



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## Implementación de UGV en sección mecanizada de Zapadores

Autor

D. Xabier Gallastegui Royuela

Directores

Director académico: Dra. Inés García Rubio

Director militar: Cap. Emilio Lorente Bonelli

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2021

**PÁGINA  
INTENCIONADAMENTE  
EN BLANCO**

## **Agradecimientos**

Al Regimiento de Ingenieros N°8, por su apoyo y sus enseñanzas.

Al Capitán D. Emilio Lorente Bonelli y al Teniente Gómez Rubio por su apoyo en lo académico y en lo militar.

Al Cabo Primero Molina por sus constantes ganas de ayudar.

A la Dra. Dña. Inés García Rubio, por su ayuda y alta disponibilidad durante la elaboración de este trabajo.

A mis padres y hermanos por su constante apoyo en los momentos más difíciles.

**PÁGINA  
INTENCIONADAMENTE  
EN BLANCO**

## **RESUMEN**

Debido a la importancia de los zapadores en todos los aspectos del combate y el peligro que conlleva la mayoría de las tareas que realizan, es necesario dotar a las secciones mecanizadas de zapadores con las tecnologías más actualizadas en el ámbito de los vehículos terrestres no tripulados (UGV).

Para identificar que actividades se beneficiarán más del apoyo de estos robots se ha realizado una revisión de las tareas que puede desarrollar una sección mecanizada de zapadores. Según los encuestados es más necesaria la adquisición de UGVs para realizar aquellas tareas de carácter ofensivo por delante de las de carácter defensivo, destacando la apertura de brecha, la limpieza de ruta, el apoyo al combate en zonas urbanas o subsuelo y el desminado humanitario o de retaguardia,

Con el objetivo de encontrar UGVs capaces de realizar estos trabajos se ha llevado a cabo una fase de documentación en base a publicaciones doctrinales y documentos oficiales del Ejército de Tierra (ET) y de revistas especializadas, informes e investigaciones de ejércitos punteros y organizaciones internacionales. Posteriormente, se ha preseleccionado aquellos con, al menos, las características mínimas y necesarias para adaptarse al ET mediante un cribado en base a requisitos técnicos establecidos por expertos del Regimiento de Ingenieros número 8 (RING 8) conocedores de las necesidades de la unidad mecanizada de zapadores.

Finalmente, mediante un análisis multicriterio se ha determinado la idoneidad de cada uno de los UGVs preseleccionados para cada tarea. Este análisis se ha sustentado en las fichas técnicas de los vehículos y en encuestas a mandos expertos del RING 8.

Los resultados obtenidos reflejan que actualmente no existen plataformas para robotizar la apertura de brecha o la limpieza de ruta, aunque los proyectos existentes se encuentran en un estado de desarrollo avanzado y parece ser que el futuro en este ámbito serán los softwares que permiten operar en remoto o autónomamente vehículos actualmente tripulados.

En cuanto al combate en zonas urbanizadas o subterráneas, el MTGR de la empresa Israelí Roboteam ha destacado sobre el resto de alternativas por sus altas capacidades para obtener información y su alta movilidad.

De igual manera, el UGV de origen eslovaco Bozena-5 ha resultado el más adecuado para llevar a cabo el desminado humanitario o de retaguardia sobresaliendo en su capacidad para retirar más minas en menos tiempo que sus homólogos.

Por lo tanto, aunque el sector de los UGV se encuentra todavía en fase de desarrollo, existen ciertas plataformas que ya se pueden adquirir y que serían de gran utilidad para mejorar la eficiencia de una sección mecanizada de zapadores y hacer su trabajo más seguro.

## **PALABRAS CLAVE**

Tareas de zapadores

Seguridad

Robot

Tecnología

## **ABSTRACT**

Due to the importance of sappers in all aspects of combat and the danger posed by most of the tasks they perform, it is necessary to equip the sappers mechanized platoons with the most updated technologies in the field of unmanned ground vehicles (UGV).

In order to identify which activities will benefit the most from the support of these robots, a review has been carried out of the tasks that a mechanized section of sappers can carry out. According to the respondents, it is more necessary to acquire UGVs for offensive tasks than for defensive ones, highlighting the breaching operations, route clearance, supporting combat in urban areas or subsoil and humanitarian demining or in the rear.

In order to find UGVs capable of carrying out this work, a documentation phase has been carried out based on doctrinal publications and official documents of the ET and specialized magazines, reports and investigations of leading armies and international organizations. Subsequently, those with at least the minimum and necessary characteristics to adapt to the ET have been preselected by a screening based on technical requirements established by RING 8 experts who are aware of the needs of the mechanized sapper unit.

Finally, by means of a multicriteria analysis, the suitability of each of the pre-selected UGVs for each task has been determined. This analysis has been supported by the technical sheets of the vehicles and by surveys to expert people of RING 8.

The results obtained reflect that currently there are no platforms to robotize the breaching operations or the route clearance, although the existing projects are in an advanced stage of development and it seems that the future in this area will be the software that allows currently manned vehicles to be remote or autonomously operated.

Regarding combat in urbanized or underground areas, the MTGR of the Israeli enterprise Roboteam has stood out above the rest of the alternatives for its high capabilities to obtain information and its high mobility.

Similarly, the UGV of Slovak origin Bozena-5 has proved the most suitable for carrying out humanitarian or rear-guard demining, excelling in its ability to remove more mines in less time than its counterparts.

Therefore, although the UGV sector is still in a development phase, there are certain platforms that can already be acquired and would be very useful to improve the efficiency of a mechanized section of sappers and make their work safer.

## **KEYWORD**

Sapper tasks

Security

Robot

Technology

## INDICE DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| RESUMEN.....  | v    |
| PALABRAS CLAVE .....  | v    |
| ABSTRACT.....   | vi   |
| KEYWORDS .....  | vi   |
| INDICE DE FIGURAS.....  | ix   |
| INDICE DE TABLAS.....   | x    |
| ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....  | xiii |
| 1.INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....  | 2    |
| 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE .....  | 2    |
| 2.2. METODOLOGÍA.....   | 3    |
| 3.ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....  | 4    |
| 3.1. COMETIDOS DE UNA SECCIÓN MECANIZADA DE ZAPADORES .....   | 4    |
| 3.1.1. MOVILIDAD .....  | 4    |
| 3.1.2. CONTRAMOVILIDAD.....   | 8    |
| 3.1.3. PROTECCIÓN.....  | 8    |
| 3.2. SITUACIÓN DE LOS UGV EN EL EJÉRCITO DE TIERRA .....  | 8    |
| 3.3. ROBOTIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y TAREAS DE ZAPADORES EN EJERCICIOS Y OPERACIONES MILITARES RECIENTES ..... | 9    |
| 4.ANÁLISIS DAFO DE LA ADQUISICIÓN DE UN UGV PARA EL ET .....  | 14   |
| 5. NECESIDADES EN EL ÁMBITO DE LA ROBÓTICA DE LAS SECCIONES MECANIZADAS DE ZAPADORES.....                       | 15   |
| 5.1. NECASIDADES DE LAS UNIDADES DE ZAPADORES.....  | 15   |
| 5.2. IDENTIFICACIÓN DE TAREAS EN LAS QUE EL UGV PUEDE SER ÚTIL EN UNA SECCION MECANIZADA DE ZAPADORES .....     | 16   |
| 6. CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS UGV SEGÚN SUS CAPACIDADES .....  | 19   |
| 7. ANÁLISIS MULTICRITÉRIO PARA ELECCIÓN DE UGVs.....  | 22   |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>8. ELECCIÓN DE UGV PARA EL APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>8.1. CAPACIDADES Y HERRAMIENTAS DE LOS UGV PARA EL APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>8.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO .....</b>  | <b>25</b> |
| 8.2.1 ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS CARACTERÍSTICAS .....   | 28        |
| 8.2.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LOS UGV EN FUNCIÓN DE SUS CAPACIDADES GENÉRICAS.....   | 30        |
| <b>9. ELECCIÓN DE UGV PARA DESMINADO HUMANITARIO O EN RETAGUARDIA.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>9.1.PRIORIZACIÓN DE LAS CAPACIDADES.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>9.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE UGV PARA DESMINADO HUMANITARIO O EN RETAGUARDIA.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>10. CONCLUSIONES .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>   | <b>36</b> |
| Anexo A. Entrevista al Teniente Coronel Cruz .....  | 36        |
| Anexo B. Ficha técnica robot Caronte.....   | 37        |
| Anexo C. Encuesta para definir las tareas más importantes a realizar con un UGV .....   | 40        |
| Anexo D. Características técnicas y de los UGVs .....   | 411       |
| D.1. MV-2 Honey Badger .....  | 41        |
| D.2. MV-4 Scorpion.....   | 433       |
| D.3. MV-10 Bison .....  | 455       |
| D.4. MVF-5 Tusk.....  | 477       |
| D.5. Bozena-4 .....   | 49        |
| D.6. Bozena-5 .....   | 500       |
| D.7. MTGR.....  | 511       |
| D.8. IRIS .....   | 544       |
| D.9. TIGR.....  | 555       |
| D.10. NervaLG .....   | 56        |
| D.11. THeMIS.....   | 577       |
| Anexo E. Encuesta para identificar las capacidades y características más y menos importantes de los UGV MTGR, IRIS y NervaLG para el apoyo al combate en zonas urbanas / subterráneo..... | 588       |
| Anexo F. Encuesta para identificar las capacidades y características más y menos importantes de los UGV MV-10, Bozena-4 y Bozena-5 para el desminado humanitario / retaguardia.....       | 5959      |



## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Robot Caronte .....  | 1  |
| Figura 2. Clasificación de UGVs según su modo de operación, su tamaño y su tipo de armamento .....   | 2  |
| Figura 3. Teleautomaton, barco no tripulado creado por Tesla en 1898 .....   | 4  |
| Figura 4. Zapador del RING 7 de Ceuta reconociendo los bajos de un vehículo .....  | 4  |
| Figura 5. Efectivos de una sección mecanizada de la BRI X participan en un ejercicio de combate urbanizado en el centro de prácticas operativas 'La Enira', en Linares (Jaén)..... | 5  |
| Figura 6. Zapadores de La Legión se instruyen en combate subterráneo.....  | 5  |
| Figura 7. Soldados Colombianos desminando tras alcanzar un acuerdo con las Fuerzas Armadas Revolucionarias Colombianas (FARC) .....  | 7  |
| Figura 8.VCZ con pala empujadora .....   | 10 |
| Figura 9. Zapadores de la Legión se forman en el montaje del puente Bailey.....  | 8  |
| Figura 10. Zapadores de la Brigada Aragón montando un refugio enterrado .....  | 8  |
| Figura 11. Prokhod equipado con rodillos .....   | 10 |
| Figura 12. Convoy formado por 4 vehículos. Tres operados con TerraMax, uno tripulado. ....   | 10 |
| Figura 13. Excavadora de ingenieros de gran movilidad modificada con el RAK 3 .....  | 10 |
| Figura 14. Uran-14 del ejército Ruso .....   | 11 |
| Figura 15. Abrams M1 no tripulado y equipado con pala empujadora abre brecha en un foso contra carro durante el ejercicio Joint Warfighting.....                                   | 11 |
| Figura 16. THeMIS de carga que podría transportar diferentes tipos de cargas de línea hasta el obstáculo.....  | 11 |
| Figura 17. Túnel descubierto en la Franja de Gaza .....  | 12 |
| Figura 18. Zapador ruso utilizando el Scarabey en Palmira.....   | 13 |
| Figura 19. TIGR, MTGR e IRIS .....   | 13 |
| Figura 20. M-160 del U.S. Army .....   | 17 |
| Figura 21. Tareas relevantes identificadas en el taller IST-032 sobre robots militares organizado por la OTAN en el año 2004 en Bonn, Alemania .....                               | 18 |
| Figura 22. NervaLG equipado con cámara térmica.....  | 19 |
| Figura 23. Bozena 5.....   | 19 |
| Figura 24. UGV THeMIS transportando la manguera explosiva Plofadder 160 AT MKII.....   | 27 |
| Figura 25. Modelo jerárquico a seguir en el análisis multicriterio .....   | 33 |
| Figura 26.Gráfica radial de la puntuación obtenida por cada UGV en los diferentes criterios.   | 30 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Matriz DAFO .....   | 3  |
| Tabla 2. Capacidades de detección y neutralización de explosivos de las que disponen los Ingenieros del Ejército de Tierra para realizar limpiezas de ruta.....  | 5  |
| Tabla 3. Descripción de los métodos de apertura de brecha mecánicos y explosivos y su eficacia contra distintos tipos de obstáculos .....  | 7  |
| Tabla 4. Matriz DAFO sobre la adquisición de un UGV por el ET .....  | 14 |
| Tabla 5. N° de encuestados que escoge cada alternativa y el total de puntuación obtenido por cada tarea.....   | 17 |
| Tabla 6. Clasificación apto/no apto de UGVs para cometidos de zapadores en función de los requisitos expuestos arriba .....  | 21 |
| Tabla 7. Vehículos del ET capaces de atravesar una brecha creada por el Bozena-5 .....   | 21 |
| Tabla 8. Características de los UGV IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte agrupadas en los grupos Movilidad, Obtención de información, Neutralización de amenazas explosivas y Protección y ataque .....                 | 29 |
| Tabla 9. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las capacidades de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte .....  | 26 |
| Tabla 10. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las características que forman parte de las Capacidades de obtención de información de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte .....         | 27 |
| Tabla 11. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las características que se agrupan dentro del grupo Movilidad de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte.....                                | 28 |
| Tabla 12. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las herramientas para la neutralización de amenazas explosivas .....  | 28 |
| Tabla 13. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las características que forman las capacidades de Protección y ataque de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte                             | 28 |
| Tabla 14. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a sus capacidades de obtención de información.....  | 29 |
| Tabla 15. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a la movilidad  | 29 |
| Tabla 16. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a sus capacidades para neutralizar amenazas explosivas .....  | 30 |
| Tabla 17. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a sus capacidades de protección y ataque .....  | 30 |
| Tabla 18. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado para el apoyo al combate en zonas urbanizadas y subterráneas. Se basa en la puntuación obtenida por cada robot en los anteriores análisis ..... | 31 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 19. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las capacidades de los UGV para desminado humanitario o de retaguardia ..... | 31 |
| Tabla 20. Capacidades de los UGV MV-10, Bozena-4 y Bozena-5 .....   | 32 |
| Tabla 21. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado para el desminado humanitario o en la retaguardia .....                          | 32 |

## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

|                |  |
|----------------|--|
| <b>AGM</b>     | Academia General Militar   |
| <b>BMR</b>     | Blindado Medio sobre Ruedas  |
| <b>BRIEX</b>   | Brigada Experimental   |
| <b>BZAPLEG</b> | Bandera de Zapadores de la Legión  |
| <b>CC</b>      | Contra Carro   |
| <b>CIA</b>     | Compañía   |
| <b>CMAS</b>    | Campo de minas   |
| <b>CTO</b>     | Chief Technology Officer – Director de Tecnología                              |
| <b>DAFO</b>    | Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades                              |
| <b>DARPA</b>   | Defense Advanced Research Projects Agency                                      |
| <b>DGAM</b>    | Dirección General de Armamento y Material                                      |
| <b>E.E.U.U</b> | Estados Unidos   |
| <b>EOD</b>     | Explosive Ordnance Disposal – Eliminación de artefactos explosivos             |
| <b>ET</b>      | Ejército de Tierra   |
| <b>FARC</b>    | Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia                                    |
| <b>FDI</b>     | Fuerzas de Defensa de Israel   |
| <b>IA</b>      | Inteligencia Artificial  |
| <b>IED</b>     | Improvised Explosive Device – Artefacto Explosivo Improvisado                  |
| <b>LHD</b>     | Landing Helicopter Dock – Plataforma de aterrizaje de helicópteros             |
| <b>MLV</b>     | Multipurpose Light Vehicle – Vehículo Multipropósito Ligero                    |
| <b>NBQR</b>    | Nuclear, Biológico, Químico y Radiológico                                      |
| <b>OTAN</b>    | Organización del Tratado del Atlántico Norte                                   |
| <b>RAK</b>     | Robotic Appliqué Kit   |
| <b>REO</b>     | Robotics for Engineer Operations – Robótica para las operaciones de Ingenieros |
| <b>RING</b>    | Regimiento de Ingenieros   |
| <b>RWS</b>     | Remote Weapon Station – Estación remota de armas                               |
| <b>U.S.</b>    | United States – Estados Unidos   |
| <b>UAV</b>     | Unmanned Air Vehicle – Vehículo aéreo no tripulado                             |
| <b>UGV</b>     | Unmanned Ground Vehicle – Vehículo terrestre no tripulado                      |
| <b>VAMTAC</b>  | Vehículo de Alta Movilidad Táctico   |
| <b>VCZ</b>     | Vehículo de combate de zapadores   |
| <b>VEC</b>     | Vehículo de Exploración de Caballería  |
| <b>VERT</b>    | Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre                             |
| <b>VLP</b>     | Vehículo lanza puentes   |

# 1. INTRODUCCIÓN

La misión de los Zapadores es proporcionar apoyo a las unidades de maniobra. Este apoyo lo proporcionan facilitando el avance de las unidades propias (movilidad), dificultando el del enemigo (contra movilidad) y realizando acciones y actividades con el objetivo de reducir el daño que puedan recibir las unidades propias (protección). Para cumplir esta misión los zapadores realizan trabajos como el desminado, la limpieza de rutas, el apoyo en combate en zona urbanizada, búsqueda militar, etc. que requieren de procedimientos que exponen al personal que lo realiza y pone sus vidas en riesgo.

La constante evolución de los riesgos y amenazas de nuestro entorno hace que este tipo de misiones sean cada vez más complicadas y requieran la continua adaptación de los zapadores del Ejército de Tierra (ET). Para lograr esta adaptación se hace preciso dotar al arma de Ingenieros de recursos tecnológicamente más avanzados. Para ello se ha creado el concepto de “Fuerza 2035”, proyecto estratégico cuyo diseño se fundamenta en ocho ideas principales entre las que se encuentra la tecnología, destacando dentro de ella la robotización de los vehículos [1]

Actualmente el empleo de vehículos no tripulados en el ET se encuentra más avanzado en el ámbito aéreo con el uso de los vehículos aéreos no tripulados (UAV). Puede resultar extraño que el desarrollo y empleo de los vehículos terrestres no tripulados (UGV) se haya quedado atrás, pero esto se debe a la mayor complejidad de la superficie terrestre en comparación con el entorno aéreo. Además existe una mayor probabilidad de interacción con los humanos y esto crea el dilema ético sobre el uso semiautónomo y autónomo de los UGV en el campo de batalla y situaciones complejas donde la distinción entre combatientes y civiles es sutil y cambia constantemente. Por eso la gran mayoría de UGVs semiautónomos y autónomos se encuentran en desarrollo y evaluación, y los pocos que se han empleado en operaciones reales no son robots armados creados para atacar al enemigo, sino para proteger a las fuerzas propias realizando acciones de reconocimiento o sustituyendo a personal en puestos de riesgo. He aquí la principal ventaja del uso de este tipo de plataformas, la disminución de las bajas propias en combate y la eliminación de errores humanos al no necesitar descansar o dormir y no sufrir del estrés del combate.

Aun así, las unidades mecanizadas de zapadores del ET no cuentan con ningún UGV en dotación actualmente. Este trabajo tiene como objetivo encontrar el UGV más adecuado para una sección mecanizada de zapadores, como posible adquisición del ET de cara al concepto de “Fuerza 2035”, que propone resolver esta carencia.



A nivel interno, el Regimiento de Ingenieros nº 8 (RING 8), donde se ha desarrollado este trabajo fin de grado, está desarrollando un pequeño UGV denominado “Caronte” utilizando la impresión 3D. Se trata de un prototipo muy reciente y en consecuencia sus capacidades son todavía muy limitadas, pero es un primer paso del ET en la integración de UGV en sus unidades. El empleo de la fabricación aditiva en las piezas del UGV, aunque no es objeto de este trabajo, podría ser muy útil a la hora fabricar repuestos.

*Figura 1. Robot Caronte. Fuente: RING 8*

## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

En este trabajo se pretenden identificar las características que debe tener un UGV con vistas a su implementación en una sección mecanizada de zapadores, y evaluar los distintos modelos existentes actualmente en el mercado.

Para cumplir este objetivo principal, se han establecido una serie de objetivos secundarios:

- 1) Analizar los efectos de incorporar un UGV a una sección mecanizada de zapadores del ET
- 2) Identificar las tareas en las que es más necesario el empleo de estos sistemas.
- 3) Identificar, evaluar y comparar los UGV más adecuados disponibles actualmente en el mercado.
- 4) Proponer el UGV más adecuado para cada tarea.

En cuanto al alcance de este trabajo, es necesario definir qué tipo de UGVs se analizarán. Los UGV se pueden clasificar de diversas formas. Una de las más detalladas es la propuesta por el "U.S. Army Developmental Test Command". Según este departamento, los UGV se clasifican en 3 categorías, en función de su modo de operación, tamaño y tipo de armamento. A su vez existen subcategorías dentro de estos tres aspectos.

