, acto seguido, los vehículos tripulados sean los que aseguren el terreno con PO.

- **De itinerario**

A la hora de realizar un reconocimiento de itinerario se pretende obtener información detallada de la vía de comunicación que va a ser transitada por una unidad superior. Además, cabe reconocer el terreno adyacente con el objetivo de conocer los puntos desde los que el enemigo puede atacar a las fuerzas propias. Todo ello deberá ser plasmado posteriormente en un informe. El aspecto más importante de este cometido es que la vía, camino o carretera que se esté reconociendo debe ser transitada. Antes de realizarlo, la unidad, en este caso se utilizará la sección, debe articularse en un núcleo de reconocimiento y otro de apoyo, cada uno formado por un pelotón (2 vehículos). El primero estará formado por los



vehículos más ligeros y llevarán a cabo el esfuerzo del reconocimiento y el segundo, formado por los más pesados, apoyarán esta acción desde posiciones estáticas.

Por lo que respecta al UGV, debería estar integrado en el núcleo de reconocimiento ya que se trataría de un vehículo ligero, con armamento poco pesado y dotado de sensores que pueden efectuar buenos reconocimientos. A la hora de realizar este cometido, sería suficiente el empleo de un sólo UGV el cual sería destacado a vanguardia del núcleo de reconocimiento a una distancia de unos 100-300 metros dependiendo de la situación táctica. La función de este vehículo sería detectar presencia enemiga antes de que pueda atacar al núcleo de reconocimiento y, en su caso, responder al fuego enemigo con su sistema de armas. De esta manera, el jefe puede centrarse de mejor manera en el reconocimiento para obtener un producto más elaborado. El papel del UGV cobra especial relevancia cuando durante el itinerario aparecen cambios de rasante o curvas muy cerradas que provocan una pérdida de visibilidad.

Aunque, sin duda, el momento más vulnerable durante un reconocimiento de itinerario es cuando hay que realizar un sondeo. Este requiere el reconocimiento de un itinerario adyacente, generalmente transversal al principal, que pueda suponer una amenaza. Es una situación en la que el núcleo de reconocimiento ha de adentrarse por un camino desconocido y puede no tener el apoyo total del núcleo de apoyo, por lo que el empleo de un UGV puede disminuir su vulnerabilidad ante posibles emboscadas o ataques enemigos.

En la *Figura 9* se puede observar de manera genérica cómo se efectuaría un sondeo durante un reconocimiento de itinerario. En el ejemplo se muestra un UAV y un pelotón de morteros. Sin embargo, se ha de ser consciente de que la caballería no siempre dispone de estos medios para efectuar estos cometidos, por lo que aumenta su complejidad.

Primeramente, el UAV realiza un reconocimiento aéreo mientras la sección y el vehículo portamorteros se colocan en sus asentamientos. A continuación, un vehículo del núcleo de reconocimiento (1) efectúa el reconocimiento del itinerario transversal mientras el otro vehículo (2) apoya su maniobra. Mientras tanto, el núcleo de apoyo da seguridad 360° para cerrar la entrada al sondeo. En este preciso instante, el vehículo (1) que se adentra en el sondeo presenta una gran vulnerabilidad, a pesar de que el vehículo (2) esté apoyando la acción. Esto podría solventarse mediante el empleo de un UGV cuya función sería la realizada por el vehículo (1). Es decir, el vehículo (1) mantendría su posición y el UGV se adentraría en el sondeo en busca de posibles enemigos y, acto seguido, el núcleo de reconocimiento podría comenzar el reconocimiento de una manera más segura.

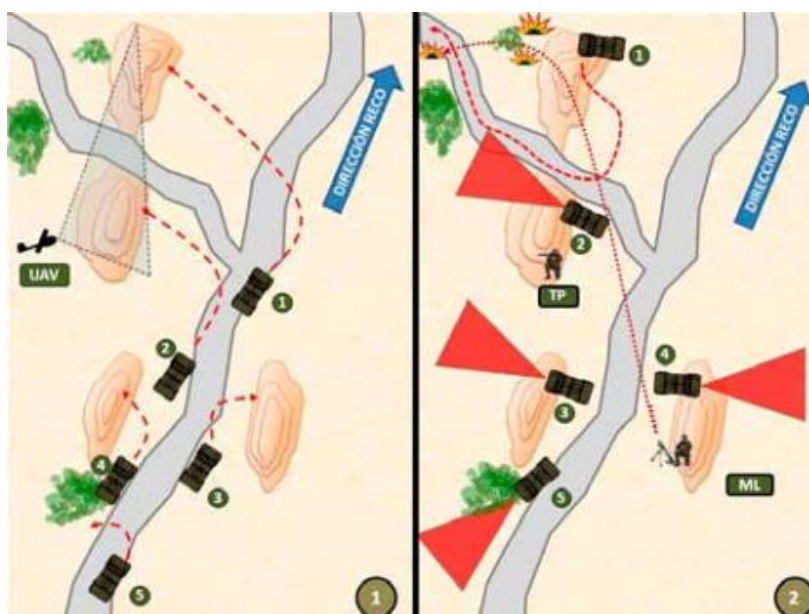


Figura 9. Sondeo sin empleo de UGV.



En la *Figura 10* se puede observar el empleo de un UGV realizando el cometido anterior. Nótese como el núcleo de reconocimiento deja de estar tan expuesto al adentrarse en el sondeo.

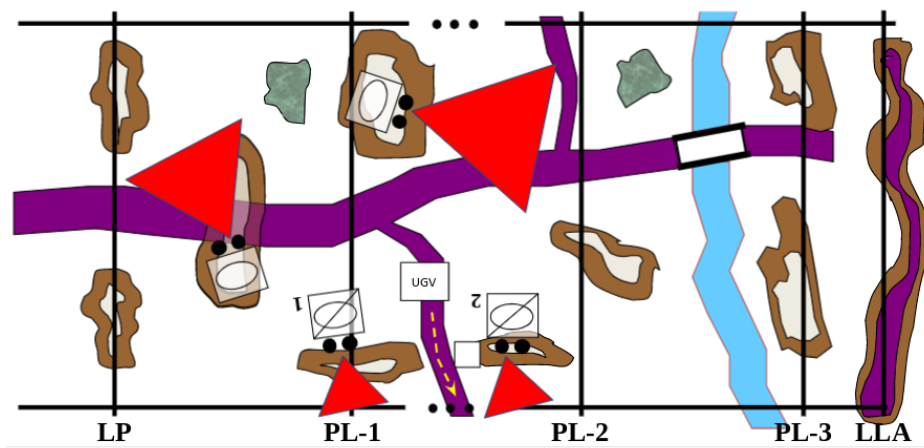


Figura 10. Sondeo con empleo de UGV.

En relación al reconocimiento de punto concreto, se puede decir que está íntimamente relacionado con el anterior ya que durante la realización de un reconocimiento de itinerario surgen obstáculos, edificaciones o accidentes del terreno característicos que son necesarios reconocer.

En esta situación el UGV puede adquirir el máximo protagonismo, puesto que generalmente estos cometidos se realizan con los exploradores desembarcados del vehículo a fin de obtener un reconocimiento detallado del punto.

La principal función para la que está pensado este vehículo es para apoyar a los exploradores a la hora de desembarcar. El UGV puede aumentar sus capacidades por los siguientes motivos:

1. Los exploradores gozan de una mayor potencia de fuego gracias al sistema de armas del UGV.
2. Disponen de un elemento más a la hora de detectar un posible enemigo
3. No están obligados a acceder en primer lugar a un sitio desconocido.
4. Pueden efectuar el reconocimiento de forma más rápida ya que el UGV, a través de su sistema de cámaras y sensores, también puede llevar a cabo este cometido.

Como en el caso anterior, se muestra la *Figura 11* para facilitar la comprensión.

