

## Trabajo Fin de Grado

Estudio para la adquisición y renovación de los  
equipos de supervivencia de las tripulaciones de  
helicópteros

C.A.C. D. Ignacio Jesús Ruiz Ramos

Director académico: Dra. Dña. María Sonia Chopo Murillo

Director militar: Capitán D. Juan Antonio Pérez Vega

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023





## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias al BHELTRA V y a todos sus integrantes, ya que han servido de gran ayuda contestando a mis cuestionarios, facilitando información y resolviendo las dudas que surgían acerca del trabajo. También, dar las gracias a las empresas Aqualung Group y Nordic Safety Systems, cuya aportación ha permitido obtener la información necesaria para la investigación, y en concreto, a José Sánchez, trabajador de Aqualung Group, quien desde el momento en que contacté con él se ha mostrado predispuesto a ayudarme con la resolución del trabajo, facilitando información y su conocimiento en la materia.

Asimismo, dar las gracias a la ACAVIET, dado que ha sido la academia en la que he desarrollado mi formación aeronáutica y he continuado la formación militar. Sin duda, ha servido de gran ayuda para la realización del trabajo.

Por otro lado, agradecer a mis directores, civil y militar, los cuales se han mostrado proactivos desde el primer momento, mostrando su preocupación y con total disponibilidad.

Por último, y no por ello menos importante, darles las gracias a las personas más importantes de mi vida. Mis padres, mis hermanos, mi novia y mis amigos han sido un apoyo fundamental durante estos años en la Academia General Militar, todos ellos han sido necesarios estos cinco últimos años. Han sido un pilar fundamental para la realización de este trabajo.





## RESUMEN

El presente trabajo surge de la necesidad que tienen las tripulaciones de helicópteros del Ejército de Tierra en lo referente a materiales de supervivencia y equipos de salvamento. Por ello, el fin de este trabajo es conocer cuáles son los distintos materiales de los que dispone el ejército en dicho ámbito y evaluar, basándose en sus características y condiciones, si dichos materiales debieran o no ser sustituidos. El objetivo final es claro: aumentar la seguridad en vuelo y tierra de las tripulaciones de helicópteros.

Para ello, se ha realizado un estudio en el que se evalúa el funcionamiento de estos equipos. Dicho estudio se ha podido desarrollar gracias a la colaboración de un grupo de expertos, provenientes del Batallón de Helicópteros de Transporte V, con una alta experiencia y conocimiento en la materia. Mediante la técnica Delphi, basada en el uso de encuestas reiteradas a los participantes, se ha podido conocer el nivel de satisfacción global con los equipos actuales, identificar aquellos elementos o componentes cuya sustitución podría generar una importante mejora desde un punto de vista técnico, así como definir los criterios relevantes a la hora de establecer el grado de prioridad para la sustitución de cada uno de ellos. A partir de estos criterios, y gracias a la aplicación del método de jerarquización analítica o AHP, se establece una ordenación encabezada por los respiradores y los artículos del chaleco de supervivencia.

A continuación, se hace un análisis en profundidad de los dos elementos mencionados previamente. El análisis de la información recabada a través de dos rondas de cuestionarios, especialmente diseñados al efecto, fue suficiente para llegar a una opinión representativa del grupo de participantes en lo que respecta a la selección del mejor artículo alternativo que sustituya a los actuales artículos del chaleco de supervivencia, además de revelar los aspectos más importantes que debían ser tenidos en cuenta en el proceso de sustitución y selección de los nuevos respiradores con su incorporación al modelo de decisión multicriterio AHP. Todo ello permitió realizar una propuesta concreta, adecuada a las características y necesidades de estas unidades.

Como conclusión, podemos afirmar que, si bien los materiales de supervivencia y equipos de salvamento actualmente en dotación responden a las necesidades básicas de las tripulaciones de helicópteros del ET, existen algunos artículos concretos cuya sustitución por otros de los existentes hoy en el mercado permitiría una mejor adaptación a las exigencias de estas unidades, garantizando la seguridad y aumentando la capacidad para cumplir con éxito las misiones encomendadas.

## Palabras clave

Supervivencia, salvamento, piloto, helicóptero, tripulación.



## ABSTRACT

This work arises from the needs of army helicopter crews in terms of survival materials and rescue equipment. For this reason, the aim of this work is to find out about the different materials available to the army in this field and to evaluate, based on their characteristics and conditions, whether these materials should be replaced. The final objective is clear: to increase the flight and ground safety of helicopter crews.

To this end, a study has been carried out to evaluate the performance of this equipment. This study was made possible thanks to the collaboration of a group of experts from the V Transport Helicopter Battalion, with extensive experience and knowledge in the field. Using the Delphi technique, based on the use of repeated surveys of the participants, it has been possible to ascertain the overall level of satisfaction with the current equipment, identify those elements or components whose replacement could generate a significant improvement from a technical point of view, and define the relevant criteria when establishing the degree of priority for the replacement of each of them. Based on these criteria, and thanks to the application of the analytical hierarchy method or AHP, an order is established, headed by the respirators and the items of the survival waistcoat.

An in-depth analysis of the two aforementioned items is then carried out. The analysis of the information gathered through two rounds of questionnaires, specially designed for this purpose, was sufficient to arrive at a representative opinion of the group of participants regarding the selection of the best alternative item to replace the current survival waistcoat items, as well as revealing the most important aspects to be taken into account in the process of replacement and selection of the new ventilators with their incorporation into the AHP multi-criteria decision model. All of this allowed a concrete proposal to be made, adapted to the characteristics and needs of these units.

In conclusion, we can state that, although the survival materials and rescue equipment currently available meet the basic needs of ET helicopter crews, there are some specific items whose replacement by others currently available on the market would allow for a better adaptation to the needs of these units, guaranteeing safety and increasing their capacity to successfully complete the missions entrusted to them.

## KEYWORDS

Survival, rescue, pilot, helicopter, crew.



## INDICE DE CONTENIDO

<b><i>Agradecimientos</i></b> .....	<b><i>I</i></b>
<b><i>RESUMEN</i></b> .....	<b><i>III</i></b>
<b><i>Palabras clave</i></b> .....	<b><i>III</i></b>
<b><i>ABSTRACT</i></b> .....	<b><i>IV</i></b>
KEYWORDS .....	IV
<b><i>INDICE DE FIGURAS</i></b> .....	<b><i>VIII</i></b>
<b><i>INDICE DE TABLAS</i></b> .....	<b><i>IX</i></b>
<b><i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i></b> .....	<b><i>X</i></b>
<b><i>DOCUMENTO I. MEMORIA</i></b> .....	<b><i>XIII</i></b>
<b><i>1 Introducción</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
1.1 Historia de las FAMET .....	1
1.2 Motivación .....	2
1.3 Ámbito de aplicación .....	2
1.4 Objetivos y alcance .....	2
1.5 Estructura y metodología.....	3
<b><i>2 Antecedentes y marco teórico</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
<b><i>3 Material de supervivencia, equipos de salvamento e instrucción</i></b> .....	<b><i>5</i></b>
3.1 Material de supervivencia .....	5
3.1.1 Chaleco de supervivencia.....	6
3.1.2 Artículos del chaleco de supervivencia .....	7
3.2 Equipos de salvamento.....	9
3.2.1 Balsas de salvamento.....	9
3.2.2 Respiradores .....	11
3.2.3 Chaleco salvavidas .....	11



<b>3.3</b>	<b>Entrenamiento de las tripulaciones de helicópteros de las FAMET .....</b>	<b>12</b>
3.3.1	Supervivencia en agua .....	12
3.3.2	Ejercicio SERE .....	13
<b>4</b>	<b><i>Análisis de priorización respecto al elemento del equipo de supervivencia y salvamento a estudiar .....</i></b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Determinación de los criterios de selección mediante la aplicación de la metodología Delphi .....</b>	<b>14</b>
4.1.1	Definición de objetivos .....	14
4.1.2	Selección de expertos .....	14
4.1.3	Ejecución de las rondas de consultas.....	15
4.1.4	Explotación de los resultados .....	16
<b>4.2</b>	<b>Selección del elemento a priorizar por medio de la metodología AHP .....</b>	<b>18</b>
4.2.1	Presentación del problema .....	18
4.2.2	Evaluación de criterios .....	20
4.2.3	Evaluación de alternativas para cada criterio .....	22
4.2.4	Jerarquización de alternativas .....	22
<b>5</b>	<b><i>Optimización de los elementos del equipo de supervivencia que no funcionan de acuerdo con las expectativas.....</i></b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Estudio de los artículos del chaleco de supervivencia mediante aplicación de la técnica Delphi. ....</b>	<b>24</b>
5.1.1	Cuestiones planteadas a los expertos.....	24
5.1.2	Explotación de los resultados y soluciones .....	24
<b>5.2</b>	<b>Estudio de los respiradores.....</b>	<b>27</b>
5.2.1	Presentación del problema .....	28
5.2.2	Evaluación de criterios .....	30
5.2.3	Evaluación de las alternativas en función de los criterios .....	30
5.2.4	Jerarquización de alternativas .....	31
<b>5.3</b>	<b>Elementos que faltan del equipo de supervivencia .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b><i>Conclusiones y trabajo futuro.....</i></b>	<b>33</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>





<b>DOCUMENTO II. ANEXOS.....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo I. Equipo de supervivencia mínimo (ámbito militar) .....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo II. Normativa civil relacionada con la supervivencia.....</b>	<b>40</b>
<b>Anexo III. Artículos del chaleco de supervivencia .....</b>	<b>42</b>
<b>Anexo IV. Primer cuestionario Delphi .....</b>	<b>44</b>
1.    Cuestionario inicial .....	44
2.    Primera ronda.....	45
3.    Segunda ronda.....	47
<b>Anexo V. Cuestionario para la metodología AHP 1. ....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo VI. Segundo cuestionario Delphi .....</b>	<b>55</b>
1.    Primera ronda.....	55
2.    Segunda Ronda.....	58
<b>Anexo VII. Artículos propuestos que no fueron seleccionados para el equipo de supervivencia.....</b>	<b>62</b>
<b>Anexo VIII. Componentes del BIC .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo IX. Cuestionario para la metodología AHP 2. ....</b>	<b>66</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura orgánica y funcional de las FAMET. Fuente: Defensa .....	1
Figura 2. Fases de la metodología. Fuente: elaboración propia .....	4
Figura 3. Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR. Fuente: NOP 411 .....	6
Figura 4. Chaleco de supervivencia FAMET. Fuente: NOP 411 .....	7
Figura 5. Balsa EAM T-9. Fuente: NOP 411 .....	9
Figura 6. Balsa VIKING RESCYOU PRO. Fuente: NOP 411 .....	10
Figura 7. Balsa salvavidas individual sistema AIR WARRIOR. Fuente: NOP 411 .....	10
Figura 8. Respirador HEED III. Fuente: NOP 411.....	11
Figura 9. Respirador SEA LV2. Fuente: NOP 411 .....	11
Figura 10. Collar de flotabilidad chaleco AIR WARRIOR. Fuente: NOP 411.....	12
Figura 11. Práctica de amerizaje. Fuente: SST .....	13
Figura 12. Pregunta nº3 de la segunda ronda del primer método Delphi .....	16
Figura 13. Jerarquización del método AHP. Fuente: elaboración propia.....	20
Figura 14. Torniquete CAT® Gen. 7 Fuente: Mildot.....	25
Figura 15. Sistema ASEK Supervivencia con corta atalajes. Fuente: NOP 411.....	26
Figura 16. Green Rescue Laser Flare. Fuente: tchspain .....	27
Figura 17. Linterna FENIX PD32. Fuente: mildot.....	27
Figura 18. Árbol de decisión para jerarquía del método AHP. Fuente: elaboración propia	29
Figura 19. Contenido del BIC. Fuente: elaboración propia .....	33



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Artículos del chaleco de supervivencia .....	7
Tabla 2. Expertos del BHELTRA V y ACAVIET .....	15
Tabla 3. Valoración de criterios de cada alternativa .....	20
Tabla 4. Tabla de valoración (Saaty).....	21
Tabla 5. Matriz de comparación por pares: criterios .....	21
Tabla 6. Matriz de comparación de alternativas: VIDA ÚTIL .....	22
Tabla 7. Matriz de comparación de alternativas: CAPACIDAD DE MEJORA .....	22
Tabla 8. Matriz de comparación de alternativas: COSTE .....	22
Tabla 9. Matriz de decisión.....	23
Tabla 10. Características de cada alternativa según criterios.....	29
Tabla 11. Matriz de comparación por pares de los criterios.....	30
Tabla 12. Matriz de comparación de alternativas: Peso .....	30
Tabla 13. Matriz de comparación de alternativas: Coste .....	31
Tabla 14. Matriz de comparación de alternativas: Presión .....	31
Tabla 15. Matriz de comparación de alternativas: Volumen de aire expandido.....	31
Tabla 16. Jerarquización de alternativas: Respiradores .....	32



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACAVIET: Academia de Aviación del Ejército de Tierra

AHP: Analytic Hierarchy Process

AVIET: Aviación del Ejército de Tierra

BHELMA VI: Batallón de Helicópteros de Maniobra VI

BHELTRA V: Batallón de Helicópteros de Transporte V

BIC: Botiquín Individual del Combatiente

CR1: Combat Ready 1

CR2: Combat Ready 2

EA: Ejército del Aire

EASA: Agencia Europea de Seguridad Aérea

EE. UU.: Estados Unidos

ELT: Transmisor de localización de emergencia

ET: Ejército de Tierra

FAMET: Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra

FAS: Fuerzas Armadas Españolas

GC: Guardia Civil

GL FAMET: Grupo Logístico de las FAMET

IA: Índice Aleatorio

IC: Índice de Inconsistencia

LCR: Limited Combat Ready

MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina

MALE: Mando de Apoyo Logístico

MCANA: Mando de Canarias

MEDEVAC: Evacuación médica

MOE: Mando de Operaciones Especiales

MOLLE: Modular Lightweight Load-carrying Equipment

MTOW: Peso Máximo al Despegue

NM: Milla náutica

NOP: Norma Operativa

NSTI: Naval Survival Training Institute

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

PCMHEL: Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros

PEXT: Prácticas Externas

PLB: Radiobaliza de localización personal



PSGC: Primary Survival Gear Carrier

RC: Razón de Consistencia

SERE: Supervivencia, Evasión, Resistencia, Escape

TCCC: Tratamiento táctico de bajas en combate

TFG: Trabajo de Fin de Grado

TO: Teatro de Operaciones





## **DOCUMENTO I. MEMORIA**







# 1 Introducción

Actualmente, en el ámbito de las Fuerzas Armadas Españolas (FAS) y, concretamente, en lo que respecta a las unidades de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET), las tripulaciones de helicópteros cuentan con equipos y materiales de supervivencia y salvamento. Estos equipos son necesarios en caso de sufrir una emergencia que obligue a la tripulación a abandonar la aeronave en Teatro de Operaciones (TO) y/o en territorio nacional, pudiendo (o no) ser rescatados posteriormente, de modo que se asegure la supervivencia.

## 1.1 Historia de las FAMET

Las FAMET se encuentran integradas dentro de la División San Marcial. Asimismo, el Ejército de Tierra (ET) dispone de tres unidades más en relación con los helicópteros, las cuales dependen funcionalmente de las FAMET, como son: el Batallón de Helicópteros de maniobra VI (BHELMA VI), integrado en el Mando de Canarias (MCANA); la Academia de Aviación del Ejército de Tierra (ACAVIET), perteneciente al Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), y el Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros (PCMHEL), el cual pertenece orgánicamente al Mando de Apoyo Logístico (MALE).

Las FAMET tienen su origen en 1965 con la Unidad de Aviación Ligera, perteneciente orgánicamente a la División Acorazada “Brunete” n.º 1. Al año siguiente, el 29 de junio de 1966, se izó la enseña nacional en la antigua Base de Los Remedios, actualmente llamada “Base Coronel Maté”, siendo la sede central de las FAMET. En la actualidad, las FAMET están bajo el mando de un General de Brigada (Ejército de Tierra, 2022).

Tal y como se muestra en la figura 1, la estructura orgánica de las FAMET se compone del Cuartel General de las FAMET, Grupo Logístico de las FAMET y de los distintos Batallones de Helicópteros con los que cuentan éstas.

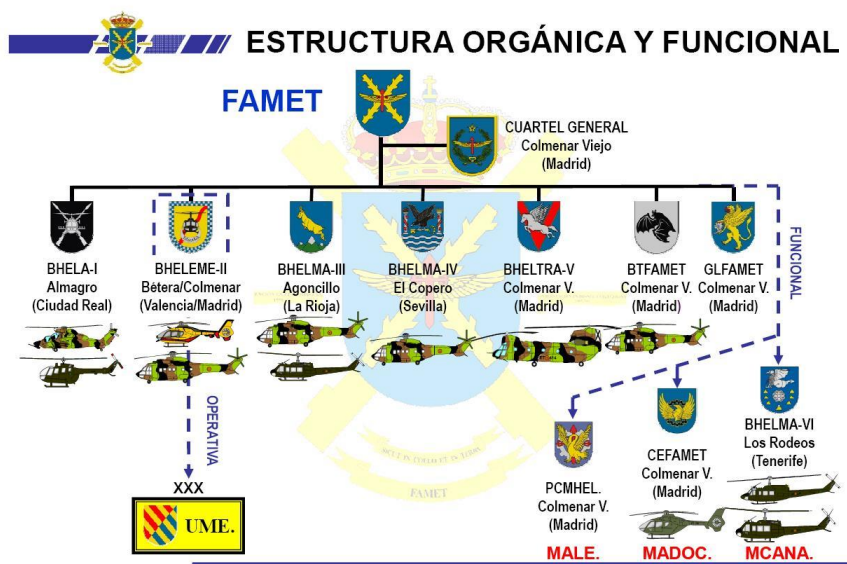


Figura 1. Estructura orgánica y funcional de las FAMET. Fuente: Defensa

Desde 1991, helicópteros de las FAMET han sido desplegados en misiones internacionales. Son diversas las misiones en las que han estado involucrados, como nos hace ver Redón (2011), destacando misiones de apoyo táctico, de enlace y logísticas a las unidades terrestres, misiones



de ayuda humanitaria, proporcionando movilidad a las tropas, de evacuación sanitaria (MEDEVAC) o trabajando en misiones de sostenimiento de la paz.

La primera misión internacional de las FAMET se desarrolló en Iraq, en 1991, en el marco de la operación "PROVIDE COMFORT", desplegando 7 helicópteros, 5 UH-10 y 2 Chinook. Desde entonces han sido desplegados en la mayoría de los teatros de operaciones, como son Bosnia, Albania, Mozambique, Afganistán, Kirguizistán, Líbano y Kosovo. Actualmente, las FAMET han vuelto a Iraq, donde contribuyen a luchar contra el DAESH y se han desplegado también en Mali, en la misión de la Unión Europea, en la que se ayuda a mejorar las capacidades del ejército maliense (Ejército de Tierra, s.f.).

## 1.2 Motivación

Este trabajo surge de la necesidad de conocer si realmente el ET está dotado de los materiales de supervivencia y equipos de salvamento idóneos, que permitan a sus tripulaciones de vuelo cumplir con éxito las misiones encomendadas, salvaguardando su seguridad e integridad física, tanto en vuelo como en tierra o mar. Actualmente, existe la idea generalizada de que no se cumplen los objetivos al máximo con los materiales en dotación. Por ello, se hace necesario un estudio en profundidad que permita determinar cuáles son los puntos débiles que tienen las unidades de helicópteros en lo relativo a este tipo de materiales y corroborar si existe (o no) la necesidad de un cambio urgente en dichos elementos. Se pretende aumentar la seguridad en vuelo y evitar el mayor número de daños posible en el caso de tener un accidente que haga a la tripulación tener que abandonar la aeronave y sobrevivir con el equipo que se porta dentro del helicóptero.