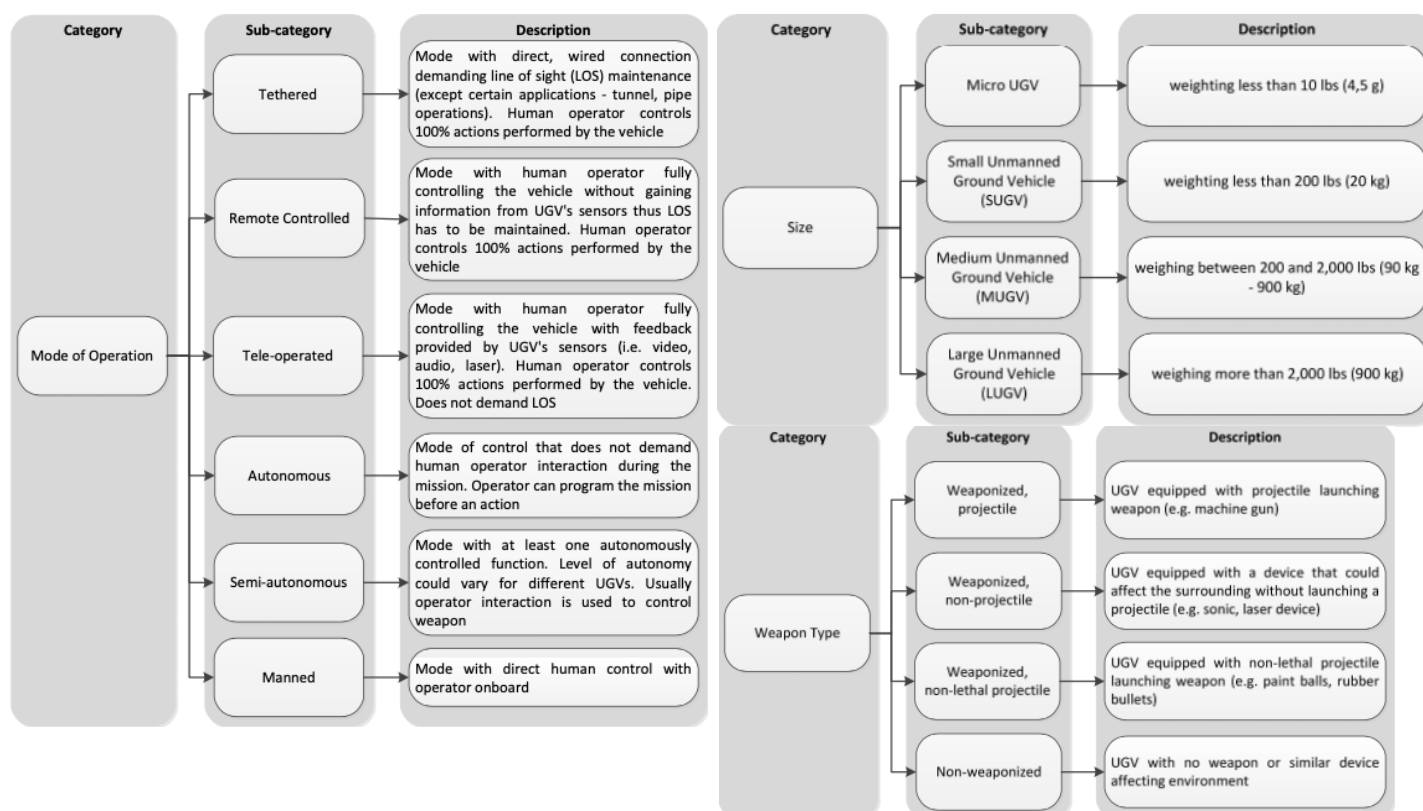


Figura 2. Clasificación de UGVs según su modo de operación, su tamaño y su tipo de armamento. Fuente: U.S. Army Developmental Test Command.[2]

Teniendo en cuenta esta clasificación, los tipos de robot que se tratarán en este trabajo son los siguientes:

**Según el modo de operación:** Dentro de esta categoría solo se tratarán los tele operados y los operados por control remoto. Es evidente que los robot que son controlados a través de conexión por cable presentan muchas limitaciones en el combate. Los autónomos y los semi-autónomos que porten armamento no se tratarán debido al ya comentado dilema ético existente actualmente sobre el empleo de robots autónomos en el combate. Aunque hay que tener en cuenta que dentro del Concepto Fuerza 2035 se contempla la incorporación de la inteligencia artificial, la robótica inteligente y el aprendizaje de máquinas.

**Según el tamaño:** Se tendrán en cuenta todas las subcategorías.

**Según el tipo de armamento:** Se tratarán todas las subcategorías a menos que el robot opere de forma autónoma.

## 2.2. METODOLOGÍA

Con el objetivo de conocer los posibles efectos que tendría para el ET adquirir y dotar a una sección mecanizada de zapadores con un UGV y analizar la viabilidad de este proyecto de adquisición se ha realizado un análisis DAFO según el modelo de la Tabla 1. Este método de ayuda a la decisión se divide en dos partes [3]:

- **Análisis externo:** En esta fase se estudian los aspectos del entorno que pueden perjudicar el proyecto y ponerlo en peligro (amenazas) y también aquellos que resultan beneficiosos para el mismo (oportunidades).
- **Análisis interno:** Se analizan los atributos positivos del proyecto (fortalezas) y los negativos que le restan fuerza (debilidades)

Tras realizar el análisis se ha definido una estrategia para asegurar todo lo posible la viabilidad de esta adquisición potenciando las fortalezas, superando las debilidades, controlando las amenazas y beneficiándose de las oportunidades.

|          | INTERNO     | EXTERNO       |
|----------|-------------|---------------|
| NEGATIVO | DEBILIDADES | AMENAZAS      |
| POSITIVO | FORTALEZAS  | OPORTUNIDADES |

*Tabla 1. Matriz DAFO. Tal y como se ha descrito anteriormente, en cada celda de la matriz se recogen las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que supone para el ET adquirir un UGV. Fuente: Elaboración propia.*

Para abordar el objetivo 2, se ha realizado una entrevista al principal impulsor del UGV Caronte, que se está fabricando en el RING 8, con el objetivo de conocer la razón de ser de este proyecto. De esta forma se conocerán las carencias que lo han motivado y se obtendrá una orientación de las necesidades existentes en el ET, esto, junto a las encuestas realizadas a 15 cuadros de mando de la Compañía de zapadores del RING 8, será de gran ayuda a la hora de identificar las tareas que se tienen que analizar en este trabajo con el objetivo de adquirir un UGV para llevarlas a cabo.

Una vez identificadas las tareas, para acometer el objetivo 3 se ha recurrido al análisis bibliográfico de publicaciones doctrinales y documentos oficiales del ET y de revistas especializadas, informes e investigaciones de ejércitos punteros como los E.E.U.U, Rusia e Israel y organizaciones internacionales como la OTAN. El objetivo es conocer los UGV que disponen o están desarrollando otros ejércitos en las tareas que se han identificado anteriormente. Tras identificar varios UGV se ha procedido a realizar un primer cribado evaluando los UGV como apto/no apto en función de unos requisitos fundamentales establecidos por personal experimentado de la segunda sección de zapadores de la CIA de zapadores del RING 8 y de las conclusiones obtenidas del análisis bibliográfico.

La comparación y evaluación final para decidir el UGV más adecuado para cada tarea. (objetivo 4) se realizó mediante una herramienta de análisis multicriterio basada en los datos proporcionados por los cuadros de mando de la CIA de zapadores del RING 8 a través de una encuesta. Dicha toma de datos se sucedió a una presentación sobre la información recopilada de la revisión bibliográfica acerca de las características y capacidades de los UGV preseleccionados como aptos.

### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

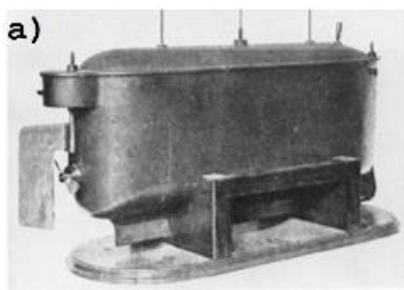


Figura 3. Teleautomaton, barco no tripulado creado por Tesla en 1898. Fuente: Technology Development of Military Applications of Unmanned Ground Vehicles

Las primeras aplicaciones militares de los vehículos no tripulados se llevaron a cabo en el siglo XIX, con la creación de un pequeño barco controlado a distancia por parte del inventor serbio Nicolae Tesla, que lo denominó “Teleautomaton”. Desde entonces el desarrollo en este ámbito ha permitido que la mayoría de los ejércitos dispongan de estos sistemas cuyas posibilidades de uso abarcan desde el transporte de equipos hasta la detección de amenazas entre otras muchas.[2]

Para comprender bien este trabajo, es necesario conocer brevemente las misiones que puede desarrollar una sección mecanizada de zapadores (sección 3.1). En la sección 3.2 se darán unas pinceladas sobre el uso actual de vehículos no tripulados en el ET, y en la 3.3. se revisará la documentación estudiada sobre el uso de UGVs desarrollados o adquiridos por otros países en situaciones de combate o ejercicios militares.

#### 3.1. COMETIDOS DE UNA SECCIÓN MECANIZADA DE ZAPADORES

Las Unidades de zapadores son unidades de apoyo al combate, es decir, realizando sus cometidos incrementar la capacidad de combate de las unidades de maniobra (infantería y caballería). Estos cometidos se engloban en los tres grupos mencionados en la introducción: movilidad, contra movilidad y protección. [4]

##### 3.1.1. MOVILIDAD

Es el conjunto de actividades orientadas a facilitar el movimiento de las fuerzas propias:

##### BUSQUEDA MILITAR

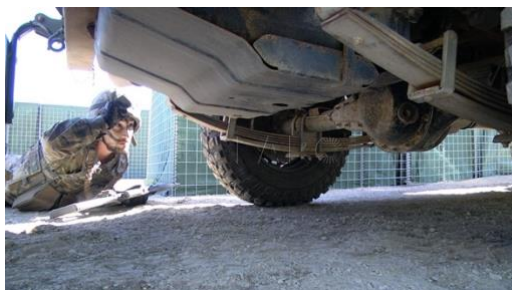


Figura 4. Zapador del RING 7 de Ceuta reconociendo los bajos de un vehículo. Fuente: <https://elfarodeceuta.es/en-la-piel-de-zapadores-ceuta-militar-ejercito-limite/>

El objetivo de la búsqueda militar es la localización de material (vehículos, edificaciones, armas, Artefactos Explosivos Improvisados (IED por sus siglas en inglés), componentes para su fabricación, etc.), personal o información (infraestructura, áreas, rutas, posiciones vulnerables, etc.) constitutivos del sistema IED enemigo. Según el ámbito en el que se lleve a cabo la búsqueda son necesarias un tipo u otro de unidades. Las unidades de zapadores son idóneas para la búsqueda en rutas y áreas y para la búsqueda en edificios y cualquier otro tipo de lugares cerrados (vehículos, aeronaves, etc.)

Aunque los objetivos son diferentes, los peligros a los que los zapadores deben hacer frente y por lo tanto las capacidades necesarias para ello están muy relacionados con las misiones de limpieza de ruta, y apoyo al combate en zonas urbanas y subterráneas que se explicarán a continuación.

##### LIMPIEZA DE RUTA

Consiste en realizar la limpieza de obstáculos en una ruta con el objeto de garantizar la libertad de movimiento y la protección de las fuerzas propias.

Comprende el conjunto de actividades de detección, identificación, señalización, información, neutralización por destrucción o por desactivación de artefactos explosivos, verificación y remoción de obstáculos pasivos localizados a lo largo de una ruta. Incluye la eliminación de todo aquello que facilite el posterior emplazamiento y la ocultación de nuevos IED, tales como montones de escombros, vehículos abandonados, etc. Cabe destacar que no es tarea de los zapadores la neutralización por desactivación de los artefactos explosivos. Esto es un cometido del equipo de desactivación (EOD)

La limpieza de ruta es una actividad que se realiza habitualmente en zona de operaciones, ya que los artefactos explosivos improvisados (IED) han sido los causantes de la mayoría de las muertes de las



fuerzas aliadas en los conflictos recientes. Estos suelen estar enterrados u ocultos en lugares poco accesibles como tajeas o pequeñas cavidades, lugares que se podrían reconocer eficientemente y de forma segura con un UGV.

| VEHÍCULOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA LIMPIEZA DE RUTA  |   |
|---|---|
| <p><b>VEHÍCULO HUSKY</b></p>  <p>El Husky es un vehículo equipado con un radar de tierra para detectar IEDs enterrados en el terreno.</p>  | <p><b>BRAZO INTERROGADOR EN RG-31</b></p>  <p>El brazo interrogador es una brazo robótico acoplado al vehículo RG-31. Sirve para reconocer y manipular un IED o posible IED. Se controla desde el interior del vehículo</p>   |
| <p><b>RODILLO</b></p>  <p>Los rodillos apisonan el terreno provocando la detonación de las minas que pisan o de cualquier IED que se accione mediante presión. Permite una alta velocidad de avance, haciéndolo ideal para su empleo en la limpieza de ruta.</p> | <p><b>DETECTORES MANUALES</b></p>  <p>Los detectores manuales cumplen la misma función que el radar del Husky, pero al ser empleados por personal desembarcado su uso supone mayor riesgo, aunque proporciona mayor flexibilidad ya que pueden ser usados fuera de ruta para detectar cables.</p> |

Tabla 2. Capacidades de detección y neutralización de explosivos de las que disponen los Ingenieros del Ejército de Tierra para realizar limpiezas de ruta. Fuente: Elaboración propia basada en el libro de texto “Táctica y logística de ingenieros (AGM-CM-013)”

## APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS



Figura 5. Efectivos de una sección mecanizada de la BRI X participan en un ejercicio de combate urbanizado en el centro de prácticas operativas 'La Enira', en Linares (Jaén). Fuente: BRI X.

Las operaciones en terreno urbanizado son aquellas que se llevan a cabo en un escenario donde la construcción hecha por el ser humano es la característica dominante. Las complejidades del terreno urbano, como restricciones en la línea de visión, áreas densamente construidas y la presencia de no combatientes limita la ventaja tecnológica de los ejércitos profesionales, siendo habitual la necesidad de desembarcar para combatir dentro de edificaciones. En esta situación es imprescindible el apoyo de los zapadores, que deben llevar a cabo un continuo reconocimiento en busca de posibles trampeos por parte del enemigo, habitualmente en forma de IEDs.

## APOYO AL COMBATE SUBTERRÁNEO

Las pequeñas unidades tipo pelotón y sección son las más adecuadas para hacer frente a las amenazas subterráneas. Las más adaptables a este tipo de ambiente son las unidades de infantería ligera, zapadores y operaciones especiales. La tarea de los zapadores es reconocer y detectar posibles









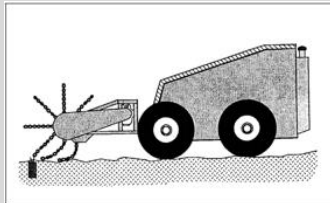

Figura 6. Zapadores de La Legión se instruyen en combate subterráneo. Fuente: Ejército de Tierra.

acciones del enemigo para permitir un avance seguro de la unidad de maniobra. Esto es especialmente complicado en el escenario subterráneo, donde la incertidumbre y el peligro son mayores. Las cuevas y las instalaciones subterráneas pueden estar formadas por distintas salas interconectadas por túneles. Estos túneles suelen estar cavados en zigzag, contener habitáculos ocultos para permitir que el enemigo se esconda y estar trampeados con explosivos para matar a los intrusos, además sus entradas suelen estar cubiertas por fuego enemigo y la amenaza NBQ resulta muy dañina debido a la falta de ventilación.

## APERTURA DE BRECHA

Las operaciones de apertura de brecha se realizan con el objetivo de permitir el paso a una fuerza de ataque amiga a través de obstáculos mientras se recibe fuego por parte del enemigo. Esta es, probablemente la tarea de combate más peligrosa que pueda realizar una unidad. Los métodos de eliminación y reducción de obstáculos más habituales son los explosivos y los mecánicos. El método es empleado en función del obstáculo en el que se necesite abrir un pasillo. Estos obstáculos suelen ser campos de minas (CMAS), zanjas contra carro y alambradas.

Las siguientes tablas proporcionan información sobre la eficacia de los métodos mecánicos y explosivos frente a distintos tipos de obstáculos.

| MÉTODOS MECÁNICOS   | CAMPO DE MINAS   | FOSO CONTRA CARRO   | ALAMBRADA   |
|---|--|---|---|
|   |    |  |          |
| <p><b>RODILLO</b></p> <p>Los rodillos apisonan el terreno provocando la detonación de las minas que pisan. Al recibir el impacto directamente sufren un gran desgaste. Por otra parte, pueden atascarse en los embudos producidos por las explosiones y en terreno irregular o en pendiente la presión ejercida puede no ser la suficiente para activar las minas. Su empleo más eficaz es la detección de campos de minas o IEDs y la verificación de las brechas, aunque, en ausencia de otros medios, puede emplearse en la apertura de brechas.</p> | <p>Más del 90% de eficacia hasta 30,4 cm de profundidad y a velocidades menores a 10 km/h (Depende del tipo de tierra)</p>   | <p>No efectivo</p>  | <p>Efectivo contra alambre de espino</p>  |
| <p><b>ARADO</b></p> <p>El arado es una hoja dentada que remueve la tierra y desplaza las minas hacia los lados de la dirección de avance. El desgaste del material es sensiblemente inferior al sistema de rodillos, ya que solo hace explotar las minas anti remoción, pero su velocidad de avance es inferior debido al esfuerzo empleado en la remoción.</p>    | <p>Efectivo al 99% hasta 30,4 cm de profundidad en velocidades menores a 10 km/h (Depende del tipo de tierra)</p>  | <p>No efectivo<br/><br/>(Puede ser efectivo para huecos profundos o trincheras)</p> | <p>No efectivo. La alambrada puede enrollarse en los ejes del vehículo e inmovilizarlo.</p> |
| <p><b>VEHÍCULO LANZA Puentes (VLPD 26/70 E)</b></p>  <p>El VLP es una barcaza de un carro de combate capaz de desplegar un puente para salvar una luz de 24 m.</p>   | <p>Inefectivo</p>  | <p>Muy efectivo</p>   | <p>Inefectivo</p>   |
| <p><b>GOLPEO</b></p>  <p>Consiste en un tambor giratorio en cuya superficie se distribuye una serie de cadenas que golpean el terreno como un látigo cuando este gira.</p>   | <p>Eficaz contra minas contra personal.</p> <p>Las minas contra carro pueden destruirlo.</p>   | <p>No efectivo</p>  | <p>No efectivo. La alambrada puede enrollarse en los ejes del vehículo e inmovilizarlo.</p> |
| <p><b>BULDÓCER (PALA EMPUJADORA)</b></p>  <p>El Buldócer esta preparado para realizar diferentes tareas, como excavaciones, zanjado de tierra, construcción de barreras de arena, rescate de vehículos inutilizados, remoción de obstáculos del terreno, demolición de estructuras etc. incluso bajo el fuego enemigo.</p>   | <p>Poco efectivo. La pala de la buldócer no esta diseñada para resistir las explosiones de las minas y solo debe ser usada como ultimo recurso para abrir un pasillo en un campo de minas.</p> | <p>Muy efectivo</p>   | <p>Muy efectivo</p>   |

|   |  |                          |   |
|---|--|--------------------------|---|
| <b>VEHÍCULO DE COMBATE DE ZAPADORES (VCZ)</b><br> <p>Se denomina VCZ a aquellos vehículos tácticos del ET equipados con una pala empujadora, lo que le da capacidad de realizar pequeños movimientos de tierra y algunas tareas similares a las que puede desarrollar el Buldócer pero a menor escala.</p>   | No efectivo  | No efectivo              | Efectivo  |
| <b>MÉTODOS EXPLOSIVOS</b>   | <b>CAMPO DE MINAS</b>  | <b>FOSO CONTRA CARRO</b> | <b>ALAMBRADAS</b>   |
| <b>MANGUERA EXPLOSIVA PESADA</b><br><p>Este sistema está constituido por una manguera rellena de explosivo. La manguera, que se encuentra en un contenedor, va unida a un cohete que se sitúa en una rampa para su lanzamiento. Este cohete arrastra la manguera; para que al ser lanzada quede bien extendida sobre el CMAS, en su extremo final lleva, normalmente, un paracaídas que facilita su despliegue y pone en funcionamiento automáticamente el dispositivo de encendido. Esta manguera es transportada por un vehículo.</p>  | En el caso de la manguera Plofadder 160AT MKII del ET, abre un pasillo de mínimo 9m de ancho por 160 m de largo. | No efectivo              | Corta la alambrada  |
| <b>MANGUERA EXPLOSIVA LIGERA</b><br><p>Su funcionamiento es idéntico a la manguera pesada pero su capacidad explosiva es mucho menor. Cada manguera está compuesta por dos mochilas que son transportadas por una persona cada una.</p>   | Abre un pasillo de 0,6 m de ancho por 50 metros de largo   | No efectivo              | Puede cortar la alambrada (alta probabilidad de no neutralizar las minas bajo la alambrada) |
| <b>PÉRTIGA EXPLOSIVA</b><br><p>Está constituida por varios elementos en forma de tubo cilíndrico de plástico, de 1 a 1,5 metros de longitud rellenos de explosivo. Dichos elementos son acoplables unos a otros. Tiene el inconveniente de que no pueden emplearse en grandes longitudes.</p>    | Abre un pasillo de entre 0,5 y 2 m de ancho por 7,5 m de largo   | No efectivo              | Puede cortar la alambrada   |

Tabla 3. Descripción y eficacia de los métodos de apertura de brecha mecánicos y explosivos y, así como de los métodos de desminado táctico y remoción de obstáculos. Fuente: Elaboración propia basada en “Combined arms breaching operations (FM 3-34.2)” [5]

### DESMINADO HUMANITARIO O DE RETAGUARDIA

Es el proceso de retirar todas las minas que han quedado enterradas en una zona tras un conflicto armado. También se da cuando durante un conflicto las fuerzas propias han avanzado dejando atrás campos de minas enemigos, de tal forma que el desminado se realiza en la retaguardia sin recibir hostigamiento enemigo, a diferencia del desminado que se realiza durante una apertura de brechas. En este caso prima la precisión de detección sobre la velocidad



Figura 7. Soldados Colombianos desminando tras alcanzar un acuerdo con las Fuerzas Armadas Revolucionarias Colombianas (FARC). Fuente: <https://www.telesur tv.net/news/Que-es-el-desminado-y-por-que-importa-en-Colombia-20150520-0002.html>



## MONTAJE DE PUENTES DE APOYO A VANGUARDIA



*Figura 8. Zapadores de la Legión se forman en el montaje del puente Bailey.  
Fuente: BZAPLEG.*

Los puentes de apoyo a vanguardia son aquellos que se montan como máximo en 10 días y son de carácter permanente. En este caso el puente se constituye de varias piezas que se deben ensamblar. Suelen emplearse en el segundo escalón, es decir, entre la vanguardia y la retaguardia.

### **3.1.2. CONTRAMOVILIDAD**

La contramovilidad es el conjunto de actividades dirigidas a dificultar el libre uso del terreno por parte del enemigo. Esto se puede conseguir colocando minas en el terreno (minado) o realizando movimientos de tierra para crear distintos obstáculos como pueden ser los fosos contra carro, entre otros.

### **3.1.3. PROTECCIÓN**



*Figura 9. Zapadores de la Brigada Aragón montando un refugio enterrado. Fuente: ET.*

Comprende el conjunto de actividades dirigidas a incrementar la seguridad y la capacidad de actuación de las fuerzas propias. Esto se consigue con la fortificación, es decir, realizando obras que modifican las características del terreno.