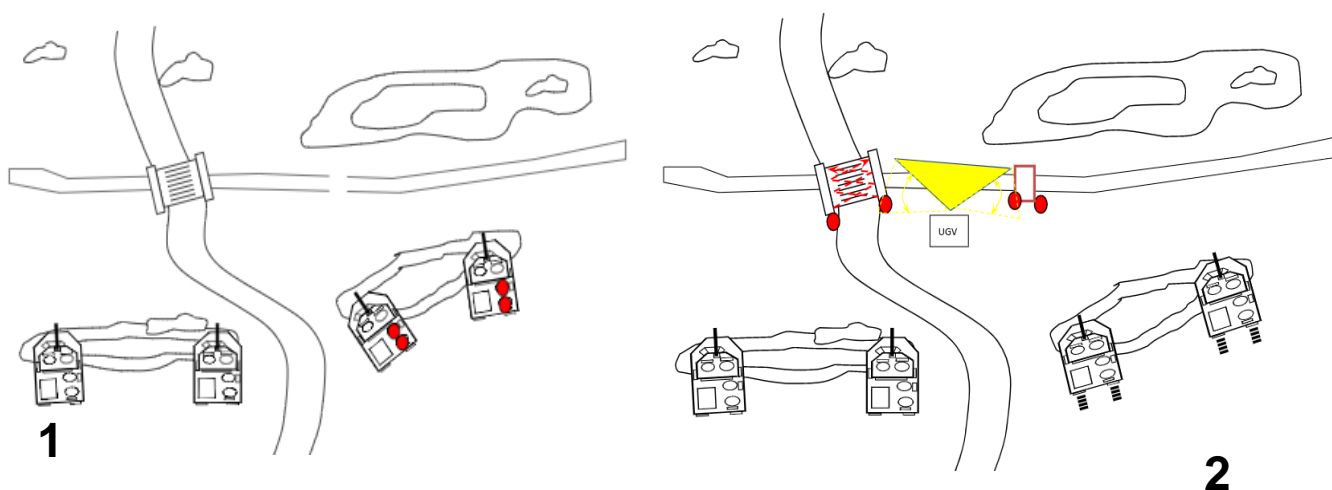


Figura 11. Reconocimiento de punto concreto (puente) con UGV.



En este caso, el UGV proporcionaría la seguridad más inmediata a los exploradores mientras realizan el reconocimiento a pie en caso de que se detectara enemigo en las inmediaciones. Mientras tanto, los cuatro vehículos de la sección proporcionan una seguridad más lejana atendiendo a la vía de aproximación que se dirige hacia el puente y a las cotas que hay al noreste.

La ilustración muestra el reconocimiento de un puente, pero esta situación se podría extrapolar al reconocimiento de un obstáculo, un paso obligado, de un IED, de una edificación, etc.

- **Reconocimiento área urbana**

El reconocimiento de un área urbana es un cometido que las unidades de caballería realizan con bastante frecuencia, a pesar de que en numerosas situaciones su entidad no es la suficiente para efectuarlo con garantías.

Actualmente, el enemigo asimétrico hace uso de las ZURB para ocultarse e influir en la población civil. De esta manera puede alargar el conflicto y hacer más vulnerables a las fuerzas convencionales y, concretamente a la caballería, puesto que las fortalezas que logra en un entorno abierto, como la velocidad y la fluidez, pueden verse reducidas en un entorno urbano.

A la hora de realizar este cometido, la unidad de caballería puede emplear patrullas a pie, sobre vehículos o mixtas. En este caso, se va a analizar el empleo de patrullas mixtas. Como bien indica el Manual PD4-204, “el uso de los sensores, [...], resultará muy útil para favorecer el movimiento de las patrullas: permitirá una mayor economía de medios de reconocimiento, aumentará la capacidad de supervivencia del personal a pie, proporcionará una mayor seguridad y facilitará la adquisición de objetivos.”

Un medio UGV no deja de ser una plataforma a la cual se le acoplan diversos sensores que son capaces de detectar fuerzas enemigas y, junto a un sistema de armas, pueden proporcionar seguridad a la unidad y al elemento a pie en zonas donde no puedan entrar los vehículos tripulados.

En la *Figura 12* se puede ver el avance por una calle ancha y una calle estrecha en una ZURB. Nótese la exposición que sufren los exploradores cuando se adentran en la segunda.

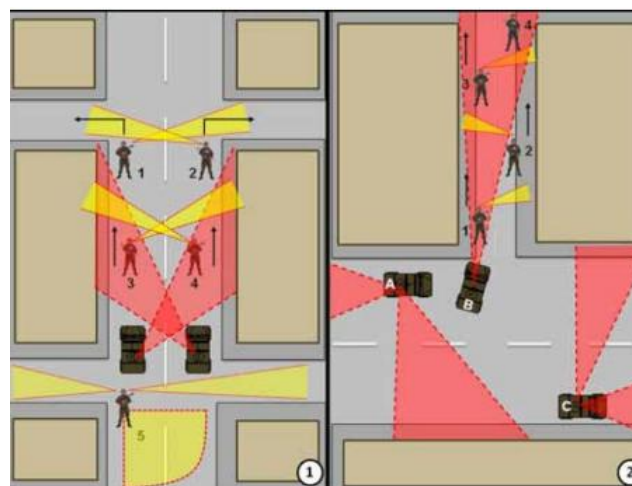


Figura 12. Avance por ZURB calle ancha (1) y calle estrecha (2).

Sin embargo, con el empleo de un UGV esta exposición puede verse reducida notablemente. En la *Figura 13* se muestra a una sección de caballería avanzando por una avenida en la cual hacen un alto cuando se ve obligada a reconocer una calle que se encuentra en el flanco izquierdo de la avenida según



el sentido de marcha.



Figura 13. Avance ZURB con UGV.

La sección ha de reconocer una calle que se une a la avenida principal para evitar posibles ataques enemigos por el flanco izquierdo. En este caso, el UGV podría ser empleado de dos formas para proteger el avance de la sección.

Alternativa 1: La sección hace alto y el UGV gira la esquina. Acto seguido reconoce la calle y detecta posibles enemigos. Seguidamente, los exploradores del flanco izquierdo de la avenida se posicionan a cada lado del UGV. Una vez colocados, el UGV prosigue su marcha por la avenida y la sección avanza.

Alternativa 2: La sección hace alto y el UGV gira la esquina. Mientras está reconociendo la calle y proporcionando seguridad, la sección sigue avanzando por la avenida. Una vez cruza la sección, el UGV abandona su posición y vuelve a su puesto en vanguardia.

La alternativa 2 es la más rápida y la que expone menos a los exploradores porque no se ven obligados a dar seguridad en la calle. Sin embargo, esta opción obliga a que el UGV no pueda volver a ser empleado hasta que no avance toda la sección.

La alternativa 1 es la más lenta, pero ideal si en los siguientes metros hay que volver a emplear el UGV para aumentar la supervivencia del elemento a pie.

En este caso, tras un buen planeamiento y siguiendo el criterio del jefe de sección, se decide qué alternativa adoptar para efectuar el avance. En general, las unidades de caballería disponen de poco tiempo a la hora de atravesar una ZURB, por lo que la alternativa 2 sería la más frecuente.

Seguridad táctica

En relación a una sección de caballería, son diversos los cometidos que puede desempeñar para realizar acciones de seguridad táctica. En este caso, se va a mostrar de qué manera un UGV puede capacitar a una sección de caballería que está actuando en el marco de una fuerza de seguridad de zona.

● **Puestos de control**

Habitualmente, la sección/patrulla tiene el cometido de dar seguridad a las vías de comunicación e itinerarios a través del establecimiento de puestos de control, comúnmente conocidos como checkpoints (CP) (Ver manual PD4-006). Los CP pueden ser tanto móviles como fijos y su objetivo es controlar los vehículos y el personal que los sobrepasen. En esta ocasión, se van a considerar los fijos para simplificar el ejemplo.

Normalmente, cuando una sección/patrulla establece un puesto de control (ver Figura 14), el jefe formará los siguientes elementos:

- Núcleo de vigilancia y seguridad: su misión es proporcionar seguridad al CP y alertar sobre los vehículos que se acerquen a él.



- Núcleo de registro y bloqueo: su misión es la detención, identificación y registro del personal que se considere oportuno. Generalmente, el jefe suele estar integrado en este elemento.
- Núcleo de detención: su misión es evitar que algún vehículo o personal se dé a la fuga

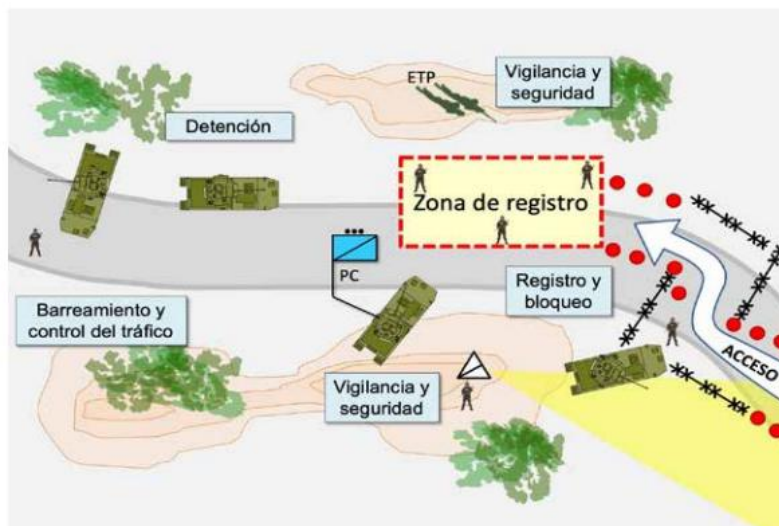


Figura 14. Establecimiento de CP sección/patrulla.