Además de contar con los materiales adecuados, se hace preciso que las tripulaciones dispongan de una preparación previa al vuelo en lo concerniente a supervivencia. Las FAMET son conscientes de esta necesidad y adiestran a sus tripulaciones en materia de supervivencia, tanto en tierra como en agua (Infodefensa, 2019). En este sentido, algunas publicaciones, como la revista del Ejército de Tierra (2021), destacan la integración de las tripulaciones con unidades como las del Mando de Operaciones Especiales (MOE) para llevar a cabo su preparación.

## 1.3 Ámbito de aplicación

Como punto de partida del estudio, se hace necesario conocer cuáles son las capacidades en materia de salvamento y supervivencia de que disponen las unidades de helicópteros del ET. Para ello, el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha centrado principalmente en las capacidades con las que cuenta el Batallón de Helicópteros de Transporte V (BHELTRA V), ya que se hace complicado conocer las vicisitudes particulares de cada unidad debido a la lejanía. Sin embargo, cabe destacar que las distintas unidades cuentan con los mismos equipos de dotación, ya que todo es obtenido por medio del Grupo Logístico de FAMET (GL FAMET). En lo referente a territorio, este trabajo se aplica en territorio nacional, tanto en lo relativo a operaciones como en el trabajo del día a día de las unidades, y en misiones internacionales en las cuales las FAMET se encuentran desplegadas.

## 1.4 Objetivos y alcance

En este trabajo, el objetivo principal es dotar a las tripulaciones de helicópteros del ET del material de supervivencia y equipo de salvamento que mejor se adecúe a sus necesidades, ofreciendo seguridad y minimizando el riesgo para el personal en situaciones de emergencia, tanto en vuelo como en tierra, siguiendo para ello un proceso eficiente, basado en la



renovación/sustitución gradual de los elementos actualmente en dotación y la adquisición de nuevos tipos de elementos en caso necesario.

Con el fin de lograr dicho objetivo principal se han planteado unos objetivos secundarios:

- Conocer las necesidades actuales de los pilotos de helicópteros del ET, en lo referente a equipos de supervivencia.
- Estudiar los materiales de supervivencia y equipos de salvamento con los que cuentan hoy en día las FAMET, así como la instrucción en supervivencia que reciben estas unidades, identificando sus debilidades.
- Buscar y evaluar distintas alternativas para el material de supervivencia y equipo de salvamento, seleccionando las más convenientes para las FAMET basándose en los datos de sus propiedades y de la experiencia de personas expertas en la materia.
- Diseñar un nuevo equipo de supervivencia mejorado para cumplir los requisitos adecuados.

Cabe destacar que el alcance del TFG está en función de las necesidades del BHELTRA V y ACAVIET. Consiste en un estudio de renovación de los materiales y equipos existentes y de adquisición de nuevos materiales según los requisitos de dichas unidades y las propiedades de los equipos disponibles en el mercado, con el fin de desarrollar un TFG factible según las restricciones existentes en materia temporal, y ofrecer una alternativa viable.

Queda, por tanto, fuera del alcance de este TFG, las necesidades de una unidad específica de las FAMET que no cuente con ciertos materiales. Asimismo, queda fuera del alcance un estudio de viabilidad financiera.

En consecuencia, los resultados obtenidos suponen una etapa primigenia, siendo capaces de proporcionar una orientación al respecto de la adquisición de nuevos equipos y renovación de equipos existentes sobre la base de las necesidades de los pilotos y mecánicos de las FAMET.

## 1.5 Estructura y metodología

Para alcanzar los objetivos planteados previamente se han aplicado un conjunto de herramientas y metodologías adecuadas a cada una de las etapas seguidas en el desarrollo del trabajo, las cuales se explican a continuación:

- En el apartado 1 de la memoria que aquí se presenta se hace una introducción al tema objeto de estudio, la motivación que ha llevado a plantear el trabajo, así como los objetivos perseguidos y la metodología aplicada.
- En el apartado 2 se muestran los antecedentes y el marco teórico en el ámbito de la supervivencia. Tras una búsqueda bibliográfica y documental se estudia la normativa civil y militar aplicable al material de salvamento y equipos de supervivencia de los helicópteros.
- A continuación, en el apartado 3, se estudia la capacidad que tienen actualmente las unidades de helicópteros del ET, más en concreto la unidad BHELTRA V, en materia de salvamento y supervivencia. Para ello se hace una descripción detallada de los diferentes materiales de salvamento y de los distintos elementos que componen el equipo de supervivencia, en cuanto a sus características y funciones, así como del entrenamiento recibido por parte de la tripulación de helicópteros.
- En el apartado 4, se lleva a cabo un análisis de priorización con objeto de determinar aquellos elementos del equipo de supervivencia en los que centrar el resto del



trabajo. Los aspectos fundamentales que determinan el nivel de urgencia con el que llevar a cabo la renovación/sustitución, y que serán incorporados a un modelo de decisión multicriterio como es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), responden a la opinión de consenso de un grupo de expertos del BHELTRA V, captada a través de la técnica Delphi.

- En el apartado 5, se realiza un análisis en detalle de los elementos del equipo de supervivencia y salvamento que requieren su sustitución con mayor urgencia, según los resultados del apartado 4. En concreto se hace referencia a los artículos del chaleco y los respiradores. Tras una preselección de un conjunto de alternativas con las que sustituir cada elemento, se selecciona la alternativa idónea para las tripulaciones de helicópteros. La técnica Delphi y la metodología AHP fueron especialmente útiles en esta etapa del trabajo.
- Finalmente, en el apartado 6, se establecen las conclusiones del trabajo y futuras líneas de investigación.

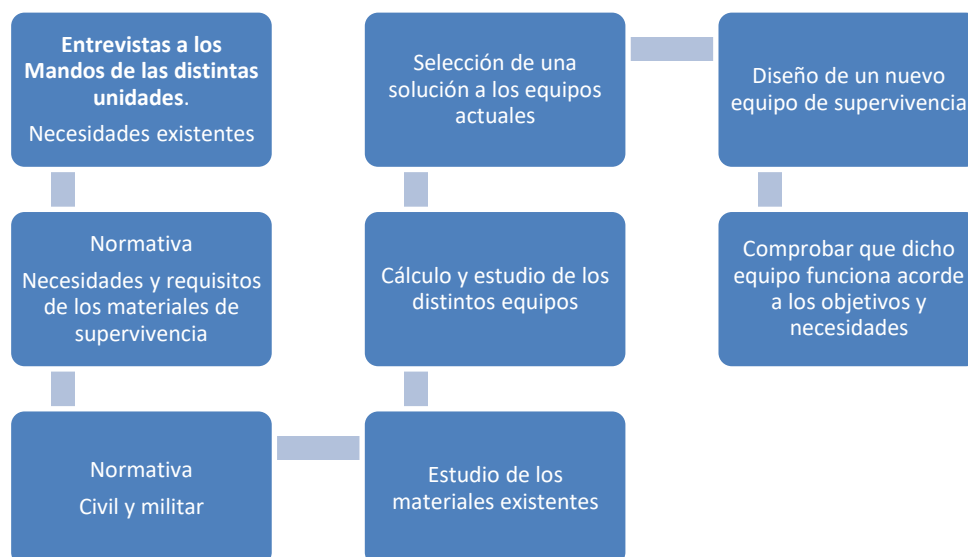


Figura 2. Fases de la metodología. Fuente: elaboración propia

## 2 Antecedentes y marco teórico

Dentro del ET, se dispone de unas normas de carácter general para el caso de los helicópteros que vuelan sobre grandes masas de agua o el mar, entre ellas se incluye la dotación de equipos de salvamento que deben portarse. De dicha norma se sacan las siguientes generalidades (Ejército de Tierra, 2013):

- Todo el personal a bordo del helicóptero debe disponer de chaleco salvavidas.
- Es obligatorio llevar balsas con material de supervivencia acorde a la cantidad de personas que están a bordo y al tipo de helicóptero.
- Se toma como recomendación que cada una de las personas que estén a bordo dispongan de un equipo de respiración de emergencia.



Además de esto, es necesario que para que se cumplan los objetivos marcados en seguridad de vuelo, los equipos de salvamento deben ser fácilmente accesibles por los tripulantes y pasajeros. Todas las personas a bordo deben de ser informadas de su uso y ubicación en el helicóptero. Acorde a dichas vicisitudes, es necesario conocer que las tripulaciones de vuelo deben estar dotadas de un equipo mínimo imprescindible. Además, al tratarse de tripulaciones de vuelo del ET, se vuela en zonas donde un piloto civil no suele hacerlo. Es por ello por lo que, para la realización de misiones en entornos hostiles se debe añadir más material de supervivencia específico al mínimo señalado en el Anexo I. Equipo de supervivencia mínimo (ámbito militar). Según en qué tipo de ambiente se vuele se debe llevar un cierto material u otro, ya que se necesitan equipos distintos según se vuele sobre el mar o grandes masas de agua, selva, desierto o montaña.

Además, existe normativa civil al respecto para operaciones de transporte aéreo comercial con helicópteros. Sin embargo, esta no es de obligado cumplimiento en el ámbito militar. Aun así, es importante conocerla, ya que puede ser útil para orientar a las tripulaciones de helicópteros sobre aquello que se debe portar, aunque las normas internas del ET sean más restrictivas que las dadas por la EASA (Agencia Europea de Seguridad Aérea<sup>1</sup>). La información general civil se encuentra recogida en el Anexo II. Normativa civil relacionada con la supervivencia (EASA, 2012).

### **3 Material de supervivencia, equipos de salvamento e instrucción**

Como punto de partida del estudio, se hace necesario conocer cuáles son las capacidades en materia de salvamento y supervivencia de que disponen las unidades de helicópteros del ET. Para ello, el presente TFG se ha centrado principalmente en las capacidades con las que cuenta el BHELTRA V, ya que se hace complicado conocer las vicisitudes particulares de cada unidad. El estudio ha resultado complejo debido a la falta de información que existe en las redes, sin embargo, por medio de normas internas del ET se ha podido conseguir la información necesaria.

Se muestra a continuación una relación de los materiales de dotación de las distintas unidades de las FAMET. Dicha información se basa en la Norma Operativa de material de supervivencia y equipos de salvamento (Ejército de Tierra, 2013).

#### **3.1 Material de supervivencia**

Se considera material de supervivencia los chalecos de supervivencia y aquellos artículos que se guardan en el interior de dicho chaleco. La información expuesta en este apartado ha sido conseguida de la Norma Operativa (NOP) 411: "Gestión de material de supervivencia y equipos de salvamento de las distintas unidades del ET".

El material de supervivencia forma parte del inventario de la unidad usuaria del mismo. Por lo tanto, todo lo concerniente a mantenimiento y conservación es responsabilidad propia, debiendo realizarse controles y revistas para comprobar que se cumplen los requisitos de los Manuales Técnicos correspondientes. Los responsables de las necesidades de material de supervivencia son los propios jefes de Unidad y, por ende, estos también lo son de remitirlas al jefe del GL FAMET para poder cumplir con las misiones encomendadas de la forma más segura posible.

---

<sup>1</sup> EASA: European Union Aviation Safety Agency



### 3.1.1 Chaleco de supervivencia

Como ya se ha comentado previamente, los materiales de supervivencia son los chalecos de supervivencia y los artículos que lo componen. Dentro de los chalecos disponibles en las FAMET existen dos tipos: el chaleco AIR WARRIOR y el chaleco de supervivencia FAMET, quedando este último en desuso para las unidades de la fuerza y únicamente dedicado a enseñanza en la ACAVIET.

El chaleco AIR WARRIOR, también conocido como PSGC (Primary Survival Gear Carrier, en español Portador de equipo de supervivencia principal), es un chaleco multipropósito diseñado para portar el equipo de supervivencia y realizar extracciones de emergencia de las tripulaciones de helicóptero. Este chaleco dispone de una estructura de fácil ajuste y talla única. Además, cuenta con el sistema MOLLE (Modular Lightweight Load-carrying Equipment, en español “equipo modular de transporte de carga ligero”), lo que permite el fácil y seguro atalaje de los distintos bolsillos y del chaleco de salvamento. Entre las características más destacadas, se distinguen:

- Talla única.
- Plataformas interiores para almacenamiento de equipo.
- Sistema modular exterior MOLLE con puntos de fijación de distintos bolsillos de almacenamiento, collar de flotabilidad, balsa salvavidas, respirador de emergencia y otros.
- Diseñado para resistir un mínimo de carga estática de 1,225 kg.
- Punto de anclaje delantero para extracción y levantamiento de usuario.
- Punto de anclaje trasero para anclado de seguridad en cabina y operaciones de rescate.



*Figura 3. Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR. Fuente: NOP 411*

Asimismo, también se encuentra el ya mencionado previamente chaleco de supervivencia FAMET. Este chaleco se encuentra ya en desuso en las unidades de la Fuerza debido a su gran inferioridad con respecto al chaleco AIR WARRIOR. Sin embargo, se sigue usando en la ACAVIET para los pilotos en formación. Consiste en un chaleco textil dotado de diferentes bolsillos y alojamientos distribuidos de tal manera que no impidan las actividades de los tripulantes de helicópteros tanto en vuelo como en tierra. Además, posee un sistema de ajuste al cuerpo por medio de unos cordones situados a la espalda. El peso del chaleco junto con la dotación del material de supervivencia es aproximadamente 3 kg.





*Figura 4. Chaleco de supervivencia FAMET. Fuente: NOP 411*

### 3.1.2 Artículos del chaleco de supervivencia

A continuación, se muestra una tabla con los distintos artículos del chaleco de supervivencia, sus principales características y para qué son usados. Se encuentran las ilustraciones de dichos artículos en el Anexo III. Artículos del chaleco de supervivencia.

*Tabla 1. Artículos del chaleco de supervivencia*

<b>Bolsa (almacenamiento de agua potable)</b>	<p>Bolsa de material plástico para almacenamiento de agua con cierre y una capacidad de 1,7 litros.</p> <p>Sirve para tener un depósito donde poder almacenar agua, en caso de encontrarla.</p>
<b>Brújula magnética portátil</b>	<p>Brújula magnética resistente y compacta, construida en aluminio.</p>
<b>Cinta para torniquete</b>	<p>Cinta textil con hebilla de ajuste en un extremo. Se debe usar siguiendo indicaciones de manuales de primeros auxilios.</p> <p>Sirve para poder frenar una hemorragia masiva en una extremidad.</p>
<b>Espejo de señales emergencia</b>	<p>Su alcance horizontal es de unas 20 millas náuticas (NM) en buenas condiciones de visibilidad. En su centro posee un orificio que facilita el enfoque.</p> <p>Su utilidad es reflejar la luz solar para poder alertar de nuestra posición a unidades amigas.</p>
<b>Kit bengalas</b>	<p>Está compuesto por un lanzador de aluminio y 6 mini bengalas. Su alcance en altura es de 200 a 350 pies (ft). Se utiliza para confirmar la zona propia de búsqueda.</p> <p>Respecto al lanzador, en cuanto se monte la bengala se debe manejar con la misma precaución que cualquiera otra arma.</p> <p>Su finalidad es la de informar de nuestra posición mediante bengalas lumínicas.</p>



<b>Linterna fija, luz indicadora de peligro</b>	<p>Es una linterna de señalización de emergencia. Es de color naranja, flota en el agua y cuenta con un cierre hermético.</p> <p>Funciona con dos (2) baterías alcalinas de tipo AA o baterías de litio de 1,5 V.</p> <p>Su fin es tener una fuente de iluminación.</p>
<b>Kit manta térmica</b>	<p>Es un elemento protector para el frío y el calor, según qué lado de la manta se ponga. Sirve tanto para ser usada en casos de hipotermia como golpes de calor.</p>
<b>Linterna ACS/MS-2000M</b>	<p>También conocida como luz estroboscópica. Se trata de una linterna de destellos, con una intensidad de 50 flases por minuto.</p> <p>Posee un filtro infrarrojo, que permite ser visto con gafas de visión nocturna a distancia, evitando su detección a simple vista.</p> <p>Funciona con 2 baterías modelo AA alcalinas o de litio.</p> <p>Su función es dar nuestra posición por medio de destellos.</p>
<b>Navaja gran Campero verde</b>	<p>Navaja de gran robustez, fabricada en acero inoxidable de alta calidad y cachas de poliamida antideslizante de gran resistencia al impacto.</p>
<b>Silbato con cordón</b>	<p>Silbato fabricado con material plástico resistente.</p>
<b>Cerillas estancas</b>	<p>Contenedor estanco para cerillas resistentes al agua y al viento. Los fósforos resisten a la humedad y el fuerte viento durante su ignición.</p>
<b>Kit de fuego</b>	<p>Kit de fuego estanco y ligero compuesto de: pedernal, bloque sólido de fuego y yesca de algodón suelto.</p> <p>Sirve para poder hacer fuego.</p>
<b>Marcador marino</b>	<p>Bolsa en cuyo interior se encuentra un componente químico de color amarillo-ocre en forma de polvo. Este se disuelve y crea una mancha en la superficie por reacción química.</p> <p>Tarda en disolverse entre 20 y 30 minutos y la persistencia del color es de aproximadamente 1 hora.</p> <p>Puede ser distinguido a una distancia de hasta 10 NM y a 3.000 ft de altura. Su finalidad es, por tanto, dar la posición de la unidad naufragada a unidades amigas.</p>
<b>Cuchillo de caza</b>	<p>Cuchillo con hoja de sierra, por un lado, y filo de corte por el otro. Cuenta con una empuñadura de cuero.</p>
<b>Cuchilla corta atalajes</b>	<p>Herramienta de corte de primeros auxilios con filo recogido, usado para liberarse de los cinturones y arneses de seguridad en caso de necesidad sin peligro para el usuario y su equipo. Su finalidad es cortar el cinturón de seguridad, en caso de quedarse atrapado en el helicóptero.</p>





## 3.2 Equipos de salvamento

Es considerado equipo de salvamento: el respirador de emergencia, las balsas y los chalecos salvavidas con los que son dotadas las unidades de las FAMET. Al igual que ocurre con los materiales de supervivencia, los jefes de Unidad son los responsables de informar al jefe del GL FAMET acerca de las necesidades existentes en equipos de salvamento con el fin de reducir al mínimo los riesgos y para asegurar el cumplimiento de la misión.

### 3.2.1 Balsas de salvamento

En lo referente a las balsas, la situación ha mejorado considerablemente en los últimos años. Antiguamente, se usaban balsas con capacidad de hasta tres o cuatro personas, según modelo. Esto iba en detrimento de las prestaciones del helicóptero, ya que su potencia va ajustada y es fácil llegar al MTOW<sup>2</sup> (Peso Máximo al Despegue) por lo que es necesario realizar un estudio previo del peso en los helicópteros. Helicópteros como el Chinook son capaces de llevar hasta 30 pasajeros, piloto, copiloto y un mecánico a bordo. Todo ello supone que estas balsas sean completamente inútiles, teniendo en cuenta que se debe portar el número de balsas necesarias para cubrir las necesidades de cada una de las personas que se encuentren en el helicóptero.

Tanto por la menor cantidad de personas que caben en el interior de la balsa como por la inferior calidad de estas en comparación con las más modernas, dichas balsas han caído en desuso y han sido sustituidas por unas nuevas con mayor capacidad o por otras con capacidad parecida pero mejores propiedades. Actualmente, las balsas con las que están dotadas las unidades de las FAMET son la balsa EAM-T9, la balsa VIKING RESCYOU PRO y la balsa salvavidas individual del sistema AIR WARRIOR.