## **3.2. SITUACIÓN DE LOS UGV EN EL EJÉRCITO DE TIERRA**

En el ET el empleo de vehículos no tripulados ha sido enfocado desde la perspectiva del reconocimiento y obtención de información, manifestándose con la adquisición de varios vehículos aéreos no tripulados (UAV) en los últimos años. Actualmente se dispone de los sistemas de aeronaves no tripulados Searcher Mk.II-J, Searcher Mk.III. y Raven. [6]

En cuanto a los UGV, el ET dispone desde hace años del robot de desactivación de explosivos Teodor. A finales del 2019 adquirió el robot de desactivación de explosivos Avenger y recientemente ha adquirido, con el mismo propósito, el iRobot 510 V-10. Aunque estos robots de desactivación de explosivos son empleados por los ingenieros, se integran en las secciones de desactivación y no en las de zapadores, donde no disponen de ningún tipo de UGV a parte de la iniciativa Caronte.

En cuanto a las necesidades futuras de los Ingenieros, el concepto “Fuerza 2035” considera adecuado dotarlos con maquinaria blindada de movimiento de tierras con posibilidad de control remoto para despejar obstrucciones que impidan el libre movimiento de las fuerzas propias. Además se destaca que el combate en zona urbana y el combate subterráneo cobrarán mayor importancia y representarán un reto especialmente complejo, más cuando se prevé que el enemigo aumente el empleo de los artefactos explosivos improvisados (IED), lo que hace necesario que los zapadores cuenten con medios tecnológicamente avanzados de detección y neutralización.

En ese aspecto, la robótica terrestre de apoyo al combate, donde se encuadran los ingenieros, se encuentra entre las tecnologías de interés para la Defensa española, según ha publicado la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) este mismo año [7], y para su desarrollo ha lanzado el programa de evaluación de UGVs llamado “Escorpión”, liderado por la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación de la DGAM. El objetivo de esta iniciativa es identificar aquellas tecnologías que deberán incorporar los futuros UGVs del ejército español y evaluar los sistemas

existentes o en fase de desarrollo. Para ello, el programa ofrecerá 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 UGV existentes” (Ministerio de Defensa, 2021)[8]. Dicha evaluación la está llevando a cabo la Brigada Experimental (BRIEX), actualmente la Brigada de la Legión Rey Alfonso XIII, se encuentra probando y valorando distintos UGVs como la plataforma LR1 de transporte Israelí IAI REX y el robot Themis, de la empresa estonia Milrem Robotics [9].

El programa también considera la posibilidad de adaptar los robots más prometedores a los requisitos operativos que finalmente se definan. De esta forma el ET espera obtener los primeros robots de combate en tres años.

Cabe destacar la ausencia de UGV de producción puramente nacional, problema que se pretende solucionar con el anteriormente citado programa “Escorpion”, que busca orientar a la industria e incentivarla a dirigir sus actividades de I+D hacia sectores de interés militar específico en el ámbito terrestre. Para ello se desarrollarán actividades que muestren a las industrias las necesidades del ET, y se realizará un seguimiento de la evolución de los distintos desarrollos robóticos que se lleven a cabo en el ámbito nacional, identificando con detalle las capacidades de cada uno de los actores que conforman el tejido tecnológico nacional y los desarrollos con los que cuentan.

En el ámbito internacional, España participa, a través de la Comisión Europea, en el desarrollo de un UGV financiado por el Programa Europeo de Desarrollo Industrial en Materia de Defensa, que pretende ser el referente para la estandarización de sistemas y tecnologías a nivel europeo. Este programa lo lleva a cabo un consorcio liderado por la empresa Milrem Robotics con otras once empresas, entre las que se encuentra la española GMV [10].

### 3.3. ROBOTIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y TAREAS DE ZAPADORES EN EJERCICIOS Y OPERACIONES MILITARES RECIENTES

En este apartado se han analizado estudios, ejercicios militares y conflictos recientes de otros países escogidos específicamente por su nivel de desarrollo en el ámbito de los UGV o su experiencia en el empleo de estos en situaciones reales. Los países de referencia son Estados Unidos, por ser quien mantiene el liderazgo en el desarrollo y despliegue de UGV, basando su transformación en el ámbito de la robótica en el documento “Estrategia de Sistemas Autónomos y Robóticos” (RAS) [11] recogido en su Estrategia Militar Nacional del 2015-2040. En dicho documento se identifican 5 objetivos, entre los que se encuentran dos de interés para este trabajo, por ser responsabilidad de los ingenieros: Facilitar el movimiento y la maniobra y aumentar la protección de las unidades. En este sentido el U.S. ARMY está invirtiendo en capacidades de limpieza de ruta, aperturas de brecha y contra-IED para combate en zonas urbanas y el subsuelo.

Rusia e Israel son también países a la vanguardia ya que ambos han empleado sus UGV en situaciones de combate reales durante la Guerra de Siria y las continuas escaramuzas en la Franja de Gaza respectivamente. Estas últimas son de especial interés debido a que muchas se desarrollan en el subsuelo y en zonas urbanas.

En este punto se identificarán los robots que están utilizando o desarrollando para realizar o facilitar la realización de distintas misiones de zapadores. Que un robot haya sido identificado en cierta tarea no significa que no pueda ser aplicado en otra según se analizará en el apartado 4.5.

#### LIMPIEZA DE RUTA

Respecto a la limpieza de ruta, y por razones que quedarán claras más adelante en el trabajo, la tendencia parece ser la creación de programas informáticos y software para modificar vehículos actualmente tripulados y darles la capacidad de ser controlados a distancia. En este ámbito destacan los programas “TerraMax” y “RAK3” (Robotic Applique Kit) desarrollos de las empresas Oshkosh y QinetiQ respectivamente.

Igualmente, Rusia dispone del Prokhod [12], un vehículo que a primera vista parece un carro de combate convencional, pero que realmente se trata de un vehículo con posibilidad de ser controlado a distancia.



Figura 11. Convoy formado por 4 vehículos. Los tres primeros no tripulados y operados por TerraMax, el último está tripulado. El primer vehículo lleva un rodillo incorporado y está realizando una limpieza de ruta. Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/TerraMax>.



Figura 10. Prokhod equipado con rodillos. Fuente: <https://rtd.rt.com/series/combat-approved-series/prokhod-armour-plated-minesweeping-robot/>

La ventaja de estos sistemas esta clara, los vehículos utilizados para la limpieza de ruta usan sensores o rodillos para detectar y neutralizar los artefactos explosivos, y la distancia de seguridad es la distancia que hay entre estas herramientas y la cabina del conductor. Estas tecnologías permiten tener al conductor a 500 metros.

### FORTIFICACIÓN Y REMOCIÓN DE OBSTÁCULOS



Figura 12. Excavadora de ingenieros de gran movilidad modificada con el RAK 3 para dotarla de semi-autonomía y capacidad de ser tele-operada. Fuente: <https://www.qinetiq.com/en/what-we-do/services-and-products/rak-3-next-generation-interoperable-robotic-applique->

El Centro de Investigación y Desarrollo de Ingenieros del ejército de los EEUU está dirigiendo un proyecto denominado “Robótica para las operaciones de ingenieros (REO)”[13]. Se trata de adaptar las plataformas de ingenieros actualmente disponibles, como excavadoras, buldócer, etc. para poder controlarlas remotamente, aplicando para ello los programas TerraMax o RAK3. Como se ha mencionado anteriormente, el concepto “Fuerza 2035” contempla el desarrollo de maquinaria blindada con posibilidad de control remoto para dotar con ella a los Ingenieros.

### APERTURA DE BRECHA

En el año 2019, el Batallón de Ingenieros de la 23ra Brigada de la Base Conjunta Lewis-McChord demostró que el mismo sistema empleado en la limpieza de ruta era también aplicable a las aperturas de brecha realizando el ejercicio “Joint Warfighting Assessment 19 ” con el objetivo de probar el concepto de “apertura de brecha robótica” .[14]

Los obstáculos a los que se enfrentaron, ordenados de mayor a menor profundidad en la posición defensiva, fueron los siguientes: Un campo de minas, una concertina, un foso contra carro y otro campo de minas. Se desconoce cual de los dos desarrollos (TerraMax o RAK3) emplearon para modificar los carros de combate equipados con arados, rodillos, etc. y darles la capacidad de ser operados remotamente. Estos vehículos fueron controlados desde otro vehículo situado a retaguardia del núcleo de apertura fuera de la vista y alcance del enemigo. De esta forma se preservó la capacidad de combate de los zapadores al mantener al personal fuera de la brecha.

En cuanto a Rusia, a parte de utilizar el ya mencionado Prokhod, dispone del Uran-14 [12], un vehículo fabricado por la empresa Croata Dok-Ing. Como se ha mencionado al inicio del documento, no se profundizará en material de desarrollo Ruso como es el Prokhod, pero si se tendrá en cuenta el Uran-14, cuya denominación por el fabricante es MVF-5.



Figura 14. Abrams M1 no tripulado y equipado con pala empujadora abre brecha en un foso contra carro durante el ejercicio Joint Warfighting Assessment 19. Fuente: <https://www.foxnews.com/tech/army-tests-robot-force-attack-on-enemy-tank-ditch-minefield>.



Figura 13. Uran-14 del ejército Ruso. Fuente: [https://www.armyrecognition.com/russia\\_russian\\_unmanned\\_aerial\\_ground\\_systems\\_uk/uran-14\\_mrtk-p\\_unmanned\\_robotic\\_mine\\_clearance\\_and\\_firefighting\\_tracked\\_vehicle\\_data\\_sheet\\_specifications\\_pictures\\_video11201166.html](https://www.armyrecognition.com/russia_russian_unmanned_aerial_ground_systems_uk/uran-14_mrtk-p_unmanned_robotic_mine_clearance_and_firefighting_tracked_vehicle_data_sheet_specifications_pictures_video11201166.html)

Por ultimo, como se ha mencionado anteriormente, la BRIEX está trabajando con el UGV THeMIS. El THeMIS es una Plataforma robótica que puede ser configurada para poder ejecutar diferentes tareas de combate, entre las que se encuentra la apertura de brecha. El equipamiento de apertura de brecha le permitiría tanto el reconocimiento de los obstáculos como la apertura en si.



Figura 15. THeMIS de carga que podría transportar diferentes tipos de cargas de línea hasta el obstáculo. Fuente: <https://milremrobotics.com/defence/>

La empresa desarrolladora Milrem, el instituto Letón de asuntos internacionales y la academia de defensa nacional Letona evaluaron la eficacia de utilizar el THeMIS en acciones de apertura de brecha.[15] Durante el ejercicio el UGV siguió a la unidad de zapadores. Al llegar al lugar donde se ven los obstáculos del adversario el THeMIS avanzó para reconocer el obstáculo, quedándose los zapadores a cubierto. Cuando el operador ordenó al THeMIS romper el obstáculo, este utilizó diferentes tipos de cargas de línea sobre el campo de minas y posteriormente realizó una verificación atravesando la brecha.

Las conclusiones fueron las siguientes:

- La carga útil (1200Kg) del UGV es suficiente para la instalación de diferentes tipos de sensores de inteligencia y kits de ruptura de obstáculos.
- La velocidad (20km/h) y la movilidad del sistema son adecuados para realizar tales tareas.
- Su baja silueta y su modo de movimiento silencioso contribuyen a la conducción exitosa de la misión.
- El THeMIS queda muy expuesto al fuego del adversario. Por lo tanto, para aumentar su capacidad de supervivencia, debería estar equipado con un sistema de protección integrado activo o pasivo (o una combinación de ambos). Se propone la integración de una pequeña Estación Remota de Armas (RWS) y lanzagranadas de humo con fines de autodefensa.

Cabe destacar que, según la información a la que ha tenido acceso este documento, todavía no esta disponible en el mercado una modalidad de THeMIS equipada con capacidades de apertura de brecha, por lo que se ha de suponer que se encuentra todavía en desarrollo o que habría que contactar con la empresa para solicitarlo ad hoc.



## APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANAS / SUBTERRÁNEO

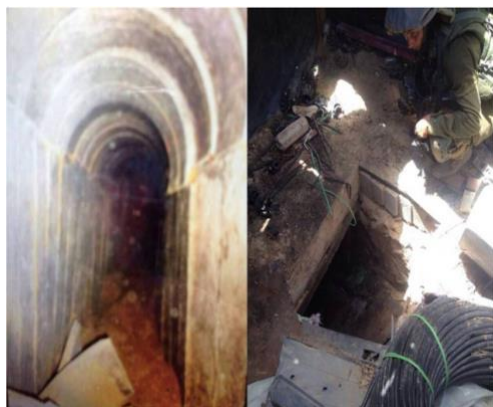
Los ejércitos modernos carecen de materiales específicos para el combate subterráneo, lo que provoca la pérdida de la ventaja tecnológica respecto a un enemigo menos capaz. Las necesidades tecnológicas detectadas por el ET para recuperar esa ventaja son muy diversas y se pueden agrupar en cuatro grandes sectores: la detección de los túneles, el apoyo al combate en su interior, las comunicaciones y la inutilización de túneles. [16]

Con respecto a los medios para reconocer y combatir en el interior de un túnel, los programas de adquisición se centran en disponer de un vehículo terrestre no tripulado adaptado a las condiciones del entorno subterráneo y que permitan alertar sobre la existencia de amenazas como trampas explosivas, alta concentración de sustancias químicas o baja densidad de oxígeno en el aire. [16]

Su movilidad vendrá condicionada por las características de la plataforma sobre la que se asienta y su empleo dependerá de las herramientas, armas y sensores que porte. Todos estos robots son pequeñas plataformas sobre ruedas o cadenas que sirven para reconocer zonas peligrosas o de difícil acceso para el ser humano mediante los sensores que llevan implementados. Estos sensores pueden ser cámaras, detectores de diversas sustancias, herramientas de manipulación, etc.

Estos UGVs pueden ser operados por radiofrecuencia o mediante fibra óptica. Además deben estar dotados de una correa de recuperación que permita rescatarlos en caso de que se pierda el enlace. La pérdida de enlace es uno de los mayores problemas detectados en el uso de UGV en este escenario, ya que la señal se desvanece por la dificultad del trazado de los túneles, sobre todo cuando se trata de túneles kilométricos. La solución a este problema pasa por emplear robots autónomos, tecnología que todavía no está completamente desarrollada.

Con el objetivo de resolver este problema y de acelerar el desarrollo de la navegación autónoma de estos robots en el escenario subterráneo, la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados de Defensa (DARPA), de origen Estadounidense, organizó una competición en el 2018 llamada “Desafío Subterráneo”. En dicha competición, cada participante debía desarrollar software y algoritmos para implementarlos en UGVs virtuales que posteriormente serían puestos a prueba en entornos y terrenos también virtuales. La competición terminó el 24 de Septiembre de este mismo año, por lo que los resultados son de gran actualidad. Se ha realizado una entrevista al ganador, el español Hilario Tomé, director de tecnología (CTO) de la empresa Keybotic. En su opinión el tipo de UGV más adecuado para moverse por este tipo de terreno es el cuadrúpedo, ya que tiene más facilidad a la hora de sortear obstáculos o escaleras. Si bien su tamaño podría hacerlo inaccesible a espacios más estrechos, no ha sido problema para navegar por aquellos impuestos por el DARPA durante la competición. El robot ganador fue capaz de navegar autónomamente mapeando grandes áreas subterráneas, aún así ningún competidor consiguió que su desarrollo fuese eficaz en el 100% de escenarios, ni siquiera el de Hilario. Esto demuestra que, como se ha dicho anteriormente, la navegación autónoma no está del todo desarrollada y no se puede encontrar nada en el mercado en este momento. La empresa Keybotic implementará su software ganador en un UGV real que se estima que se ponga a la venta en el 2023. Aunque su idea es que sea empleado en catástrofes por los bomberos o unidades como la UME, habría que estudiar si sería aplicable al ámbito militar o si habría que añadirle algunas capacidades extra, como contempla el programa Escorpión previamente citado.



*Figura 16. Túnel descubierto en la Franja de Gaza. Fuente: Fuerzas de Defensa de Israel*

Las Fuerzas de Defensa Israelíes (FDI) son uno de los cuerpos con más experiencia en el empleo de este tipo de robots remotamente controlados en el subsuelo. Durante la operación “Margen Protector” en el año 2014, uno de los principales problemas al que se enfrentaron las FDI fueron los combates en los túneles de la Franja de Gaza [15]. Estos túneles tenían unas dimensiones de 1,8 metros de alto por 0,9 metros de ancho [16]. Para facilitar el combate en su interior se hizo uso de UGVs, y aunque fueron efectivos, su rendimiento se vio condicionado por la existencia de obstáculos. Desde ese momento las unidades de ingenieros Israelíes prueban constantemente robots configurados específicamente para el combate en este tipo de escenarios.



Los que están empleando actualmente son los robot MTGR, IRIS y TIGR de la empresa Roboteam.

Estados Unidos ha adquirido recientemente el robot del fabricante QinetiQ CRS-I [15], pero tras intentar contactar con la empresa sin éxito y dada la imposibilidad de encontrar la ficha técnica del robot y sus capacidades se ha decidido no incluirlo en la valoración que presentamos más adelante en este trabajo.

En el caso de los zapadores rusos, durante su intervención en las ruinas de Palmira, emplearon un pequeño robot llamado “Scarabey” [17]. No ha sido posible encontrar información técnica a cerca de este robot y no se incluirá en este trabajo, pero se asemeja mucho al UGV IRIS mencionado anteriormente



Figura 17. Zapador ruso utilizando el Scarabey en Palmira  
Fuente: Ministerio de Defensa de la Federación Rusa.



Figura 18. De arriba abajo y de izquierda a derecha. TIGR, MTGR e IRIS. Fuente: Roboteam

### DESMINADO

Para el desminado el ejército de los EEUU dispone del M160 de la empresa croata Dok-Ing [15]. El M160 es una versión mejorada del MV-4, pero se desconocen las mejoras, por eso se analizarán los modelos de serie de la empresa, MV-2, MV-4 y MV-10.

Los rusos también apuestan por el mismo vehículo. En su caso lo denominan “Sistema de Desminado multifuncional” Uran-6 y fue uno de los sistemas utilizados en Palmira en el año 2016, donde realizó operaciones de reconocimiento y limpieza de área, detectando y neutralizando municiones explosivas y distintos tipos de minas con muy buenos resultados, según el ministerio de defensa Ruso. En el año 2019 adquirieron más Uran 6, que recientemente fueron empleados en la Guerra de Nagorno Karabaj en el año 2020. Se estima que un solo Uran-6 realiza el trabajo de 20 zapadores.



Figura 19. Izquierda. M-160 del U.S. Army. Fuente: <https://asc.army.mil/web/portfolio-item/cs-css-m160-robotic-mine-flail/>

Derecha. Uran-6 desminando en Nagorno-Karabaj. Fuente: <http://charly015.blogspot.com/2020/12/robots-uran-6-en-bagorno-karabaj.html>

## 4. ANÁLISIS DAFO DE LA ADQUISICIÓN DE UN UGV PARA EL ET

El análisis del impacto de la adquisición e implementación de un UGV en el ET se presenta en la siguiente matriz DAFO.

|                 | INTERNO  | EXTERNO  |
|-----------------|--|--|
| <b>NEGATIVO</b> | <b>DEBILIDADES</b> <p>Desconocimiento del personal de zapadores sobre el uso de UGV.</p> <p>Desconocimiento del personal de los escalones de mantenimiento sobre la reparación de los UGV.</p> <p>Las publicaciones doctrinales y las tácticas, técnicas y procedimientos del ET no contemplan el empleo de UGV.</p> | <b>AMENAZAS</b> <p>Cambio de las políticas económicas del Gobierno afectando negativamente al presupuesto del ET.</p>  |
| <b>POSITIVO</b> | <b>FORTALEZAS</b> <p>Disminución de la probabilidad de sufrir bajas humanas</p> <p>Aumento de la eficiencia en ciertos trabajos</p> <p>Capacidad de acceso a zonas inaccesibles por el ser humano debido a los riesgos químicos, biológicos, nucleares, etc.</p>   | <b>OPORTUNIDADES</b> <p>Camino hacia la introducción de la Inteligencia Artificial (IA) en el ET.</p> <p>Mayor cooperación en las últimas décadas entre fuerzas armadas e industria para definir las necesidades militares en el ámbito de la robótica.</p> <p>Oportunidad para la industria nacional.</p> |

Tabla 4. Matriz DAFO sobre la adquisición de un UGV por el ET. Fuente: Elaboración propia

La adquisición de UGVs para realizar trabajos de zapadores disminuiría notablemente las probabilidades de sufrir bajas ya que reduciría la exposición al peligro del personal. Esta sensación de mayor seguridad aumentaría la eficiencia de la sección de zapadores al reducirse el cansancio por estrés de los integrantes de la misma. Además, las distintas cargas útiles de los robots también proporcionarían nuevas capacidades a los zapadores: capacidad de detección de agentes nocivos, capacidad de mapeo, etc. Estas capacidades irán en aumento a medida que los vehículos no tripulados avancen hacia la autonomía y la Inteligencia Artificial. En el futuro se espera que los robots sean también sensores que ayuden en el proceso de toma de decisiones debido a su gran capacidad identificando peligros estratégicos y analizando una ingente cantidad de información a gran velocidad [18]. Por eso el ET debe sumarse a esta tendencia normalizando el uso generalizado de los robots en las unidades y aprovechando que la industria está más preparada que nunca para ofrecer los mejores sistemas robóticos.

Y es que hasta ahora poco existía una brecha entre el concepto de uso de los UGV para propósitos militares y las posibilidades que ofrecía la industria. Es decir, la industria no ofrecía robots fabricados explícitamente para cumplir las necesidades militares. Desde 2004 la Organización de Investigación y Tecnología de la OTAN se ha reunido con responsables de la industria e investigación en este ámbito

para definir los requisitos funcionales necesarios en un robot militar y así definir una hoja de ruta. El resultado ha sido la transformación de esta industria, que hoy en día emplea, más que nunca, el enfoque que los ejércitos creen adecuado [19]. Por eso el ET debe participar en aquellos desarrollos que están siendo financiados por múltiples países u organizaciones, para aprovecharse al máximo del avance que ha experimentado el sector últimamente. A este sector también pertenecen varias empresas nacionales que están colaborando en estos momentos con el ET en la identificación de necesidades y desarrollo de UGVs para el ET. Desarrollos que, como fue el caso de Navantia y el portahelicópteros LHD Juan Carlos Primero, podrían exportarse al exterior en caso de resultar exitosos.

Por otra parte, la adquisición de un UGV conlleva una inversión en la formación del personal militar tanto en su uso como su mantenimiento y reparación. En este caso lo ideal es que el fabricante del producto imparta los cursos de formación. En consecuencia, es de vital importancia que el fabricante sea lo más fiable posible, es decir, hay que centrarse en empresas españolas o en su defecto en aquellas pertenecientes a países aliados o con intereses alineados.