Como se ha comentado al inicio de este trabajo, la Fuerza 35 busca una reducción del personal mediante la tecnología. A través de este ejemplo se puede observar que el UGV puede satisfacer perfectamente este objetivo.

El núcleo de vigilancia y seguridad formado por el ETP y un explorador pueden ser sustituidos por dos vehículos UGV ya que a través de su sistema de armas y sus sistemas de detección puede desempeñar satisfactoriamente esta misión.

Además, al estar carente de personal, este núcleo no está limitado por el cansancio físico. De esta manera, el personal sobrante puede ser empleado para reforzar alguno de los otros núcleos o para crear más turnos de actividad y descanso y mejorar el rendimiento del personal.

4.6.2 Dependencia orgánica

Una vez que se ha analizado gráficamente la integración del UGV en cometidos llevados a cabo por una partida/patrulla, se va a proponer la dependencia orgánica de estos medios en las unidades de caballería.

Para empezar, en la *Figura 15* se muestra la organización del grupo Santiago I/12. Está formado por un escuadrón de plana mayor y servicios y tres escuadrones de vehículos en base a Centauro y VEC. (La organización está pendiente de ser actualizada porque en Junio de este año se creó el ELAC 3).

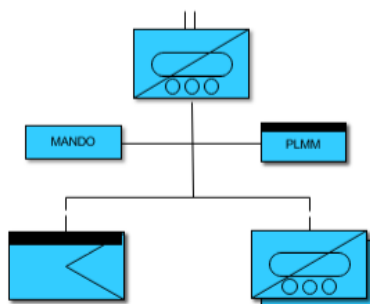


Figura 15. Organización Grupo Santiago I/12.



Al observar en el apartado anterior de manera gráfica de qué manera los UGVs pueden servir como ayuda a las partidas/patrullas, se puede decir que su mejor encuadramiento sería depender del escuadrón de plana mayor y servicios (EPLMS), en concreto a la sección de mando y transmisiones (Ver Figura 16), al igual que sucede con el pelotón de remotely Piloted Aircraft System (RPAS).

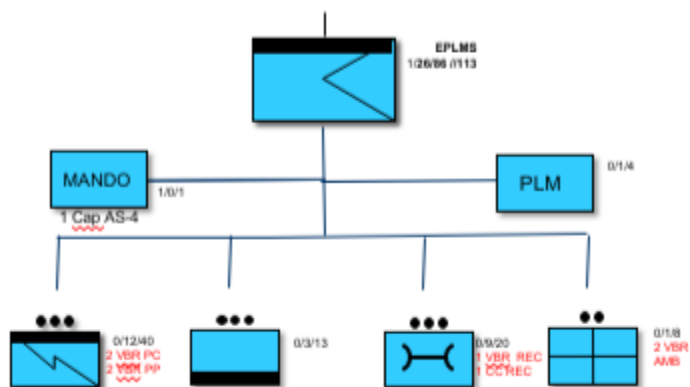


Figura 16. Organización EPLMS del Grupo Santiago I/12.

La explicación es que el empleo de estos vehículos puede no ser siempre efectivo según el cometido que se vaya a desarrollar. De hecho, lo ideal sería que el jefe de sección o escuadrón realizara un buen estudio de los factores de la decisión para saber si sería necesario hacer uso de un UGV. Por lo tanto, carece de sentido que este vehículo esté encuadrado dentro de un escuadrón o sección de combate ya que en numerosas ocasiones no se va a utilizar.

De esta manera, el UGV debería estar pensado como un capacitador. “Esta terminología está muy extendida en campañas de estabilización y de apoyo a la paz, en las que pequeñas unidades (patrulla/partida) realizan acciones muy autónomas” (MADOC, 2019, p.1-14). Estos capacitadores permiten “aportar, incrementar o complementar las funciones de combate de una unidad que debe cumplir una misión” (MADOC, 2019, p.1-14).

Una vez explicado que el UGV debería estar encuadrado dentro del EPLMS, éste debería depender de la sección de mando y transmisiones al igual que sucede con el pelotón de RPAS, de tal forma que la organización quedaría de la siguiente manera (Ver Figura 17).

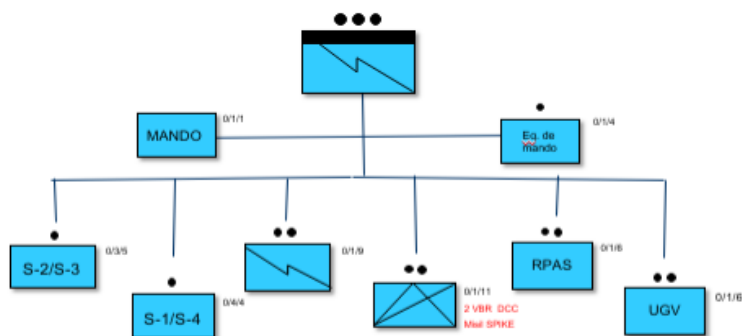


Figura 17. Posible organización de la sección de mando y transmisiones dotada de medios UGV.

En cuanto a la entidad, se ha decidido imitar a los medios RPAS y asignarle entidad pelotón, lo cual significa que estará a cargo de un sargento. Por lo que respecta a la cantidad exacta de vehículos que debería poseer el pelotón UGV, es una cifra difícil de determinar y harían falta varios estudios de carácter táctico para llegar a una conclusión.



5 CONCLUSIONES

Tras la realización del trabajo final de grado "Implementación de medios UGV en unidades de caballería" se obtienen las siguientes conclusiones:

- El UGV es un aparato que suple satisfactoriamente la vulnerabilidad que sufren los exploradores cuando desembarcan de los vehículos. Además, aumentan las capacidades de reconocimiento de una sección/escuadrón de caballería.
- El prototipo del RC Farnesio 12 estudiado en este trabajo es una buena solución a corto plazo para dotar a las unidades de caballería de un pequeño UGV. A pesar de que deberían refinarse algunos problemas como la falta de autonomía o la pérdida de señal, ofrece la posibilidad de introducir el concepto de vehículo no tripulado e ir instruyendo al personal y adiestrando a las unidades. De esta manera, se conseguirá una buena preparación cuando en un futuro se logren implementar UGVs más sofisticados y complejos.
- Durante la realización del trabajo se ha estudiado la posibilidad de que el UGV pudiera ser dotado de un sistema de armas. Evidentemente, un UGV armado es más versátil a la hora de desempeñar diversos cometidos. No obstante, ni es necesario ni se puede alcanzar un UGV armado por los siguientes motivos:

En primer lugar, las unidades de caballería poseen ya de por sí una buena potencia de fuego.

En segundo lugar, se han comprobado los elevados riesgos que puede reportar un UGV armado hoy en día, aunque éstos puedan ser fuertemente mitigados, por lo que tiene más sentido implementar, inicialmente, uno sin armamento.

En tercer lugar, el beneficio que se obtiene, por el momento, de un UGV armado en comparación a uno sin armar es escaso en comparación al esfuerzo técnico y táctico que hay que llevar a cabo para obtenerlo.

- El empleo del UGV no es necesario en todos los cometidos que desempeñe una pequeña unidad de caballería, por lo que su dependencia orgánica no debe ser directamente de ellas. De esta manera, se concluye que estos vehículos deben depender del EPLMS de tal forma que se consiga una buena economía de medios⁶.
- A lo largo del trabajo, se ha analizado el UGV THeMIS de Milrem Robotics. Se podría considerar la opción de experimentar con alguna unidad a través de la BRIEX 35 ya que se ha comprobado que ofrece buenas capacidades para apoyar a pequeñas unidades de caballería en un futuro a largo plazo. De esta manera, se pueden obtener ventajas e inconvenientes de este UGV al igual que se ha hecho con el prototipo del RC Farnesio 12.
- Existen importantes carencias en las unidades de caballería que un UGV no puede suplir, como por ejemplo la vulnerabilidad aérea. Por lo tanto, se concluye que no es prioritaria su implementación, puesto que reportaría menores beneficios que otros medios que pudieran implementarse en su lugar, como por ejemplo, sistemas C-UAS, sistemas APS o nuevos blindajes.