La balsa salvavidas EAM-T9 es de la que disponen actualmente los helicópteros del BHELTRA V. Estas balsas tienen una capacidad para nueve personas y sigue asegurando flotabilidad para un máximo de trece personas. Se compone de un tubo circular de flotación y requiere un mantenimiento anual. Además de estas capacidades, contiene un sistema colector de agua de lluvia y está dotada de un paquete de emergencia en su interior que cuenta con bolsas de agua potable, raciones de azúcares y sales minerales, remo y paleta de señales, linterna, potabilizadora de agua, brújula, silbato, navaja multiusos, kit de pesca, marcador marino, bolsa de reciclaje de agua, pistola de señales y un kit reparador de pinchazos.



Figura 5. Balsa EAM T-9. Fuente: NOP 411

<sup>2</sup> MTOW: Maximum Take Off Weight



Otra balsa en dotación es la ya mencionada previamente: balsa VIKING RESCYOU PRO. Esta balsa cuenta con 4 plazas y se compone de dos cámaras de flotabilidad independientes. Está construida en color amarillo fluorescente de alta visibilidad. Las características especiales que distinguen a esta balsa de otras son:

- Es una balsa capaz de adrezarse<sup>3</sup> a sí misma. Esto asegura que da igual la forma en que la balsa se pose sobre el agua, ya que se enderezará por sí misma.
- El inflado es automático en cuestión de segundos y contiene una doble capa con propiedades de aislamiento térmico, lo cual mejora la situación en caso de sufrir una hipotermia.
- Equipado con el paquete de emergencia SOLAS B. El contenido de este es: cohete de señales con paracaídas, bengalas, linterna de señales con bombillas y baterías de reserva, silbato, espejo de señales, botiquín de 1º auxilios, comprimidos antimareo, dos remos y bolsa de recolección y almacenamiento de agua potable.



*Figura 6. Balsa VIKING RESCYOU PRO. Fuente: NOP 411*

Además de estas dos, existe una tercera balsa en dotación: la balsa salvavidas individual del sistema AIR WARRIOR. Esta balsa es muy útil para las tripulaciones de helicópteros, ya que va integrada dentro del equipo individual y en caso de no poder acceder al resto de balsas, se puede tener un elemento de flotabilidad.

Este sistema tiene un sistema de inflado de CO<sub>2</sub> tirando de una cuerda de seguridad. Tiene un peso moderado de 2,5 kg y proporciona 82 kg de flotabilidad. Además, no necesita apenas mantenimiento, tiene una vida útil relativamente larga y su color anaranjado facilita la labor de rescate de la tripulación.



*Figura 7. Balsa salvavidas individual sistema AIR WARRIOR. Fuente: NOP 411*

<sup>3</sup> Capaz de enderezarse cuando se vuelca.



### 3.2.2 Respiradores

Además de las balsas, como ya se ha mencionado antes, también encontramos los respiradores dentro de los equipos de salvamento. Las unidades de FAMET han sido dotadas de varios tipos de respiradores a lo largo de los años. Anteriormente, el más usado era el respirador HEED III, sin embargo, en la actualidad las unidades cuentan con el respirador SEA LV2. La principal diferencia entre dichos respiradores es la existencia de un alargador para no tener que estar con la botella próxima a la cabeza para respirar, lo cual supone una gran ganancia en movimiento en situaciones extremas, como es el caso de un amerizaje en un helicóptero. El amerizaje en un helicóptero supone una situación extrema, ya que, debido al peso del rotor, el helicóptero se da la vuelta, lo que provoca que el piloto pueda tener una desorientación espacial y necesite estar bien entrenado para conseguir salir airoso de la situación, como nos cuenta Alvy en la página web de “microsiervos” (2018).

El SEA LV2 es un respirador compacto y ligero, y está diseñado para su utilización por las tripulaciones de helicópteros. La principal característica de este frente a otros respiradores es la capacidad de girar su boquilla ergonómica en 6 posiciones distintas. El conjunto está formado por un tanque de alta presión (o botella) y por dos etapas reguladoras. Cabe mencionar que la presión máxima del aire es de 3.000 PSI/ 207 bares.



Figura 8. Respirador HEED III. Fuente: NOP 411



Figura 9. Respirador SEA LV2. Fuente: NOP 411

### 3.2.3 Chaleco salvavidas

El ET también dota a sus tripulaciones de vuelo con chalecos salvavidas. Estos chalecos son los que proporcionan flotabilidad en caso de un amerizaje y no haber alcanzado aún la balsa de salvamento. Dentro de la dotación de que disponen las FAMET en dichos artículos encontramos el chaleco salvavidas SASPA 30, SASPA 73, SASPA 99 y el collar de flotabilidad LPU-40 AIR WARRIOR. Estos tres primeros han quedado en desuso tras la aparición del chaleco AIR WARRIOR. El principal motivo de ello es la capacidad de acople que tiene el LPU-40 al arnés AIR WARRIOR.

El collar de flotabilidad LPU-40 es un chaleco creado para uso conjunto con el arnés PSGC del sistema AIR WARRIOR. Este es unido al arnés gracias al sistema MOLLE. Este chaleco salvavidas se compone de dos vejigas de flotabilidad independientes que se activan por medio de un único tirador gracias a dos cartuchos de CO<sub>2</sub>. Las vejigas son de color naranja y contienen



cintas reflectantes para facilitar el ser vistos en caso de rescate. Además, la funda es fabricada con tejido NOMEX<sup>4</sup>, lo que le proporciona resistencia frente a roturas y abrasión.



*Figura 10. Collar de flotabilidad chaleco AIR WARRIOR. Fuente: NOP 411*

### 3.3 Entrenamiento de las tripulaciones de helicópteros de las FAMET

Además de contar con los materiales de supervivencia y equipos de salvamento, es necesario que las tripulaciones de vuelo estén instruidas en supervivencia. De este modo, pilotos y mecánicos se forman en ello para cubrir las necesidades de la misión y estar preparados en caso de tener que aplicar dichas técnicas. Así, las tripulaciones del ET se instruyen tanto en agua como en tierra, realizándose en este último caso un ejercicio SERE (Supervivencia, Evasión, Resistencia, Escape). Ambos entrenamientos se detallan a continuación.

#### 3.3.1 Supervivencia en agua

En lo referente a entrenamientos en agua, las tripulaciones de las FAMET realizan prácticas sobre técnicas de supervivencia tras un amerizaje. Para ello se realiza una jornada de supervivencia en agua en el Centro de Supervivencia de la Armada que se encuentra en la Base Aeronaval de Rota (Cádiz). En dicha jornada, según nos informa el Ejército de Tierra mediante sus publicaciones (Ejército de Tierra, 2019), se simula qué es lo que se debe hacer en caso de un amerizaje, y cómo reaccionar y sobrevivir ante él. No resulta sencillo quitarse el cinturón de seguridad y conseguir abrir las puertas o las ventanillas de emergencia cuando se acaba de sufrir dicha situación. Además de dicho entrenamiento, las tripulaciones ponen a prueba su capacidad de bucear, con o sin oxígeno y con visión o a oscuras. También ponen a prueba su resistencia nadando y todas las prácticas están supervisadas por buceadores profesionales.

El Centro de Supervivencia de la Armada, según informa la web SST (SST, 2021), está acreditado por el NSTI (Naval Survival Training Institute) y es usado para entrenar a tripulaciones del ET, Ejército del Aire (EA), Armada y Guardia Civil (GC), así como de la US Army, US Navy y US Marines.

---

<sup>4</sup> El tejido NOMEX es resistente al calor y a las llamas. Además, es un mal conductor de la electricidad, lo que lo convierte en un excelente aislante. Es muy útil en caso de incendiarse un motor de la aeronave.



*Figura 11. Práctica de amerizaje. Fuente: SST*

### 3.3.2 Ejercicio SERE

Las tripulaciones de vuelo también deben poseer una determinada instrucción en caso de tener un aterrizaje forzoso en tierra y tener que abandonar la aeronave. Para ello, los pilotos del ET, y, en general, los pilotos de las FAS deben tener un Código de conducta nivel B en supervivencia<sup>5</sup> (vetpac, 2021).

Las siglas SERE hacen referencia al entrenamiento militar que realizan muchas unidades de Operaciones Especiales y tripulaciones de vuelo en la mayoría de los ejércitos del mundo. Este entrenamiento capacita en diferentes habilidades y técnicas de supervivencia para evitar una posible captura por fuerzas enemigas y cómo se consigue resistir a los interrogatorios, sabiendo qué es lo que se debe decir y cómo actuar, como bien informa el Departamento de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos (2017) en su manual de la SERE. Para adquirir dichas habilidades, los alumnos en formación que realizan el curso de piloto de Helicópteros del ET realizan un entrenamiento SERE durante las maniobras de 4º curso en cooperación conjunta al Mando de Operaciones Especiales (MOE) (sermilitar, 2013).

## 4 Análisis de priorización respecto al elemento del equipo de supervivencia y salvamento a estudiar

A pesar de que los alumnos de 5º curso de la especialidad fundamental de Aviación del Ejército (AVIET) no hayan tenido la posibilidad de tener Prácticas Externas (PEXT), se ha podido contactar con personal militar, y, en concreto, pilotos encuadrados en el BHELTRA V, dado que

---

<sup>5</sup> Nivel A: formación inicial. Estas son las clases del Código de Conducta requeridas para todo el personal militar, normalmente en el entrenamiento inicial de cualquier militar.

Nivel B: Para aquellos que operan o se espera que operen adelante del límite trasero de la división y hasta la línea delantera de tropas propias. Normalmente, se limita a la tripulación aérea del Ejército de Tierra, de la Armada y del Ejército del Aire y del Espacio. El nivel B se centra en la supervivencia y la evasión, con resistencia en términos de captura inicial.

Nivel C: Para tropas con alto riesgo de ser capturados como, por ejemplo, las unidades de Operaciones Especiales. La formación de nivel C se basa en la resistencia a la explotación y el interrogatorio, la supervivencia durante el aislamiento y el cautiverio y el escape de los enemigos.



la ACAVIET y este se encuentran en el interior de la 'Base Coronel Maté'. Por ello, se consideró interesante utilizar una técnica que de forma rigurosa permitiera aprovechar los conocimientos y la experiencia de este personal para llegar a una opinión de consenso sobre aquellos aspectos considerados cruciales en la determinación del grado de urgencia con el que se debía afrontar la sustitución de cada uno de los elementos del material de supervivencia y poder proponer, en una siguiente fase, una solución al respecto.

Para la identificación de los criterios a tener en cuenta en este proceso de priorización se optó por la aplicación de la metodología Delphi.

## **4.1 Determinación de los criterios de selección mediante la aplicación de la metodología Delphi**

Con objeto de determinar cuáles son los elementos del actual equipo de supervivencia y salvamento que presentan deficiencias, por no cubrir satisfactoriamente las necesidades de las tripulaciones de helicópteros en materia de seguridad en situaciones de riesgo, e iniciar un proceso gradual de sustitución de dichos elementos por otros más idóneos, disponibles en el mercado, se solicitó la colaboración de personal del BHELTRA V y se constituyó un equipo de trabajo. La calidad y composición del grupo aumentaba el valor añadido de su opinión con relación al potencial de mejora de cada elemento del equipo y la identificación de otras variables importantes a tener en cuenta en la generación de una lista ordenada de elementos, incorporando aquellos que la encabezen al estudio y propuesta de sustitución que se llevará a cabo en el apartado 4.1.1. Todas estas circunstancias han sido determinantes en la elección de la técnica Delphi como metodología idónea para la investigación.

El método Delphi es una técnica cualitativa muy versátil y útil cuando no se dispone de información previa concluyente para la toma de decisiones, en este caso qué elementos deberían ser sustituidos y cuáles no y con qué grado de prioridad, pudiendo recabar dicha información a partir de la opinión de un grupo de expertos adecuadamente seleccionados. La distribución de cuestionarios en varias rondas de consulta, y la aportación de 'feedback' tras la realización de cada uno de ellos, se dirige a potenciar la reflexión sobre el tema e ir disminuyendo la dispersión de opiniones, de modo que finalmente se consiga una opinión suficientemente representativa del grupo que dé respuesta al problema planteado (Reguant y Torrado, 2016).

A continuación, se describen las fases seguidas en la aplicación de la técnica Delphi.

### **4.1.1 Definición de objetivos**

El objetivo de esta parte del trabajo consiste en establecer una serie de aspectos o criterios con los que evaluar los diferentes elementos del equipo de supervivencia y salvamento, de modo que pueda elaborarse una lista ordenada de todos ellos que guíe su gradual incorporación al proceso de estudio y sustitución.

### **4.1.2 Selección de expertos**

Para asegurar la adecuación de dichos criterios y conseguir cierta fiabilidad en el estudio, se ha seleccionado a un grupo de expertos del BHELTRA V y la ACAVIET. Dichos expertos son pilotos y tienen una dilatada experiencia en la materia, con lo que su aportación es de gran ayuda al trabajo. Los diez expertos se encuentran recogidos en la Tabla 2.





*Tabla 2. Expertos del BHELTRA V y ACAVIET*

	EMPLEO	NOMBRE	UNIDAD
1	Capitán	Juan Antonio Pérez Vega	BHELTRA V
2	Capitán	Ignacio Gutiérrez de Rubalcaba Regalado	BHELTRA V
3	Capitán	Álvaro San Bruno García	BHELTRA V
4	Capitán	Sergio Anguela Fernández	BHELTRA V
5	Teniente	Sergio Montero Sánchez	BHELTRA V
6	Sargento Primero	Julián Sevillano Menéndez	BHELTRA V
7	Sargento Primero	Diego Flores Pinedo	BHELTRA V
8	Sargento	Ezequiel Delgado Rodríguez	BHELTRA V
9	Subteniente	Arturo Echevarría Muñoz	ACAVIET
10	Brigada	Dionisio Benjumea Pin	ACAVIET

#### 4.1.3 Ejecución de las rondas de consultas

Para recopilar la opinión de los expertos se utilizó como herramienta base el cuestionario. En concreto, se elaboraron dos cuestionarios que fueron distribuidos entre los participantes en dos rondas sucesivas, diseñando y redactando las preguntas de manera adecuada a la finalidad principal del estudio: llegar a una opinión de consenso sobre el grado de adaptación de los materiales y equipos de supervivencia actuales a las necesidades del ET, así como la definición de los criterios o factores de priorización para una posible sustitución. Los cuestionarios debían ser cumplimentados por cada experto de forma individual.

En el cuestionario correspondiente a la primera ronda (Anexo IV. Primer cuestionario Delphi), tras un bloque inicial de preguntas dirigidas a confirmar la idoneidad de los participantes basándose en su experiencia acumulada en la materia, se incluyeron una serie de preguntas, muchas de ellas abiertas, sobre el tema objeto de la investigación, de modo que los expertos pudieran aportar conocimientos e ideas útiles.

Basándose en las respuestas a esta primera ronda se diseñó un segundo cuestionario (Anexo IV. Segundo cuestionario Delphi), con preguntas más cerradas, proporcionando retroalimentación a los miembros del equipo sobre las respuestas previas del resto de participantes. El objetivo era propiciar la reflexión sobre aquellos aspectos que pudieran generar mayor discrepancia y consolidar los acuerdos, de modo que se vaya perfilando una opinión representativa del grupo.

En la Figura 12 se muestra un extracto de una de las preguntas incluidas en el cuestionario de la segunda ronda:



- 3) A continuación, se muestra la aportación del grupo respecto a los criterios más importantes que deberían tenerse en cuenta a la hora de dar prioridad a algunos materiales y elementos del equipo de salvamento frente a otros, en caso de poner en marcha un proceso de renovación o sustitución, indicando la frecuencia con la que han sido seleccionados en la primera ronda. A la vista de estos resultados se solicita que revise su recomendación previa sobre la inclusión o no de cada uno de dichos criterios y proceda a su valoración.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar a qué elemento del equipo de supervivencia y salvamento le urge más la sustitución o renovación.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Coste	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Coste	7/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar a qué elemento del equipo de supervivencia y salvamento le urge más la sustitución o renovación.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Vida útil restante	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Vida útil	7/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar a qué elemento del equipo de supervivencia y salvamento le urge más la sustitución o renovación.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Capacidad de mejora	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Capacidad de mejora	9/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Figura 12. Pregunta n.º 3 de la segunda ronda del primer método Delphi

Tras analizar los resultados de esta segunda ronda se alcanzó suficiente nivel de consenso, lo que hizo innecesario continuar con más rondas de consultas.

#### 4.1.4 Explotación de los resultados

Tras completar los cuestionarios y analizar los resultados, se extrae una conclusión clara y concisa. El equipo de supervivencia no cumple plenamente las expectativas esperadas, aunque,





en general, la mayoría de los expertos no se encuentran descontentos con la mayoría de los equipos.

En cuanto a competencia del personal entrevistado, cabe resaltar que la mayoría de los 10 pilotos que conforman el grupo es personal bastante experimentado en la materia. Según se desprende de las respuestas al bloque de preguntas dirigido a confirmar este aspecto, el 70% de los participantes es CR2<sup>6</sup> (Combat Ready 2) y el 42,86% de estos son pilotos de pruebas. El 20% es CR1 (Combat Ready 1) y únicamente un 10% es LCR (Limited Combat Ready). Asimismo, en la cuestión referente al grado de conocimiento en la materia, el 40% ha indicado que tiene un conocimiento de nueve sobre diez puntos (9/10) en lo referente a equipos de supervivencia y salvamento, el 50% ha respondido que su grado de conocimiento es de ocho puntos sobre diez (8/10) y únicamente el 10% ha afirmado que su conocimiento es de cuatro puntos sobre diez (4/10). Además, el 90% de ellos ha afirmado que ha estado desplegado en misiones internacionales con alguna unidad de las FAMET.

A continuación, se analizan las respuestas al bloque de preguntas cuya información resulta crucial para el objetivo de esta primera fase de la investigación. En lo referente a la primera pregunta, la cual tenía como objetivo conocer si los materiales y equipos de supervivencia en dotación satisfacen las necesidades de las unidades de FAMET ante una emergencia, el 80% del grupo ha respondido, en primera ronda, que dichos materiales y equipos no cumplen en absoluto dichas necesidades, o solo lo hacen parcialmente. En segunda ronda se llegó a un consenso y el 100% de los expertos contestó que no todos los materiales o equipos de supervivencia funcionaban de acuerdo con las expectativas. Para tener una imagen más clara de la percepción de los expertos se les pide también que muestren su grado de satisfacción general con los equipos de supervivencia y salvamento. Los expertos han indicado que su grado de satisfacción es de cuatro sobre cinco (4/5), siendo 5 la máxima satisfacción, por lo que la conclusión que se obtiene al respecto es que, si bien hay elementos del equipo que no proporcionan un nivel óptimo de seguridad ante una situación de supervivencia, los expertos, en general, están satisfechos con su equipo.

Como estrategia recomendada para mejorar la capacidad que presentan los actuales materiales y equipos de salvamento de proporcionar seguridad a las tripulaciones de helicópteros (pregunta dos) los expertos han indicado mayoritariamente la renovación o sustitución de ciertos elementos o materiales por otros. El 100% de los expertos que en la primera pregunta respondieron 'No, en absoluto' o 'Parcialmente' (siendo realmente 8 de 8 expertos) seleccionaron dicha estrategia en primera ronda y el 100% de todos los expertos lo corroboraron en segunda ronda. No obstante, también hubo un gran porcentaje que aconsejó la adquisición de nuevos materiales para hacer frente a necesidades no cubiertas.