Pero no solo es necesario la adaptación del personal, también lo es la de los procedimientos de aquellas unidades que vayan a emplear el UGV en sus operaciones. Por lo tanto el ET debería adquirir al menos un robot de muestra lo antes posible para dotar con él a la BRIEX y que esta pueda trabajar con él para realizar la adaptación, como ya se está haciendo con otro tipo de UGV como es el Misión Master [20].

Por último, una reducción en el presupuesto del ET podría afectar al proyecto de adquisición del UGV, tomando el factor económico mayor importancia que el funcional a la hora de realizar su elección. La capacidad del ejército para hacer frente a esta posible amenaza es mínima. Y no podría hacer nada más que esforzarse en transmitir al gobierno y a la población la importancia de su función.

## **5. NECESIDADES EN EL ÁMBITO DE LA ROBÓTICA DE LAS SECCIONES MECANIZADAS DE ZAPADORES**

Para realizar una propuesta de adquisición óptima es necesario conocer las necesidades de las secciones de zapadores e identificar aquellas tareas en las que más les conviene disponer de UGVs. Para ello se ha realizado una entrevista al impulsor del proyecto Caronte y una encuesta a 15 cuadros de mando de la Compañía de Zapadores del RING 8.

### **5.1. NECESIDADES DE LAS UNIDADES DE ZAPADORES**

Se ha contactado con el impulsor del proyecto Caronte, el Teniente Coronel Alejandro Cruz Martín, para conocer las necesidades que han motivado su realización y el uso que se le pretende dar a este robot. El Teniente Coronel Cruz se encuentra destinado en la Sección de Recursos Humanos de la División Logística del Estado Mayor del Ejército en Madrid. Se contactó con él vía correo electrónico y se le realizaron varias preguntas por este mismo medio. Se puede leer la entrevista completa en el Anexo A. En esta entrevista se identificaron las siguientes necesidades clave:

- **NECESIDADES DE RECONOCIMIENTO Y BÚSQUEDA:** El proyecto se inició debido a la carencia en el ET de UGVs de pequeño tamaño para actividades de reconocimiento y búsqueda. Los robots EOD existentes son muy pesados y no se pueden emplear por zapadores. Además están pensados para actuar sobre los artefactos, no para detectarlos o reconocerlos. Por lo tanto son necesarios robots ligeros de pequeño tamaño y con capacidades de reconocimiento de amenazas.
- **NECESIDAD DE INSTRUCCIÓN DEL PERSONAL Y DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS:** Dada la carencia de estos UGVs de pequeño tamaño, existe también la necesidad de instruir al personal en el uso de estos y de desarrollar procedimientos para su empleo. Para ello, se podría dotar a las unidades del ET con el Caronte, no para su empleo en zona de operaciones, debido a que sus capacidades (Anexo B) no están al nivel que requiere un ejército profesional, si no para ser utilizado por los zapadores durante su instrucción y de esta forma empezar a desarrollar procedimientos de empleo para cuando se disponga de UGV profesionales. De esta forma, se aceleraría el proceso al no depender únicamente de la BRIEX como se ha reflejado en la estrategia definida en el análisis DAFO.

- **NECESIDAD DE DESARROLLAR MÉTODOS DE DEFENSA FRENTE A UGVs:** No solo es necesario desarrollar procedimientos para el empleo de UGVs, también es necesario desarrollar procedimiento para hacerles frente. Que el Caronte sea inapropiado para su uso por parte del ET no significa que sea inútil. Se trata de un robot sencillo de fabricar sin grandes medios económicos, puede ser un ejemplo de UGV que podría fácilmente ser empleado por el enemigo asimétrico, por lo que saber como funciona es de vital importancia para luchar contra él.

Tras la identificación de estas necesidades, en el RING 8 se tomo decisión de comenzar a fabricar el Caronte con la intención de emplearlo para desarrollar procedimientos de empleo con UGVs.

## 5.2. IDENTIFICACIÓN DE TAREAS EN LAS QUE EL UGV PUEDE SER ÚTIL EN UNA SECCION MECANIZADA DE ZAPADORES

Además de UGVs para reconocimiento y búsqueda, los zapadores deben disponer también de plataformas capaces de detectar y neutralizar amenazas explosivas, despejar zonas minadas, despejar de todo tipo de obstrucciones al movimiento de fuerzas amigas, etc. Con el fin de identificar las tareas a analizar se ha realizado una encuesta (Anexo C) a los cuadros de mando de la Compañía de zapadores para definir 4 trabajos de zapadores hacia los que enfocar el análisis de los UGV.

En la encuesta han participado un total de 15 cuadros de mando (1 Capitán, 3 Tenientes, 2 Sargentos Primero, 9 Sargentos y un Cabo) ya que se considera que disponen de un mayor conocimiento táctico y técnico necesarios para realizar las tareas de zapadores, y por lo tanto, dentro de una compañía son los más capacitados para clasificar cada tarea mostrada en la tabla 2 en función de lo necesario o eficaz que consideran que sería disponer de un UGV para realizarla. La siguiente tabla refleja la lista de las tareas mostradas a los cuadros de mando durante la encuesta y los puntos que ha obtenido cada actividad ordenado de mayor a menor. Para la puntuación se ha utilizado la escala de Likert [21]. Con este método se les pide a los encuestados expresar su grado de conformidad respecto a la siguiente frase: "El empleo de UGVs es necesario en las siguientes tareas de zapadores". Estando estas tareas reflejadas en la tabla 5.

Los grados de conformidad y sus puntuaciones son los siguientes:

Muy en desacuerdo : 1 punto

En desacuerdo: 2 puntos

Indiferente: 3 puntos

De acuerdo: 4 puntos

Muy de acuerdo: 5 puntos

| Tarea                               | Muy en desacuerdo | En desacuerdo | Indiferente | De acuerdo | Muy de acuerdo | Total |
|-------------------------------------|-------------------|---------------|-------------|------------|----------------|-------|
| Apoyo en combate subterráneo        | 0                 | 0             | 0           | 1          | 14             | 74    |
| Apoyo en combate en zona urbanizada | 0                 | 0             | 0           | 2          | 13             | 73    |
| Búsqueda militar en vehículos       | 0                 | 0             | 0           | 3          | 12             | 72    |
| Búsqueda militar en edificios       | 0                 | 0             | 0           | 3          | 12             | 72    |
| Limpieza de ruta                    | 0                 | 0             | 0           | 4          | 11             | 71    |
| Búsqueda militar en área            | 0                 | 0             | 0           | 4          | 11             | 71    |
| Desminado táctico                   | 0                 | 0             | 0           | 7          | 8              | 68    |

|   |    |   |   |    |   |    |
|---|----|---|---|----|---|----|
| Aperturas de brecha                               | 0  | 0 | 0 | 8  | 7 | 67 |
| Desminado humanitario /<br>retaguardia            | 0  | 0 | 0 | 11 | 4 | 64 |
| Remoción de obstáculos                            | 0  | 0 | 3 | 7  | 5 | 62 |
| Lanzamiento de puentes de<br>vanguardia           | 4  | 3 | 4 | 5  | 0 | 42 |
| UGV de carga                                      | 4  | 7 | 4 | 0  | 0 | 30 |
| Fortificación                                     | 8  | 4 | 2 | 1  | 0 | 26 |
| Montaje puentes de apoyo a<br>vanguardia          | 7  | 8 | 0 | 0  | 0 | 23 |
| Minado  | 8  | 6 | 1 | 0  | 0 | 23 |
| Excavación  | 9  | 6 | 0 | 0  | 0 | 21 |
| UGV armado que aumente la<br>capacidad de combate | 13 | 2 | 0 | 0  | 0 | 17 |

Tabla 5. N° de encuestados que escoge cada alternativa y el total de puntuación obtenido por cada tarea. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar relación entre los resultados de la encuesta y las necesidades de reconocimiento y búsqueda que destaca el Teniente Coronel en la entrevista. Se puede apreciar una diferencia destacable de puntuación entre remoción de obstáculos y lanzamiento de puente de vanguardia, esto nos indica que los encuestados ven más necesaria la adquisición de UGVs para realizar aquellas tareas de carácter más ofensivo que defensivo, restándole importancia a la necesidad de disponer de robots para las tareas en las que lo más probable es no entrar en contacto con el enemigo, que son la mayoría de tareas que se encuentran por debajo de lanzamiento de puentes de vanguardia, a excepción de el UGV armado, que al estar en última posición se podría concluir que los encuestados consideran que una sección de zapadores no necesita mayor capacidad de combate sino robots que ayuden a realizar las tareas de apoyo propias de los zapadores

Para decidir qué actividades pueden ser realizadas por un mismo tipo de UGV se tomará como referencia el “Informe Sobre Requisitos y Lagunas en Robótica Militar” de la OTAN [19]. Aunque se realizó en el 2004, se considera vigente debido a que fue el informe en el que se identificaron las necesidades militares de la OTAN en cuanto a robótica militar, y en el que se han basado los fabricantes en las últimas décadas.

En dicho informe se generaron 5 grandes tareas genéricas, que al mismo tiempo engloban tareas más específicas. Basándose en esto, los fabricantes han desarrollado UGVs para las tareas genéricas. De esta forma un solo UGV puede cumplir varias tareas específicas.

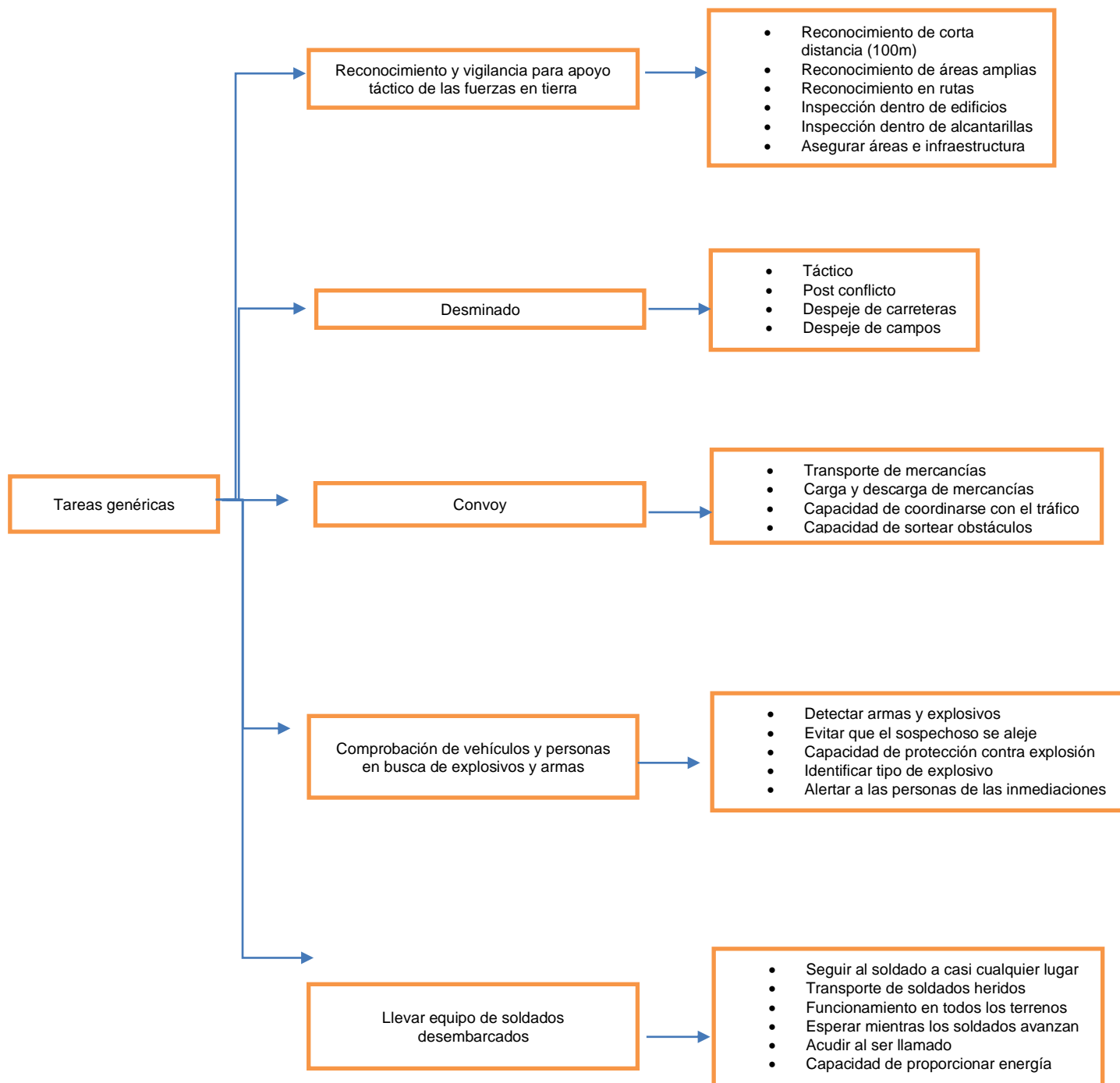


Figura 20. Tareas relevantes identificadas en el taller IST-032 sobre robots militares organizado por la OTAN en el año 2004 en Bonn, Alemania. Fuente: Elaboración propia basada en “Bridging the Gap in Military Robotics”

Teniendo en cuenta la clasificación mostrada arriba, según la tarea de “Reconocimiento y vigilancia para apoyo táctico de las fuerzas en tierra” se puede concluir que el apoyo al combate en zonas urbanizadas, el apoyo al combate subterráneo, la búsqueda militar en vehículos, búsqueda militar en edificios y búsqueda militar en área pueden realizarse por un mismo UGV. Como en el concepto de Fuerza 2035 se destaca la tendencia hacia el combate en zona urbana y subterránea, todas las tareas anteriormente mostradas se englobarán bajo el término “apoyo al combate en zonas urbanas o subsuelo”. Además, también sería útil para la limpieza de ruta, pero como se trata de una actividad muy compleja que no requiere solamente de reconocimiento se analizará de forma individual.

Respecto al desminado humanitario o que se realiza a retaguardia, este se analizará individualmente debido a las diferencias con el desminado táctico en cuanto al nivel de precisión en la detección de minas y la velocidad de ejecución (prima la precisión de detección ante la velocidad de ejecución).

Finalmente se considera el desminado táctico y la remoción de obstáculos como actividades que también se realizan dentro de la apertura de brecha, por lo que se elije específicamente la apertura de brecha para su evaluación en este trabajo.

Por lo tanto se concluye que es necesaria la adquisición de UGVs para las siguientes actividades:

- Apertura de brecha
- Limpieza de ruta
- Apoyo al combate en zonas urbanas o subsuelo
- Desminado humanitario o de retaguardia

## 6. CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS UGV SEGÚN SUS CAPACIDADES

Como se ha transmitido en el apartado 3.3 existen dos tendencias en el ámbito de los UGV. Por un lado se están creando nuevos vehículos no tripulados y por el otro se están desarrollando programas informáticos y software para la conversión de plataformas tripuladas ya existentes en no tripuladas. En este trabajo se analizarán el TerraMax y el RAK3 por un lado y los vehículos por otro. A continuación se presentan los vehículos que serán comparados en este trabajo (características técnicas completas en el Anexo D):

- THeMIS de la empresa Letona Milrem Robotics
- MV-2, MV-4, MV-10 y MVF-5 de la empresa croata Dok-Ing
- Bozena-4 y Bozena-5 de la empresa eslovaca Way Industries [15].
- MTGR, IRIS y TIGR de la empresa israelí Roboteam
- NervaLG de la empresa francesa Nexter Robotics

En esta comparativa hay dos tipos de vehículos. Tanto los MV como los Bozena y el THeMIS son vehículos pesados de más de una tonelada de peso equipados con distintas herramientas pensadas para el desminado. En cuanto a los UGV de las empresas Roboteam y Nexter Robotics, son pequeños robot transportables por una sola persona, a excepción del TIGR, que cuentan con herramientas de reconocimiento y manipulación de objetos.



Figura 21. NervaLG equipado con cámara térmica. Fuente: Nexter Robótica.



Figura 22. Bozena 5. Fuente: Way Industries

Parte del personal de la segunda sección de zapadores de la CÍA de zapadores del RING 8 fue seleccionado por su experiencia (1 Teniente, 3 Sargentos y un Cabo) para establecer unos criterios mínimos para poder garantizar la operación de los UGVs. Estos criterios de valoración que se presentan abajo, son requisitos que los expertos consideran de obligado cumplimiento por los UGV para poder ser empleados en el ET. El objetivo es decidir que robot son aptos y cuales no para su posterior comparación.



## CRITERIOS DE VALORACIÓN

**LIMPIEZA DE RUTA:** En la limpieza de ruta son necesarios dos tipos de UGV. Uno para la detección/neutralización de IEDs y otro para el reconocimiento de lugares de difícil acceso. En el primer caso es necesario que el UGV pueda seguir el ritmo de, al menos, el vehículo más lento de los que suelen formar el convoy de limpieza de ruta. Dicho vehículo se denomina Husky y alcanza una velocidad máxima de 35 km/h.

- Apto: Velocidad máx.  $\geq 35\text{km/h}$  y capacidad de portar rodillo o capacidad de reconocimiento de lugares de difícil acceso y/o susceptibles de albergar una amenaza explosiva
- No apto: No cumple ninguno de los requisitos anteriores

**APERTURA DE BRECHA:** Dado que durante la apertura de brecha el UGV recibirá fuego enemigo, es necesario que sea capaz de llegar al obstáculo relativamente rápido y que, una vez allí, pueda abrir un pasillo por donde quepan todos los vehículos de combate del ET. El más ancho es el carro de combate Leopard 2E con 3,75 m de ancho.

- Apto: Velocidad máx  $\geq 30\text{km/h}$  y capacidad de abrir un pasillo de, mínimo, 3,75m de ancho en al menos un tipo de obstáculo (CMAS, Foso CC, alambrada).
- No apto: No cumple uno de los requisitos anteriores

**APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO:** Como se ha identificado en la entrevista al Teniente Coronel Cruz, son necesarios UGVs de pequeño tamaño para reconocimiento y búsqueda. Estos robots pesan menos de 20kg. Por otra parte, para establecer las dimensiones máximas del robot, se tendrá en cuenta la experiencia de las FDI durante sus combates en los túneles de la Franja de Gaza. También se tienen en cuenta otros aspectos fundamentales como el rugerizado y que disponga de herramientas de visión avanzadas.

- Apto:
  - Dimensiones (Ancho x Alto): 90 cm x 180 cm
  - Rugerizado mínimo: IP65 (Hermético al polvo y protegido contra el agua proyectada)
  - Peso  $\leq 20$  kg
  - Cámaras de visión diurna y nocturna y luz infrarroja
- No apto: No cumple uno de los requisitos anteriores

**DESMINADO HUMANITARIO / RETAGUARDIA:** En este caso es fundamental que el sistema de desminado sea apto para neutralizar minas contra carro dado que son las más habituales debido a que muchas naciones tienen prohibido el empleo de minas contra personales por su participación en el tratado de Ottawa (Art.1: “Cada Estado Parte se compromete a nunca y bajo ninguna circunstancia emplear minas antipersonas” <sup>1</sup>) [22]. Además, al tener mayor cantidad de explosivo, si un UGV es capaz de neutralizar minas contra carro también será capaz de hacerlo con las contra personales, ya que contienen menos cantidad.

- Apto: Capacidad para detectar / neutralizar minas contra carro enterradas y en superficie
- No apto: No es capaz de detectar / neutralizar / resistir la explosión de minas contra carro enterradas y en superficie.

A continuación se muestran las tareas que puede realizar cada UGV en función de si sus capacidades cumplen o no los criterios de valoración:

---

<sup>1</sup> Artículo 1, Convención sobre la prohibición del empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonal y sobre su destrucción entre España y 155 Estados más, 3 de Diciembre de 1997.



| NOMBRE UGV | ACTIVIDAD        |                    |  |                                   |
|------------|------------------|--------------------|--|-----------------------------------|
|            | Limpieza de ruta | Apertura de brecha | Apoyo al combate en zonas urbanas/subsuelo | Desminado humanitario/retaguardia |
| THeMIS     |                  |                    |  |                                   |
| MV-2       |                  |                    |  |                                   |
| MV-4       |                  |                    |  |                                   |
| MV-10      |                  |                    |  |                                   |
| MVF-5      |                  |                    |  |                                   |
| Bozena-4   |                  |                    |  |                                   |
| Bozena-5   |                  |                    |  |                                   |
| MTGR       |                  |                    |  |                                   |
| IRIS       |                  |                    |  |                                   |
| TIGR       |                  |                    |  |                                   |
| NervaLG    |                  |                    |  |                                   |

■ APTO    ■ NO APTO

Tabla 6. Clasificación apto/no apto de UGVs para cometidos de zapadores en función de los requisitos expuestos arriba. Fuente: Elaboración propia.

El principal problema a la hora de encontrar UGVs comerciales para la limpieza de ruta ha sido la velocidad. Los vehículos existentes actualmente en el mercado están pensados para actuar en retaguardia y bajo amenaza por hostigamiento enemigo nula o muy baja, como es el caso del desminado humanitario o en retaguardia, no para seguir el ritmo de un convoy de limpieza de ruta, donde el vehículo más lento (Husky) puede alcanzar los 35km/h y en este caso el UGV más rápido capaz de montar herramientas de limpieza de ruta es el MVF-5 con una velocidad máxima de 11km/h.

La falta de velocidad se hace extensible a la apertura de brecha, a lo que hay que sumarle la incapacidad de estos vehículos de crear pasillos lo suficientemente anchos en los obstáculos para la mayoría de vehículos de combate del ET, como se puede observar en la siguiente tabla. El Bozena-5 es el que abre el pasillo más ancho, siendo este de 2,6 metros.

| VEHÍCULO           | ANCHO (m) | VEHÍCULO   | ANCHO (m) |
|--------------------|-----------|------------|-----------|
| Leopardo 2E        | 3,75      | BMR        | 2,5       |
| Alacrán CZ 10/25 E | 3,63      | VEC        | 2,5       |
| VLPD 26/70 E       | 3,63      | RG-31 Mk5E | 2,4       |
| Pizarro            | 3,15      | MLV        | 2,2       |
| VERT               | 2,9       |            |           |
| VAMTAC             | 2,8       |            |           |
| Centauro           | 2,73      |            |           |

■ Puede    ■ No puede

Tabla 7. Vehículos del ET capaces de atravesar una brecha creada por el Bozena-5. Fuente: Elaboración propia.