⁶ En el Anexo C puede informarse acerca de esta característica de la caballería.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pareja Estalrich, J. (2014). **Algoritmo para optimizar los ángulos de ataque de un UGV en función del terreno discretizando**. Trabajo Fin de Grado. Universidad Carlos III de Madrid.
- Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación. (2019). **Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº 60. Primer trimestre de 2019**.
- European Commission. (2021). **Unmanned ground vehicles technologies**. Disponible en: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/edf-2021-ground-d-ugvt;callCode=null;freeTextSearchKeyword=ugv;matchWholeText=true;typeCodes=1,0;statusCodes=31094501,31094502,31094503;programmePeriod=null;programCcm2Id=null;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destination=null;mission=null;geographicalZonesCode=null;programmeDivisionProspect=null;startDateLte=null;startDateGte=null;crossCuttingPriorityCode=null;cpvCode=null;performanceOfDelivery=null;sortQuery=sortStatus;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=topicSearchTablePageState> [Consultado 25-08-2021]
- PESCO. (2021). **Integrated Unmanned Ground System (UGS)**. Disponible en: <https://pesco.europa.eu/project/integrated-unmanned-ground-system-ugs/> [Consultado 25-08-2021]
- Milrem Robotics. (2021). **The THEMIS UGV**. Disponible en: <https://milremrobotics.com/defence/> [Consultado 12-09-2021]
- Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa. (2021). **Programa “ESCORPIÓN” para prueba y experimentación de sistemas terrestres no tripulados (UGV)**. Disponible en: <https://www.tecnologiaeinovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/detalleiniciativa.aspx?iniciativaID=425> [Consultado 12-09-2021]
- Acero, R., Pastor, J., Sancho, J. y Torralba, M. (2017). **Ingeniería de la calidad**. (3ª ed.) Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- **TEMA 5. Gestión de riesgos. Oficina de Proyectos curso 2020-2021**. (2021). Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2019). **Combate de la Caballería**. Madrid: MADOC.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2021). **Táctica. Empleo de pequeñas unidades de caballería. Los escuadrones**. Madrid: MADOC.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2013). **Unidades de reconocimiento. Reconocimiento de itinerario**. Madrid: MADOC
- Academia General Militar (2020). **Organización de la Caballería**. Zaragoza: AGM



ANEXOS

ANEXO A. ACTA CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO. (PROJECT CHARTER)

Tabla 3. Acta constitución del proyecto

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO (PROJECT CHARTER)	
Título: Implementación de medios UGV en unidades de caballería	Localización: Valladolid
Jefe del proyecto: Domenico Sicignano	
Recursos personal: Personal militar RC Farnesio 12	
Equipo de proyecto: Domenico Sicignano, Hugo de Diego Andrés, Sergio Gil Rodríguez	
Stakeholders: Ministerio de Defensa, Empresas del sector de defensa, Países aliados.	
Descripción general del proyecto	
Estudiar y analizar los vehículos terrestres no tripulados para su futura implementación en pequeñas unidades de caballería.	
Business case	
Este proyecto nace por la necesidad de que las tecnologías disruptivas adquieran un papel primordial en las unidades de caballería, dentro del marco de la Fuerza 35. Además, un buen desarrollo de estos medios significa una ventaja competitiva en el campo de batalla y una oportunidad de mercado.	
Objetivos y requisitos del proyecto	
Este proyecto debe ser capaz de proporcionar una mejora en las capacidades operativas de las unidades de caballería a través del uso de los UGV. Para ello, será clave que el producto sea capaz de combatir en todo el espectro del conflicto, suplir las carencias en ZURB y que sus componentes sean modulables.	
Entregables/Hitos	



- E1: Listado de las necesidades de la caballería.
- E2: Prototipos existentes en el marco europeo u OTAN.
- E3: Elección del prototipo que mejor satisfaga las necesidades del E1.
- E4: Análisis de riesgos.
- E5: Despliegue funcional de la calidad (QFD).
- E6: Análisis modal de fallos y efectos (AMFE).
- E7: Entrevista jefe de grupo Santiago I/12.

Riesgos de alto nivel

Debilidades: Alta inversión de tiempo y dinero. Poca inversión en defensa en el caso de España. Gran cantidad de horas de formación, instrucción y adiestramiento.

Amenazas: Crisis económicas, políticas o sociales que afecten al proyecto.

Fortalezas: Existencia de desarrollos en empresas civiles que pueden ser aprovechados por el sector de defensa. Convergencia de diversos países hacia el desarrollo de estos medios a través de programas de cooperación.

Oportunidades: Estar a la vanguardia en innovación militar. ROI alto si se opta por fabricar y vender el producto desarrollado a terceros países. Mayor versatilidad a la hora de realizar misiones en el exterior. Interoperabilidad con países aliados. Aprendizaje de nuevas TTPs que sorprendan al enemigo.

Aprobación y firma: Domenico Sicignano

Fecha: 15/07/2021



ANEXO B. ALCANCE DEL PRODUCTO Y DEL PROYECTO

Tabla 4. Alcance del proyecto

ALCANCE DEL PROYECTO	
Título: Implementación de medios UGV en unidades de caballería	Fecha: 16/08/2021
Jefe del proyecto: Domenico Sicignano	Localización: Valladolid
Equipo del proyecto: Domenico Sicignano, Hugo de Diego Andrés, Sergio Gil Rodríguez	
Alcance de producto	
El objetivo que se persigue con este proyecto es estudiar de qué manera los medios UGV pueden mejorar las capacidades operativas de las unidades de caballería.	
Alcance del proyecto	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Necesidades operativas que se buscan satisfacer con los medios UGV. 2. Requisitos que deben cumplir los medios UGV. 3. Búsqueda de UGV actuales en el mercado. 4. Analizar los prototipos existentes en el RC Farnesio 12. 5. Planificar el tiempo de duración del estudio. 6. Analizar los riesgos que pueden surgir de una futura implementación. 7. Realización de QFD y AMFE. 8. Extraer conclusiones del estudio, analizar la perspectiva de futuro de estos vehículos y posibles líneas de acción futura del ET. 	
Principales entregables del proyecto	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de requisitos que debe cumplir el UGV. (Alcance producto) 2. Cronograma del estudio/EDT. 3. Listado de riesgos del proyecto. 4. Entrevista empleo táctico prototipo RC Farnesio 12 5. QFD 6. AMFE 	
Criterios de aceptación y aprobación	
<ul style="list-style-type: none"> • Modularidad de la plataforma. • Ametralladora 7,62mm o 12,70mm. • Sistema de estabilización. • Blindaje contra armamento ligero (5,56mm y 7,62mm). 	



- Capacidad de seguimiento a un soldado.
- Transitar por pendientes verticales de hasta el 35% y laterales del 30%.
- Velocidad máxima de 20km/h.
- Accionamiento del armamento únicamente por un operador.
- Visor óptico de 10 aumentos.
- Capacidad de operar remotamente el UGV hasta a 4km de distancia.
- Autonomía de 100km como mínimo.
- Capacidad de operar en temperaturas de entre -40°C y 60°C.
- Sensores capaces de detectar a un objetivo en condiciones de escasa visibilidad (niebla, polvo en suspensión...).
- Sensores capaces de detectar más de un objetivo al mismo tiempo.
- Autodestrucción si cae en manos enemigas.

Requisitos excluidos

- Aerolanzable.
- Capacidad para ser tripulado por un soldado.
- Capacidad para la evacuación de heridos.
- Protección antiaérea.
- Completamente autónomo.
- Detección NBQ.
- Integración del sistema BMS.
- Sistema contra incendios.
- Capacidad de vadeo.

Hipótesis de partida

- Tecnología emergente.
- Fuerte inversión en I+D.
- Ventaja competitiva.
- Instrucción y adiestramiento de las unidades.

Restricciones del proyecto

- Presupuesto elevado.
- Gran cantidad de pruebas hasta el vehículo final.
- Sobrecostes durante el proyecto.

Aprobación y firma: Domenico Sicignano

Fecha: 16/08/2021



ANEXO C. MOVILIDAD TÁCTICA, SIGILO Y ECONOMÍA DE MEDIOS POR DENTE Y LEE (2020)

➤ La movilidad táctica

Dente y Lee (2020) recuerdan que los mandos necesitan un gran nivel de conciencia situacional, es decir, tener claro en todo momento cuál es la situación operativa. Asimismo, necesitan tiempo para reunir y concentrar una potencia de combate superior a la del enemigo en el lugar y momento oportuno a fin de lograr el éxito.

A través de los siglos, la caballería ha sido capaz de proporcionar estas necesidades a los mandos gracias a su poder de movilidad y reteniendo la libertad de maniobra. De esta manera, proporcionan un continuo flujo de información e inteligencia a sus jefes lo cual les ayuda a superar la incertidumbre propia del campo de batalla, establecer contacto en condiciones favorables, prevenir la sorpresa y facilitar el tiempo para procesar las decisiones.