La tercera pregunta va encaminada a identificar aquellos aspectos o criterios que deberían ser tenidos en cuenta a la hora de priorizar la renovación o sustitución de unos elementos frente a otros. El coste, la vida útil restante y la capacidad de mejora han sido los tres criterios seleccionados por los miembros del equipo encuestado de una manera unánime tras la segunda ronda. Ya en primera ronda un 70% había seleccionado el coste y la vida útil y un 90% la capacidad de mejora. En definitiva, los tres criterios mencionados se proponen para ser

---

<sup>6</sup> Dentro del ET, los pilotos tienen una calificación en función de su experiencia y grado de conocimiento en el tipo de helicóptero. Siendo LCR los pilotos que han realizado el curso de piloto de helicópteros, pero sin haberse transformado a un modelo de helicóptero concreto. El siguiente nivel es CR1 y finalmente, el nivel de mayor experiencia y grado de conocimiento en el helicóptero es el de CR2, pudiendo ser (o no) pilotos de prueba los más experimentados de estos últimos. Dichos niveles definen las capacidades y responsabilidades que puede asumir cada uno.



incorporados a un modelo de decisión multicriterio que permita valorar cada alternativa o elemento del equipo, asignándole un grado de prioridad con base en ellos.

Para finalizar el cuestionario (pregunta 4) se pide a los expertos que, atendiendo al desarrollo de la tecnología y a las alternativas existentes actualmente en el mercado, muestren su percepción respecto al grado de mejora que podría conseguirse en caso de sustitución de cada uno de los elementos que componen el equipo en dotación, utilizando para ello una escala Likert<sup>7</sup> entre 1 y 5, siendo 1 el nivel más bajo de mejora y 5 el nivel más alto de mejora. Los elementos con un nivel medio de mejora percibido más alto (valor de 5) han sido el respirador SEA LV2 y los artículos incorporados al chaleco de supervivencia. En el otro extremo, el chaleco de supervivencia AIR WARRIOR se muestra como un elemento con baja capacidad para ser mejorado, alcanzando solo un valor medio de 2. El collar de flotabilidad LPU-40 y las balsas de salvamento alcanzaron un valor medio de 3 y 3,5, respectivamente. Tras dos rondas, y como se puede comprobar en el Anexo IV. Primer cuestionario Delphi, los resultados obtenidos son los siguientes: el chaleco de supervivencia AIR WARRIOR, los artículos del chaleco de supervivencia, las balsas de salvamento, el collar de flotabilidad LPU-40 y el respirador SEA LV2 tienen un grado de mejora, según los expertos, de 2/5 (bajo), 5/5 (muy alto), 3,5/5 (alto), 3/5 (medio) y 5/5 (muy alto), respectivamente.

## 4.2 Selección del elemento a priorizar por medio de la metodología AHP

Con el objetivo de priorizar qué elemento del material de supervivencia y equipo de salvamento debería sustituirse con mayor urgencia, se ha decidido emplear el Método de Jerarquización Analítica (Analytic Hierarchy Process, AHP), ideado por Saaty en 1980. Se trata de un método cuantitativo que facilita la toma de decisiones ante diferentes alternativas, especialmente en situaciones complejas en donde se deben considerar múltiples criterios, a menudo en conflicto, y posiblemente de diferente naturaleza, tanto cuantitativa como cualitativa.

El método AHP resulta muy intuitivo y fácil de comprender, gracias a una adecuada estructuración del problema en diferentes niveles, la medición con base en una escala para realizar comparaciones por pares de un criterio (o alternativa) respecto a cada uno de los otros criterios (o alternativas) y la síntesis, a través de un resultado único que posibilita la ordenación o priorización de alternativas. Todo ello basándose en el juicio de un grupo de expertos, lo que permite aunar visiones diferentes (Nantes, 2019).

La elección del método AHP deriva de las características del problema de decisión que se plantea en esta parte del trabajo y la disposición del grupo de expertos a seguir colaborando en la investigación, así como de las fortalezas y versatilidad del propio método, como queda reflejado en sus numerosas aplicaciones en diferentes ámbitos y problemas. Véase Emrouznejad y Ho (2017) a modo de ejemplo.

### 4.2.1 Presentación del problema

Según los resultados obtenidos en el apartado 4.1, el material de supervivencia y los equipos de salvamento con los que cuentan actualmente las unidades de las FAMET no cumplen de manera totalmente satisfactoria los objetivos esperados. Se pretende identificar qué materiales

---

<sup>7</sup> La escala Likert es una escala de calificación utilizada para cuestionar a una persona en función de su nivel de acuerdo/desacuerdo con una declaración. Se usa para medir actitudes, reacciones y comportamientos de una persona.



o elementos en concreto deberían ser objeto de un análisis en profundidad para llevar a cabo su sustitución de manera prioritaria. De este modo se podrá rediseñar el equipo actual y llegar de manera gradual y eficiente al equipo óptimo con el que poder operar en una situación de supervivencia.

De acuerdo con lo anterior, las alternativas utilizadas en el análisis son los cinco elementos del material de supervivencia y equipo de salvamento: chaleco de supervivencia, artículos del chaleco de supervivencia, balsas de salvamento, respiradores y chalecos salvavidas (o collar de flotabilidad). La mejora de estos elementos supondría una mejora en la seguridad de vuelo y en supervivencia de las unidades de las FAMET. Dichos elementos han sido previamente explicados en el apartado 3.

Tras las aportaciones conseguidas con el método Delphi, los criterios que los expertos han destacado más importantes a valorar en el proceso de priorización han sido: vida útil restante, coste y capacidad de mejora.

Vida útil restante: este criterio es un aspecto negativo de la evaluación, porque cuanto más larga sea la vida útil restante del elemento, menos urgente será su sustitución. La vida útil de un producto hace referencia al período de tiempo durante el cual se estima que dicho producto podrá ser utilizado cumpliendo adecuadamente su función, y superando las correspondientes revisiones. Por ello, se entiende vida útil restante como el período de tiempo durante el cual dicho elemento todavía puede ser utilizado en condiciones satisfactorias. Tras las consultas pertinentes, se han obtenido las siguientes conclusiones. La vida útil del chaleco de supervivencia es muy larga, la de los respiradores y el collar de flotabilidad baja, mientras que las balsas presentan una vida útil restante media/alta. Respecto a los artículos del chaleco de supervivencia, existe una gran variedad de elementos, algunos de los cuales con el paso del tiempo caducan y no son repuestos, como es el caso de las bengalas. Por ello se optó por ser lo más restrictivos posible, considerando una vida útil muy baja para estos artículos.

Coste: al igual que el criterio anterior, el coste también es un aspecto negativo para evaluar. A mayor coste del elemento mayor sacrificio económico conlleva su sustitución y, por ende, menor prioridad para llevarla a cabo. Aunque el coste de los equipos es complicado de determinar, pudiendo existir un rango de precios más o menos amplio, se estableció un precio medio aproximado tras consultar con los expertos. En este sentido, se ha determinado que el precio del chaleco de supervivencia es alto (2.000 €), el de las balsas de salvamento es muy alto (3.000 €), el de los artículos del chaleco de supervivencia en conjunto, respiradores y el collar de flotabilidad es medio (alrededor de los 700 €).

Capacidad de mejora: este criterio es subjetivo, a diferencia de los dos previamente analizados. En este caso, los encargados de determinar qué grado de mejora tenía cada elemento han sido los propios expertos, por ser también usuarios y conocedores de su verdadero funcionamiento. La capacidad de mejora de cada elemento la pueden determinar distintos aspectos según el elemento a analizar. Por ello, este criterio toma importancia, dado la complejidad de relacionar cada elemento en un criterio objetivo. Como ejemplo, la capacidad de mejora de las balsas de salvamento puede residir en reducir el peso, ya que este es un factor determinante a la hora de planificar un vuelo. En el caso de los respiradores, puede ser el volumen de aire expandido que contiene en su interior, lo que se traduce en autonomía de respiración. Es decir, se trata de aspectos que son determinantes para tenerlos en cuenta y no existe un criterio cuantitativo que relacione a las distintas alternativas. Según lo obtenido en Anexo IV. Primer cuestionario Delphi, los expertos han determinado que la capacidad de mejora de los artículos del chaleco de supervivencia y del respirador SEA LV2 es muy alta. El chaleco de supervivencia AIR WARRIOR tiene una capacidad de mejora baja, las balsas de salvamento la tienen alta y, finalmente, el collar de flotabilidad tiene un grado de mejora medio.

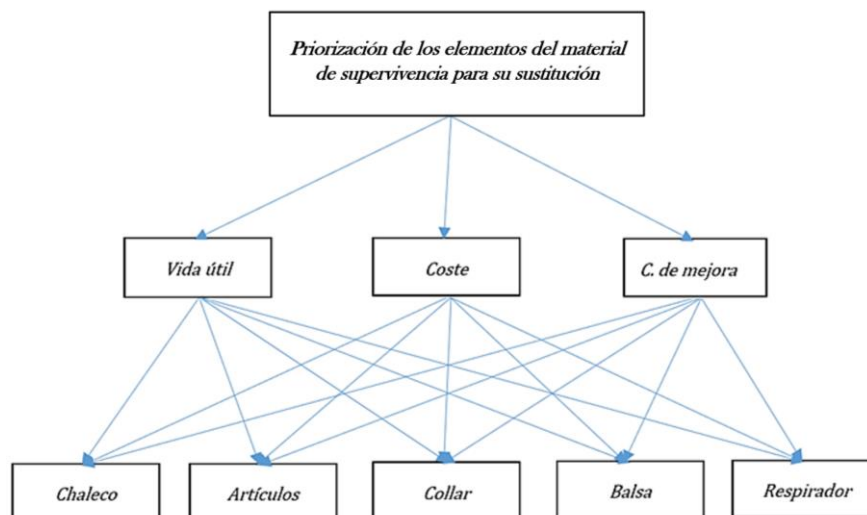


La tabla 3 recoge de manera sintética las principales características asociadas a cada alternativa o elemento.

*Tabla 3. Características asociadas a cada alternativa*

	Vida útil restante	Capacidad de mejora	Coste
Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR	Muy larga	Baja	Alto
Artículos del chaleco de supervivencia	Muy corta	Muy alta	Medio
Balsa de salvamento	Media/larga	Alta	Muy alto
Collar de flotabilidad LPU-40	Corta	Media	Medio
Respirador SEA LV2	Corta	Muy alta	Medio

La Figura 13 refleja la estructura del problema de decisión mediante la jerarquización de los diferentes elementos que lo componen: objetivo (1<sup>er</sup> nivel), criterios (2<sup>o</sup> nivel) y alternativas (3<sup>er</sup> nivel).



*Figura 13. Jerarquización del método AHP. Fuente: elaboración propia*

#### 4.2.2 Evaluación de criterios

Por medio de la evaluación de los criterios se busca conocer la importancia que tiene cada criterio (vida útil, capacidad de mejora y coste) con respecto al resto de criterios en la consecución de la meta final del estudio. Por ejemplo, podría ser que la vida útil se considerase más, menos o igual de importante que el coste en cuanto al grado de urgencia con el que debe llevarse a cabo la sustitución de un elemento del equipo de salvamento.

Para poder llevar a cabo estas valoraciones se ha contado de nuevo con la colaboración del mismo grupo de expertos de la Tabla 2. Tras explicarles la finalidad del estudio, y el funcionamiento del método AHP (Anexo V. Cuestionario para la metodología AHP 1.), se les pidió que se pusiesen de acuerdo para responder conjuntamente a una comparación de criterios por



pares, de tal modo que asignasen un grado de importancia,  $a_{ji}$ , de cada criterio 'j' frente a cada criterio 'i', según la conocida como escala de Saaty (1980) recogida en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla de valoración (Saaty)

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda

Con todos los valores  $a_{ji}$ , se construye una matriz A de comparación de criterios, a partir de la cual se puede hallar el vector W de los pesos relativos de los criterios, por medio de los siguientes cálculos:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \text{ donde } a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ii} = 1 \text{ y } n = n^{\circ} \text{ de criterios}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix}$$

La matriz A de comparación de criterios, y el vector W (Weights) de los pesos relativos de cada criterio, aparecen en la Tabla 5. Como se puede observar, el criterio que según los expertos debe tener mayor peso en el proceso de priorización es el de la capacidad de mejora (0,64), seguido del de vida útil (0,28) y, por último, el coste (0,07).

Tabla 5. Matriz de comparación por pares: criterios

CRITERIOS	VIDA ÚTIL	COSTE	CAPACIDAD DE MEJORA	WEIGHTS
VIDA ÚTIL	1	5	1/3	0,28
COSTE	1/5	1	1/7	0,07
CAPACIDAD DE MEJORA	3	7	1	0,64

Para asegurar que no existen inconsistencias en los juicios emitidos por los expertos, se ha calculado para esta, y para el resto de las matrices de comparación, la Razón de Consistencia (RC), la cual es el cociente al dividir el índice de inconsistencia (IC) y el índice aleatorio (IA). Todas las razones de consistencia calculadas están por debajo del 10%, lo que indica que no existen inconsistencias en dichos juicios.



#### 4.2.3 Evaluación de alternativas para cada criterio

A continuación, se pidió a los expertos que procediesen de igual manera para realizar una comparativa por pares entre alternativas (elementos del material de supervivencia y equipo de salvamento) para cada uno de los criterios considerados. De estas comparativas por pares, recogidas en el Anexo V, se obtuvieron tres matrices de comparación de alternativas, una por criterio. Las tablas 6, 7 y 8 muestran dichas matrices de comparación, los vectores de pesos y las razones de consistencia.

Tabla 6. Matriz de comparación de alternativas: VIDA ÚTIL

VIDA ÚTIL	CHALECO SUPERVIVENCIA	ART. CHALECO	BALSAS	RESPIRADOR	CHALECO SALVAVIDAS	WEIGHTS	RC
CHALECO SUPERVIVENCIA	1	1/9	1/3	1/7	1/7	0,03	4%
ART. CHALECO	9	1	7	3	3	0,47	
BALSAS	3	1/7	1	1/5	1/5	0,06	
RESPIRADOR	7	1/3	5	1	1	0,22	
CHALECO SALVAVIDAS	7	1/3	5	1	1	0,22	

En la Tabla 6 se puede observar la matriz de comparación de alternativas en función del criterio 'vida útil'. Se contempla que los artículos del chaleco de supervivencia son aquellos cuya vida útil es menor (0,47). Esto se debe a que son varios artículos y algunos tienen menos vida útil que los otros. Sin embargo, no puede haber fallos en un equipo de supervivencia y, por ello, es importante ser restrictivos y ponerse en la peor situación y estudiar en profundidad qué equipo no cumple los mínimos y proponer un cambio.

Tabla 7. Matriz de comparación de alternativas: CAPACIDAD DE MEJORA

CAPACIDAD DE MEJORA	CHALECO SUPERVIVENCIA	ART. CHALECO	BALSAS	RESPIRADOR	CHALECO SALVAVIDAS	WEIGHTS	RC
CHALECO SUPERVIVENCIA	1	1/9	1/7	1/9	1/3	0,03	3%
ART. CHALECO	9	1	3	1	7	0,37	
BALSAS	7	1/3	1	1/3	3	0,16	
RESPIRADOR	9	1	3	1	7	0,37	
CHALECO SALVAVIDAS	3	1/7	1/3	1/7	1	0,06	

La Tabla 7 muestra la matriz de comparación de las alternativas en función del criterio 'capacidad de mejora', y su vector de pesos correspondiente. En ella, se puede observar cómo las alternativas con mayor grado de mejora, según los expertos, son los artículos del chaleco de supervivencia (0,37) y los respiradores (0,37).

Tabla 8. Matriz de comparación de alternativas: COSTE

COSTE	CHALECO SUPERVIVENCIA	ART. CHALECO	BALSAS	RESPIRADOR	CHALECO SALVAVIDAS	WEIGHTS	RC
CHALECO SUPERVIVENCIA	1	1/5	3	1/5	1/5	0,07	2%
ART. CHALECO	5	1	7	1	1	0,30	
BALSAS	1/3	1/7	1	1/7	1/7	0,04	
RESPIRADOR	5	1	7	1	1	0,30	
CHALECO SALVAVIDAS	5	1	7	1	1	0,30	

La Tabla 8 refleja la matriz de comparación de alternativas según el criterio 'coste'. En dicha tabla, se observa cómo los artículos cuyo coste es menor y, por tanto, resulta más sencilla su sustitución por otros son los artículos del chaleco de supervivencia (0,30), los respiradores (0,30) y el chaleco salvavidas (0,30).

#### 4.2.4 Jerarquización de alternativas

Para extraer conclusiones del análisis, y poder tomar una decisión, se deben ordenar los distintos elementos del equipo de supervivencia y salvamento basándose en una valoración global, dando prioridad para la sustitución a aquel que obtenga mayor valor. En esta valoración se tienen en cuenta los pesos de cada alternativa según cada criterio y también, el peso que





tiene cada criterio tras realizar las comparaciones por pares entre ellos. Toda esta información queda recogida en la matriz de decisión de la Tabla 9:

Tabla 9. Matriz de decisión

CRITERIOS/ELEMENTOS	PESOS	C. SUPERVIVENCIA	ART. CHALECO	BALSAS	RESPIRADOR	CHALECO SALVAVIDAS
VIDA ÚTIL	0,28	0,03	0,47	0,06	0,22	0,22
COSTE	0,07	0,07	0,30	0,04	0,30	0,30
CAPACIDAD DE MEJORA	0,64	0,03	0,37	0,16	0,37	0,06
		0,03	0,39	0,12	0,32	0,12

Un ejemplo de cálculo es:

$$W_{art. chaleco} = (0,28 * 0,47) + (0,07 * 0,3) + (0,64 * 0,37) = 0,39$$

Tras los resultados obtenidos, se puede observar que los elementos del equipo de supervivencia y salvamento cuya renovación o sustitución urge más son los artículos del chaleco de supervivencia (0,39) y los respiradores (0,32). Es por ello por lo que este TFG se va a centrar en ellos, realizando un estudio pormenorizado de su sustitución, de modo que los pilotos del ET se sientan seguros con el nuevo diseño del equipo de supervivencia.

## 5 Optimización de los elementos del equipo de supervivencia que no funcionan de acuerdo con las expectativas.

Tras el análisis realizado en los apartados anteriores, se concretó que los elementos del material de supervivencia y equipos de salvamento que deben estudiarse en mayor profundidad, y con carácter prioritario, son los artículos del chaleco de supervivencia y los respiradores.

De nuevo, se hará uso de la metodología Delphi, gracias a la colaboración del mismo grupo de expertos mencionado en la tabla 2. Mediante rondas reiteradas de cuestionarios, cuyas preguntas pueden consultarse en el Anexo VI, se pretende llegar a un consenso de los expertos participantes en relación con cuatro cuestiones fundamentales: identificar los artículos concretos del chaleco de supervivencia que no cumplen adecuadamente los objetivos esperados para su misión, proponer y seleccionar las mejores alternativas a dichos artículos, determinar las características o atributos de los respiradores especialmente valoradas por las FAMET e indagar sobre nuevos tipo de elementos, no existentes en la actualidad, que deberían ser incorporados al material de salvamento y equipo de supervivencia.

Se va a comenzar tratando los artículos del chaleco de supervivencia. A diferencia de lo que ocurre con los respiradores, estos artículos son elementos de bajo coste unitario y escasa entidad, por lo que se consideró suficiente la información y la opinión de los expertos consultados mediante la técnica Delphi para realizar una propuesta de cambio. Para el caso de los respiradores, tras contactar con personal de empresas del sector y recopilar información al respecto, se realizó una preselección de modelos alternativos y se definieron los criterios más importantes para su valoración, los cuales fueron confirmados por los expertos a través de la técnica Delphi. Posteriormente, y mediante aplicación de la metodología AHP, se llevó a cabo la selección del modelo idóneo para las tripulaciones de vuelo de las FAMET.