Estas carencias se están intentando suplir implantando los sistemas RAK3 y TerraMax en vehículos convencionales, pero se trata todavía de prototipos, que aunque en estado avanzado, no se encuentran todavía a la venta. Como se ha explicado brevemente en apartados anteriores, estas tecnologías permiten a las fuerzas armadas operar sus vehículos de combate tradicionales de forma tele-operada. Están completamente incorporadas en los frenos, la dirección, el motor y la transmisión y su software es de arquitectura abierta, por lo que se les puede implementar nuevas capacidades para adaptarse a distintas misiones y usuarios.

Por ahora solo se están implementando y probando en el ejército Americano y no se dispone de la información suficiente para su análisis y comparación. Por esa razón, aún siendo la mejor opción para ejecutar estas tareas, no se puede realizar una valoración objetiva sobre ellos en este trabajo, dada la ausencia de información.

Como solución a corto plazo, se podría considerar la opción de realizar la apertura de brecha con el vehículo THeMIS. Aunque en el anterior apartado ha resultado no apto, las pruebas realizadas por la empresa desarrolladora Milrem, el instituto Letón de asuntos internacionales y la Academia de Defensa Nacional Letona concluyen que resulta útil [15] y dado que basan sus conclusiones en resultados empíricos, este trabajo tendrá en cuenta el THeMIS. Se desconoce el sistema de apertura de brechas que se utilizó en estas pruebas y que se pretende implantar en el robot para su producción. Dadas sus dimensiones (240x200) este UGV podría ser equipado con la manguera explosiva pesada Plofadder 160



*Figura 23. UGV THeMIS transportando la manguera explosiva Plofadder 160 AT MKII. Fuente: Elaboración propia*

AT MKII [23] (220x122) de la que dispone el ET y que permitiría el paso de cualquiera de sus vehículos. Este sistema de apertura de brecha se acciona por control remoto, por lo que el UGV solo se encargaría del transporte del mismo hasta el obstáculo, acción que hasta ahora tiene que realizar un vehículo con personal en su interior. El peso de la manguera (1400kg) es superior a los 1200 kg que puede transportar el robot, por lo que habría que realizar ciertas modificaciones en el robot o la manguera o bien adquirir un modelo de manguera más liviano. Dado que el vehículo se encuentra en la BRILEX actualmente, sería interesante realizar pruebas como probar la velocidad del vehículo con el peso de la manguera, etc. y así comprobar su viabilidad.

Por otra parte, existen gran variedad de robots preparados para actuar en terrenos urbanos y subterráneos. En un principio se había considerado al TIGR como una opción para el apoyo al combate en zonas urbanas, ya que puede ser transportado en los vehículos de una sección mecanizada. Pero al tratar de encontrar un robot válido tanto para el apoyo al combate en zonas urbanas como para el combate subterráneo, se ha desechado debido a su gran tamaño y peso.

Por lo tanto los UGV que se analizarán para ser propuestos como posible adquisición por el ET serán los siguientes:

- Apoyo al combate en zonas urbanizadas / subterráneo: MTGR, IRIS y NervaLG
- Desminado humanitario / retaguardia: MV-10, Bozena-4 y Bozena-5

## 7. ANÁLISIS MULTICRITÉRIO PARA ELECCIÓN DE UGVs

Para realizar un análisis cuantitativo y comparar los UGVs, se ha utilizado el método de ponderación lineal, que proporciona una puntuación a cada UGV ponderando sus características según su importancia. Para obtener estas ponderaciones se han realizado encuestas (Anexos F y G) con el objetivo de identificar las características que los zapadores consideran más importantes en un UGV.

En primer lugar se determinará el objetivo, es decir, a dónde se quiere llegar. En segundo lugar, se establecerán las alternativas a comparar y los criterios y subcriterios a tener en cuenta. Por último, mediante una tabla de decisión se clasificarán las alternativas y se elegirá la alternativa con la puntuación más alta.

A continuación se muestran las métricas empleadas para ponderar los criterios las alternativas y la fórmula empleada para desarrollar la tabla de decisión.

#### PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS ( $W_i$ )

Este parámetro sirve para valorar el peso que tiene cada capacidad del UGV en la decisión, en función de la opinión del personal experto que ha realizado las encuestas.

#### VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ( $R_{i,n}$ )

Este parámetro refleja la puntuación que obtiene cada robot respecto a una característica. Se ha utilizado el siguiente método de valoración: El valor máximo obtiene 3 puntos y el mínimo 1. La puntuación del valor intermedio se calculará mediante la interpolación.

Cuando se trate de valorar si tiene o no la capacidad de realizar una acción se puntuará de la siguiente manera: 3 puntos si es capaz, 2 puntos si la capacidad se la otorga una herramienta accesoria que no viene incorporada de serie, 1 punto si, teniendo la capacidad, esta es inferior a la de otro robot en algún aspecto y 0 puntos si no la tiene.

#### TABLA DE DECISIÓN

La puntuación se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$S_n = \sum_i W_i R_{i,n}$$

donde:

$S_n$ = Puntuación total de cada alternativa

$W_i$ = Ponderación de cada criterio / subcriterio

$R_{i,n}$ = Valoración de la alternativa n respecto del criterio i





## **8. ELECCIÓN DE UGV PARA EL APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO**

En este apartado se compararán los robot MTGR, IRIS, NervaLG y Caronte y se decidirá qué robot es el más adecuado en el apoyo al combate en zonas urbanas y subterráneas para el ET.

### **8.1. CAPACIDADES Y HERRAMIENTAS DE LOS UGV PARA EL APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO**

En la siguiente tabla se muestra una lista con todas las características de los tres UGV obtenidas de las descripciones técnicas (Anexo D) y reunidas en los grupos “movilidad”, “obtención de información”, “neutralización de amenazas explosivas” y “protección y ataque”. La palabra “Accesorio” hace referencia a una característica que el vehículo tiene sólo si el operario le ha implementado la herramienta necesaria, es decir, no está incorporada de serie en el robot y existe un numero limitado de herramientas que se pueden implementar al mismo tiempo. Este número varia en función del peso de las herramientas y del peso que es capaz de soportar cada robot. La capacidad de realizar cierta acción solo será valorada como: capaz (si), capaz pero con una herramienta accesoria (accesorio) o incapaz (no).

|        |                 | IRIS | MTGR | NERVALG | CARONTE |
|--------|-----------------|------|------|---------|---------|
| GRUPOS | CARACTERÍSTICAS |      |      |         |         |

|                          |   |   |  |   |   |
|--------------------------|---|---|--|---|---|
|                          |   |  |  |  |  |
| MOVILIDAD                | RUGERIZADO  | IP65  | IP65   | IP65  | Resistente a salpicaduras y lluvia  |
|                          | RESISTENCIA A TEMPERATURA                           | -20° a 60°  | -20° a 60°   | -20° a 60°  | Sin datos   |
|                          | PESO (KG)   | 1,85  | 15,5   | 5   | 2   |
|                          | VELOCIDAD (Km/h)                                    | 4   | 3,5  | 13  | 10  |
|                          | RANGO DE ACCIÓN (m)                                 | 1000  | 500  | 1000  | 300   |
|                          | BATERÍA REEMPLAZABLE                                | SI  | SI   | SI  | SI  |
|                          | AUTONOMÍA (HORAS)                                   | 3   | 3  | 2   | 1,5   |
|                          | CAPACIDAD SUBIR ESCALERAS                           | NO  | SI   | SI  | NO  |
|                          | CAPACIDAD DE ABRIR PUERTAS                          | NO  | ACCESORIO  | NO  | NO  |
|                          | ARROJADIZO  | SI  | NO   | SI  | NO  |
|                          | CAPACIDAD DE SER CABLEMANDADO                       | NO  | NO   | ACCESORIO   | NO  |
| OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN | VISIÓN DIURNA                                       | SI  | SI   | SI  | SI  |
|                          | VISIÓN NOCTURNA                                     | SI  | SI   | SI  | NO  |
|                          | CÁMARA TÉRMICA                                      | NO  | ACCESORIO  | ACCESORIO   | NO  |
|                          | VISIÓN 360 GRADOS                                   | NO  | SI   | SI  | NO  |
|                          | ZOOM  | x10   | x10  | x36   | NO  |
|                          | LASER PARA MEDIR DISTANCIAS                         | SI  | SI   | ACCESORIO   | NO  |
|                          | LUZ BLANCA  | ACCESORIO   | SI   | SI  | SI  |
|                          | LUZ INFRARROJA                                      | SI  | SI   | SI  | NO  |
|                          | MICRÓFONO   | SI  | SI   | SI  | NO  |
|                          | BRAZO MANIPULADOR                                   | NO  | SI   | ACCESORIO   | NO  |
|                          | CAPACIDAD DE MAPEO                                  | NO  | 3D (ACCESORIO)   | 2D (ACCESORIO)  | NO  |
|                          | CAPACIDAD DE DETECCIÓN NBQR                         | NO  | ACCESORIO  | ACCESORIO (solo química y radiológica)  | NO  |
|                          | RASTRILLO PARA EXPONER OBJETOS LEVEMENTE ENTERRADOS | NO  | ACCESORIO  | NO  | NO  |
|                          | RAYOS-X   | NO  | ACCESORIO  | NO  | NO  |
|                          | DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE DISPAROS                | NO  | NO   | ACCESORIO   | NO  |
| NEUTRALIZACI             | CORTAR CABLES                                       | NO  | ACCESORIO  | NO  | NO  |

|                           |                           |    |           |           |    |
|---------------------------|---------------------------|----|-----------|-----------|----|
| ÓN DE AMENAZAS EXPLOSIVAS | DISRUPTOR                 | NO | ACCESORIO | ACCESORIO | NO |
| PROTECCIÓN Y ATAQUE       | CAPACIDAD DE GENERAR HUMO | NO | NO        | ACCESORIO | NO |
|                           | LANZAGRANADAS             | NO | NO        | ACCESORIO | NO |

Tabla 8. Características de los UGV IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte agrupadas en los grupos Movilidad, Obtención de información, Neutralización de amenazas explosivas y Protección y ataque. Fuente: Elaboración propia

## 8.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO

En este caso se realizarán dos análisis multicriterio, el primero, analizando los subcriterios (características), para obtener la puntuación de cada UGV respecto cada criterio (grupos) y conocer su peso en el segundo análisis. En este segundo análisis se analizan los criterios con la puntuación obtenida en el anterior análisis para obtener la decisión final.

En la siguiente figura se muestra el modelo jerárquico que se seguirá en el análisis multicriterio.

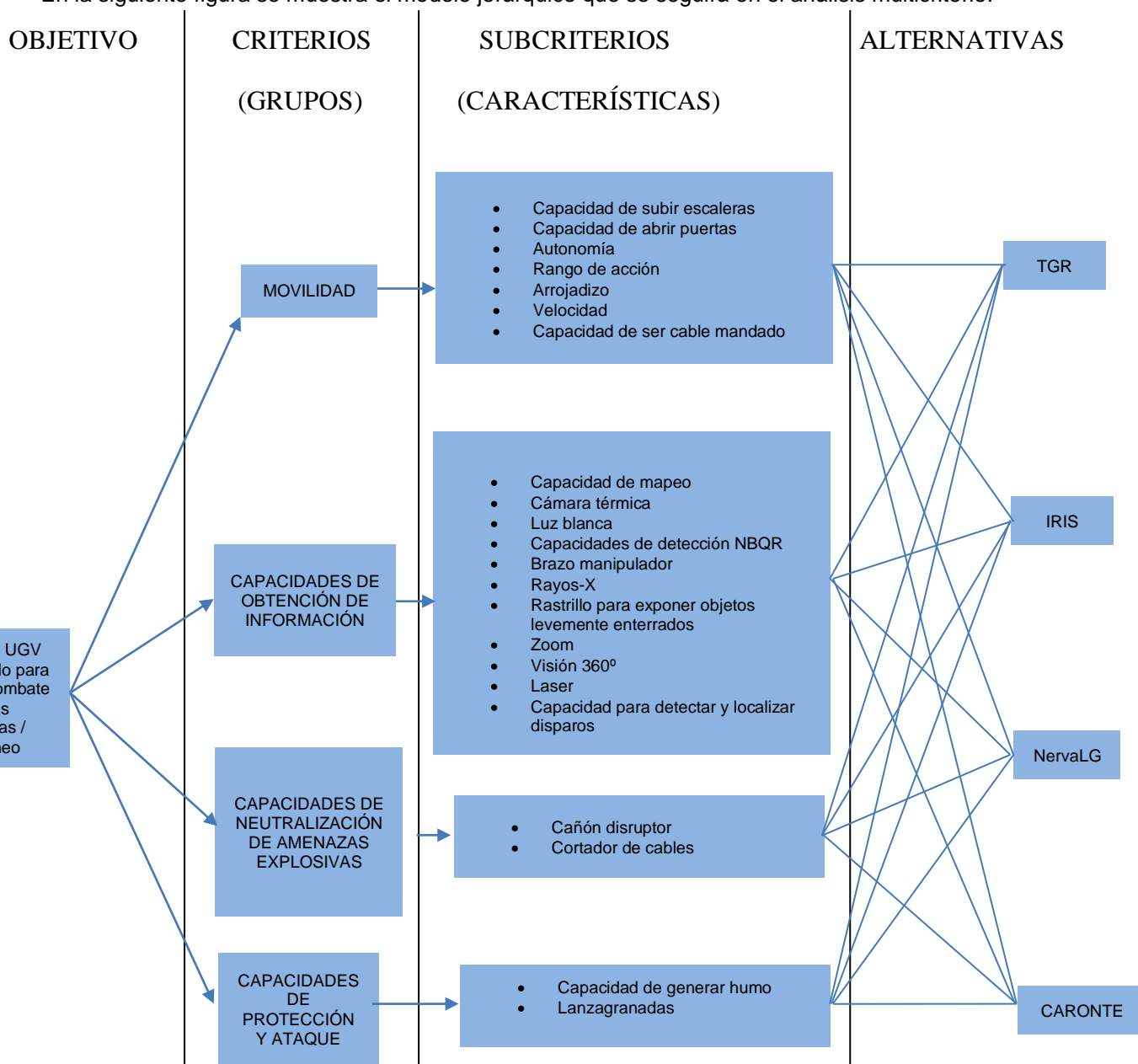


Figura 24. Modelo jerárquico a seguir en el análisis multicriterio. La elección del UGV se hará en base a los criterios, cuyo peso en la decisión dependerá de los subcriterios. Fuente: Elaboración propia.

Para decidir la importancia de cada grupo en base a los cuales se van a evaluar estas plataformas se ha realizado una segunda encuesta a los cuadros de mando de la CÍA de Zapadores del RING 8. Se les ha pedido que ordenen de mayor a menor importancia los 4 grupos y que hagan lo mismo con las

características que se agrupan dentro de estos. La encuesta, en su totalidad, se puede consultar en el Anexo E.

En las encuestas no se ha preguntado por aquellas funciones de las que disponen los tres UGV, a excepción del Caronte (batería reemplazable, visión diurna, visión nocturna, luz infrarroja y micrófono), ni por el rugerizado y la resistencia a la temperatura por ser idénticas para los tres UGV. El peso tampoco entra en la tabla de comparación de datos técnicos ya que no se considera de especial relevancia al tratarse de una sección mecanizada y disponer de vehículos para su transporte.

La siguientes tablas muestran los resultados de dichas encuestas. En las filas se representa el orden de importancia (1 mayor importancia) estimado por los encuestados para cada capacidad, expresada en el porcentaje (Z) de encuestados que han puesto dicha capacidad o grupo de capacidades en ese valor de prioridad. Para calcular un parámetro ( $W_i$ ) que refleje la importancia de la capacidad, el orden de prioridad se valora con una puntuación ( $\gamma$ ) del 1 al n (siendo n el numero de capacidades a clasificar) mostrada entre paréntesis. Los valores  $W_i$  definidos como ( $W_i = Z \cdot \gamma$ ) se usarán como parámetros de ponderación en el posterior análisis multicriterio. De esta forma se tiene en cuenta la opinión de todos los encuestados y no solo la de la mayoría, ya que esa mayoría podría serlo con un número no significativo de votos al estar los demás dispersos a lo largo de las demás posiciones de importancia, 2, 3 y 4.

| GRUPO / ORDEN                         | 1 (4) | 2 (3) | 3 (2)  | 4 (1)  | $W_i$ |
|---------------------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|
| MEDIOS DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN    | 60%   | 40%   | 0%     | 0%     | 3,6   |
| MOVILIDAD                             | 40%   | 60%   | 0%     | 0%     | 3,4   |
| NEUTRALIZACIÓN DE AMENAZAS EXPLOSIVAS | 0%    | 0%    | 66,66% | 33,33% | 1,6   |
| PROTECCIÓN Y ATAQUE                   | 0%    | 0%    | 33,33% | 66,66% | 1,3   |

Tabla 9. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las capacidades de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte. Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar claramente que se diferencian dos bloques en la tabla. Los encuestados consideran los medios de obtención de información y la movilidad como los grupos más importantes, sin embargo, otorgan muy poca importancia a su capacidad para neutralizar amenazas explosivas, protegerse y atacar. Cabe mencionar que los zapadores se han decantado por aquellas capacidades más acordes a su rol en el apoyo al combate en zonas urbanas y subterráneo, el reconocimiento. La neutralización, aunque pueda llevarse a cabo por los zapadores si la situación lo requiere, es tarea del equipo de desactivación de explosivos. En último lugar, las capacidades de protección y ataque, que son más propias de un UGV de infantería.

De la misma forma que los encuestados han ordenado los grupos por su importancia también han ordenado las herramientas y características que se encuentran dentro de cada grupo.

| CAPACIDADES DE OBTENCIÓN | 1 (11) | 2 (10) | 3 (9) | 4 (8) | 5 (7) | 6 (6) | 7 (5) | 8 (4) | 9 (3) | 10 (2) | 11 (1) | $W_i$ |
|--------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
|--------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|

| DE INFORMACIÓN                                      |        |         |         |         |         |         |         |        |        |        |         |       |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|-------|
| CAPACIDAD DE MAPEO                                  | 66,67% | 20%     | 6,67%   | 6,67%   | 0%      | 0%      | 0%      | 0%     | 0%     | 0%     | 0%      | 10,46 |
| CÁMARA TÉRMICA                                      | 20%    | 46,67 % | 26,67 % | 6,67%   | 0%      | 0%      | 0%      | 0%     | 0%     | 0%     | 0%      | 9,8   |
| LUZ BLANCA  | 13,33% | 13,33 % | 40%     | 0%      | 6,67%   | 0%      | 20%     | 6,67%  | 0%     | 0%     | 0%      | 8,1   |
| BRAZO MANIPULADOR                                   | 0%     | 0%      | 0%      | 20%     | 46,67 % | 20%     | 13,33 % | 0%     | 0%     | 0%     | 0%      | 6,73  |
| VISIÓN 360º   | 0%     | 20%     | 13,33 % | 13,33 % | 13,33 % | 6,67%   | 0%      | 0%     | 33,33% | 0%     | 0%      | 6,6   |
| CAPACIDAD DE DETECCIÓN NBQR                         | 0%     | 0%      | 13,33 % | 26,67 % | 0%      | 13,33 % | 13,33 % | 6,67%  | 20%    | 6,67%  | 0%      | 5,8   |
| RAYOS-X   | 0%     | 0%      | 0%      | 20%     | 6,67%   | 40%     | 0%      | 0%     | 13,33% | 13,33% | 6,67%   | 5,201 |
| RASTRILLO PARA EXPONER OBJETOS LEVEMENTE ENTERRADOS | 0%     | 0%      | 0%      | 0%      | 26,67 % | 13,33 % | 33,33 % | 13,33% | 6,67%  | 6,67%  | 0%      | 5,19  |
| ZOOM  | 0%     | 0%      | 0%      | 6,67%   | 0%      | 0%      | 20%     | 33,33% | 13,33% | 6,67%  | 20%     | 3,6   |
| LASER   | 0%     | 0%      | 0%      | 0%      | 0%      | 6,67%   | 0%      | 20%    | 0%     | 40%    | 33,33 % | 2,33  |
| DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE DISPAROS                | 0%     | 0%      | 0%      | 0%      | 0%      | 0%      | 0%      | 20%    | 13,33% | 26,67% | 40%     | 2,13  |

Tabla 10. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las características que forman parte de las Capacidades de obtención de información de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte. Con sombreado el mayor porcentaje de la columna indicando que herramienta o característica ocupa esa posición de importancia. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta recogida en el anexo E.

Respecto a los medios de obtención de información, los encuestados consideran de más a menos importantes las siguientes características: Capacidad de mapeo, Cámara térmica, Luz blanca, Capacidad de detección NBQR, Brazo manipulador, Rayos-X, Rastrillo para exponer objetos levemente enterrados, Zoom, Visión 360º, Laser y Capacidad para detectar y localizar disparos.

| MOVILIDAD                 | 1 (7)  | 2 (6)  | 3 (5) | 4 (4) | 5 (3) | 6 (2) | 7 (1) | Wi   |
|---------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| CAPACIDAD SUBIR ESCALERAS | 46,67% | 33,33% | 20%   | 0%    | 0%    | 0%    | 0%    | 6,26 |

|                               |        |        |        |        |        |        |        |      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| CAPACIDAD DE ABRIR PUERTAS    | 33,33% | 40%    | 26,67% | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 6,06 |
| AUTONOMÍA (HORAS)             | 0%     | 13,33% | 46,67% | 13,33% | 20%    | 6,67%  | 0%     | 4,4  |
| ARROJADIZO                    | 13,33% | 6,67%  | 6,67%  | 26,67% | 46,67% | 0%     | 0%     | 4,13 |
| RANGO DE ACCIÓN (m)           | 6,67%  | 0%     | 0%     | 53,33% | 26,67% | 13,33% | 0%     | 3,66 |
| VELOCIDAD (Km/h)              | 0%     | 6,67%  | 0%     | 6,67%  | 6,67%  | 53,33% | 26,67% | 2,2  |
| CAPACIDAD DE SER CABLEMANDADO | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 26,67% | 73,33% | 1,26 |

Tabla 11. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las características que se agrupan dentro del grupo Movilidad de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta recogida en el anexo E.