Según Dente y Lee (2020), la caballería son <<los ojos y los oídos>> del jefe de brigada, puesto que pueden desplegar rápidamente, combatir por la información y asegurar el terreno clave muy a vanguardia del grueso de la brigada con la finalidad de proporcionar tiempo de reacción y espacio para la maniobra.

Sin embargo, destacan que los jefes de las unidades de caballería se ven obligados a sacrificar una gran cantidad de detalles recopilados en relación al entorno operacional para mantener la velocidad en la maniobra. Consecuentemente, el hecho de moverse rápidamente puede reportar un riesgo para los soldados ya que se les expone a un potencial contacto con el enemigo mientras tratan de recopilar información acerca de la situación.

En contraste, si se decide adoptar un movimiento más lento para evitar este problema, se incrementa el riesgo de no cumplir con la misión, puesto que no se conseguiría asegurar el terreno clave antes de que las fuerzas enemigas comiencen su ataque inicial. Recalcan que este es un problema que han perseguido a los oficiales de caballería durante siglos.

➤ El sigilo

En este apartado Dente y Lee (2020) comentan que la doctrina del reconocimiento incluye la capacidad de las unidades de caballería para combatir por la información y la mejor manera de llevarlo a cabo es a través del sigilo.

A través de mantenerse escondidas y maximizando el uso de cubiertas y la ocultación para conducir tareas de reconocimiento y seguridad, consiguen detectar y observar los movimientos enemigos muy a vanguardia del grueso de la brigada mientras conservan su movilidad.

Además, indican que el reconocimiento sigiloso previene a las unidades de caballería de quedar fijadas por el enemigo e incrementan su supervivencia. Asumiendo que sólo deben enfrentarse al enemigo si es estrictamente necesario, consiguen establecer contacto con cierta ventaja al realizar un reconocimiento.

A pesar de las ventajas del reconocimiento sigiloso, los oficiales recalcan que incluso esta técnica ha de considerar la necesidad de sobrevivir ante un contacto probable o una hipotética emboscada. Como ejemplo muestran lo sucedido en la operación Tormenta del Desierto.

En ella, la caballería divisionaria obvió la potencia de combate a la hora de llevar a cabo las tradicionales operaciones de reconocimiento y seguridad al no prever un posible contacto con el enemigo. Como los carros de combate no eran orgánicos a los grupos de caballería, muchos mandos se vieron obligados a crear compañías de carros extraídos de las brigadas de maniobra. La finalidad era proporcionar al principal elemento de reconocimiento de la división de los recursos necesarios para combatir por la información y sobrevivir en el campo de batalla.



Lo ocurrido en la Tormenta del Desierto reforzó la idea de la campaña del Norte de África durante la Segunda Guerra Mundial que defendía que un reconocimiento efectivo debía ir unido al combate. De hecho, varios mandos norteamericanos sufrieron importantes bajas en 1943 al utilizar unidades ligeras para combatir por la información.

➤ Economía de medios

En el artículo se recuerda que las unidades de caballería tratan de proteger y preservar la potencia de combate de las brigadas durante operaciones de seguridad lo cual permite al mando gozar de tiempo valiosos para saber en qué lugar concentrar sus fuerzas.

Esto proporciona a la brigada una capacidad crítica basada en un principio de guerra: la economía de medios. Esto significa emplear toda la capacidad de combate disponible de la manera más efectiva posible.

La flexibilidad de la caballería permite que los jefes de brigada conserven su potencia de combate para emplearla en el lugar y momento oportunos según su elección. De esta manera, pueden dedicar la mínima potencia esencial en un esfuerzo secundario para, posteriormente, dedicar la máxima al esfuerzo principal. En resumen, la caballería permite que la brigada no despliegue prematuramente y se arrepienta de usar toda su potencia de combate antes de alcanzar su objetivo.

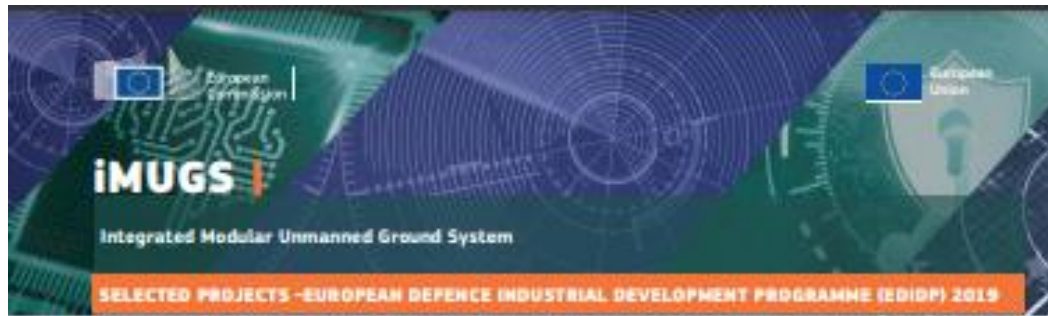
Como en el caso anterior, este principio alberga un problema. Si, por definición, la economía de medios es la idea de emplear la mínima cantidad de potencia de combate en los esfuerzos secundarios, se deduce que la habilidad de la caballería para moldear en su beneficio el campo de batalla, influir en los actores principales y consolidar el éxito y el esfuerzo está bastante limitada, puesto que se considera un esfuerzo secundario.

Los oficiales apuntan que, aunque una unidad de caballería tenga una buena organización operativa que pueda ofrecer resultados que compensen la reducción de potencia de combate de la brigada, esto puede suponer un riesgo ya que ésta dispone de una menor capacidad ante posibles misiones posteriores.

El resultado deriva en que las unidades de caballería se encuentran limitadas en cuanto a lo que pueden aportar a la brigada, puesto que suelen reaccionar ante el enemigo en lugar de crear las condiciones para crear y explotar la iniciativa.



ANEXO D. PROGRAMA IMUGS



CALL TITLE: Multipurpose unmanned ground system

TOPIC TITLE: N/A

DURATION OF THE PROJECT: 30 months

TYPE(S) OF ACTIVITIES: Studies; Design; System prototyping; Testing

TOTAL COST: € 32,595,365.00

MAXIMUM EU CONTRIBUTION : € 30,600,000.00

MEMBERS OF THE CONSORTIUM AND COUNTRY OF ESTABLISHMENT:

NAME OF THE ENTITY	COUNTRY
MILREM AS (COORDINATOR)	Estonia
SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE SAS	France
GT CYBER TECHNOLOGIES OÜ	Estonia
BITTIUM WIRELESS OY	Finland
INSTA DEFSEC OY	Finland
GMV AEROSPACE AND DEFENCE SAU	Spain
KRAUSS-MAFFEI WEGMANN GMBH & CO KG	Germany
DIEHL DEFENCE GMBH & CO KG	Germany
NEXTER SYSTEMS SA	France
LATVIJAS MOBILAIS TELEFONS SIA	Latvia
IUNIMANNED NV	Belgium
ECCLE ROYALE MILITAIRE - KONINKLIJKE MILITAIRE SCHOOL	Belgium
OTOCEAN NV	Belgium
KAITSEVAE AKADEEMIA (ESTONIAN MILITARY ACADEMY)	Estonia

SHORT DESCRIPTION OF THE PROJECT:

The project will develop a modular and scalable architecture for hybrid manned-unmanned systems in order to address a large range of missions and to enable easy update or modification of assets and functionalities within the system: aerial and ground platforms, command, control and communication equipment, sensors, payloads and algorithms. For demonstrating the features of the project, the prototype will be based on an existing unmanned ground vehicle and a specific list of payloads.

Related PESCO project: Integrated Unmanned Ground System (UGS)

© European Union, 2020

Photos: © iStock Photo. Some of the documents in abstract provided separately credit to their own and any changes are indicated (Creative Commons Attribution 4.0 International License). For any use in reproduction of abstracts that are not covered by this EU, permission may need to be sought directly from the respective right holders. All images: © European Union unless otherwise stated.



ANEXO E. THEMIS DE MILREM ROBOTICS

➤ Especificaciones técnicas

Max Speed	20 km/h	Power options	Diesel engine & electric generator
Length x Width x Height	240 x 200 x 115 cm	Line of sight control range	up to 1,5 km
Weight	1630 kg	Air transportability	Designed according to STANAG 3542
Rated Payload Weight	750 kg	Towing speed	up to 80 km/h
Maximum payload weight	1200 kg	IP radio	4W, customizable MIMO Mesh
Maximum grade	60%	Encryption	AES256
Maximum side slope	30%	Frequency hopping	Supported
Ground clearance	40 ... 60 cm	Sensors	LIDARs
Pull force	15 000 N	Cameras	IR (MIL-STD-810G), Thermal, HDR
Run time hybrid	Up to 15h	Lights	LED, IR
Run time electric	Up to 1,5h	Available colors	Mil green, Mil desert
Power options	Battery Pack, Lead acid or LI-Ion		

➤ THeMIS función de logística



THeMIS Cargo

The THeMIS Cargo is intended to support dismounted troops by carrying everything a soldier would normally carry, thus letting the fighter concentrate on the mission at hand. It can be outfitted with various types of tie downs and restraints to prevent load shift.