## 5.1 Estudio de los artículos del chaleco de supervivencia mediante aplicación de la técnica Delphi.

### 5.1.1 Cuestiones planteadas a los expertos

De las preguntas contenidas en los cuestionarios del Anexo VI solo se van a tratar aquí aquellas relacionadas con los artículos del chaleco de supervivencia, puesto que el objetivo de este apartado es analizar cuáles de dichos artículos no cumplen adecuadamente su misión y proponer un cambio. Las preguntas relacionadas con otros aspectos se estudiarán posteriormente, en el apartado correspondiente.

Han bastado dos rondas de cuestionarios para alcanzar suficiente nivel de consenso entre los miembros del grupo participante, dando solución al problema planteado. La primera ronda está enfocada a determinar qué artículos funcionan de manera ineficiente y proponer modelos alternativos que cumplan los objetivos esperados.

En segunda ronda, se pretende que los expertos confirmen su opinión sobre los artículos concretos a sustituir, así como la relevancia de los distintos motivos argumentados por el grupo. Igualmente, se les pide que, para cada artículo alternativo sugerido, valoren la fuerza de su recomendación para que este sea elegido como artículo idóneo, utilizando para ello una escala de 1 a 10, siendo 1 muy baja idoneidad y 10 muy alta idoneidad.

### 5.1.2 Explotación de los resultados y soluciones

Tras analizar las respuestas a los cuestionarios de ambas rondas, se concluye que los artículos del chaleco de supervivencia que no cumplen con las expectativas y deberían ser sustituidos son los siguientes: cinta para torniquete, kit bengalas, linterna fija (luz indicadora de peligro), navaja gran campero verde, cuchillo de caza y cuchilla corta atalajes. Cabe destacar que, si bien en primera ronda ha habido mayor dispersión de opiniones, tanto en primera (preguntas 1 y 2) como en segunda ronda (pregunta 1) la mayoría de los expertos ha coincidido en declarar que dichos artículos deben ser sustituidos.

A continuación, se explica la opinión de los expertos respecto a cada uno de estos elementos, y la propuesta de solución para cada uno de ellos. De aquellos artículos alternativos, sugeridos inicialmente por algún miembro del grupo, pero que finalmente no fueron seleccionados para formar parte del nuevo equipo de supervivencia, se proporciona información en el Anexo VII. Para ayudar a los expertos en el proceso de evaluación dicha información estuvo también a su disposición durante todo el proceso.

Cinta para torniquete: los torniquetes han sido muy utilizados en el ámbito militar, siendo un artículo indispensable para controlar hemorragias en las extremidades en ambientes hostiles. Además, cabe destacar que las hemorragias masivas en el campo de batalla son la primera causa de muerte en militares, pudiendo ser evitable con un buen conocimiento en la materia.

El torniquete con el que las unidades de las FAMET han sido dotadas es una mera cinta, lo que complica y hace ineficaz su aplicación. Todos los pilotos que han sido encuestados han mostrado claridad en su decisión desde el primer momento, mostrando rechazo hacia este torniquete. Sienten, en línea con lo expresado por Rodríguez (2020), que con dicha cinta poco podrían hacer en caso de una hemorragia masiva.

Como solución a este problema, los expertos argumentan que se necesita material de calidad, proponiendo la adquisición de torniquetes CAT® Gen. 7. Este torniquete es el más usado en ámbito militar y civil debido a su bajo coste, eficacia y facilidad de uso. Además, ha sido probado en el campo de batalla, está recomendado por el comité TCCC (Tratamiento táctico de





bajas en combate<sup>8</sup>) y el Ejército de los Estados Unidos (EE. UU.) lo tiene como torniquete oficial. Es fiable, ya que se vende en páginas de productos militares, como mildot (2022a).

En línea con lo anterior, se propone la sustitución de la actual cinta para torniquete por el torniquete CAT® Gen. 7, al haber sido seleccionado de forma unánime por todos los expertos consultados, obteniendo además un nivel medio de idoneidad muy alto (10/10).



*Figura 14. Torniquete CAT® Gen. 7 Fuente: Mildot*

Navaja gran campero verde, cuchillo de caza y cuchilla corta atalajes: la necesidad de estos artículos es evidente en caso de salir con vida de un accidente de helicóptero y tener que sobrevivir en un ambiente hostil. Es imprescindible tener un elemento cortante en caso de que el cinturón de seguridad del helicóptero se quede enganchado y no pueda ser soltado.

Los expertos han sido bastante claros en lo que respecta a dichos artículos, ya que se sienten descontentos debido a su falta de integridad para poder ser incorporados en el chaleco AIR WARRIOR<sup>9</sup> o la poca calidad del material de la cuchilla corta atalajes. Esta cuchilla es de plástico, lo que supone que en caso de un accidente real pueda llegar a romperse y perder sus facultades, lo que dificultaría, o incluso impediría, el poder romper el cinturón de seguridad, poniendo en riesgo la vida del piloto. Al respecto de estos tres artículos cabe señalar que el GL FAMET ha encargado la compra del sistema ASEK cuchillo supervivencia para chaleco AIR WARRIOR, sustituyendo a los materiales en cuestión, si bien este material no ha llegado aún a las unidades de las FAMET.

Pese a que los expertos consultados son pilotos y usuarios habituales de estos artículos, podrían no ser conocedores de las acciones que el GL FAMET ha emprendido con relación a su sustitución. Por ello, en la pregunta 2 del cuestionario correspondiente a la primera ronda, recogida en el Anexo VI. Segundo cuestionario Delphi, se informa a los expertos de dicha decisión, y se les pide que muestren su opinión respecto a la sustitución de los artículos en dotación por este nuevo sistema, dejándoles también libertad para que se pronuncien sobre otras alternativas que consideren puedan ser superiores o más idóneas. Sin embargo, tras haber enseñado el sistema ASEK a los expertos, el 100% de los que proponían la sustitución de estos tres artículos consideraron dicho sistema beneficioso para las FAMET, considerándolo como altamente idóneo (10/10), sin plantear otra alternativa al mismo.

Este cuchillo ha sido diseñado para poder ser unido al sistema AIR WARRIOR, ya mencionado a lo largo del trabajo. Está compuesto de tres partes: funda de pierna, cuchillo y herramienta corta atalajes. Además, posee un puntero rompe vidrios y una empuñadura que le permite ser usada como un martillo. También, cabe destacar que la funda de pierna es compatible con el sistema MOLLE, al igual que el chaleco AIR WARRIOR. Este cuchillo es

---

<sup>8</sup> TCCC: Tactical Combat Casualty Care

<sup>9</sup> Esto se debe a que los artículos propuestos para la sustitución no disponen del sistema MOLLE (a diferencia del sistema ASEK).



superior al anterior en cuanto a calidad y resistencia y el corta atalajes es más resistente al no estar hecho de plástico (Ejército de Tierra, 2013).



*Figura 15. Sistema ASEK Supervivencia con corta atalajes. Fuente: NOP 411*

Kit bengalas: la necesidad de señalar la posición en caso de haber tenido que abandonar la aeronave por un accidente es evidente. Si se da el caso, y resulta que las bengalas están caducadas o su tiempo de vida útil ha sido sobrepasado, es posible que no se pueda señalar y no ser encontrados por una deficiencia del material. Esto es inconcebible para los pilotos de las FAMET. En este sentido, el 80% de los expertos en primera ronda, y el 100% en segunda, han destacado en el cuestionario que este material no cumple con la misión establecida, debido a que normalmente no son repuestas cuando se encuentran caducadas. Por ello proponen sustituir este sistema de bengalas por otro que permita informar de la posición propia sin incurrir en ese riesgo añadido.

Aunque el GL FAMET, al igual que ocurría con el artículo anterior, está estudiando la posibilidad de sustituir estas bengalas por un láser de rescate, este todavía se encuentra en fase de pruebas. Ante el desconocimiento de dicho láser, no se ha podido incluir información sobre este artículo en el cuestionario distribuido a los expertos, no pudiendo ser considerado como alternativa a valorar.

Aunque existen diferentes modelos (véase Anexo VII), todos los expertos que aconsejaban la sustitución del kit de bengalas propusieron para ello un sistema láser. De los tres modelos propuestos, cuyas características pueden consultarse en el Anexo VII, el modelo Green Rescue Laser Flare fue el preferido por el 62,5% de los expertos, frente al 25% y el 12,5% que optó por los modelos Rescue laser Flare Magnum y Láser de rescate RLL013-01, respectivamente. En esta misma línea, el modelo Green Rescue Laser alcanzó el máximo grado medio de idoneidad percibido por parte el grupo de expertos en segunda ronda, con un valor de 9 sobre 10.

El Green Rescue Laser tiene una visibilidad diurna de entre 1,6 km y 8 km y nocturna de hasta 48 km en condiciones de visibilidad óptimas. Además, es resistente al agua hasta los 24 m y es más compacto que el conjunto de lanzador más bengalas, lo que añadido a su bajo presupuesto se pone en una clara posición de ventaja con respecto al kit de bengalas. Se puede adquirir en la página web de *tchspain* (2022), al igual que ver sus características ya mencionadas.



*Figura 16. Green Rescue Laser Flare. Fuente: tchspain*

Linterna fija (luz indicadora de peligro): en ambiente hostil por la noche es necesario contar con un elemento que aporte visibilidad. El problema surge cuando este elemento es frágil, pudiendo deteriorarse a causa de un accidente.

El 90% de los expertos, tanto en primera como en segunda ronda, ha mostrado también su descontento con este artículo. Al igual que ocurre con el corta atalajes, al estar fabricado en material plástico lo hace frágil, propiedad inconcebible dentro de un equipo de supervivencia, y recomiendan un cambio.

Así, el 77,78% de los expertos que aconsejaban la sustitución de este artículo han propuesto para ello la linterna táctica FENIX PD32, siendo la media del grado de idoneidad expresado por el grupo notablemente alta, en concreto de 8 sobre un máximo de 10. De este modo, este modelo encabeza el orden de prioridad y es el propuesto para sustituir a la linterna fija actual, superando al modelo MILTEC Operator MT1 seleccionado por el resto de los expertos, y cuya media en el grado de idoneidad fue de escasamente 6 sobre 10.

La linterna FENIX PD32, de presupuesto medio, tiene una salida máxima de 1200 lúmenes y es capaz de alcanzar una distancia de 395 m. Es sumergible, su peso es de 82 gr. y cuenta con una vida útil de 50.000 horas (recargable) (mildot, 2022b). Todas estas características la hacen una buena opción frente a la que tienen las unidades de helicópteros del ET.



*Figura 17. Linterna FENIX PD32. Fuente: mildot*

## 5.2 Estudio de los respiradores

Para realizar el análisis sobre la posible sustitución de los respiradores actualmente en dotación, por otros más idóneos para las FAMET, se ha decidido emplear de nuevo la metodología AHP, en combinación con la técnica Delphi.

Con objeto de identificar los criterios o atributos que resultan de especial interés en la valoración de un respirador, y concretar un número manejable de respiradores alternativos



adecuados a las necesidades específicas de estas Unidades, se contactó con empresas relevantes del sector. Una de estas empresas suministra respiradores a las FAMET, así como a otras aeronaves de ala rotatoria y fija, entre las que se encuentran la GC y el EA.

Las empresas contactadas han sido Aqualung Group y Nordic Safety Systems. Tras varias conversaciones con responsables de estas empresas, especialmente con un trabajador de Aqualung Group encargado de la venta de respiradores para helicópteros en España, y tras un estudio previo en base a las propiedades de los productos, se definieron a priori cuatro características relevantes de un respirador: peso, coste, presión y volumen de aire expandido. Igualmente, tres modelos de respiradores fueron preseleccionados para ser estudiados, recopilando datos sobre sus características técnicas y su coste aproximado. Dichos modelos son: SEA LV2 (modelo actual), MEER 4500 LW y MEER EG (Aqualung Group, 2022) (Nordic Safety Systems, 2022).

Tras esta primera fase, de la que surgió una primera propuesta de criterios de evaluación, se procedió a consultar y corroborar la idoneidad de estos criterios con el grupo de pilotos que voluntariamente se ha prestado a colaborar en la investigación. Su aportación resulta especialmente valiosa por ser los usuarios finales del elemento en cuestión y por su gran experiencia acumulada. Tras analizar las respuestas a la pregunta 2 del cuestionario distribuido en segunda ronda, el cual se puede consultar en el Anexo VI, se observa que el 100% de los expertos coincidió en considerar todos los criterios preseleccionados (peso, coste, presión y volumen de aire expandido) como fundamentales a la hora de la selección de un nuevo respirador para las FAMET, por lo que finalmente fueron incorporados al modelo AHP.

### 5.2.1 Presentación del problema

El objetivo de esta parte del estudio consiste en la elección del modelo de respirador más idóneo para la sustitución de los respiradores que existen actualmente en dotación en las unidades de helicópteros del ET. Como ya se ha mencionado antes, los criterios seleccionados para ser incorporados al modelo de toma de decisiones AHP han sido el peso, el coste, la presión y el volumen de aire expandido de dichos respiradores. A continuación, se explica cada uno de ellos y el motivo de su inclusión.

Peso: el 'peso' es una de las cualidades básicas y fundamentales a ser consideradas en cualquier equipo militar, más aún para el caso de los pilotos, para los que volar con mucho peso resulta incómodo añadiendo un factor más de estrés al vuelo. Por ello conviene evitarlo si no es necesario. En relación con el peso, los respiradores se dividen en dos tipos principales: los que están fabricados de aluminio (SEA LV2) y los que están fabricados de compuesto de fibra de carbono (MEER EG y MEER 4500 LW). En concreto, el SEA LV2 pesa 1,36 kg, el MEER EG pesa 0,82 kg y el MEER 4500 LW pesa 0,77 kg. Dicho criterio se ha tomado como inverso, ya que se busca minimizar el peso.

Coste: el coste hace referencia al desembolso económico que hay que realizar para adquirir el producto. Acercarse al precio real de los respiradores ha resultado complejo. Tras haber contactado con las empresas mencionadas previamente se consiguió conocer un coste aproximado de dichos artículos. El coste viene dado principalmente, al igual que el peso, por los materiales de los que se componen los respiradores, siendo el coste de los respiradores fabricados en compuesto de fibra de carbono de aproximadamente 700 € (siendo el MEER 4500 LW un poco más caro, alrededor de los 750 €) y el de los que están fabricados de aluminio de unos 500 € aproximadamente.

Presión: la presión hace referencia a la fuerza ejercida sobre una superficie. De este modo, cuanta más presión se tenga, más volumen de aire expandido se podrá tener en el interior de un mismo espacio. En el caso de los respiradores a estudiar, existen dos tipos: los que cuentan con



4500 psis (300 bar) y el que cuenta con 3000 psis (207 bar). Los que cuentan con la primera presión necesaria son el MEER 4500 LW y el MEER EG y, por lo tanto, el que cuenta con 207 bar es el SEA LV2. La presión, unida con el material del que está fabricado, son cualidades esenciales, ya que la cantidad de aire que puede contener es de casi un 50% más, reduciendo el peso en un 30%.

Volumen de aire expandido: un criterio esencial a tener en cuenta es el volumen de aire expandido, dado que es lo que va a suponer que se pueda respirar más o menos tiempo. Aunque el tiempo exacto de respiración va a depender del tipo de situación en que nos encontremos, bien sea tranquila o una situación de estrés, como puede ser la de un vuelco tras un amerizaje, o de las capacidades de la persona implicada, en función de la instrucción recibida, podemos afirmar que, todo lo demás constante, a mayor volumen de aire expandido mayor será el tiempo disponible para respirar. En concreto, los volúmenes que tienen los respiradores en cuestión son: el SEA LV2 con 0,2916 l, el MEER EG 0,25 l y el MEER 4500 LW 0,2867 l. Y en lo referente a volumen de aire expandido: el SEA LV2 cuenta con 56,6 l, el MEER EG con 74,55 l y finalmente, el MEER 4500 LW con 85,5 l. Estos dos últimos cuentan con más volumen de aire expandido debido a que tienen más presión.

Cabe mencionar que en el caso del SEA LV2 y el MEER 4500 LW existen dos tamaños y se ha optado por elegir el de mayor volumen en ambas situaciones. Para el SEA LV2 existen los volúmenes de 13 in<sup>3</sup> (0,213 l) y 17,8 in<sup>3</sup> (0,2916 l), y para el MEER 4500 LW existen los volúmenes de 13 in<sup>3</sup> (0,213 l) y 17,5 in<sup>3</sup> (0,2867 l).

Las alternativas existentes, como ya se ha mencionado antes, son el SEA LV2, el MEER EG y el MEER 4500 LW. A continuación, se muestra la Tabla 10, la cual es un resumen de las características de cada alternativa con respecto a los criterios estudiados.

Tabla 10. Características de cada alternativa según criterios

Alternativas/Criterios	Peso (kg)	Coste (€)	Presión (bar)	Volumen (l)
SEA LV2	1,36	500	207	56,6
MEER EG	0,82	700	300	74,55
MEER 4500 LW	0,77	750	300	85,5

La Figura 18 refleja un diagrama de árbol el cual plasma el problema de decisión que existe con respecto a los respiradores.

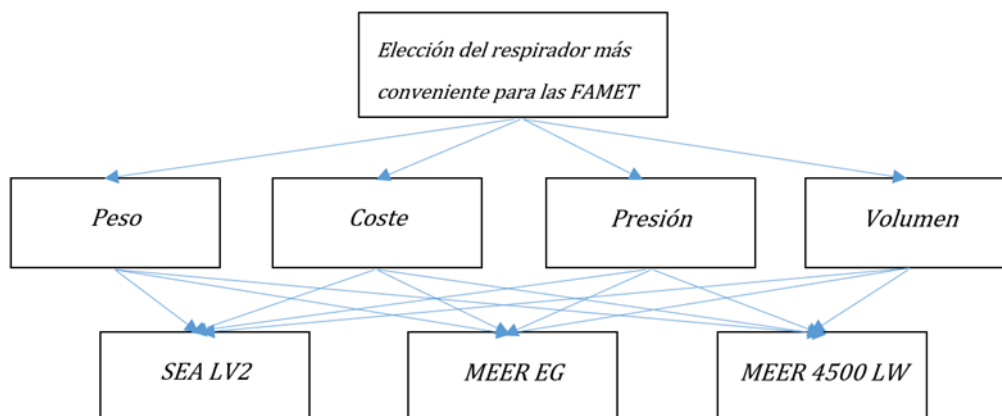


Figura 18. Árbol de decisión para jerarquía del método AHP. Fuente: elaboración propia



## 5.2.2 Evaluación de criterios

Con el fin de determinar la importancia de cada uno de los cuatro criterios (peso, coste, presión y volumen de aire expandido) frente a cada uno de los demás criterios, se vuelve a solicitar la colaboración de los expertos de la tabla 2, pidiéndoles que actúen del mismo modo que en el apartado 4.2.2. Esto es, se les pide que vayan realizando una comparativa por pares de criterios, utilizando la escala de Saaty, de modo que se pueda construir la matriz de comparación de criterios y, a partir de esta, calcular el vector de pesos  $W$  de los diferentes criterios<sup>10</sup>. El Anexo IX recoge la documentación recibida por los expertos para su cumplimentación.

La matriz de comparación por pares, y el vector de pesos de los criterios asociados a la anterior, aparecen reflejados en la tabla 11. Como se puede observar, el criterio más importante a juicio de los expertos es el volumen de aire expandido, con un peso calculado de 0,56. Es el aspecto que más preocupa a los pilotos, en caso de sufrir un amerizaje, al ser determinante del tiempo que van a poder respirar debajo del agua y, por tanto, clave para la supervivencia.