En cuanto a la movilidad el orden de prioridad que se obtiene de las encuestas (tabla 11) es el siguiente: Capacidad de subir escaleras, Capacidad de abrir puertas, Autonomía, Rango de acción, Ser arrojadizo, Velocidad, Capacidad de ser cable mandado. Respecto a esta última capacidad, la mayoría de los encuestados coincide en que es la menos importante, en contraposición con el ET, que refleja como necesidad el disponer de UGVs con capacidad de ser operados mediante fibra óptica [16].

|                                       |        |        |      |
|---------------------------------------|--------|--------|------|
| NEUTRALIZACIÓN DE AMENAZAS EXPLOSIVAS | 1 (2)  | 2 (1)  | Wi   |
| DISRUPTOR                             | 73,33% | 26,67% | 1,73 |
| CORTAR CABLES                         | 26,67% | 73,33% | 1,26 |

Tabla 12. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las herramientas para la neutralización de amenazas explosivas. Fuente: Elaboración propia.

|                           |        |        |      |
|---------------------------|--------|--------|------|
| PROTECCIÓN Y ATAQUE       | 1 (2)  | 2 (1)  | Wi   |
| CAPACIDAD DE GENERAR HUMO | 53,33% | 46,67% | 1,53 |
| LANZAGRANADAS             | 46,67% | 53,33% | 1,46 |

Tabla 13. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las características que forman las capacidades de protección y ataque de los UGV, IRIS, MTGR, NervaLG y Caronte. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la neutralización de amenazas explosivas (tabla 12), se prefiere disponer de un cañón disruptor a un cortador de cables. Y en referencia a la protección y ataque (tabla 13), los encuestados prefieren un perfil más defensivo que ofensivo, como se refleja al preferir disponer de un generador de humo a un lanzagranadas.

### 8.2.1 ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS CARACTERÍSTICAS

Como se ha explicado anteriormente, en este primer análisis se analizan los subcriterios (características) para obtener la puntuación de cada UGV respecto cada criterio (grupo) y conocer la importancia que tendrán en el segundo análisis. La puntuación que obtiene cada robot respecto a una característica ( $R_{i,n}$ ) se obtiene en base a los datos de la Tabla 8 y con el método explicado en el punto 7.

La puntuación final correspondiente a cada UGV se divide entre el número de características del grupo (referido en la tabla como “media”) para que a la hora de realizar el segundo análisis multicriterio, no suponga una ventaja o desventaja que estas agrupen más o menos características.

#### TABLA DE DECISIÓN ACERCA DE LAS CAPACIDADES DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

| OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN (n) | Wi | MTGR (R1,n) | IRIS (R2,n) | NervaLG (R3,n) | CARONTE (R4,n) |
|------------------------------|----|-------------|-------------|----------------|----------------|
|------------------------------|----|-------------|-------------|----------------|----------------|



|                                      |       |        |       |        |      |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|--------|------|
| <b>Mapeo</b>                         | 10,46 | 2      | 0     | 1      | 0    |
| <b>Cámara térmica</b>                | 9,8   | 2      | 0     | 2      | 0    |
| <b>Luz blanca</b>                    | 8,1   | 3      | 2     | 3      | 3    |
| <b>Detección NBQR</b>                | 5,8   | 2      | 0     | 1      | 0    |
| <b>Brazo manipulador</b>             | 6,73  | 3      | 0     | 2      | 0    |
| <b>Rayos-X</b>                       | 5,2   | 2      | 0     | 0      | 0    |
| <b>Rastrillo</b>                     | 5,19  | 2      | 0     | 0      | 0    |
| <b>Zoom</b>                          | 3,6   | 1      | 1     | 3      | 0    |
| <b>Visión 360°</b>                   | 6,6   | 3      | 0     | 3      | 0    |
| <b>Laser</b>                         | 2,33  | 3      | 3     | 2      | 0    |
| <b>Detectar y localizar disparos</b> | 2,13  | 0      | 0     | 2      | 0    |
| <b>PUNTUACIÓN</b>                    |       | 147,78 | 26,79 | 113,14 | 24,3 |
| <b>MEDIA</b>                         |       | 13,434 | 2,43  | 10,28  | 2,21 |

Tabla 14. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a sus capacidades de obtención de información. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a al grupo “obtención de información” el MTGR es el más eficaz. No se produce una diferencia importante entre la puntuación obtenida por el Caronte y la puntuación obtenida por el IRIS, aunque a priori este último debería ser, con mucha diferencia, mejor que el Caronte. Esto se debe a no haber tenido en cuenta ciertas características citadas anteriormente como el rugerizado, etc. ya que son idénticas para los tres UGVs comerciales y se desconocen para el Caronte (aunque se podría predecir que serían notablemente inferiores).

#### TABLA DE DECISIÓN ACERCA DE LAS CAPACIDADES DE MOVILIDAD

| <b>MOVILIDAD</b>                     | <b>Wi</b> | <b>MTGR</b> | <b>IRIS</b> | <b>NervaLG</b> | <b>CARONTE</b> |
|--------------------------------------|-----------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| <b>Capacidad de subir escaleras</b>  | 6,26      | 3           | 0           | 3              | 0              |
| <b>Capacidad de abrir puertas</b>    | 6,06      | 2           | 0           | 0              | 0              |
| <b>Autonomía</b>                     | 4,4       | 3           | 3           | 1,67           | 1              |
| <b>Rango de acción</b>               | 3,66      | 1,57        | 3           | 3              | 1              |
| <b>Arrojadizo</b>                    | 4,13      | 0           | 3           | 3              | 0              |
| <b>Velocidad</b>                     | 2,2       | 1           | 1,105       | 3              | 2,36           |
| <b>Capacidad de ser cablemandado</b> | 1,26      | 0           | 0           | 2              | 0              |
| <b>PUNTUACIÓN</b>                    |           | 52,0462     | 39,001      | 58,618         | 13,252         |
| <b>MEDIA</b>                         |           | 7,43        | 5,57        | 8,37           | 1,89           |

Tabla 15. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a la movilidad. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al grupo “movilidad”, el NervaLG es el UGV que más destaca. En este caso si se aprecia la clara desventaja del Caronte respecto a los demás.

#### TABLA DE DECISIÓN ACERCA DE LAS CAPACIDADES DE NEUTRALIZACIÓN DE AMENAZAS EXPLOSIVAS

| <b>NEUTRALIZACIÓN DE</b> | <b>Wi</b> | <b>MTGR</b> | <b>IRIS</b> | <b>NervaLG</b> | <b>CARONTE</b> |
|--------------------------|-----------|-------------|-------------|----------------|----------------|
|--------------------------|-----------|-------------|-------------|----------------|----------------|

| AMENAZAS EXPLOSIVAS |      |       |   |       |   |
|---------------------|------|-------|---|-------|---|
| Cañón disruptor     | 1,73 | 3     | 0 | 3     | 0 |
| Cortador de cables  | 1,26 | 3     | 0 | 0     | 0 |
| PUNTUACIÓN          |      | 8,97  | 0 | 5,19  | 0 |
| MEDIA               |      | 4,485 | 0 | 2,595 | 0 |

Tabla 16. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a sus capacidades para neutralizar amenazas explosivas. Fuente: Elaboración propia.

El MTGR es el UGV con mayor capacidad de neutralización de amenazas explosivas.

#### TABLA DE DECISIÓN ACERCA DE LAS CAPACIDADES DE PROTECCIÓN Y ATAQUE DE LOS UGV PARA APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO

| PROTECCIÓN Y ATAQUE | Wi   | MTGR | IRIS | NervaLG | CARONTE |
|---------------------|------|------|------|---------|---------|
| Generación de humo  | 1,53 | 0    | 0    | 3       | 0       |
| Lanzagranadas       | 1,46 | 0    | 0    | 3       | 0       |
| PUNTUACIÓN          |      | 0    | 0    | 8,97    | 0       |
| MEDIA               |      | 0    | 0    | 4,485   | 0       |

Tabla 17. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado en cuanto a sus capacidades de protección y ataque. Fuente: Elaboración propia.

El NervaLG es el UGV mejor preparado en cuanto a capacidades de protección y ataque.

#### 8.2.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LOS UGV EN FUNCIÓN DE SUS CAPACIDADES GENÉRICAS

En el siguiente gráfico radial se han agrupado los datos obtenidos en el anterior apartado sobre las capacidades genéricas de cada UGV. Estas puntuaciones se utilizarán en el segundo análisis, mediante el la cual se obtendrá el UGV más adecuado.

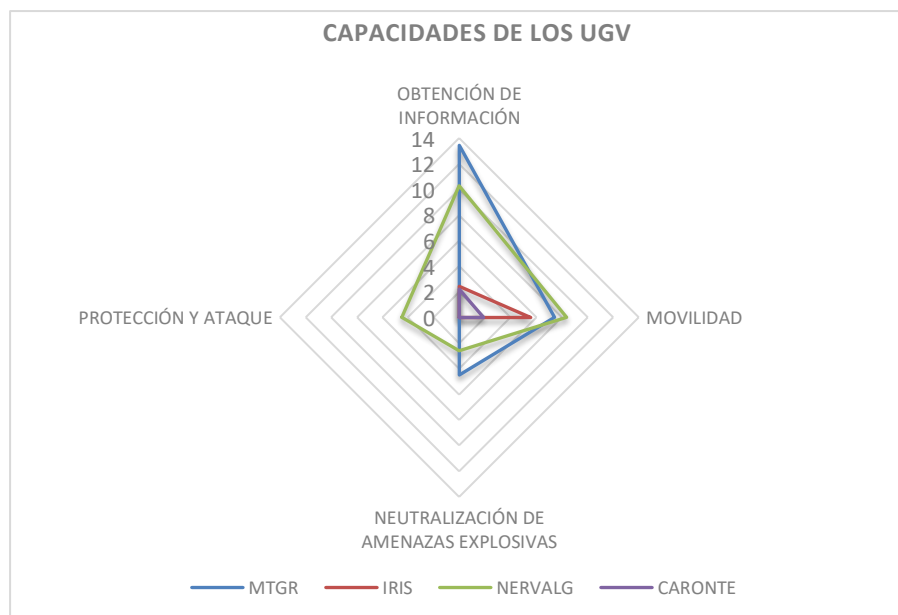


Figura 25. Gráfica radial de la puntuación obtenida por cada UGV en los diferentes criterios. Fuente: Elaboración propia.

#### TABLA DE DECISIÓN PARA OBTENER EL UGV MÁS ADECUADO PARA APOYO AL COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS / SUBTERRÁNEO

| CRITERIO | Wi | MTGR | IRIS | NervaLG | Caronte |
|----------|----|------|------|---------|---------|
|----------|----|------|------|---------|---------|

|  |     |        |        |       |        |
|--|-----|--------|--------|-------|--------|
| <b>Obtención de información</b>              | 3,6 | 13,434 | 2,43   | 10,28 | 2,21   |
| <b>Movilidad</b>                             | 3,4 | 7,43   | 5,57   | 8,953 | 1,89   |
| <b>Neutralización de amenazas explosivas</b> | 1,6 | 4,485  | 0      | 2,595 | 0      |
| <b>Protección y ataque</b>                   | 1,3 | 0      | 0      | 4,485 | 0      |
| <b>PUNTUACIÓN</b>                            |     | 80,8   | 27,686 | 71,59 | 14,382 |

Tabla 18. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado para el apoyo al combate en zonas urbanizadas y subterráneas. Se basa en la puntuación obtenida por cada robot en los anteriores análisis. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se concluye que el UGV más apropiado para una sección mecanizada de zapadores del ET es el modelo MTGR de la empresa Israelí ROBOTTEAM.

## 9. ELECCIÓN DE UGV PARA DESMINADO HUMANITARIO O EN RETAGUARDIA

En este caso se ha realizado un solo análisis multicriterio en base a lo explicado en el punto 7.

### 9.1. PRIORIZACIÓN DE LAS CAPACIDADES

Se ha realizado una encuesta (Anexo F) al personal de la segunda sección de zapadores de la Compañía de Zapadores del RING8 para conocer sus prioridades y tenerlas en cuenta en la ponderación del análisis multicriterio. Los resultados se muestran en la siguiente tabla, donde aparece el porcentaje de veces que cada característica ha sido colocada en cada posición.

|                         | 1 (8)  | 2 (7)  | 3 (6)  | 4 (5)  | 5 (4)  | 6 (3)  | 7 (2)  | 8 (1) | Wi   |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|
| CAPACIDAD DE DESMINADO  | 73,33% | 26,67% | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%    | 7,73 |
| CONSUMO DE COMBUSTIBLE  | 26,67% | 60%    | 0%     | 13,33% | 0%     | 0%     | 0%     | 0%    | 6,99 |
| ANCHO DE LIMPIEZA       | 0%     | 13,33% | 13,33% | 60%    | 13,33% | 0%     | 0%     | 0%    | 5,26 |
| PROFUNDIDAD DE LIMPIEZA | 0%     | 0%     | 53,33% | 6,67%  | 26,67% | 13,33% | 0%     | 0%    | 5    |
| VELOCIDAD DE TRABAJO    | 0%     | 0%     | 20%    | 13,33% | 26,67% | 40%    | 0%     | 0%    | 4,13 |
| VELOCIDAD DE TRANSPORTE | 0%     | 0%     | 13,33% | 6,67%  | 33,33% | 33,33% | 13,33% | 0%    | 3,73 |
| RODILLO                 | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 13,33% | 86,67% | 0%    | 2,13 |
| VISIÓN NOCTURNA         | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 100%  | 1    |

Tabla 19. Resultados de la encuesta sobre el orden de importancia de las capacidades de los UGV para desminado humanitario o de retaguardia. Fuente: Elaboración propia.

Los encuestados consideran que la capacidad de desminado es la variable más importante a tener en cuenta a la hora de elegir el UGV más adecuado, seguido de el consumo de combustible, la profundidad de limpieza, el ancho de limpieza, la velocidad de transporte, la velocidad de trabajo, si tiene o no rodillo y por último, si dispone de cámaras de visión nocturna. En esta ocasión, el ancho de limpieza pondera más que la profundidad de limpieza aunque mas encuestados consideren que esta debería estar en el cuarto puesto de importancia y la profundidad de limpieza en el tercero. Se da el mismo caso con la velocidad de transporte y la de trabajo.

### 9.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE UGV PARA DESMINADO HUMANITARIO O EN RETAGUARDIA

En la siguiente tabla se recogen las características técnicas de cada vehículo. Para ampliar información consultar Anexo D.



| CARACTERÍSTICAS                   | MV-10   | BOZENA-4  | BOZENA-5   |
|-----------------------------------|---|---|--|
|                                   |  |  |  |
| CAPACIDAD DE DESMINADO (m²/h)     | 4500  | 2500  | 6000   |
| CONSUMO MÁX. DE COMBUSTIBLE (l/h) | 50  | 19,5  | 59   |
| PROFUNDIDAD DE LIMPIEZA (m)       | 0,4   | 0,25  | 0,35   |
| ANCHO DE LIMPIEZA (m)             | 2,45  | 2,2   | 2,6  |
| VELOCIDAD DE TRANSPORTE (km/h)    | 7   | 9   | 9  |
| VELOCIDAD MÁX. DE TRABAJO (km/h)  | 3   | 4   | 4  |
| RODILLO                           | SI  | NO  | NO   |
| VISIÓN NOCTURNA                   | SI  | NO  | NO   |

Tabla 20. Capacidades de los UGV MV-10, Bozena-4 y Bozena-5. Fuente: Way Industries.

#### TABLA DE DECISIÓN PARA OBTENER EL UGV MÁS ADECUADO PARA DESMINADO HUMANITARIO O DE RETAGUARDIA

| CRITERIO                | Wi   | MV-10 | BOZENA-4 | BOZENA-5 |
|-------------------------|------|-------|----------|----------|
| Capacidad de desminado  | 7,73 | 2,14  | 1        | 3        |
| Consumo de combustible  | 6,99 | 1,45  | 3        | 1        |
| Profundidad de limpieza | 5    | 3     | 1        | 2,33     |
| Ancho de limpieza       | 5,26 | 2,25  | 1        | 3        |
| Velocidad de transporte | 3,73 | 1     | 3        | 3        |
| Velocidad de trabajo    | 4,13 | 1     | 3        | 3        |
| Rodillo                 | 2,13 | 3     | 0        | 0        |
| Visión nocturna         | 1    | 3     | 0        | 0        |
| PUNTUACIÓN              |      | 70,76 | 62,54    | 81,19    |

Tabla 21. Tabla de decisión para identificar el UGV más adecuado para el desminado humanitario o en la retaguardia. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto el UGV más adecuado para ejecutar el desminado bajo un ambiente hostil nulo o muy bajo es el Bozena-5 de la empresa Eslovaca Way Industries.

## 10. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado en este trabajo se han extraído las siguientes conclusiones:

1. Actualmente no existen vehículos adecuados en el mercado para la robotización de la apertura de brecha y la limpieza de ruta. Lo más accesible en estos momento para el ET sería el uso del THeMIS en la apertura de brecha, aunque es necesario un mayor estudio de la idea. En un futuro, esta robotización se basará en el empleo de un software sobre vehículos convencionales para poder controlarlos remotamente o incluso que funcionen autónomamente. Por ello, el ET debe centrarse también en actualizar la flota de vehículos para que, en un futuro, este software sea implementado en vehículos eficientes.

2. Lo más importante a la hora de adquirir un UGV para el apoyo al combate en zonas urbanizadas o en el subsuelo es su capacidad de obtener información y su movilidad, destacando la capacidad para subir escaleras o abrir puertas. Por destacar en estos aspectos el MTGR ha resultado el más adecuado para su adquisición.

3. En cuanto al desminado humanitario o de retaguardia, el factor más importante es la capacidad de desminado del UGV, aunque habría que tener en cuenta el consumo de combustible y la capacidad de cada UGV para almacenarlo, ya que dependiendo de la capacidad logística para conseguir combustible de repuesto podría interesar más uno u otro. En este trabajo, al no haberse tenido en cuenta esos factores por ser desconocidos, el UGV elegido ha sido el Bozena-5.

Hay que tener en cuenta que el grado de arbitrariedad de algunos parámetros empleados en el análisis multicriterio podría ser mayor que la diferencia de puntuación entre el MTGR y el NervaLG, lo que podría alterar el resultado de la decisión tomada. También hay que considerar como un factor que podría cambiar el resultado la ausencia de la valoración del precio y otros factores estratégicos como la procedencia de las empresas desarrolladoras.

Finalmente, en ausencia de estos UGV o durante el tiempo que dure el proceso de decisión y adquisición de los mismos el desarrollo del vehículo Caronte parece una muy buena iniciativa que posibilitará la preparación de la unidad para aprender a trabajar con este tipo de vehículos y aprender también a defenderse de ellos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Ejército de Tierra (2019) *Fuerza 2035*. España: Centro Geográfico del Ejército.

[2] Tomasz Czapla y Józef Wrona. (2013) Technology Development of Military Applications of Unmanned Ground Vehicles. En *Vision Based Systems for UAV Applications*. Ed. Por A. Nawrat and Z. Kus´. Suiza: Springer International Publishing, 293-309.

[3] Torralba, M. (2020) *Apuntes de la asignatura Oficina de Proyectos*. Documento inédito. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.

[4] Ejército de Tierra, Mando de Adiestramiento y Doctrina (2021) *Táctica y Logística de Ingenieros*. Zaragoza: Academia General Militar.

[5] Department of the Army (2002) *Combined-Arms Breaching Operations*. Washington: U.S. Army

[6] Ejército de Tierra *Materiales* [en línea] disponible en <<https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/index.html>> [consulta 8 diciembre 2021]

[7] Secretaria de Estado de Defensa (2020) *Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa*. Madrid: Ministerio de Defensa.

[8] Ministerio de Defensa (2021) *Iniciativa I+T* [en línea] disponible en <<https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/detalleiniciativa.aspx?iniciativaID=425>> [consulta 30 diciembre 2021]

[9] Infodefensa.com (2020) *Tierra* [En línea] disponible en <<https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3128936/ejercito-tierra-espanol-recibira-verano-vehiculo-terrestre-no-tripulado>> [Consulta 25 octubre 2021]

[10] Defensa.com (2020) *Tierra* [En línea] disponible en <<https://www.defensa.com/espana/gmv-programa-europeo-defensa-para-desarrollar-vehiculo-terrestre>> [Consulta 25 octubre 2021]

[11] Maneuver, Aviation, and Soldier Division Army Capabilities Integration Center (2017) *Robotics and Autonomous Systems Strategy*. U.S. Army Training and Doctrine Command

[12] International Centre for Defense and Security (2021) *The Rise of Russia's Military Robots*. Tallinn: International Centre for Defense and Security.

[13] Department of the Army (2021) Robotics for Engineer Operations. *Engineer*, 51 (1), 58-60.

[14] Department of the Army (2020) The Robotic Complex Breach. *Engineer*, 50 (1), 40-42.

[15] Māris Andžāns, Liran Antebi, Gal Perl Finkel, Glen E. Howard, Olavi Jānes, Ron LaGrone, Asta Maskaliūnaitė, Igors Rajevs, Uģis Romanovs, Zdzisław Śliwa, Riho Terras, Nora Vanaga, Kuldar Väärsi, Boaz Zalmanowicz, Serhiy Zghurets. (2017) *Digital Infantry Battlefield Solutions*. Ed. a cargo de Uģis Romanovs y Maris Andzans. Tallin: Milrem Robotics.

[16] Ejército de Tierra, Mando de Adiestramiento y Doctrina (2015) *Combate Subterráneo (Cuevas y Túneles): Doctrina, Preparación y Tecnologías*. Madrid: Ejército de Tierra.

[17] DARPA (2021) *DARPA Subterranean Challenge* [En línea] disponible en <<https://www.darpa.mil/program/darpa-subterranean-challenge>> [Consulta 18 diciembre 2021]

[18] Thomas, T. (2021) *Russian Robotics: A look at definitions, principles, uses, and other trends*. McLean: MITRE corporation.

[19] Army Capabilities Integration Center-Future, Warfare Division (2018) *Operationalizing Robotic and Autonomous Systems in Support of Multi-Domain Operations*. Washington: U.S. Army.

[20] Research and Technology Organization (2008) *Bridging the Gap in Military Robotics*. NATO.

[21] Defensa.com (2021) *España* [En línea] disponible en <<https://www.defensa.com/espana/vehiculo-no-tripulado-terrestre-rheinmetall-mission-master>> [Consulta 6 diciembre 2021]

[22] Maldonado Luna, S. (2007) *Manual Práctico para el diseño de la Escala Likert*. Trillas.

[23] Convención sobre la prohibición del empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonal y sobre su destrucción entre España y 155 Estados más, hecho en Ottawa el 3 de Diciembre de 1997. *Boletín Oficial del Estado*, 13 de marzo de 1999, núm. 62, pp. 10227-10234 .