[View product](#)

THeMIS Cargo Mortar carrier

The THeMIS Mortar carrier has been adjusted to accommodate a mortar up to 81 mm. The Cargo platform is equipped with a specially designed suspension system for safe transportation and utilization of the mortar, extra equipment and ammunition, making it rapidly deployable on harsh terrain. The main purpose of this system is to enable logistical support and indirect fire for manoeuvre forces.





TheMIS Cargo CASEVAC

The purpose of the CASEVAC platform is to provide rapid evacuation for urgent casualties from the point of injury to higher-level medical facilities. It reduces the need for manpower usually used for casualty evacuation. The vehicle facilitates most NATO stretchers used in the armed forces.

[View product](#)

➤ TheMIS función de combate



TheMIS Combat with Hero-120

The TheMIS Combat with the Hero-120 by UVision can be equipped with up to six Loitering Munition systems that will provide dismounted infantry and Special Forces units with long-range ISR and firepower combination. Ideal for anti-tank missions or other strategic objectives, the Hero-120 is the largest of UVision's short-range systems. It carries a 3.5 kg warhead and can endure an extended flight time of 60 minutes.

[View product](#)

TheMIS Combat with GUARDIAN 2.0

The GUARDIAN 2.0 by Escribano Mechanical & Engineering provides defence capabilities over short and medium ranges with high firing accuracy and it is a cost-effective solution for defence against asymmetric threats. The system is stabilized and can operate by day and by night. Operational functions include surveillance, target identification and tracking. Ballistic calculations for shooting are programmed into the main computer unit, allowing improved shooting accuracy.

[View product](#)





THeMIS Combat with R400S-MK2-D-HD

The THeMIS Combat with the EOS R400S-MK2-D-HD 30 mm autocannon remote weapon system provides direct fire support for manoeuvre forces acting as a force multiplier. The stabilized weapon system provides higher precision over wide areas, day and night, increasing stand-off distance, force protection and survivability. Reducing logistical footprint and enabling light infantry units to deploy with a heavy weapon system.

[View product](#)

THeMIS Combat with deFNder® Medium

As the name suggests this unit is equipped with the deFNder® Medium remote weapon station developed by FN Herstal. In partnership with FN Herstal and the Estonian Defence Forces this armed UGV has been deployed at the biggest Estonian defence exercise Spring Storm 2017. In December 2017 live firing tests were conducted in Estonia where the weapon system was tested with a moving UGV as well as a stationary vehicle.

[View product](#)





TheMIS Combat Support



The main purpose of the TheMIS Combat Support is to assist military infantry or special intervention police units in high threat, riot control and counterterrorist (CT) urban environment scenarios. The TheMIS Combat Support includes a stretcher, a bumper kit, equipment storage boxes and attachments for extra equipment on the fenders that can be adjusted according to the nature of the mission. It can also be equipped with light remote weapon systems to increase firepower in addition to easing the workload of combatants.

TheMIS Combat with PROTECTOR RWS



The PROTECTOR remote weapon station from KONGSBERG was integrated in 2017 and is a valuable addition to the TheMIS RWS family. There are several versions of the PROTECTOR RWS available, one of which is equipped with the Javelin missile system.

[View product](#)

TheMIS Combat with ADDER DM

The ADDER was the first remote weapon station integrated into the TheMIS. This system has been tested in the cold Estonian winter in partnership with weapon station developer and manufacturer Singapore Engineering Land Systems under the supervision of the Estonian Defence Forces.

[View product](#)





➤ THEMIS función ISR



THEMIS Observe with the KX-4 LE Titan

The THEMIS Observe with the KX-4 LE (Long Endurance) Titan UAV by Threod Systems is the perfect tool for surveillance, rescue and law enforcement missions. The system features a heavy-lift multirotor with multiple payload options.

[View product](#)

Themis Observe with Shark

The Electro-optical Counter Unmanned Aerial Systems platform Marduk Shark and the THEMIS UGV provides frontline forces an independent ability to accurately Detect, Classify & Target rogue drones or other flying objects by using the most advanced AI and ML models. The mobile C-UAS platform is upgradeable with different sensors and effectors: Radar, RF detector, Jammer, Laser, etc.



➤ THEMIS función EOD



THEMIS with GroundEye

The THEMIS GroundEye system is the first explosive ordinance detection and disposal unit that has been developed in partnership with Raytheon UK. This unit includes all the capabilities of the THEMIS as well as the following GroundEye features:

[View product](#)



ANEXO F. ESTRUCTURA DE DESGLOSE DEL TRABAJO

Proyecto: Implementación medios UGV en unidades de caballería						Fecha: 07/07/2021
Project manager: Sergio Gil Rodríguez						
		Equipo de proyecto	Domenico Sicignano, Hugo de Diego Andrés, Sergio Gil Rodríguez			
ID	Nombre tarea	Descripción	Fecha inicio	Duración (días)	Fecha fin	Status
1	Lanzamiento del proyecto					Cerrada
1.1	Project Kick-off meeting	Reunión con Director Académico para enfoque del trabajo	07/07/2021	1	08/07/2021	Cerrada
1.2	Generación de la agenda	Definición de hitos y fechas de relevancia	20/07/2021	1	21/07/2021	Cerrada
1.3	Project charter	Acta de constitución del proyecto	21/07/2021	1	22/07/2021	Cerrada
1.4	Análisis socioeconómico	Determinar rentabilidad social del proyecto e impacto en la economía	22/07/2021	1	23/07/2021	Cerrada
1.5	Análisis DAFO	Determinar debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del proyecto	23/07/2021	1	24/07/2021	Cerrada
2	Necesidades operativas caballería					Cerrada
2.1	Lectura manuales de caballería	Obtener información sobre cometidos, misiones y características de la caballería	20/07/2021	13	03/08/2021	Cerrada
2.2	Vulnerabilidades de la caballería	Extracción de debilidades de la caballería a la hora de realizar cometidos	03/08/2021	2	05/08/2021	Cerrada
2.3	Definición necesidades de la caballería	Definir servidumbres propias de la caballería	05/08/2021	2	07/08/2021	Cerrada
3	Recopilación de requisitos del UGV					Cerrada
3.1	Búsqueda de información	Lectura de noticias y artículos sobre los medios UGV y programas que se estén llevando a cabo	15/07/2021	9	24/07/2021	Cerrada
3.2	Aportación de los UGV a las unidades caballería	Tratar de satisfacer las necesidades propuestas en el punto 2.3 mediante los UGV	07/08/2021	4	11/08/2021	Cerrada
3.3	Definición del alcance	Determinar alcance de producto (UGV) y alcance del proyecto.	13/08/2021	2	15/08/2021	Cerrada
4	Estudio mercado UGV					Cerrada
4.1	Búsqueda de empresas	Encontrar empresas especializadas en medios UGV para el sector de defensa	15/07/2021	2	17/07/2021	Cerrada
4.2	Elección UGV	Determinar el UGV del mercado que mejor puede satisfacer las necesidades definidas en el punto 2.3	20/08/2021	1	22/08/2021	Cerrada
4.3	Análisis UGV	Analizar las características de los UGV y su desempeño en el campo	24/08/2021	3	27/08/2021	Cerrada
5	Análisis prototipos UGV RC Farnesio 12					Abierto
5.1	Reunión cabo primero equipo simulación del RC Farnesio 12	Obtener una idea general del propósito de los prototipos del RC Farnesio 12	07/09/2021	1	08/09/2021	Cerrada
5.2	Análisis técnico del prototipo	Adquirir información de los componentes del prototipo y su funcionamiento	17/09/2021	3	20/09/2021	Cerrada
5.3	Análisis táctico del prototipo	Reunión/entrevista con Teniente Gago para obtener informe acerca de su desempeño en el campo	20/09/2021	2	22/09/2021	Abierto
5.4	Conclusiones del prototipo	Extraer puntos fuertes y débiles del prototipo actual, posibles líneas de actuación futuras y aspectos a mejorar	23/09/2021	1	24/09/2021	Abierto
6	Análisis de riesgos					Cerrada
6.1	Identificación de riesgos	Crear lista para establecer un registro de riesgos	14/09/2021	5	19/09/2021	Cerrada
6.2	Análisis cualitativo de los riesgos	Clasificar y priorizar los riesgos obtenidos. Uso de matriz de probabilidad e impacto	16/09/2021	3	19/09/2021	Cerrada
6.3	Plan de respuesta de los riesgos	Búsqueda de acciones para disminuir la amenaza que suponen los riesgos	22/09/2021	4	26/09/2021	Cerrada
7	Gestión de la calidad					Cerrada
7.1	Encuestas al personal militar del ELAC-3 RC Farnesio 12	Realización de encuesta para determinar las capacidades más importantes que debe poseer un UGV	17/09/2021	3	20/09/2021	Cerrada
7.2	Despliegue funcional de la calidad (QFD)	Traducir las necesidades y exigencias del personal militar para un UGV	27/09/2021	4	01/10/2021	Cerrada
7.3	Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)	Detectar modos de fallo que puedan surgir del UGV	02/10/2021	5	07/10/2021	Cerrada
8	Integración medios UGV en unidades de caballería					Abierto
8.1	Propuesta de empleo táctico de los UGVs	Proponer un posible empleo táctico de los UGV en base a lo estudiado sobre estos medios	04/10/2021	9	13/10/2021	Cerrada
8.2	Dependencia orgánica	Proponer sobre qué unidad deberían depender los UGVs en base a la propuesta del punto 8.1	13/10/2021	2	15/10/2021	Abierto
8	Conclusiones					Abierto
8.1	Situación actual de la caballería respecto a estos medios	Explicar cuál es el estado actual de la caballería respecto a los medios UGV	15/10/2021	17	1/11/2021	Abierto
8.2	Líneas de acción futuras	Proponer líneas de acción futuras en base a lo estudiado y expuesto en el trabajo	15/10/2021	17	1/11/2021	Abierto
8.3	Perspectiva de futuro	Pequeña argumentación del futuro a medio-largo plazo del ET respecto a los UGV	15/10/2021	17	1/11/2021	Abierto