El segundo criterio más relevante es la presión (0,27) ya que, de ello, y del volumen de aire expandido, dependerá el volumen de la botella, y por tanto la manejabilidad del respirador en un espacio limitado. En tercer lugar, se sitúa el peso (0,13), por ser factor determinante del confort y la fatiga que puede experimentar el piloto y, finalmente, el coste (0,04), ya que los pilotos consideran que en caso de una situación extrema prima más la seguridad que elegir un respirador más barato y con peores características.

Tabla 11. Matriz de comparación por pares de los criterios

CRITERIOS	peso	presión	coste	volumen	WEIGHTS	RC
peso	1	1/3	5	1/5	0,13	6,47%
presión	3	1	7	1/3	0,27	
coste	1/5	1/7	1	1/9	0,04	
volumen	5	3	9	1	0,56	

## 5.2.3 Evaluación de las alternativas en función de los criterios

Como último paso para poder establecer una lista ordenada de los diferentes respiradores propuestos para sustituir al actual modelo SEA LV2, se pidió al grupo de expertos que, para cada uno de los criterios establecidos, fueran comparando cada modelo de respirador frente a cada uno de los demás. La tabla 12 muestra dicha comparativa en función del criterio peso, la Tabla 13 en función del coste, la Tabla 14 en función de la presión y la Tabla 15 en función del volumen de aire expandido.

Tabla 12. Matriz de comparación de alternativas: Peso

peso	MEER 4500 LW	MEER EG	SEA LV2	WEIGHTS	RC
MEER 4500 LW	1	3	9	0,65	7,01%
MEER EG	1/3	1	7	0,29	
SEA LV2	1/9	1/7	1	0,06	

<sup>10</sup> Los cálculos necesarios para llegar al vector de pesos,  $W$ , a partir de la matriz de comparación por pares se han detallado previamente en el apartado 4.2.2.





En la Tabla 12 se muestra la matriz de comparación de alternativas en función del criterio 'peso'. Como se puede ver en la tabla, el MEER 4500 LW es mejor, según el criterio peso, seguido del MEER EG. Esto se debe a que el MEER 4500 LW es el menos pesado de los tres.

Tabla 13. Matriz de comparación de alternativas: Coste

coste	MEER 4500 LW	MEER EG	SEA LV2	WEIGHTS	RC
MEER 4500 LW	1	1/3	1/9	0,07	2,52%
MEER EG	3	1	1/5	0,18	
SEA LV2	9	5	1	0,75	

En la Tabla 13 se puede observar la matriz de comparación de alternativas en función del criterio 'coste'. Según dicho criterio, el más económico es el SEA LV2, debido a que está fabricado en aluminio y es más barato que los materiales composite.

Tabla 14. Matriz de comparación de alternativas: Presión

presión	MEER 4500 LW	MEER EG	SEA LV2	WEIGHTS	RC
MEER 4500 LW	1	1	9	0,47	0,60%
MEER EG	1	1	9	0,47	
SEA LV2	1/9	1/9	1	0,06	

En la Tabla 14 se enseña la matriz de comparación de alternativas en función del criterio 'presión'. En este caso, las alternativas cuya valoración es mayor en función del criterio 'presión' son el MEER 4500 LW y el MEER EG. Ambos reciben la misma valoración a partir de la opinión de los expertos, dado que tienen la misma presión.

Tabla 15. Matriz de comparación de alternativas: Volumen de aire expandido

volumen	MEER 4500 LW	MEER EG	SEA LV2	WEIGHTS	RC
MEER 4500 LW	1	3	7	0,64	5,65%
MEER EG	1/3	1	5	0,28	
SEA LV2	1/7	1/5	1	0,07	

En la Tabla 15 se contempla la matriz de comparación de alternativas en función del criterio 'volumen de aire expandido'. El MEER 4500 LW es el mejor valorado en función de dicho criterio, ya que es el respirador con mayor volumen de aire expandido en su interior.

## 5.2.4 Jerarquización de alternativas

Una vez calculados los vectores de pesos de las distintas alternativas o respiradores para cada uno de los criterios, y el vector de pesos correspondiente a estos criterios, resulta sencillo obtener la valoración global final, VG, de cada respirador y, basándose en ello, dar una respuesta clara y rigurosa al problema planteado.

A modo de ejemplo, la valoración global del respirador modelo MEER EG se obtendría del siguiente modo:

$$V_G^{MEER EG} = (0,29 \times 0,13) + (0,47 \times 0,27) + (0,18 \times 0,04) + (0,28 \times 0,56) = 0,33$$



La tabla 16 muestra los resultados obtenidos. La mayor valoración global, de 0,57, se corresponde con el respirador MEER 4500 LW, convirtiéndose así en el modelo idóneo para las tripulaciones de helicópteros de las FAMET y siendo propuesto para sustituir al actual respirador SEA LV2 en dotación. El respirador MEER 4500 LW es un respirador más moderno que, gracias a sus materiales en compuesto de fibra de carbono pesa menos, es capaz de tener una mayor presión y, por tanto, un volumen de aire mayor. Las valoraciones recibidas por los otros dos modelos fueron de 0,33 para el MEER EG y 0,09 para el SEA LV2.

*Tabla 16. Jerarquización de alternativas: Respiradores*

CRITERIOS	WEIGHTS	MEER 4500 LW	MEER EG	SEA LV2
peso	0,13	0,65	0,29	0,06
presión	0,27	0,47	0,47	0,05
coste	0,04	0,07	0,18	0,75
volumen	0,56	0,64	0,28	0,07
		0,5726	0,3286	0,0905

### 5.3 Elementos que faltan del equipo de supervivencia

En el Anexo VI. Segundo cuestionario Delphi se incluye una pregunta que hace referencia a qué elemento consideran los expertos que hace falta dentro del equipo de supervivencia y las unidades de FAMET no cuentan con algo similar.

Los expertos fueron claros respecto a la necesidad de contar con un Botiquín Individual del Combatiente (BIC) como el que se les suministra cuando están de misión. Así lo expresaron seis de los diez expertos consultados en primera ronda, y la totalidad de ellos en segunda. Según su argumentación, las tripulaciones de vuelo no se juegan solo la vida cuando están de misión, sino en cada vuelo que realizan. El vuelo es una actividad peligrosa, ya sea en territorio nacional o en TO, pudiendo sufrir un accidente en cualquiera de ellos. Tener en posesión un BIC supondría una gran ayuda a los pilotos del ET.

Según revela Plaza (2013), los diez primeros minutos tras sufrir heridas después de un accidente son cruciales, y determinan la posibilidad de sobrevivir. Es por lo que se denominan “los diez minutos de platino”. Llega incluso a afirmar que, según datos de la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) y del Ejército norteamericano, la probabilidad de supervivencia podría llegar a aumentar hasta en un 50% si se recibe asistencia sanitaria en ese intervalo de tiempo. Esta idea, junto con la dificultad de que el personal médico llegue durante ese período, pone de relieve una vez más la importancia de contar con el material sanitario adecuado.

Es por todo esto por lo que las unidades de FAMET necesitan un BIC para el día a día, no únicamente cuando están desplegados en el exterior, ya que se juegan la vida diariamente. El contenido del BIC se muestra en la Figura 19 y también se muestra una relación de dichos artículos en profundidad en el Anexo VIII.

Finalmente, con este BIC quedarían satisfechas las necesidades que los equipos de supervivencia y salvamento no cubrían al completo. Esto daría el aporte sanitario al equipo individual o colectivo en caso de sufrir un accidente.





*Figura 19. Contenido del BIC. Fuente: elaboración propia*

## 6 Conclusiones y trabajo futuro

El presente TFG surge de la necesidad que tiene el ET, y en concreto las FAMET, de adquirir los productos clave para la supervivencia y salvamento, con el fin de lograr mejores resultados y evitar bajas que se podrían haber subsanado con la portación de otro material más adecuado. La seguridad en vuelo y en tierra de las tripulaciones de helicópteros del ET debe ser un objetivo esencial y muy presente en el día a día de los pilotos y mecánicos de las FAMET.

Por ello, se ha realizado un estudio relacionado con los materiales de supervivencia y equipos de salvamento con que cuenta el ET con el fin de localizar cuáles son los fallos de dichos elementos que suponen un detrimento a la seguridad y ofrecer una solución alternativa a la problemática actual.

Se ha pretendido diseñar un nuevo y mejorado equipo de supervivencia considerando las necesidades que tienen los pilotos con el fin de mejorar las condiciones de seguridad y, asimismo, que puedan realizar su instrucción y estar en TO sabiendo que pueden confiar en su equipo y que este va a seguir operativo en una situación de supervivencia.

En este sentido se ha propuesto un objetivo principal y, para que este sea posible, otros cuatro secundarios. El objetivo principal es dotar a las tripulaciones de los helicópteros del ET del material de supervivencia y equipo de salvamento que mejor se adecúe a sus necesidades, ofreciendo seguridad y minimizando el riesgo para el personal en situaciones de emergencia, tanto en vuelo como en tierra, siguiendo para ello un proceso eficiente, basado en la renovación/sustitución gradual de los elementos actualmente en dotación, y la adquisición de nuevos tipos de elementos en caso necesario.

En cuanto a los objetivos secundarios, el primero que se marcó fue el de conocer las necesidades actuales de los pilotos de helicópteros del ET. Para ello, se realizó una serie de cuestionarios reiterados (dos rondas), mediante aplicación del método Delphi, a un grupo de 10 pilotos de las FAMET con gran experiencia y conocimiento en la materia. De este modo se pudo averiguar la opinión representativa del grupo sobre tales necesidades, en qué medida son cubiertas con el material y los equipos actuales, y su capacidad de mejora. Si bien la satisfacción global con el material en dotación fue bastante alta, se identificaron elementos que no cumplían las necesidades de las tripulaciones de vuelo al completo y que, teniendo en cuenta otros aspectos relevantes para el proceso de sustitución debían ser priorizados. Hablamos de los artículos del chaleco de supervivencia y los respiradores. Además, identificaron qué criterios o atributos valoraban especialmente en dicho material con el fin de garantizar la cobertura de esas necesidades.

En cuanto al segundo objetivo secundario, estudiar los materiales de supervivencia y salvamento con los que cuentan en la actualidad las FAMET y la instrucción que reciben las tripulaciones, ha sido complejo su estudio a través de internet, ya que es información no relevante



para el mundo civil. Sin embargo, gracias a los integrantes del BHELTRA V y tras varias conversaciones realizadas con el personal del taller de salvamento de la Base 'Coronel Maté' se encontró una Norma Operativa (NOP) llamada: Gestión de material de supervivencia y equipos de salvamento de las unidades de helicópteros del ET. Haciendo uso de esta NOP, resultó más sencilla la búsqueda de información sobre los distintos materiales, ya que en ella existe una relación ilustrada de los distintos elementos con sus propiedades, así como una serie de indicaciones acerca de los distintos materiales, futuras compras y sustituciones que prevé el GL FAMET.

En lo referente al tercer objetivo secundario marcado, el cual consiste en estudiar las alternativas y evaluar cuáles de ellas son más convenientes, se han usado dos técnicas distintas, una para cada elemento a tratar: artículos del chaleco de supervivencia y respiradores. En el primer caso, se volvió a realizar la técnica Delphi. Dicha técnica sirvió para llegar a un consenso de cuáles eran aquellos artículos que no llegaban a los objetivos esperados. Asimismo, se encontró una solución para la renovación/sustitución de los artículos que no cumplían las expectativas. Además de tener en cuenta las aportaciones de los expertos, se comprobó si dichos artículos estaban en estudio debido a que el GL FAMET hubiera notado la deficiencia de estos previamente a este trabajo. En el segundo caso, se contactó con dos empresas vendedoras de respiradores, siendo una de estas la empresa encargada de la venta a las FAMET. Gracias a la información conseguida tras varias llamadas y la consulta a los expertos, se consiguió la información necesaria para poder llevar a cabo el método AHP, con el que finalmente se encontró una alternativa al respirador en dotación.

El cuarto objetivo secundario tenía el fin de diseñar un nuevo equipo de supervivencia mejorado para cumplir los requisitos adecuados. Con dicho fin, se consiguió diseñar un nuevo esquema para los artículos del chaleco de supervivencia y los respiradores. Además, se realizó un cuestionario para determinar qué elemento era necesario que portasen las tripulaciones de helicópteros para sentirse seguros. Para ello, se determinó que un elemento importante era el BIC, no solo en TO, sino también en territorio nacional, ya que las tripulaciones se juegan la vida día a día y resulta un elemento necesario en el equipo mínimo a portar para cada vuelo, aunque sea de instrucción.

La metodología AHP y Delphi han hecho posible cumplir los objetivos debido a la correcta selección de expertos y a la redacción adecuada de los cuestionarios. Los expertos han sido escogidos entre pilotos del BHELTRA V y la ACAVIET y, gracias a ellos, su completa disponibilidad y gran experiencia se han podido solucionar brechas existentes en el equipo de supervivencia.

Se sugiere que para trabajos futuros se optimicen el resto de los equipos de supervivencia y salvamento que no han sido evaluados en profundidad en este trabajo (balsas de salvamento, chaleco de supervivencia y collar de flotabilidad).

No cabe duda de que el presente TFG será de gran utilidad a las unidades de helicópteros del ET cuyos sus pilotos necesiten un cambio/renovación de sus materiales de supervivencia o equipos de salvamento, así como para dar a conocer cuáles son las mejoras posibles que se pueden hacer a dichos equipos. Sería interesante el estudio de nuevos materiales, como los ya mencionados a lo largo de trabajo, con mejores capacidades y más eficaces.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvy. (2018). *microsiervos*. Disponible en: <https://www.microsiervos.com/archivo/aerotrastorno/entrenamiento-escapar-helicoptero-caido-agua-hunde.html> [Consultado 20-10-2022].
- Aqualung Group. (2022). *Aqualung Group*. Disponible en: <https://milproaqualung.com/collections/products> [Consultado 22-10-2022].
- EASA. (2012). *Anexo VII al proyecto de Reglamento de la Comisión*, s.l.: s.n. [Consultado 20-09-2022].
- Ejército de Tierra. (2013). *NOP 411 GESTIÓN DE MATERIAL DE SUPERVIVENCIA Y EQUIPOS DE SALVAMENTO DE LAS DISTINTAS UNIDADES DEL ET*, s.l.: s.n. [Consultado 25-09-2022].
- Ejército de Tierra. (2019). *Ejército de Tierra*. Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/noticias/2019/01/7076\\_practicas\\_amerizaje.html](https://ejercito.defensa.gob.es/noticias/2019/01/7076_practicas_amerizaje.html) [Consultado 21-10-2022].
- Ejército de Tierra. (2021). *Ejercicio INTECAP III en Almagro (FAMET\_MOE)*. Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/en/unidades/Burgos/san\\_marcial/Noticias/2021/EJERCICIO\\_INTECAPIII\\_ALMAGRO.html](https://ejercito.defensa.gob.es/en/unidades/Burgos/san_marcial/Noticias/2021/EJERCICIO_INTECAPIII_ALMAGRO.html) [Consultado 23-10-2022].
- Ejército de Tierra. (2022). *Ejército de Tierra*. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/famet/index.htm> [Consultado 27-08-2022].
- Ejército de Tierra. (s.f.). *Resumen de la Historia de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra*, s.l.: s.n. [Consultado 21-08-2022].
- Emrouznejad, A. y Ho, W. (2017). *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. CRC Press, 2017.: Chapman and Hall/CRC. DOI: 10.1201/9781315369884
- Infodefensa. (2019). *Infodefensa*. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3131161/famet-adiestra-tripulaciones-tecnicas-supervivencia-agua> [Consultado 16-10-2022].
- mildot. (2022). *mildot*. Disponible en: <https://www.mildot.es/torniquete-cat-gen-7.html> [Consultado 25-09-2022].
- mildot. (2022). *mildot*. Disponible en: <https://www.mildot.es/linterna-fenix-pd32-v2-0-1200-lumenes.html> [Consultado 25-09-2022].



- Nantes, E. A. (2019). *EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA DE DECISIONES*. Universidad Nacional del Sur: s.n. [Consultado 09-10-2022].
- Nordic Safety Systems. (2022). *Nordic Safety Systems*. Disponible en: <https://www.nordicsafety.se/en/Emergency-Egress-System> [Consultado 22-10-2022].
- Plaza Torres, J. F. (2013). El BIC, un Botiquín para el Combatiente. *Boletín de Infantería de Marina*, Issue 19. [Consultado 22-10-2022].
- Redón Trabal, P. (2011). *SICUT IN CAELO ET IN TERRA*. Primera ed. Barcelona: Cromagraf Pressco. [Consultado 02-10-2022].
- Reguant, Á. M. y Torrado-Fonseca, M. (2016). *El Método Delphi*. REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació ed. Barcelona: ES, 9(1), pp. 87–102. DOI: 10.1344/reire2016.9.1916.
- Rodríguez, N. V. (2020). *ESTUDIO DEL MANEJO DE HEMORRAGIAS EXTERNAS CON TORNIQUETE CAT EN PRIMEROS INTERVINIENTES*. Universidad de Valladolid: Facultad de Enfermería. [Consultado 22-10-2022].
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York. [Consultado 18-10-2022].
- sermilitar. (2013). *sermilitar*. Disponible en: <https://www.sermilitar.com/curso-de-piloto-de-helicopteros-para-oficiales-del-ejercito-de-tierra/> [Consultado 20-10-2022].
- SST, (2021). *sstraining*. Disponible en: <https://sstraining.es/instalaciones/cesupar/> [Consultado 25-09-2022].
- tchspain. (2022). *tchspain*. Disponible en: <https://www.tchspain.com/inicio/laser-rescate-verde-Green-rescue-laser-flare-greatlandlaser/259> [Consultado 20-10-2022].
- vetpac. (2021). *vetpac*. Disponible en: <https://www.vetpac.es/supervivencia-evasion-resistencia-escape-sere/> [Consultado 24-09-2022].



## **DOCUMENTO II. ANEXOS**





## Anexo I. Equipo de supervivencia mínimo (ámbito militar)

A continuación, se muestra una relación del equipo de supervivencia que deben portar las unidades del ET:

- Chaleco de supervivencia.
- Respirador de emergencia.
- Bolsa para agua potable.
- Brújula.
- Cinta de torniquete.
- Espejo de señales.
- Conjunto lanzador mini bengalas.
- Linterna fija.
- Linterna estroboscópica.
- Manta térmica.
- Silbato.
- Cerillas estancas.
- Kit de fuego.
- Cuchillo de supervivencia.
- Corta atalajes.