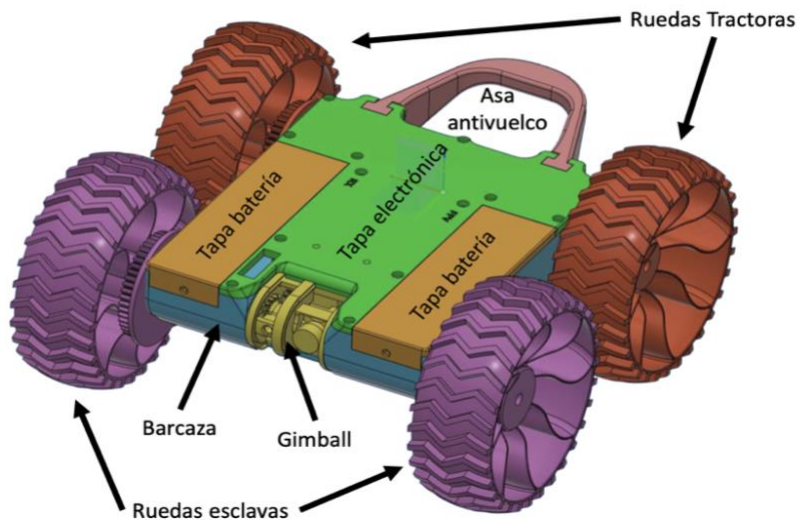
[24] Rheinmetall (2021) *Minefield Breaching Systems Plofadder 160AT MKII*. American Rheinmetall Munitions inc.



## **ANEXOS**

### **Anexo A. Entrevista al Teniente Coronel Cruz**

## Componentes Principales



A la orden mi Teniente Coronel,

Lo que me gustaría saber es lo siguiente:

- Si el Caronte es una idea personal o viene impulsada de algún órgano del Ejército de Tierra. Yo he empezado a modelar co Fusión 360 de Autodesk. Poco a poco empecé meterme en el mundo de los proyectos muy chulos sobre rovers con cadenas y cámara FPV, así que decidí meterme a diseñar uno.

- La razón por la que se ha decidido llevar a cabo el proyecto del Caronte. Es decir, si se ha decidido llevar a cabo un UGV micro del tamaño del Caronte desde hace mucho tiempo y los utilizan para reconocer terrenos, emplear por unidades de maniobra o zapadores y están pensados para actuar sobre artefactos.

- La intención con la que se ha construido el Caronte. Sobre todo experimentar con las tecnologías que se van desarrollando. Caronte no deja de ser un cacharro hecho a mano y con muchas cosas por mejorar. Los zapadores conocemos tecnologías que llevan nuestros robots reglamentarios pero también los zapadores podemos empezar a desarrollar procedimientos de empleo para cuando tengamos unos UGVs propios.

- Si se ha realizado algún estudio para decidir cómo construir el Caronte y con qué capacidades. Yo tenía una idea que teníamos era de 21x21 cm de cama de impresión, luego nos hicimos con una mayor, 30x30 cm, y descubrimos que los motores que podíamos emplear no tenían la potencia para mover cada una de las ruedas. Así que decidí ponerle una luz para cuando hubiese que inspeccionar lugares cerrados como tajeas, tuberías, etc.

- Si conoce la intención del ET en cuanto a los Vehículos Terrestres no Tripulados y/o la impresión 3D. Yo estoy identificado como una necesidad. EL MALE y la DGAM están invirtiendo en investigación y desarrollo de un vehículo denominado Escorpión que busca definir los UGV de las FAS en el futuro.

También le estaría agradecido de cualquier información que pueda enviarme acerca de este proyecto.

Tienes todo en este enlace al Sharepoint del BZAP XII pero tienes que entrar deslogueado.

<https://colabora.mdef.es/et/brixii/BZXII/Experimentacin%20BZAP%20XII/UGV%20Caronte>

He puesto de info al Tte. Acien del BZAP XII que lo ha usado en Letonia y está llevando a cabo el proyecto.

Un abrazo.

## Anexo B. Ficha técnica robot Caronte

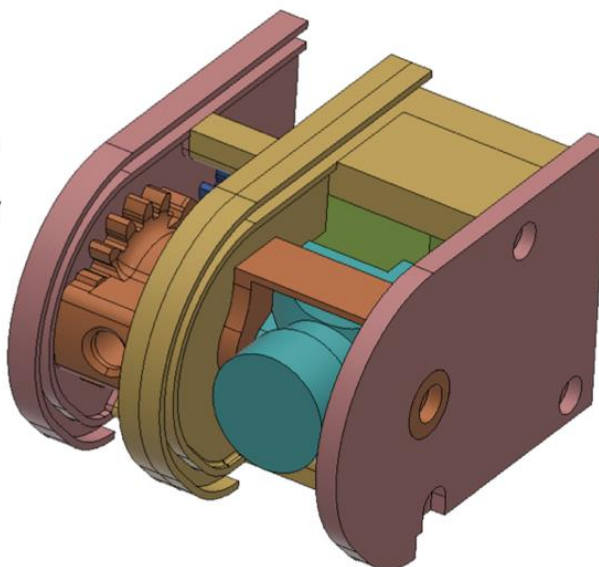
## **Características**

- **Peso:** 2 kg
- **Dimensiones:** 28 x 33 x 12,5 cm (ancho x largo x alto)
- **Altura libre:** 4 cm
- **Alcance:** 200-300 m (línea de visión directa)
- **Autonomía:** 60-90'
- **Calidad video:** NTSC/PAL (540 líneas)
- **Recepción video multipunto** (gafas/pantalla FPV, tablet, móvil, pc)
- **Resiste salpicaduras y lluvia\*** pero no inmersión.
- **Acople para asa de transporte/antivuelco u otros accesorios.**
- **Iluminación led coaxial a la cámara.**

\*No se han realizado pruebas exhaustivas de resistencia al agua

## **GIMBALL**

- **Movimiento de 0° a -45°**
- **Led iluminación coaxial a cámara**
- **Protección con laminas acetato y juntas de filamento TPU**



## Anexo C. Encuesta para definir las tareas más importantes a realizar con un UGV

### ENCUESTA PARA IDENTIFICACIÓN DE TAREAS A REALIZAR POR UGV

Con esta encuesta se pretende identificar aquellas tareas de zapadores para las que es más necesaria la adquisición de UGVs por parte del ET. A continuación se muestran una serie de actividades que pueden realizar los zapadores. Marque con una X la casilla correspondiente para cada misión en función de su opinión respecto a la siguiente frase:

**El empleo de UGVs es necesario en las siguientes tareas de zapadores**

| Tarea  | Totalmente en desacuerdo | En desacuerdo | Indiferente | De acuerdo | Totalmente de acuerdo | Total |
|--|--------------------------|---------------|-------------|------------|-----------------------|-------|
| Apoyo en combate subterráneo                   |                          |               |             |            |                       |       |
| Apoyo en combate en zona urbanizada            |                          |               |             |            |                       |       |
| Búsqueda militar en vehículos                  |                          |               |             |            |                       |       |
| Búsqueda militar en área                       |                          |               |             |            |                       |       |
| Búsqueda militar en edificios                  |                          |               |             |            |                       |       |
| Limpieza de ruta                               |                          |               |             |            |                       |       |
| Aperturas de brecha                            |                          |               |             |            |                       |       |
| Desminado táctico                              |                          |               |             |            |                       |       |
| Desminado humanitario / retaguardia            |                          |               |             |            |                       |       |
| Minado   |                          |               |             |            |                       |       |
| Lanzamiento de puentes de vanguardia           |                          |               |             |            |                       |       |
| Montaje puentes de apoyo a vanguardia          |                          |               |             |            |                       |       |
| Fortificación                                  |                          |               |             |            |                       |       |
| Remoción de obstáculos                         |                          |               |             |            |                       |       |
| Excavación                                     |                          |               |             |            |                       |       |
| UGV armado que aumente la capacidad de combate |                          |               |             |            |                       |       |
| UGV de carga                                   |                          |               |             |            |                       |       |

## Anexo D. Características técnicas y de los UGVs

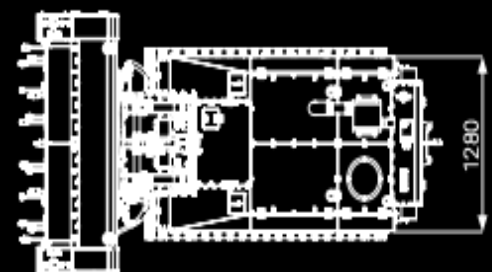
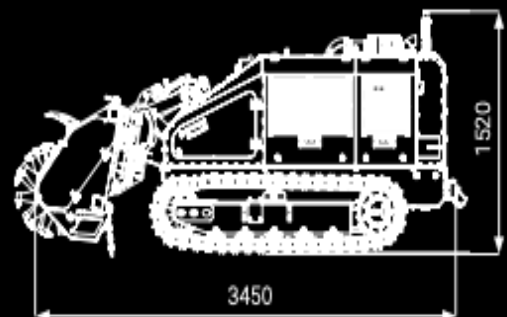
### D.1. MV-2 Honey Badger



#### MV-2 TECHNICAL CHARACTERISTICS

##### Dimensional data\*

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Length                      | 3450 mm                      |
| Width                       | 1780 mm                      |
| Height                      | 1520 mm                      |
| Weight                      | 2900 kg                      |
| Engine type                 | Hatz                         |
| Engine power                | 55 kW / 75 HP                |
| Engine torque               | 260 Nm @ 1600 rpm            |
| Fuel consumption            | 8 - 12 l/h                   |
| Demining capacity           | Up to 1150 m <sup>2</sup> /h |
| Ground pressure             | 0,3 kg/cm <sup>2</sup>       |
| Transport speed             | 5 km/h                       |
| Operational speed           | 0,5 - 1.5 km/h               |
| Longitudinal gradeability** | 40°                          |
| Side slope capability**     | 30°                          |
| Fording depth               | 16 cm                        |



\*Standard configuration with tiller tool

\*\* Depending on the ground

## — Mechanical Ground Preparation & Demining —



### Flail

**Purpose:** Area/mine clearance, neutralization of AP landmines and UXOs

**Clearance width:** 1300 mm

**Clearance depth:** Up to 160 mm



### Tiller

**Purpose:** Area/mine clearance, neutralization of AP landmines and UXOs

**Clearance width:** 1300 mm

**Clearance depth:** Up to 160 mm

## — Breaching Tasks —



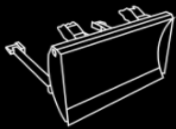
### Rotational Gripper

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 700 kg

**Pushing capacity:** 2 t

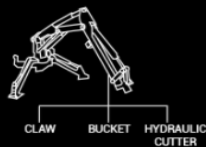
## — Mobility / Counter Mobility —



### Dozer Blade

**Purpose:** Earth moving, breaching, mobile cover

**Pushing capacity:** 2 t

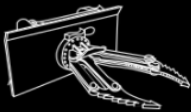


### EOD Arm

**Purpose:** Handling dangerous objects, deep interrogation, digging, cutting

**Lifting capacity:** 200 kg

**Length:** Up to 3 m



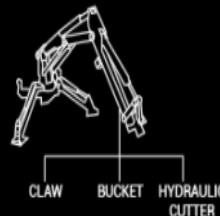
### Rotational Gripper

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 700 kg

**Pushing capacity:** 2 t

## — Route Clearance —

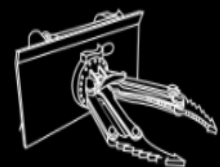


### EOD Arm

**Purpose:** Handling dangerous objects, deep interrogation, digging, cutting

**Lifting capacity:** 200 kg

**Length:** Up to 3 m



### Rotational Gripper

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 700 kg

**Pushing capacity:** 2 t

## D.2. MV-4 Scorpion

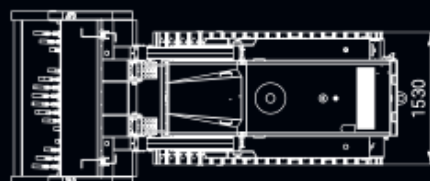


**DOK-ING**

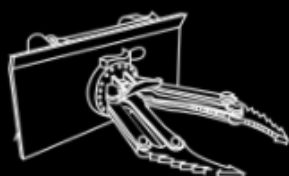
### MV-4

#### Dimensional data

|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| Length (excl. attachment) | 3100 mm            |
| Width (excl. attachment)  | 1530 mm            |
| Height                    | 1490 mm            |
| Weight (excl. attachment) | 5025 kg            |
| Engine type               | Perkins            |
| Engine power              | 186 kW / 250 HP    |
| Engine torque             | 1050 Nm @ 1400 rpm |
| Fuel consumption          | 15 - 20 l/h        |
| Operating temperature     | -19°C to +54°C     |
| Demining capacity         | 2184 m³/h          |
| Transport speed           | 5 km/h             |
| Operational speed         | 0,5 - 1,26 km/h    |
| Longitudinal gradeability | 35°                |
| Transversal gradeability  | 30°                |
| Fording depth             | 450 mm             |
| Clearance depth           | 300 mm             |
| Clearance width           | 1800 mm            |
| Remote control distance   | 1500 m             |
| TNT resistance            | 6,5 kg             |
| Vegetation removal        | 100 mm             |



#### — Breaching Tasks



##### Rotational Gripper

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 1500 kg

**Pushing capacity:** 5,5 t

#### — Mechanical Ground Preparation & Demining



##### Flail

**Purpose:** Area/mine clearance, neutralization of AP landmines and UXOs

**Clearance width:** Up to 1800 mm

**Clearance depth:** Up to 300 mm



##### Tiller

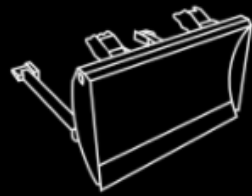
**Purpose:** Area/mine clearance, neutralization of AP landmines and UXOs

**Clearance width:** 1800 mm

**Clearance depth:** Up to 350 mm



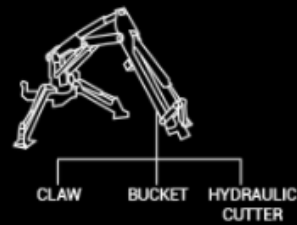
## — Mobility / Counter Mobility



### **Dozer Blade**

**Purpose:** Earth moving, breaching, mobile cover

**Pushing capacity:** 4 t



### **EOD Arm**

**Purpose:** Handling dangerous objects, deep interrogation, digging, cutting

**Lifting capacity:** 400 kg

**Length:** Up to 5,4 m

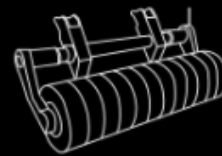


### **Rotational Gripper**

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 1500 kg

**Pushing capacity:** 5,5 t



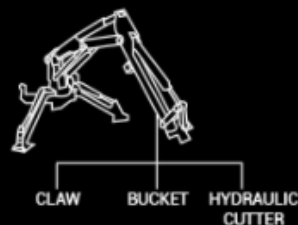
### **Segmented Roller**

**Purpose:** Path/area verification

**Numbers of rollers:** 12

**Clearing width:** 2070 mm

## — Route Clearance

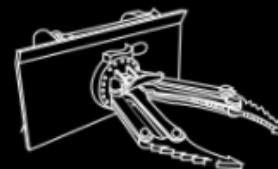


### **EOD Arm**

**Purpose:** Handling dangerous objects, deep interrogation, digging, cutting

**Lifting capacity:** 400 kg

**Length:** Up to 5,4 m

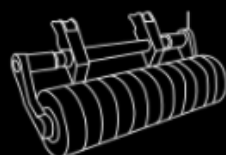


### **Rotational Gripper**

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 1500 kg

**Pushing capacity:** 5,5 t



### **Segmented Roller**

**Purpose:** Path/area verification

**Numbers of rollers:** 12

**Clearing width:** 2070 mm

### D.3. MV-10 Bison



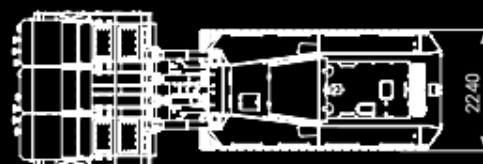
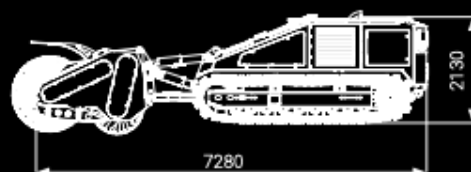
#### MV-10 TECHNICAL CHARACTERISTICS

##### Dimensional data\*

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Length                      | 7280 mm            |
| Width                       | 2970 mm            |
| Height                      | 2130 mm            |
| Weight                      | ~20950 kg          |
| Engine type                 | Caterpillar C18    |
| Engine power                | 570,5 kW / 766 HP  |
| Engine torque               | 3495 Nm @ 1400 rpm |
| Fuel consumption            | 25 - 50 l/h        |
| Demining capacity           | Up to 4500 m²/h    |
| Ground pressure             | 0,69 kg/cm²        |
| Transport speed             | 7 km/h             |
| Operational speed           | 0,5 - 3 km/h       |
| Longitudinal gradeability** | 40°                |
| Side slope capability**     | 20°                |
| Fording depth               | 80 cm              |

\*Standard configuration with flail/tiller double tool

\*\* Depending on the ground



#### — Breaching Tasks

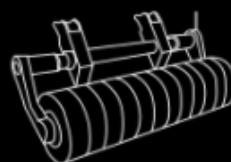


##### **Rotational Gripper / Dozer Blade**

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, earth moving, pushing

**Lifting capacity:** 2,5 t

**Pushing capacity:** 12 t



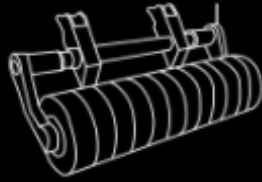
##### **Segmented Roller**

**Purpose:** Path/area clarification

**Numbers of rollers:** 15

**Clearing width:** 2070 mm

## — Route Clearance



### **Segmented Roller**

**Purpose:** Path/area clarification

**Numbers of rollers:** 15

**Clearing width:** 2070 mm

## — Mechanical Ground Preparation & Demining



### **Flail/Tiller Double Tool**

**Purpose:** Area/mine clearance, neutralization of AP&AT mines, vegetation clearance

**Clearance width:** 2450 mm

**Clearance depth:** Up to 400 cm

#### D.4. MVF-5 Tusk



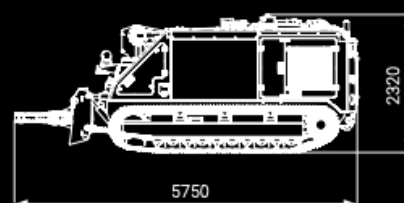
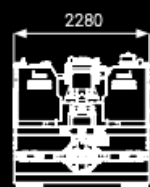
**DOK-ING**

#### MVF-5 TECHNICAL CHARACTERISTICS

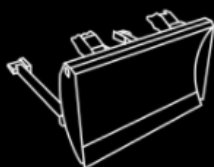
##### Dimensional data\*

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Length                          | 5750 mm                                    |
| Width total (transport/overall) | 2280mm/2315 mm                             |
| Height (overall)                | 2320 mm                                    |
| Weight (overall)                | 16000 kg                                   |
| Engine type                     | Perkins / Caterpillar                      |
| Engine power                    | 186 kW   250 HP /<br>205 kW   275 HP       |
| Engine torque                   | 1050 Nm @ 1400 rpm /<br>1257 Nm @ 1400 rpm |
| Fuel consumption                | 25 l/h                                     |
| Water tank capacity             | 2500 l                                     |
| Foam tank capacity              | 500 l                                      |
| Ground pressure                 | 0,84 kg/cm <sup>2</sup>                    |
| Operational speed               | 11 km/h                                    |
| Longitudinal gradeability**     | 30°  |
| Side slope capability**         | 20°  |
| Fording depth                   | 80 cm                                      |

\*Standard configuration with gripper tool  
\*\* Depending on the ground



#### Logistic Support

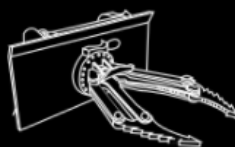


##### Dozer Blade

**Purpose:** Earth & other loose material moving

**Pushing capacity:** Up to 10 t

**Width:** 2280 mm



##### Rotational Gripper

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, mitigation

**Lifting capacity:** 2000 kg

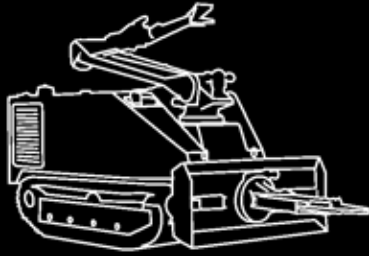
**Pushing capacity:** 10000 kg

#### Hazmat/CBRN



Stand-off distance enabled by remote control and detection system allows operator to handle CBRN/HAZMAT threats

## — Rescue Support Operations



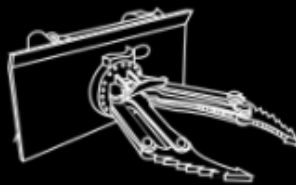
Use of rotational gripper and dozer blade for rescue support operations (pulling, pushing, cutting, breaking, breaching)

## — Survey & Reconnaissance



**Video & Detection System**

## — Obstacle Removal on Path of Intervention

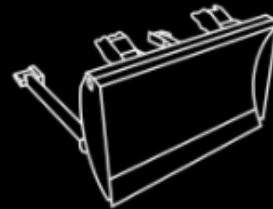


### **Rotational Gripper**

**Purpose:** Breaching, removal of obstacles, mitigation

**Lifting capacity:** 2000 kg

**Pushing capacity:** 10000 kg



### **Dozer Blade**

**Purpose:** Earth & other loose material moving

**Pushing capacity:** Up to 10 t

**Width:** 2280 mm

### ***D.5. Bozena-4***

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Largo total  | 5.280 milímetros      |
| Longitud del portador principal                              | 3.305 milímetros      |
| Longitud de la unidad de grifo                               | 2.000 mm              |
| Anchura del portador principal con correas de funcionamiento | 1.985 milímetros      |
| Ancho de la unidad del escarabajo                            | 2.840 milímetros      |
| Altura del portador principal                                | 2.270 milímetros      |
|  |                       |
| peso total   | 6,983 kilogramos      |
| Peso del portador principal                                  | 5.576 kilogramos      |
| Peso de la unidad de grifo                                   | 1.407 kilogramos      |
|  |                       |
| Motor  | DEUTZ BF 6L914, turbo |
| Potencia máxima a 2.500 rpm                                  | 110 kW (147 CV)       |
| Par máximo a 1.600 rpm                                       | 550 Nm                |
| Consumo de combustible: medio / máximo                       | 13,2 / 19,5 l / h     |