ANEXO G. ANÁLISIS DE PERT

Tabla 5. Análisis de PERT

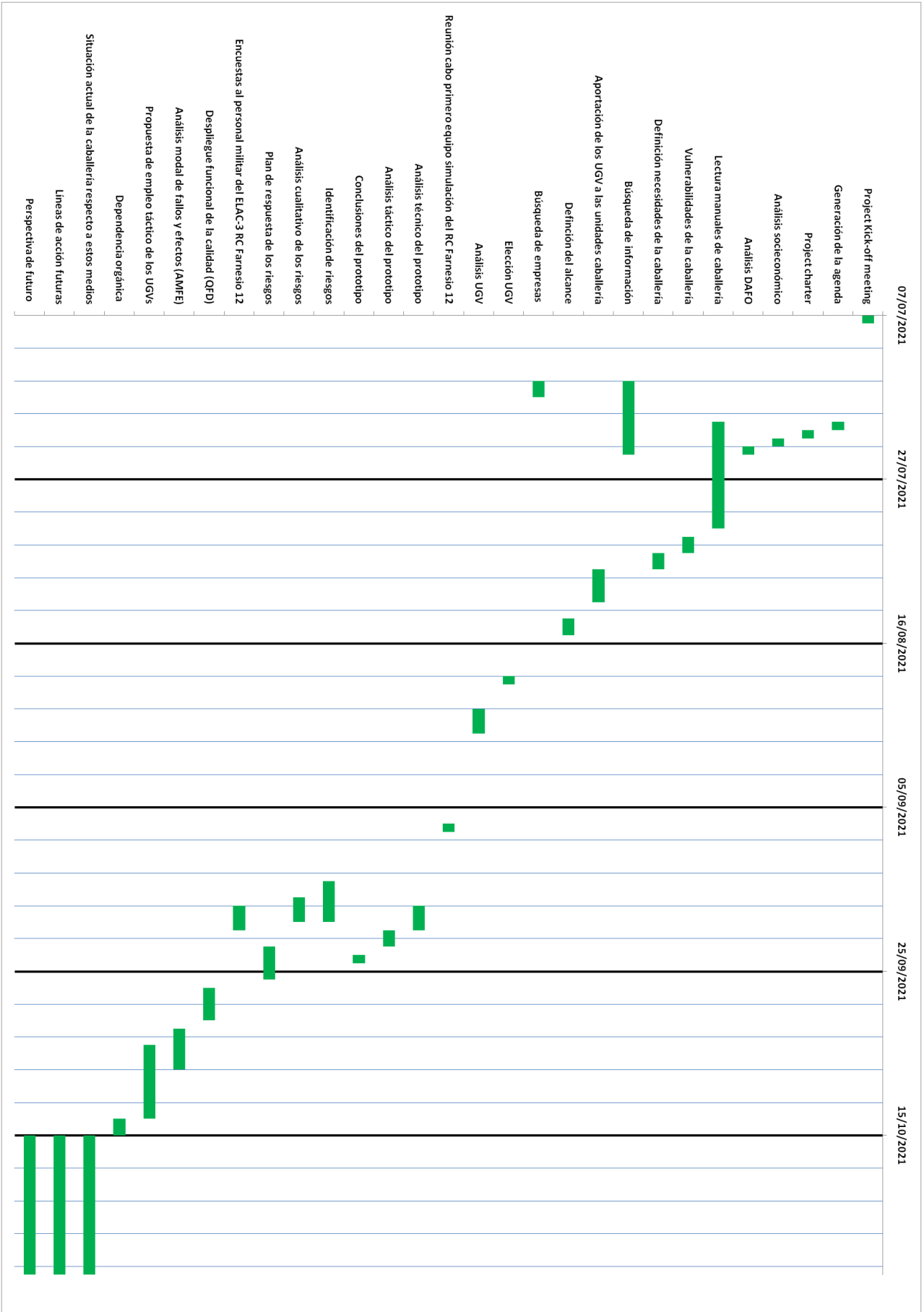
Actividad	P (días)	M (días)	O (días)	EAD (días)	ASD (días)	Rango duración (días)	
1.1	2	1	0,5	1,08	0,25	0,83	1,33
1.2	3	1	0,5	1,25	0,42	0,83	1,67
1.3	2	1	0,5	1,08	0,25	0,83	1,33
1.4	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
1.5	2	1	0,5	1,08	0,25	0,83	1,33
2.1	20	10	5	10,83	2,50	8,33	13,33
2.2	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
2.3	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
3.1	15	7	5	8,00	1,67	6,33	9,67
3.2	5	4	3	4,00	0,33	3,67	4,33
3.3	3	2,5	1	2,33	0,33	2,00	2,67
4.1	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
4.2	2	1	0,5	1,08	0,25	0,83	1,33
4.3	5	3	1	3,00	0,67	2,33	3,67
5.1	2	1	0,5	1,08	0,25	0,83	1,33
5.2	5	2	1	2,33	0,67	1,67	3,00



5.3	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
5.4	3	1	0,5	1,25	0,42	0,83	1,67
6.1	7	5	3	5,00	0,67	4,33	5,67
6.2	4	2	1	2,17	0,50	1,67	2,67
6.3	5	4	2	3,83	0,50	3,33	4,33
7.1	4	2	1	2,17	0,50	1,67	2,67
7.2	7	5	3	5,00	0,67	4,33	5,67
7.3	7	5	4	5,17	0,50	4,67	5,67
8.1	14	7	5	7,83	1,50	6,33	9,33
8.2	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
9.1	5	3	1	3,00	0,67	2,33	3,67
9.2	3	2	1	2,00	0,33	1,67	2,33
9.3	2	1	0,5	1,08	0,25	0,83	1,33