Además de dicho equipo, en función del entorno en el que se vuela, se debe añadir una serie de materiales:

Para misiones en montaña
<ul style="list-style-type: none"><li>– Prenda de abrigo y saco de dormir.</li><li>– Pastillas desalinizadoras.</li><li>– Gafas de sol.</li><li>– Paquete de alcohol sólido.</li><li>– Poncho.</li><li>– Guantes.</li><li>– Crema de protección solar.</li></ul>

Para misiones en el desierto:
<ul style="list-style-type: none"><li>– Poncho.</li><li>– Prenda abrigo.</li><li>– Manta americana.</li><li>– Depósito flexible para agua.</li><li>– Gafas protección solar.</li><li>– Pastillas salinizadoras (litines).</li><li>– Crema de protección solar.</li></ul>

Misiones en la selva
<ul style="list-style-type: none"><li>– Medicinas antipaludismo.</li><li>– Mosquitera.</li><li>– Poncho.</li><li>– Suero contraofidio.</li><li>– Hamaca.</li><li>– Sierra de hilo.</li></ul>

Misiones en el mar
<ul style="list-style-type: none"><li>– Desalinizador</li><li>– Gafas protección solar</li><li>– Útiles de pesca (sedal, anzuelos y plomos)</li><li>– Poncho</li><li>– Manta americana</li><li>– Pomada vitamina A+D</li><li>– Repelente tiburones</li></ul>



## Anexo II. Normativa civil relacionada con la supervivencia

En este Anexo, se muestra la normativa civil relacionada con el tema supervivencia, cabe mencionar que todo ello es menos restrictivo que la normativa militar:

### Transmisor de localización de emergencia (ELT)

- a) Los helicópteros que están certificados para tener una configuración máxima de más de 6 plazas de pasajeros tienen que disponer en su equipo de:
  - Un ELT automático.
  - Un ELT de supervivencia (ELT[S]) en un chaleco salvavidas o una balsa salvavidas si el helicóptero va a operar a una distancia de la tierra que corresponda a más de 3 minutos de vuelo a una velocidad normal de crucero.
- b) Los helicópteros que están certificados para tener una configuración máxima de 6 plazas de pasajeros o menos deberán estar equipados con una radiobaliza de localización personal (PLB) o un ELT[S], pudiendo ser portada por el piloto a los mandos o un pasajero.
- c) Los ELT y las PLB deberán poder transmitir en las frecuencias de emergencia: 121,5 MHz y 406 MHz.

### Vuelo sobre el agua

- a) Los helicópteros deben proporcionar un chaleco salvavidas para cada persona a bordo o un dispositivo de flotación personal equivalente para cada persona a bordo menor de dos años, los cuales deberán de llevarse puestos o estar en un lugar fácilmente accesible para cuando haya que usarlos, cuando:
  - Se vuele sobre el agua a una distancia de tierra que no se pueda alcanzar en autorrotación.
  - Se despegue o aterrice en un aeródromo o lugar en el que la trayectoria de despegue o aproximación quede por encima del agua.
- b) El chaleco salvavidas debe estar dotado de iluminación eléctrica para poder facilitar la localización de las personas.
- c) El piloto al mando de un helicóptero que vuele sobre agua a una distancia de tierra de 50 NM o la correspondiente a más de 30 minutos de vuelo a velocidad de crucero normal, la que sea menor, tendrá que determinar los riesgos para la supervivencia de los ocupantes en caso de amerizaje forzoso, en función de los cuales determinará portar:
  - Equipos con los que emitir señales de socorro.
  - Balsas salvavidas suficientes para albergar a todas las personas a bordo, situadas en un lugar de fácil localización.
  - Equipos salvavidas que proporcionen soporte vital adecuado para el vuelo que se vaya a emprender.
- d) El piloto al mando de un helicóptero tendrá que determinar los riesgos para la supervivencia de los ocupantes en caso de amerizaje forzoso a la hora de decidir si todos los ocupantes deben llevar puestos los chalecos salvavidas exigidos en el punto (a).





### **Equipos de supervivencia**

Los helicópteros que vuelen sobre zonas en las que la búsqueda y salvamento pueda ser difícil tendrán que estar equipados con equipos salvavidas y dispositivos de señales, incluyendo medios de soporte vital, apropiados para el área sobre la que se vuela.



## Anexo III. Artículos del chaleco de supervivencia

A continuación, se muestran las ilustraciones de los distintos artículos del equipo de supervivencia. Fuente: NOP 411

**Bolsa (almacenamiento de agua potable):**



**Brújula magnética portátil:**



**Cinta para torniquete:**



**Espejo de señales de emergencia:**



**Kit bengalas:**



**Linterna fija, luz indicadora de peligro:**





**Kit manta térmica:**



**Linterna ACS/MS 2000M:**



**Navaja gran campero verde:**



**Marcador marino:**



**Kit de fuego:**



**Cuchillo de caza:**



**Cuchilla corta atalajes:**





## Anexo IV. Primer cuestionario Delphi

### 1. Cuestionario inicial

Debido a su experiencia, la naturaleza del trabajo que desarrolla, el puesto que ocupa y el conocimiento en el ámbito de los helicópteros de ET, usted ha sido escogido como experto en un grupo cuya opinión será tomada en cuenta para la realización del Trabajo de Fin de Grado: “Renovación y Adquisición de los materiales de supervivencia de los helicópteros del ET”, cuyo objetivo es plantear las posibles medidas que se podrían realizar para conseguir que estos equipos funcionen correctamente y cumplan los objetivos para los que son asignados.

Con la aplicación de la técnica Delphi se pretende averiguar la opinión representativa del grupo en los aspectos que resultan cruciales para dar respuesta al problema que se plantea. Para ello se le irán enviando una serie de cuestionarios, en varias rondas (previsiblemente dos o tres rondas) solicitando su opinión. En cada cuestionario enviado se le proporcionará retroalimentación sobre las respuestas vertidas por el grupo en la ronda anterior, de modo que se abra un proceso de reflexión sobre el tema y cada experto pueda reconsiderar sus respuestas. El proceso termina al conseguir suficiente convergencia de opiniones.

1. Empleo.
2. Tiempo que lleva usted en unidades de Helicópteros del ET.
3. Tiempo que lleva usted siendo conocedor de los materiales de supervivencia.
4. Calificación como piloto dentro de las FAMET.
5. ¿Ha tenido que usar alguna vez algún material de supervivencia?
6. Si su respuesta en la pregunta anterior fue “Sí”, ¿qué material?
7. ¿Ha estado desplegado en alguna misión en el exterior con una unidad de helicópteros?
8. Grado de conocimiento en la materia. Siendo 1: “Nulo” y 10: “Muy Alto”. Rodee su respuesta:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



## 2. Primera ronda

- 1) De acuerdo con sus conocimientos y experiencia en el uso de los materiales de supervivencia y equipos de salvamento que existen actualmente en dotación en las unidades de helicópteros del ET ¿considera que estos materiales y equipos satisfacen las necesidades de estas unidades ante una emergencia? Señale con una "X" donde corresponda:

☐

*Sí, totalmente*

☐

*No, en absoluto*

☐

*Parcialmente*

Observaciones: \_\_\_\_\_

- 2) En caso de que en la pregunta 1) haya respondido "No, en absoluto" o "Parcialmente", indique a continuación posibles vías de actuación que aconsejaría para mejorar dicha situación (puede marcar más de una):

- a) Renovación o sustitución de ciertos elementos o materiales por otros:

☐

*Sí*

☐

*No*

- b) Adquisición de nuevos elementos o materiales para la satisfacción de necesidades no cubiertas:

☐

*Sí*

☐

*No*

- c) Otras (indique): \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

- 3) Si fuera posible llevar a cabo la sustitución de algunos de los elementos que conforman actualmente el equipo de supervivencia y salvamento en dotación, ¿qué aspectos tendría en cuenta a la hora de dar prioridad a un elemento u otro en ese proceso de renovación? Señale con una "X" donde corresponda:

- a) Coste:

☐

*Sí*

☐

*No*

Observaciones: \_\_\_\_\_

- b) Vida útil restante:

☐

*Sí*

☐

*No*

Observaciones: \_\_\_\_\_

- c) Capacidad de mejora:

☐

*Sí*

☐

*No*

Observaciones: \_\_\_\_\_

- d) Otros (indique cuál): \_\_\_\_\_



- 4) Atendiendo al desarrollo de la tecnología y a las alternativas que existen actualmente en el mercado, indique su opinión respecto al grado de mejora que podría conseguirse con la renovación/sustitución de los siguientes elementos actualmente en dotación. Se utiliza para ello una escala de 1 a 5, siendo "1" nivel muy bajo de mejora y "5" nivel muy alto de mejora.

Elemento:	Nivel de mejora:				
a) Chaleco de supervivencia:	1	2	3	4	5
Justificación: _____ _____					
b) Artículos de chaleco:	1	2	3	4	5
Justificación: _____ _____					
c) Balsas:	1	2	3	4	5
Justificación: _____ _____					
d) Respiradores:	1	2	3	4	5
Justificación: _____ _____					
e) Chaleco salvavidas:	1	2	3	4	5
Justificación: _____ _____					

Observaciones: \_\_\_\_\_



### 3. Segunda ronda

En la Primera Ronda del método Delphi, no todos los expertos han llegado a las mismas conclusiones. Debido a ello, considero que es necesario volver a rellenar su respuesta siendo conocedor de las respuestas de los expertos restantes. Dicha respuesta debe ir acompañada de una justificación por la que da esa visión.

- 1) El 80% de los expertos del grupo considera que los materiales y equipos actuales en dotación no permiten alcanzar totalmente los objetivos de cumplimiento de las misiones con el mínimo riesgo para las tripulaciones de helicópteros. Se le pide que a la vista de dicha información reconsidere o reafirme su respuesta.

☐

*Sí, totalmente*

☐

*No, en absoluto*

☐

*Parcialmente*

Observaciones: \_\_\_\_\_

En segunda ronda, el 100% de los expertos indicó que los equipos no cumplen las necesidades al completo.

Además, indique también su nivel de satisfacción global con el actual equipo de supervivencia en dotación, utilizando una escala de 1 a 5 en donde 1 indique 'Muy baja satisfacción' a 5 'Muy alta satisfacción'.

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

La media de la satisfacción global indicada por el grupo fue de 4.

- 2) En caso de que en la pregunta 1) haya respondido "No, en absoluto" o "Parcialmente", se le pide que reconsidere su opinión respecto a posibles vías de actuación que pudieran mejorar dicha situación (puede marcar más de una) sabiendo que todos los expertos que marcaron "No, en absoluto" o "Parcialmente" en primera ronda recomendaron la sustitución de algunos elementos y que el 62'5% de ellos también aconsejan la adquisición de nuevos elementos:

Estrategia	Frecuencia	Sí	No
a) Renovación o sustitución de ciertos elementos o materiales por otros:	8/8		
b) Adquisición de nuevos elementos o materiales para la satisfacción de necesidades no cubiertas	5/8		
c) Otras (indique): _____			

Observaciones: \_\_\_\_\_

En segunda ronda, todos los expertos volvieron a considerar la renovación o sustitución como vía de mejora aumentando al 100% los que aconsejan también con la adquisición de nuevos elementos. Ningún experto aconsejó otras vías de actuación.





- 3) A continuación, se muestra la aportación del grupo respecto a los criterios más importantes que deberían tenerse en cuenta a la hora de dar prioridad a algunos materiales y elementos del equipo de salvamento frente a otros, en caso de poner en marcha un proceso de renovación o sustitución, indicando la frecuencia con la que han sido seleccionados en la primera ronda. A la vista de estos resultados se solicita que revise su recomendación previa sobre la inclusión o no de cada uno de dichos criterios y proceda a su valoración.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar a qué elemento del equipo de supervivencia y salvamento le urge más la sustitución o renovación.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Coste	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Coste	7/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar a qué elemento del equipo de supervivencia y salvamento le urge más la sustitución o renovación.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Vida útil restante	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Vida útil	7/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar a qué elemento del equipo de supervivencia y salvamento le urge más la sustitución o renovación.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Capacidad de mejora	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Capacidad de mejora	9/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.





- 4) La opinión de los expertos consultados sobre el grado de mejora que podría conseguirse gracias a la sustitución de un elemento por otro, de los existentes actualmente en el mercado, queda recogido en la siguiente tabla, mediante la media y desviación típica de sus valoraciones. Tras conocer esta información se pide que reafirme o reconsidere su valoración sobre el grado de mejora posible. Utilice para ello una escala de 1 a 5, siendo 1 nivel muy bajo de mejora y 5 nivel muy alto de mejora.

Señale con una X el grado de mejora de cada elemento del equipo de supervivencia y salvamento.	Grado de mejora		Grado de mejora (valor)				
	Media	$\sigma$					
Chaleco de supervivencia	1,8	0,98	1	2	3	4	5
Artículos del chaleco de supervivencia	4,8	0,40	1	2	3	4	5
Balsas salvavidas	3,2	1,10	1	2	3	4	5
Respiradores	4,7	0,46	1	2	3	4	5
Chaleco salvavidas	2,7	1,42	1	2	3	4	5

En segunda ronda, el chaleco de supervivencia AIR WARRIOR, los artículos del chaleco de supervivencia, las balsas de salvamento, el collar de flotabilidad LPU-40 y el respirador SEA LV2 obtuvieron un grado de mejora de 2/5 (bajo); 5/5 (muy alto); 3,5/5 (alto); 3/5 (medio) y 5/5 (muy alto), respectivamente.



## Anexo V. Cuestionario para la metodología AHP 1.

Como miembro del grupo de expertos cuya opinión será tenida en cuenta para la realización del Trabajo de Fin de Grado: "Renovación y Adquisición de los materiales de supervivencia de los helicópteros del ET" se vuelve a pedir su colaboración. En este caso su aportación será útil para determinar a qué elementos del material de supervivencia y equipos de salvamento hay que dar prioridad para su renovación/sustitución, ya que dicha información es necesaria para la aplicación de un método de decisión multicriterio denominado AHP.

El método de toma de decisiones AHP requiere tener identificadas las alternativas que componen el campo de elección y los criterios relevantes de evaluación. Ambos han sido ya definidos. En concreto, las alternativas se corresponden con los cinco elementos componentes del material de supervivencia y equipo de salvamento: chaleco de supervivencia, artículos del chaleco de supervivencia, balsas de salvamento, collar de flotabilidad y respiradores.

En relación con los criterios que se ha considerado importante valorar para la priorización de un elemento del equipo frente a otro han sido tres: vida útil restante, coste y capacidad de mejora. Se definen y comentan a continuación:

Vida útil restante: este criterio es un aspecto negativo de la evaluación, porque cuanto más larga sea la vida útil restante del elemento, menos urgente será su sustitución. La vida útil de un producto hace referencia al período de tiempo durante el cual se estima que dicho producto podrá ser utilizado cumpliendo adecuadamente su función, y superando las correspondientes revisiones. Por ello, se entiende vida útil restante como el período de tiempo durante el cual dicho elemento todavía puede ser utilizado en condiciones satisfactorias. Tras las consultas pertinentes, se han obtenido las siguientes conclusiones. La vida útil del chaleco de supervivencia es muy larga, la de los respiradores y el collar de flotabilidad baja, mientras que las balsas presentan una vida útil restante media/alta. Respecto a los artículos del chaleco de supervivencia, existe una gran variedad de elementos, algunos de los cuales con el paso del tiempo caducan y no son repuestos, como es el caso de las bengalas. Por ello se optó por ser lo más restrictivos posible, considerando una vida útil muy baja para estos artículos.

Coste: al igual que el criterio anterior, el coste también es un aspecto negativo para evaluar. A mayor coste del elemento mayor sacrificio económico conlleva su sustitución y, por ende, menor prioridad para llevarla a cabo. Aunque el coste de los equipos es complicado de determinar, pudiendo existir un rango de precios más o menos amplio, se estableció un precio medio aproximado tras consultar con los expertos. En este sentido, se ha determinado que el precio del chaleco de supervivencia es alto (2.000 €), el de las balsas de salvamento es muy alto (3.000 €), el de los artículos del chaleco de supervivencia en conjunto, respiradores y el collar de flotabilidad es medio (alrededor de los 700 €).

Capacidad de mejora: este criterio es subjetivo, a diferencia de los dos previamente analizados. En este caso, los encargados de determinar qué grado de mejora tenía cada elemento han sido los propios expertos, por ser también usuarios y conocedores de su verdadero funcionamiento. La capacidad de mejora de cada elemento la pueden determinar distintos aspectos según el elemento a analizar. Por ello, este criterio toma importancia, dado la complejidad de relacionar cada elemento en un criterio objetivo. Como ejemplo, la capacidad de mejora de las balsas de salvamento puede residir en reducir el peso, ya que este es un factor determinante a la hora de planificar un vuelo. En el caso de los respiradores, puede ser el volumen de aire expandido que contiene en su interior, lo que se traduce en autonomía de respiración. Es decir, se trata de aspectos que son determinantes para tenerlos en cuenta y no existe un criterio cuantitativo que relacione a las distintas alternativas. Se ha determinado que la capacidad de mejora de los artículos del chaleco de supervivencia y del respirador SEA LV2 es



muy alta. El chaleco de supervivencia AIR WARRIOR tiene una capacidad de mejora baja, las balsas de salvamento la tienen alta y, finalmente, el collar de flotabilidad tiene un grado de mejora medio.

Para la aplicación del método AHP se necesita conocer la opinión del grupo en relación con la importancia que consideran tiene cada criterio frente a los demás en este proceso de priorización, así como la valoración que se hace de cada alternativa (elemento del equipo) frente a cada una de las demás, atendiendo cada vez a un solo criterio. Por ello se pide que, utilizando la escala de comparación de Saaty que se adjunta, y tras ponerse de acuerdo el grupo de expertos, vayan rellenando las tablas de comparación incluidas a continuación. Se incluye un ejemplo para mayor claridad.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda

Ejemplo de comparación:

Si en la comparación de criterios consideran que el criterio “capacidad de mejora” de un elemento del equipo es moderadamente más importante que el criterio “vida útil restante” a la hora de dar prioridad a un elemento para su sustitución, pondrán una X en la casilla azul a la derecha de “capacidad de mejora” y asignarán un valor de 3 en la casilla naranja de valoración.