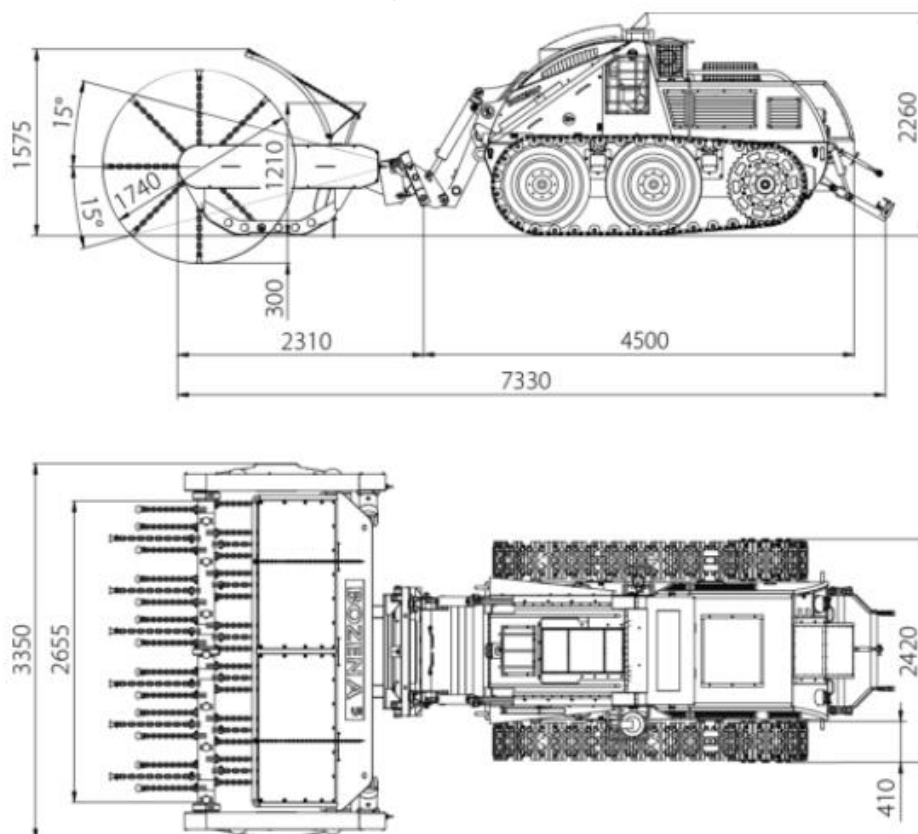
|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Ancho de la banda de desminado                     | 2,2 metros                  |
| Profundidad de excavación                          | máximo 250 mm               |
| Resistencia a explosiones                          | 9 kg de TNT                 |
| Velocidad de trabajo de la unidad de corte         | 350 - 500 / min             |
| Máxima eficiencia de trabajo                       | 2.500 m <sup>2</sup> / hora |
| Posibilidad de eliminar gradas - media / altura    | hasta 30 cm / 4 m           |
| Capacidad del tanque de combustible                | 140 litros                  |
| Velocidad máxima                                   | 9 km / h                    |
| Control remoto: autonomía / duración de la batería | 5,000 m / 11 horas          |
|  |                             |



### D.6. Bozena-5

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Longitud total (incluida la clavija y la bisagra 3B)         | 7.320 milímetros        |
| Longitud del portador principal                              | 5.020 milímetros        |
| Longitud de los pies   | 2.310 milímetros        |
| Longitud del cortador  | 2.060 milímetros        |
| Anchura del portador principal con correas de funcionamiento | 2.400 milímetros        |
| Ancho de remolacha   | 3.350 milímetros        |
| Altura del portador principal                                | 2.400 milímetros        |
|  |                         |
| Peso total incluido el contrapunto                           | 12,340 kilogramos       |
| Peso del portador principal                                  | 10,240 kilogramos       |
| Peso cep   | 2,100 kilogramos        |
| Peso del cortador  | 2.900 kilogramos        |
|  |                         |
| Motor (EURO III)   | TATRA T3C-928-81, turbo |
| Potencia máxima a 1.800 rpm                                  | 270 kW (362 CV)         |
| Par máximo a 1000 rpm  | 1.850 Nm                |
| Consumo de combustible: medio / máximo                       | 43,0 / 59,0 l / h       |

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Ancho de la banda de desminado                      | 2,6 m                               |
| Profundidad de excavación: volquete / cortador      | hasta 300/350 mm                    |
| Resistencia a explosiones                           | 9 kg de TNT                         |
| Velocidad de trabajo óptima de la reja y cortadora  | 300 - 500                           |
| Máxima eficiencia de trabajo: cortadora / cortadora | 5,000 / 6,000 m <sup>2</sup> / hora |
| Posibilidad de eliminar gradas - media / altura     | hasta 35 cm / 5 m                   |
| Capacidad del tanque de combustible                 | 270 litros                          |
| Velocidad máxima                                    | 9 km / h                            |
| Control remoto: autonomía / duración de la batería  | 5,000 m / 11 horas                  |





## D.7. MTGR

MTGR<sup>®</sup> Micro Tactical Ground Robot

Roboteam

### → TECHNICAL SPECIFICATIONS

#### PLATFORM

| PARAMETER                       | DESCRIPTION   |
|---------------------------------|---|
| <b>Dimensions (LxWxH)</b>       | 17.9 x 14.5 x 5.7 in (45.5 x 36.8 x 14.5 cm)  |
| <b>With Wheel Kit (LxWxH)</b>   | 18.6 x 18.5 x 6.5 in (47.2 x 47 x 16.5 cm)  |
| <b>Weight</b>                   | 20.7 lbs (9.4 kg) , 25.3 lbs (11.5 kg) W/ wheels  |
| <b>Max Payload Weight</b>       | 22 lbs (10 kg)  |
| <b>Environmental</b>            | Ruggedized, IP65  |
| <b>Speed</b>                    | 2.2 mph (3.5 km/h)  |
| <b>Vertical Obstacle</b>        | 14 in (35 cm)   |
| <b>Stair Climbing Ability</b>   | 45°, 8 in (20 cm)   |
| <b>Communication</b>            | Secure IP Mobile Ad-hoc network   |
| <b>Operating Range</b>          | 1600 ft (500 m) LOS   |
| <b>Power Supply</b>             | 24V MIL-STD battery   |
| <b>Working Time</b>             | 3 hours   |
| <b>Video &amp; Cameras</b>      | 5 integrated cameras for 360° Real time day & night,<br>2 cameras on manipulator & optional Mast camera<br>(8 in total) |
| <b>Payload Ports</b>            | Power (12-28V), Ethernet , Video/Audio,<br>CAN bus, 12V I/O, 5V I/O   |
| <b>Drive Camera Tilt Module</b> | -20° to 90° (under vehicle inspection)  |
| <b>Illumination Module</b>      | 360° NIR illumination + front white LED<br>+laser pointers  |
| <b>Audio</b>                    | Microphone  |
| <b>Mechanical Interfaces</b>    | Multiple Piccantiny Rails for mounting<br>accessories (disruptors, ext. cameras,<br>wire cutter,long fingertips etc.)   |

#### TACTICAL MANIPULATOR

| PARAMETER                   | DESCRIPTION   |
|-----------------------------|---|
| <b>Degrees of Freedom</b>   | 4 DOF, (shoulder, elbow,<br>wrist, gripper)                             |
| <b>Max Gripper Opening</b>  | 4.3 in (11 cm)  |
| <b>Weight</b>               | 8.8 lbs (4 kg)  |
| <b>Max Lift Capacity</b>    | 11 lbs (5 kg) , fully extended  |
| <b>Reach Length</b>         | 19.3 in (49 cm)   |
| <b>Cameras</b>              | 1. Auto focus camera, Optical<br>zoom X10<br>2. Close up gripper camera |
| <b>Illumination</b>         | White / NIR LED   |
| <b>Mechanical Interface</b> | Quick release screws &<br>Picatinny rails                               |
| <b>Operational Temp</b>     | -4°F to 140°F (-20°C to 60° C)  |
| <b>Environmental</b>        | Ruggedized, IP65  |



### → In use with:



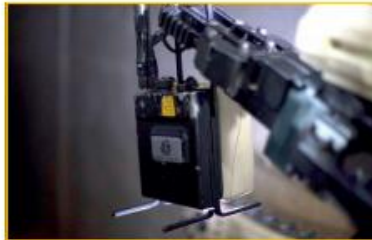
### ADD-ON HD OBSERVATION HEAD



- High quality thermal & zoom camera for ISR missions

The Add-On HD Observation Head can carry both a thermal image sensor camera and a high-resolution day and night camera. The system can detect a person at 1100 meters (3100m for a vehicle). The Observation Head is placed on top of the manipulator arm, integrating fully with the MTGR system to ensure the success of intelligence gathering missions.

### BREADCRUMB



- Light weight relay with MESH network communication

The Roboteam "Breadcrumb" Relay Unit is a dedicated RF relay mechanism using sophisticated MESH networking which automatically relays an RF signal to any robot in the desired area.

### AUTONOMIES NAVIGATION MODULE



- 3D Mapping with "Follow Me" capability

The Mapping and Follow Me capabilities are operational modes that allow for the semi-autonomous navigation of the MTGR, giving the end-user hands-free control of the unit. Additionally, the Mapping Head can map its environment in real time for optimal situational awareness in any mission.

### MAST CAMERA



- Improve vantage point materials

The Mast Camera simply gives the operator an even better vantage point and perspective of the area in question.

### CBRN INTEGRATION KIT



- Real time alerts and notifications for hazardous materials detection on the control unit.

The CBRN Integration kit is suitable for the JCAD sensor and allows for long range, stand-off detection of chemical warfare agents and toxic industrial chemical detection all from the light weight MTGR platform.

### SPEAKER



- Ruggedized & IP65- voice message transferring device

The Speaker accessory is a IP65 certificated quick-assembly speaker that enables the operator to engage with the "other side" of the operation without getting near the danger zone. The MTGR along with the speaker provides bidirectional communication in the terrain.

#### GROUND WIRE EXPOSER



- Ability to reveal hidden threats in the ground

The Ground Wire Exposer allows the end-user to detect and expose hidden wires in various terrains such as sand or rocky ground. This accessory can be easily assembled onto the Picatinny adaptor which attaches to the MTGR's manipulator grippers.

#### WIRE CUTTER



- Fast mounting wire cutting tool

The Roboteam Wire Cutter system allows for easy and intuitive cutting of various metallic wires up to 14-gauge width. The wire cutter is easily assembled with an adapter that attaches to the MTGR's manipulator grippers.

#### DOOR OPENING FINGERTIPS



- Door opening ability in multiply scenarios

The Roboteam fingertips system mimics the natural knob/handle turning motion typical of a human hand to allow the end-user to easily open doors with the manipulator. This accessory also extends the reach of the manipulator by approximately 30 centimeters.

#### ACTIVATION CIRCUIT



- Wireless safety initiator

The Roboteam Activation Circuit allows for the safe firing/initiation or any remote device such as disruptor or breaching device. The dedicated software enables the end-user to first position the robot, aim the device, activate a safe arming sequence and commence activation within 30 seconds.

#### X-RAY



- Wireless X-RAY objects detector explorer

MTGR with X-RAY capabilities enables risk reduction for the operating forces by detecting and exploring detecting objects with high precision in real time. The X-Ray is designed for NDT radiography applications, suitable for all terrain and weather conditions.

#### CHARGING CASE



- 4 battery simultaneously charger

System readiness, fast deployment and intensive training. Suitable for Roboteam 24v batteries, charging time for all 4 batteries is 2.5 hours.



## D.8. IRIS

### → PLATFORM SPECIFICATIONS

| PARAMETER                          | DESCRIPTION   |
|------------------------------------|---|
| Dimensions (L x W x H)             | 9.4 x 8 x 4.3 in (24 x 20.5 x 11 cm)  |
| Military Standards                 | Ruggedized, IP65  |
| Weight                             | 3.7 lbs (1.85 kg)   |
| Max Payload Weight                 | 2.2 lbs (1 kg)  |
| Speed                              | 2.5 mph (4 Km/h)  |
| Communication                      | Secure digital encrypted  |
| Operating Range                    | 650 ft (200 m) LOS / LR - 3280 ft (1000 m)  |
| Power Supply                       | 12V Replaceable battery   |
| Working Time                       | 2-3 hours   |
| Payload Ports                      | CAN bus, 5V, 12V, RS232*  |
| Mechanical Interfaces              | Picatinny rail  |
| Video & Cameras                    | 2 integrated cameras for real time day & night video + zoom, laser & audio / LR - one integrated HD camera, laser & audio |
| Sensor Tilt Module                 | -60° / +70°   |
| Illumination Module                | NIR LED, adjustable brightness  |
| Operational Temperature (MIL STD.) | -4°F to 140°F (-20°C to 60°C)   |



## D.9. TIGR

# SPECIFICATIONS

### Platform

**System contents:**

TIGR Robot, controller, power supply, cables and accessories, carrying case, documentation 5 DOF manipulator & observation head

**Dimensions:**

(L x W x H) 36 inch x 23 inch x 14 inch / 91 cm x 58 cm x 35 cm

**Weight:**

136 lbs / 62 kg including 6 batteries

**Max payload:**

331 lbs / 150 kg

**Stair climbing:**

40°, 8 inch / 22.5 cm

**Environmental:**

Ingress protection 67, operating temp. -25°F to 120° f ingress protection 67

**Vertical obstacle:**

9.5 inch / 24 cm

**Range:**

2,296' / 700 m LOS

**Operating time:**

Default 8 hours (for 6 batteries)

### Vision Modules

**Platform cameras:**

Front & Rear HD color cameras

**Manipulator cameras:**

HD color cameras

**Optional add-on camera:**

20X Zoom camera

**Illumination**

White (day) / 360 NIR (night) HD color, close and high range of motion

### Manipulator

**Total weight:**

41 lbs. (19 Kg)

**Degrees of freedom:**

5D – Continuous, shoulder pitch and yaw, elbow pitch, wrist yaw and continuous roll

**Manipulator length fully extended:**

55.1 inch (1400 mm)

**Manipulator length fully collapsed:**

31.5 inch (800 mm)

**Max height (including platform height):**

77 inch (1950 mm)

**Front of the platform weight pick up:**

33 lbs. (15 Kg)

**Full extension pick up:**

13 lbs. (6 Kg)

**IOP ports:**

3 X IOP for user flexibility

**Reliability specifications:**

MIL-STD- 209, 461 ,464, 810, 882, 1472, 1474



## D.10. NervaLG












# NERVA® LG ROBOT

## TECHNICAL SPECIFICATIONS



|                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| Dimensions           | 13.77 in x 12.20 in x 5.9 in |
| Military standards   | MIL-STD-810, Ruggedized      |
| Waterproofness       | IP65 (IP67 on request)       |
| Weight               | 11 lbs (with battery)        |
| Speed                | up to 8.1 mph (13 km/h)      |
| Operating range OFDM | 3280 ft (1000m) LOS          |
| Working time         | up to 2-3 hours              |
| Power supply         | Replaceable field battery    |
| Video                | 360° with front HD color     |
| Illumination         | White + IR, adjustable       |
| Audio                | Microphone                   |

## LIST OF AVAILABLE PAYLOADS

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
|  <p><b>Observe, Identify &amp; Zoom</b><br/>Pan-tilt turret with x36 optical zoom. Available in Day version (color camera) or Day &amp; Night (color + thermal cameras).</p> |  <p><b>See in Total Darkness</b><br/>Infrared thermal camera designed for night reconnaissance missions. 8-12µ infrared band, resolution 640x480 pixels.</p>                     |  <p><b>Map Building before Entering</b><br/>Automatic construction of 2D map, day or night operation. Inspect and map building from outside before intervention.</p> |  <p><b>Detect &amp; Localize Gunshots</b><br/>Detection &amp; Localization of small arms shots : 5.56 mm to 20 mm. Distance 1 km. Response time : less than 1s.</p> |  <p><b>Deploy Chemical Detectors</b><br/>Use chemical detector with PIP incrustation of sensor display on Control Station. Inspect &amp; analyse at a safer distance.</p> |
|  <p><b>Generate Smoke</b><br/>Can fill with smoke a volume up to 100 m3 in less than 90s. Designed for decoying and intruder control.</p>                                    |  <p><b>Add Telemeter, Laser, Lamp....</b><br/>Remote use of standard equipment as lamps, laser, telemeter, etc. Extend range of standard operations &amp; protect personnel.</p> |  <p><b>Deploy Disruptors</b><br/>Disruptor support with laser sighters, sighting camera, inclination mechanism and fire remote control, standard or custom.</p>      |  <p><b>Carry and Deliver Objects</b><br/>Carry and Drop any objects at a safer distance as C4, medicines, GSM etc. Remote control of dropping.</p>                  |  <p><b>Manipulate &amp; Deplace Objects</b><br/>Use manipulator arms to manipulate and deplace objects. Axis of freedom : 2 to 6 axis, standard or custom models.</p>     |
|  <p><b>Detect Radioactive Sources</b><br/>Use Radioactive detector with PIP incrustation of sensor display on Controller. Inspect &amp; analyse at a safer distance.</p>     |  <p><b>Use Grenade Launcher</b><br/>Launching system for Less than Lethal Weapons : smoke generator, tear gas, flash bomb, sound bomb, etc.</p>                                  |  <p><b>Climb any Type of Stairs</b><br/>Tracks kit adapted to climb stairs and move in urban environment (steps, pavements, etc.). Replaceable in «1-click».</p>     |  <p><b>Extend Robot Autonomy</b><br/>Additional external battery designed to increase robot autonomy, up to 8 hours of surveillance and observation.</p>            |  <p><b>Wire Link</b><br/>Automatic optical fiber for special and jammed environments.</p>   |
|  <p><b>Deploy EOD Tools</b><br/>Use specialized tools : cutter, hook, hook cutter, hoe, ground digger, flat hook, rippers, rake, probe, etc.</p>                             |  <p><b>Communicate with People</b><br/>Two Way Intercom Module, talk with people and generate pre-recorded sounds or messages (configurable).</p>                                |  <p><b>Inspect &amp; Analyse Vehicles</b><br/>Under vehicle inspection kit with special camera with lighting and 4 special wheels for lateral movements.</p>         |  <p><b>Use Special Antennas</b><br/>Special antennas designed for long range applications, combat vehicle integration, tripod mount, etc.</p>                       |  <p><b>Carrier Module</b><br/>Carry any objects, two sizes available. Furtive &amp; discrete transport.</p>   |

## D.11. THeMIS

### Technical specifications

EU US

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Max Speed               | 20 km/h                           |
| Length x Width x Height | 240 x 200 x 115 cm                |
| Weight                  | 1630 kg                           |
| Rated Payload Weight    | 750 kg                            |
| Maximum payload weight  | 1200 kg                           |
| Maximum grade           | 60%                               |
| Maximum side slope      | 30%                               |
| Ground clearance        | 40 ... 60 cm                      |
| Pull force              | 15 000 N                          |
| Run time hybrid         | Up to 15h                         |
| Run time electric       | Up to 1,5h                        |
| Power options           | Battery Pack, Lead acid or Li-ion |

|                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Power options               | Diesel engine & electric generator |
| Line of sight control range | up to 1,5 km                       |
| Air transportability        | Designed according to STANAG 3542  |
| Towing speed                | up to 80 km/h                      |
| IP radio                    | 4W, customizable MIMO Mesh         |
| Encryption                  | AES256                             |
| Frequency hopping           | Supported                          |
| Sensors                     | LIDARs                             |
| Cameras                     | IR (MIL-STD-810G), Thermal, HDR    |
| Lights                      | LED, IR                            |
| Available colors            | Mil green, Mil desert              |





**Anexo E. Encuesta para identificar las capacidades y características más y menos importantes de los UGV MTGR, IRIS y NervaLG para el apoyo al combate en zonas urbanas / subterráneo**

**Encuesta para identificar las capacidades y características más y menos importantes de los UGV MTGR, IRIS y NervaLG para el apoyo al combate en zonas urbanas / subterráneo.**

Esta encuesta tiene el objetivo de identificar aquellas características que los zapadores consideran más importantes en un UGV para su uso en el apoyo al combate en zonas urbanas y el combate subterráneo.

Ordene las siguientes capacidades de mayor (1) a menor (4) importancia.

|                                       | ORDEN |
|---------------------------------------|-------|
| MOVILIDAD                             |       |
| MEDIOS DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN    |       |
| NEUTRALIZACIÓN DE AMENAZAS EXPLOSIVAS |       |
| PROTECCIÓN Y ATAQUE                   |       |

De igual forma, ordene las características que se agrupan dentro de las capacidades anteriormente citadas.

| MOVILIDAD                     | ORDEN |
|-------------------------------|-------|
| VELOCIDAD                     |       |
| RANGO DE ACCIÓN               |       |
| AUTONOMÍA                     |       |
| CAPACIDAD SUBIR ESCALERAS     |       |
| CAPACIDAD DE ABRIR PUERTAS    |       |
| ARROJADIZO                    |       |
| CAPACIDAD DE SER CABLEMANDADO |       |

| CAPACIDADES DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN | ORDEN | CAPACIDADES DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN             | ORDEN |
|---|-------|---|-------|
| CÁMARA TÉRMICA                          |       | CAPACIDAD DE MAPEO                                  |       |
| VISIÓN 360°                             |       | CAPACIDAD DE DETECCIÓN NBQR                         |       |
| ZOOM                                    |       | RASTRILLO PARA EXPONER OBJETOS LEVEMENTE ENTERRADOS |       |
| LASER                                   |       | RAYOS-X   |       |
| LUZ BLANCA                              |       | DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE DISPAROS                |       |
| BRAZO MANIPULADOR                       |       |   |       |

| NEUTRALIZACIÓN DE AMENAZAS EXPLOSIVAS | ORDEN |
|---------------------------------------|-------|
| CORTAR CABLES                         |       |
| DISRUPTOR                             |       |

| PROTECCIÓN Y ATAQUE       | ORDEN |
|---------------------------|-------|
| CAPACIDAD DE GENERAR HUMO |       |
| LANZAGRANADAS             |       |

**Anexo F. Encuesta para identificar las capacidades y características más y menos importantes de los UGV MV-10, Bozena-4 y Bozena-5 para el desminado humanitario / retaguardia**

**Encuesta para identificar las capacidades y características más y menos importantes de los UGV MV-10, Bozena-4 y Bozena-5 para el desminado humanitario / retaguardia.**

Esta encuesta tiene el objetivo de identificar aquellas características que los zapadores consideran más importantes en un UGV para su uso en el desminado humanitario y en la retaguardia.

Ordene las siguientes características de mayor (1) a menor (4) importancia.

| CARACTERÍSTICA          | ORDEN |
|-------------------------|-------|
| ANCHO DE LIMPIEZA       |       |
| PROFUNDIDAD DE LIMPIEZA |       |
| RODILLO                 |       |
| CAPACIDAD DE DESMINADO  |       |
| VELOCIDAD DE TRANSPORTE |       |
| VELOCIDAD DE TRABAJO    |       |
| CONSUMO DE COMBUSTIBLE  |       |
| VISIÓN NOCTURNA         |       |