ANEXO H. DIAGRAMA DE GANTT






ANEXO I. PROTOTIPO RC FARNESIO 12







ANEXO J. ANÁLISIS DE RIESGOS

Análisis de riesgos														
Título Proyecto:		Implementación de medios UGV en unidades de caballería			Jefe de Proyecto:		Domenico Sicignano			Fecha cambio:		15/09/21		
Equipo de proyecto:		Domenico Sicignano, Cap. Hugo de Diego Andrés, Sergio Gil Rodríguez								Fecha inicio:		7/7/21		
Evaluación de riesgos														
ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida	Tendencia	Status			
1	El UGV no cumple con las características técnicas requeridas	Calidad	Abaratamiento de coste	H	1	1H	El UGV no puede emplearse tácticamente como estaba previsto.	Realización de auditorías de calidad para seguimiento y mejora conjunta	1L	Decreciente	Open			
2	Crisis sociales o políticas que puedan paralizar su implementación por falta de inversión	Desarrollo/Producción	Decisiones políticas en contra del proyecto basado en el rechazo de la opinión pública hacia la inversión en estos medios.	L	1	1L	Retraso o anulación del proyecto.	Se acepta el riesgo al ser uno leve	1L	Igual	Open			
3	Fracaso de programas de cooperación en materia de UGV por el abandono de algunos países.	Desarrollo	Incumplimiento de hitos y objetivos que provoquen la desconfianza de países pertenecientes a programas de UGV	M	1	1M	Menor cooperación y menor inversión en programas de cooperación europeos.	Definición de hitos y objetivos alcanzables y realistas.	1L	Decreciente	Open			
4	Quiebra de la empresa que provea el UGV	Compras	Crisis financiera de la empresa responsable de la fabricación del UGV	H	1	1H	Retraso en la implementación de estos medios y elevado sobre coste.	Estudio financiero exhaustivo de la empresa que va a proveer estos medios	1L	Decreciente	Open			
5	La cantidad de UGV planeados para adquirir no son suficientes para cumplir el objetivo.	Desarrollo	Mal planeamiento a la hora de establecer la entidad de los medios UGV para mejorar las capacidades de las unidades de caballería	H	1	1H	No se pueden aprovechar las capacidades operativas de los UGV.	Implementación escalonada por unidades para confirmar la entidad necesaria de UGVs previamente planeada.	1M	Decreciente	Open			
6	Atraso en materia de UGV respecto otros países	Desarrollo	Dedicación excesiva de tiempo a los programas UGV	M	2	2M	Imposibilidad de lograr la iniciativa frente al adversario a través de esta innovación tecnológica y táctica.	Definición de un cronograma con entregables y sus principales actividades con la finalidad de poder controlar la duración del proyecto.	1L	Decreciente	Open			
7	Bajas humanas durante el empleo de un UGV	Calidad	Fallo humano o robótico del UGV que provoque la muerte de un soldado propio	H	1	2H	Surgimiento de un sentimiento de inseguridad y miedo con respecto a los UGVs.	VA continua con estos medios y aplicación de nuevas TTPs	1H	Decreciente	Open			
8	Insuficiente capacidad de las unidades de caballería y del ET para el mantenimiento de los UGV	Implementación	Falta de personal y talleres para realizar tareas de mantenimiento a los UGV de 2º, 3º y 4º EMAN	H	3	3H	UGVs inoperativos por largos periodos de tiempo	Cursos de formación al personal de tropa para realizar un buen mantenimiento preventivo de estos medios	2H	Decreciente	Open			
9	Excesiva firma electromagnética del UGV.	Calidad	No se aplican técnicas de desmagnetización	H	2	2H	Fácil detección por parte del adversario.	Aplicación de medidas de defensa electrónica	1H	Decreciente	Open			
10	Llegada de un nuevo JEME que no esté de acuerdo con la implementación de estos medios	Desarrollo	Cambio de propósito para el futuro Ejército de Tierra	H	1	1H	Suspensión del proyecto y fin a la dotación de UGVs a las unidades de caballería	Estudiar el perfil personal y prioridades del próximo JEME	1H	Igual	Open			
11	Captura del UGV por parte de fuerzas enemigas.	Implementación	Mal empleo táctico del UGV en el TO e inexistencia de mecanismo para impedir su captura	H	1	1H	Aprendizaje de estos medios por parte del adversario. Pérdida de la ventaja.	Mecanismo de autodestrucción	1M	Decreciente	Open			



ANEXO K. AMFE

Tabla 6. Análisis Modal de Fallos y Efectos

Proceso	Efectos del fallo	Modos de fallo	G	Causas potenciales	O	Controles actuales del proceso	D	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones tomadas	G	O	D	NPR	
UGV	Detención del vehículo	Atrapado en un obstáculo	7	Planeamiento erróneo	4	Proceso planeamiento	3	84	-	-	-	7	4	3	84	
		Pérdida de señal	Inhibidores	7	Inhibidores	6	Estudio TTPs enemigo	7	294	Empleo de frecuencias que no se vean afectadas por inhibidores	Jefe EPLMS	Empleo de frecuencias que no se vean afectadas por inhibidores	7	2	7	94
			Lugar cerrado	7	Lugar cerrado	10	-	2	140	Antenas más potentes	Fabricante	Antenas más potentes	7	3	2	42
	Pérdida señal vídeo	Interferencias	10	Capta una señal indeseada	1	Certificado de calidad	9	90	-	-	-	10	1	9	90	
	No efectúa disparo	Interrupción arma	8	Falta mantenimiento	4	Mantenimiento preventivo	2	64	-	-	-	8	4	2	64	
		El vehículo no ejecuta la orden	8	Servomotores defectuosos	5	-	9	360	Mantenimiento predictivo	Jefe de grupo	Mantenimiento predictivo	8	1	9	72	



ANEXO M. ENCUESTA PERSONAL RC FARNESIO 12

23/10/21 10:24

Encuesta

Encuesta

En la siguiente encuesta debe puntuar del 1 al 5, de menor a mayor nivel de importancia, las características y capacidades que debería tener un vehículo de reconocimiento de caballería no tripulado.

***Obligatorio**

1. Que sea capaz de provocar daños a blindados enemigos (Potencia de fuego) *

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

2. Que sea capaz de continuar con la misión encomendada a pesar de la diversidad y número agresiones que sufra por parte del enemigo (Supervivencia) *

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



23/10/21 10:24

Encuesta

3. Que sea lo más barato posible asumiendo el riesgo de que se obtenga un producto más austero que el solicitado.

Marca solo un óvalo.

- 1
 2
 3
 4
 5

4. Que pueda ser empleado en zonas de difícil acceso (ZURB estrechas, edificaciones, zonas de vegetación densa...)

Marca solo un óvalo.

- 1
 2
 3
 4
 5

5. Que se puedan acoplar y desacoplar diversos componentes a la plataforma del vehículo (Diseño modular)

Marca solo un óvalo.

- 1
 2
 3
 4
 5



29/10/21 10:24

Encuesta

6. Que esté dotado de sensores sofisticados para adquisición, detección e identificación de objetivos (Lidar, cámaras térmicas, HDR, cámaras infrarrojas, etc...)

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

7. Que pueda atravesar obstáculos, subir y bajar pendientes pronunciadas, maniobrar por terreno accidentado... (Movilidad táctica).

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

8. *Marca solo un óvalo.*

- Opción 1

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios



ANEXO N. ENTREVISTA JEFE SECCIÓN

29/10/21 10:21

ENTREVISTA

29/10/21 10:21

ENTREVISTA

4. ¿Durante su empleo ha detectado algún fallo? En caso afirmativo, explíquelos. *

5. A la hora de efectuar un reconocimiento. ¿Alguna vez ha echado en falta poder emplear este prototipo? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

6. ¿Considera de gran utilidad el empleo de un UGV que apoye a los exploradores en tareas de reconocimiento? En caso afirmativo, ¿dotaría al vehículo con un sistema de armas? *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios



ANEXO O. ENTREVISTA JEFE DE GRUPO

ENTREVISTA MEDIOS UGV

En el apartado "Conclusiones" del Trabajo Final de Grado "Implementación de medios UGV en unidades de caballería" se pretende conocer la situación actual del arma con respecto a estos medios, su perspectiva de futuro y posibles líneas de acción futuras. Para ello, se realiza una serie de preguntas al Teniente Coronel Don Sergio Martínez Ordóñez, jefe del grupo de caballería Santiago I/12 del RC Farnesio 12, con la finalidad de obtener una opinión relevante de un oficial de caballería ligado a la especialidad fundamental durante varios años de servicio.

1. Teniendo en cuenta el presupuesto destinado a Defensa y los medios que se poseen actualmente. ¿Cree usted que estamos cerca de poseer UGVs, mínimamente sofisticados, en las unidades de caballería?

2. ¿Es partidario de adquirir un UGV ya existente o fabricarlo desde cero a través de la adjudicación a una empresa?

3. ¿Cree usted que es viable, en un futuro a largo plazo, que los vehículos terrestres tripulados sean sustituidos en su totalidad por vehículos terrestres no tripulados?



29/10/21 10:20

ENTREVISTA MEDIOS UGV

4. Si tuviera que elegir entre una de las diversas innovaciones tecnológicas que existen para la caballería (RPAS, C-UAS, UGVs, sistemas APS...). ¿Escogería los UGVs como primera prioridad?

5. A la hora de implementar medios UGVs en las unidades de caballería. ¿Preferiría, inicialmente, plantear objetivos ambiciosos a cumplir por los UGVs sin una elevada tasa de éxito o, por el contrario, plantear unos fácilmente alcanzables y, tras ello, ir desarrollando la tecnología para satisfacer unos más ambiciosos con una alta probabilidad de éxito? Siempre teniendo en cuenta que esta última opción puede demorarse más en el tiempo que la primera.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formulario