Ejemplo	Vida útil		Capacidad de mejora	X	Valor	3
---------	-----------	--	---------------------	---	-------	---

Rellene la siguiente tabla, comparando cada elemento del equipo frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “vida útil restante”:

En referencia al criterio VIDA ÚTIL, marquen con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Artículos del chaleco de supervivencia		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Balsas de salvamento		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Respirador SEA LV2		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Balsas de salvamento		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Respirador SEA LV2		Valor	
	Balsas de salvamento		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Balsas de salvamento		Respirador SEA LV2		Valor	
	Collar de flotabilidad LPU-40		Respirador SEA LV2		Valor	



Rellene la siguiente tabla, comparando cada elemento del equipo frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “capacidad de mejora”:

En referencia al criterio CAPACIDAD DE MEJORA, marquen con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Artículos del chaleco de supervivencia		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Balsas de salvamento		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Respirador SEA LV2		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Balsas de salvamento		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Respirador SEA LV2		Valor	
	Balsas de salvamento		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Balsas de salvamento		Respirador SEA LV2		Valor	
	Collar de flotabilidad LPU-40		Respirador SEA LV2		Valor	

Rellene la siguiente tabla, comparando cada elemento del equipo frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “coste”:

En referencia al criterio COSTE, marquen con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Artículos del chaleco de supervivencia		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Balsas de salvamento		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Respirador SEA LV2		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Balsas de salvamento		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Artículos del chaleco de supervivencia		Respirador SEA LV2		Valor	
	Balsas de salvamento		Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	
	Balsas de salvamento		Respirador SEA LV2		Valor	
	Collar de flotabilidad LPU-40		Respirador SEA LV2		Valor	

Rellene la siguiente tabla, comparando cada criterio en función de su importancia:

Comparando criterios 2 a 2, responda con una X utilizando la tabla Saaty en función de la importancia del criterio	Vida útil		Capacidad de mejora		Valor	
	Coste		Vida útil		Valor	
	Capacidad de mejora		Coste		Valor	



## RESPUESTAS

En referencia al criterio VIDA ÚTIL, marquen con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Artículos del chaleco de supervivencia	X	Valor	9
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Balsas de salvamento	X	Valor	3
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Collar de flotabilidad LPU-40	X	Valor	7
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Respirador SEA LV2	X	Valor	7
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Balsas de salvamento		Valor	7
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	3
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Respirador SEA LV2		Valor	3
	Balsas de salvamento		Collar de flotabilidad LPU-40	X	Valor	5
	Balsas de salvamento		Respirador SEA LV2	X	Valor	5
	Collar de flotabilidad LPU-40	X	Respirador SEA LV2	X	Valor	1

En referencia al criterio CAPACIDAD DE MEJORA, marquen con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Artículos del chaleco de supervivencia	X	Valor	9
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Balsas de salvamento	X	Valor	7
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Collar de flotabilidad LPU-40	X	Valor	3
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Respirador SEA LV2	X	Valor	9
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Balsas de salvamento		Valor	3
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	7
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Respirador SEA LV2	X	Valor	1
	Balsas de salvamento	X	Collar de flotabilidad LPU-40		Valor	3
	Balsas de salvamento		Respirador SEA LV2	X	Valor	3
	Collar de flotabilidad LPU-40		Respirador SEA LV2	X	Valor	7



CAC D. Ignacio Jesús Ruiz Ramos

En referencia al criterio COSTE, marquen con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Artículos del chaleco de supervivencia	X	Valor	5
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR	X	Balsas de salvamento		Valor	3
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Collar de flotabilidad LPU-40	X	Valor	5
	Chaleco de supervivencia AIR WARRIOR		Respirador SEA LV2	X	Valor	5
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Balsas de salvamento		Valor	7
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Collar de flotabilidad LPU-40	X	Valor	1
	Artículos del chaleco de supervivencia	X	Respirador SEA LV2	X	Valor	1
	Balsas de salvamento		Collar de flotabilidad LPU-40	X	Valor	7
	Balsas de salvamento		Respirador SEA LV2	X	Valor	7
	Collar de flotabilidad LPU-40	X	Respirador SEA LV2	X	Valor	1

Comparando criterios 2 a 2, responda con una X utilizando la tabla Saaty en función de la importancia del criterio	Vida útil		Capacidad de mejora	X	Valor	3
	Coste		Vida útil	X	Valor	5
	Capacidad de mejora	X	Coste		Valor	7



## Anexo VI. Segundo cuestionario Delphi

### 1. Primera ronda

Tras un análisis realizado previamente, se consideró que los artículos del chaleco de supervivencia y los respiradores que existen actualmente en dotación en las unidades de helicópteros del ET no permiten alcanzar los objetivos de estas unidades con un suficiente nivel de satisfacción y deben ser renovados de manera prioritaria respecto al resto de materiales de supervivencia y elementos de los equipos de salvamento. Se pretende proveer a estas unidades de aquellos elementos que, de manera eficiente, permitan alcanzar el éxito en sus misiones con el mínimo riesgo para sus tripulaciones. Para ello, y con el fin de realizar un estudio pormenorizado sobre el proceso de renovación de estos elementos se le pide que, atendiendo a su formación y experiencia, responda a las siguientes cuestiones.

- 1) De acuerdo con sus conocimientos y experiencia en el uso de los artículos del chaleco de supervivencia que existen actualmente en dotación en las unidades de helicópteros del ET, indique cuál de ellos considera que debe mantenerse en dotación, por considerar que sus características y funcionalidad garantizan un adecuado cumplimiento del objetivo marcado, y cuáles considera que deberían ser sustituidos. Igualmente, deben indicar la razón de sustitución, en caso pertinente. Señale con una "X" en la opción correspondiente.

<i>Material</i>	<i>Mantener (X):</i>	<i>Sustituir (X):</i>	<i>Observaciones:</i>
<i>Bolsa (almacenamiento de agua potable)</i>			
<i>Brújula magnética portátil</i>			
<i>Cinta para torniquete</i>			
<i>Espejo de señales emergencia</i>			
<i>Kit bengalas</i>			
<i>Linterna fija, luz indicadora de peligro</i>			
<i>Kit manta térmica</i>			
<i>Linterna ACS/MS-2000M</i>			
<i>Navaja gran Campero verde</i>			
<i>Silbato con cordón</i>			
<i>Cerillas estancas</i>			
<i>Kit de fuego</i>			
<i>Marcador marino</i>			
<i>Cuchillo de caza</i>			
<i>Cuchilla corta atalajes</i>			



- 2) Para aquellos artículos del chaleco de supervivencia a los que haya recomendado su sustitución en la pregunta 1) ¿tiene conocimiento de algún otro elemento, dentro de esa categoría, que esté accesible en el mercado y que considere como buena alternativa para ser incorporado al equipo en dotación? Muéstrelo en la tabla adjunta y justifique su propuesta.

Cabe destacar que el Ejército de Tierra ha encargado la compra del sistema ASEK cuchillo supervivencia para chaleco AIR WARRIOR. Este sistema está compuesto de tres partes: funda de pierna, cuchillo y herramienta corta atalajes. Además, posee un puntero rompe vidrios y una empuñadura que le permite ser usada como un martillo. También, cabe destacar que la funda de pierna es compatible con el sistema MOLLE, al igual que el chaleco AIR WARRIOR. Tras ser conocedor de esto, si considera que este sistema es la mejor opción para sustituir la navaja gran Campero verde, el cuchillo de caza y la cuchilla corta atalajes, incorpórelo en la columna 'Material por el que sustituir'. En caso contrario, proponga aquel que considere más adecuado. Justifique su respuesta.

<i>Material</i>	<i>Material por el que sustituir</i>	<i>Justificación</i>
<i>Bolsa (almacenamiento de agua potable)</i>		
<i>Brújula magnética portátil</i>		
<i>Cinta para torniquete</i>		
<i>Espejo de señales emergencia</i>		
<i>Kit bengalas</i>		
<i>Linterna fija, luz indicadora de peligro</i>		
<i>Kit manta térmica</i>		
<i>Linterna ACS/MS-2000M</i>		
<i>Navaja gran Campero verde</i>		
<i>Silbato con cordón</i>		
<i>Cerillas estancas</i>		
<i>Kit de fuego</i>		
<i>Marcador marino</i>		
<i>Cuchillo de caza</i>		
<i>Cuchilla corta atalajes</i>		





- 3) La opinión de consenso de los expertos consultados previamente colocaba a los respiradores como otro de los elementos a sustituir con un alto nivel de prioridad de entre los materiales de supervivencia y componentes del equipo de salvamento ¿Qué criterios considera usted que son más importantes, y deberían ser tenidos en cuenta, en la valoración y selección del respirador idóneo que sustituya al existente en dotación? Justifique su respuesta:

a) Coste: ☐ Sí ☐ No

Observaciones: \_\_\_\_\_

b) Peso: ☐ Sí ☐ No

Observaciones: \_\_\_\_\_

c) Presión: ☐ Sí ☐ No

Observaciones: \_\_\_\_\_

d) Volumen de aire expandido: ☐ Sí ☐ No

Observaciones: \_\_\_\_\_

e) Otros (indique cuál): \_\_\_\_\_

- 4) En su opinión, ¿existe alguna necesidad, asociada a la supervivencia de las tripulaciones de helicópteros en situaciones de emergencia, que no quede suficientemente cubierta con los materiales y elementos actuales en dotación y que requiera la adquisición de nuevos tipos de elementos? Justifique su respuesta y proponga el tipo de elemento idóneo para hacer frente a esta circunstancia.

—  
—

Observaciones: \_\_\_\_\_



## 2. Segunda Ronda

- 1) A continuación, se muestra la aportación del grupo de expertos respecto a qué artículos del chaleco de supervivencia deberían ser sustituidos, indicando la frecuencia con que ha sido seleccionado cada uno de ellos. También quedan recogidos los motivos argumentados por los expertos para proponer tal sustitución, y su frecuencia de aparición, así como los artículos existentes en el mercado que han sido preseleccionados como mejores alternativas al artículo en cuestión, tras las recomendaciones de los expertos y un análisis previo.

Atendiendo a esta información se le pide que, para cada tipo de artículo, reconfirme (o no) su recomendación de que dicho elemento sea sustituido por otro de los existentes actualmente en el mercado. En caso afirmativo, indique si considera relevante cada uno de los motivos argumentados para ello. Igualmente, indique para cada artículo alternativo propuesto, la fuerza de su recomendación como artículo idóneo.

Señale con una "X" si está de acuerdo en que debería sustituirse ese material:	Frecuencia	Sí (X)	En a) señale con "X" si está de acuerdo en que se trata de un motivo relevante para la sustitución.		
			En b) indique para cada artículo propuesto su grado de idoneidad en una escala del 1 al 10, siendo 1 "muy bajo" y 10 "muy alto".		
Bolsa (almacenamiento de agua potable)	0/10		a) Motivo	Frec.	Sí (X)
			-		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
			-		
Brújula magnética portátil	0/10		a) Motivo	Frec.	Sí (X)
			-		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
			-		
Cinta para torniquete	10/10		a) Motivo	Frec.	Sí (X)
			- Seguridad del ajuste		
			- Calidad del material		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
Espejo de señales emergencia	0/10		- CAT Gen. 7	- 10/10	
			a) Motivo	Frec.	Sí (X)
			-		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
Kit bengalas	8/10		-		
			a) Motivo	Frec.	Sí (X)
			- Caducidad de bengalas		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
Linterna fija, luz indicadora de peligro	9/10		- Green Rescue Laser Flare	- 5/10	
			- Rescue Laser Flare Magnum	- 2/10	
			- Laser de Rescate RLL013-01	- 1/10	
			a) Motivo	Frec.	Sí (X)
Kit manta térmica	0/10		- Calidad del material		
			-		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
			- Linterna FENIX PD32	- 7/10	
			- Linterna MILTEC Operator MT1	- 2/10	
			a) Motivo	Frec.	Sí (X)
			-		
			-		
			b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
			-		
			-		



Linterna ACS/MS-2000M	0/10	a) Motivo	Frec.	Sí (X)
		-		
		-		
		b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		-		
		-		
Navaja gran Campero verde	6/10	a) Motivo	Frec.	Sí (X)
		- Falta de integridad para incorporar en chaleco AIR WARRIOR		
		b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		- Sistema ASEK	- 6/10	
		-		
		-		
Silbato con cordón	0/10	a) Motivo	Frec.	Sí (X)
		-		
		-		
		b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		-		
		-		
Cerillas estancas	0/10	a) Motivo	Frec.	Sí (X)
		-		
		-		
		b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		-		
		-		
Kit de fuego	0/10	a) Motivo	Frec.	Sí (X)
		-		
		-		
		b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		-		
		-		
Marcador marino	0/10	a) Motivo	Frec.	Sí (X)
		-		
		-		
		b) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		-		
		-		
Cuchillo de caza	6/10	c) Motivo	Frec.	Sí (X)
		- Falta de integridad para incorporar en chaleco AIR WARRIOR		
		-		
		d) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		- Sistema ASEK	- 6/10	
		-		
Cuchilla corta atalajes	9/10	e) Motivo	Frec.	Sí (X)
		- Falta de integridad para incorporar en chaleco AIR WARRIOR		
		- Calidad del material		
		f) Modelo propuesto	Frec.	Grado de idoneidad
		- Sistema ASEK	- 9/10	
		-		

En segunda ronda, el 100% de los expertos se reafirmó en que la cinta para torniquete debía ser sustituida por otro elemento, coincidiendo en señalar como motivo principal la seguridad del ajuste y la calidad del material. Además, todos ellos propusieron el modelo del torniquete CAT Gen. 7, recibiendo este un grado de idoneidad muy alto (10/10). Asimismo, el 100%, en segunda ronda, pensaron que el kit de bengalas debía de ser sustituido debido a la caducidad de estas, proponiendo para ello el Green Rescue Laser Flare en su mayoría, con un grado de idoneidad muy alto (9/10). Otros modelos propuestos fueron el Rescue Laser Flare Magnum y el Laser de Rescate RLL013-01, con unos grados de idoneidad más bajos que el anterior, medio y bajo respectivamente (6/10 y 4/10). El 90% de los expertos



coincidieron en que la linterna fija debida ser sustituida, debido a la calidad del material, por la linterna FENIX PD32 en su mayoría, recibiendo un grado de idoneidad alto (8/10). Otro modelo propuesto fue la linterna MILTEC Operator MT1, que obtuvo, sin embargo, un grado de idoneidad medio (6/10).

Finalmente, el sistema ASEK fue propuesto como modelo para sustituir la navaja gran Campero verde y el cuchillo de caza, en el 60% de los expertos, debido a la falta de integridad de estos para incorporarse en el chaleco AIR WARRIOR. Así como el 90% coincidió en que dicho sistema debe sustituir a la cuchilla corta atalajes, por el mismo motivo y por la calidad del material. El sistema ASEK recibió un grado de idoneidad muy alto (10/10).

- 2) A la pregunta: ¿Qué criterios considera usted que son más importantes, y deberían ser tenidos en cuenta, en la valoración y selección del respirador idóneo que sustituya al existente en dotación? Los expertos han reflejado sus aportaciones en cuatro dimensiones: coste, peso, presión y volumen de aire expandido. La siguiente tabla recoge las categorías mencionadas por el grupo en relación con cada una de esas dimensiones y su frecuencia de aparición. A la vista de esta información se le pide que reconsidere y valore cada una.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar el respirador más idóneo.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Coste	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Coste	7/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar el respirador más idóneo.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Peso	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Peso	8/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.



Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar el respirador más idóneo.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Presión	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Presión	9/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

Señale con una X si está de acuerdo en que se trata de una de las características o aspectos más importantes para determinar el respirador más idóneo.			Fuerza de la recomendación				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Dimensión: Volumen	Frecuencia	Sí (X)	Valore				
Volumen de aire expandido	9/10						

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideró relevante.

- 3) La siguiente tabla recoge la aportación del grupo en relación con aquellas necesidades, asociadas a la supervivencia de las tripulaciones de helicópteros en situaciones de emergencia, que no quedan suficientemente cubiertas con los materiales y elementos actuales en dotación y que requieren la adquisición de nuevos tipos de elementos. Se muestra también la frecuencia con que ha sido mencionado y los elementos que han sido propuestos para cubrirla y que requieren la adquisición de nuevos tipos de elementos. Se muestran los diferentes tipos de elementos que han sido seleccionados. Se pide que reconsidere o reafirme su opinión respecto a la necesidad de incorporar este tipo de material y que valore el grado de idoneidad de cada modelo propuesto.

Material	Frecuencia	Modelo propuesto	Sí (X)
Botiquín individual	6/10	BIC	

En segunda ronda, el 100% de los expertos lo consideran importante.



## Anexo VII. Artículos propuestos que no fueron seleccionados para el equipo de supervivencia

De los artículos propuestos para la sustitución de los artículos del chaleco de supervivencia, no todos fueron seleccionados, finalmente. Aquí se muestran las características de los que no fueron elegidos.

- **Rescue Laser Flare Magnum**

Dicho láser tiene una visibilidad diurna de entre 1,6 km y 4,8 km y nocturna de hasta 32 km en condiciones de visibilidad óptimas. Además, es resistente al agua hasta los 24 m. La duración de su batería es de 72 horas de uso continuado. Su precio es de aproximadamente 175 €. Las características son similares que el elegido, pero con una visibilidad reducida y precio ligeramente inferior. Por ello, se eligió al Green Rescue Laser Flare.



- **Láser de rescate RLL013-01**

Dicho láser tiene una visibilidad diurna de entre 1,6 km y 4,8 km y nocturna de hasta 32 km en condiciones de visibilidad óptimas. Además, es resistente al agua hasta los 24 m. Su duración es de 40 horas de uso continuado, lo que hace que sea el peor de los artículos propuestos para la sustitución del kit de bengalas en características y, por tanto, más barato (Alrededor de 150 €).



- **Linterna MILTEC Operator MT1**

Esta linterna de presupuesto medio tiene una salida máxima de 350 lúmenes. Es sumergible, su peso es de 142 gramos y tiene un precio más bajo que la linterna elegida (alrededor de 15 €).





## Anexo VIII. Componentes del BIC

Para conseguir la información de los Componentes del Botiquín Individual del Combatiente (BIC). Dicho BIC contiene el equipo necesario para permitir la atención inmediata a la baja, se puede usar con chaleco antifragmentos, es compacto y de poco peso.

El contenido de dicho BIC es el siguiente:

- Tijera corta ropa.
- Un par de guantes comprimidos de alta resistencia.
- Vendaje compresivo de emergencia.
- 3 toallitas antiquemaduras.
- Apósito de heridas de tórax.
- Venda de combate impregnada con el agente.
- Hemostático “CELOX”.
- Aplicador con “CELOX” para heridas penetrantes.
- Mascarilla facial RCP.
- Espray autoprotector.
- Manta de supervivencia.
- Torniquete, similar al CAT.
- 3 fichas guía esquematizadas para distintas situaciones.

### Tijera corta ropa

Sirve para lo que su propio nombre indica, así como evitar daños extras al herido.



### Guantes de nitrilo

Tienen como finalidad evitar cortes y pinchazos y resulta sencillo de poner en personal no acostumbrado.



### Vendaje de emergencia:

Es un vendaje de fácil utilización, con auto cierre incorporado y ofrece una alta resistencia.



### Toallitas antiquemaduras:

Previenen de infecciones, reducen el nivel de dolor y disminuyen la profundidad, enfriando la quemadura de forma instantánea.







### **Parche oclusivo torácico con válvula:**

Para el tratamiento del neumotórax abierto



### **Aplicador con gránulo hemostático:**

Es especial para heridas producidas por arma de fuego, útil para heridas penetrantes, no produce quemaduras, se elimina con agua, se puede utilizar en condiciones de hipotermia y tiene capacidad para controlar hemorragias severas.



### **Venda hemostática:**

Está impregnada de agente hemostático, es útil contra hemorragias arteriales y venosas, no produce quemaduras, se elimina con agua y se puede usar en condiciones de hipotermia.



### **Mascarilla RCP:**

Sólo tiene un uso, protege de contaminaciones y contiene indicaciones de dirección.



### **Spray-autoprotector:**

Se puede usar en mucosas, anula el VIH, TBC, HEP B y C, actúa en sangre saliva y heces y tiene efectos inmediatos.



### **Manta de supervivencia:**

Es impermeable, ligera, de un solo uso y protege del frío y del calor dependiendo de su colocación.







### **Torniquete:**

Es similar al CAT, aunque de peores calidades, tiene fácil utilización y sustituye al torniquete de lona.



### **Fichas guía de actuación:**

Actualmente, se encuentran desactualizadas y no figuran ya en muchos BICs. Son esquemáticas y de un tamaño adaptado al botiquín.





## Anexo IX. Cuestionario para la metodología AHP 2.

Como miembro del grupo de expertos cuya opinión será tenida en cuenta para la realización del Trabajo de Fin de Grado: "Renovación y Adquisición de los materiales de supervivencia de los helicópteros del ET" se vuelve a pedir su colaboración. En este caso su aportación será útil para determinar información necesaria para la aplicación de un método de decisión multicriterio denominado AHP, gracias a esta información se podrá seleccionar qué modelo de respirador es el más idóneo para las unidades de helicópteros del ET.

El método de toma de decisiones AHP requiere tener identificadas las alternativas que componen el campo de elección y los criterios relevantes de evaluación. Ambos han sido ya definidos. En concreto, las alternativas se corresponden con tres respiradores: el SEA LV2 (modelo actual), el MEER EG y el MEER 4500 LW.

En relación con los criterios que se ha considerado importante valorar para la selección del respirador idóneo han sido cuatro: peso, coste, presión y volumen de aire expandido. Se definen y comentan a continuación:

Peso: el 'peso' es una de las cualidades básicas y fundamentales a ser consideradas en cualquier equipo militar, más aún para el caso de los pilotos, para los que volar con mucho peso resulta incómodo añadiendo un factor más de estrés al vuelo. Por ello conviene evitarlo si no es necesario. En relación con el peso, los respiradores se dividen en dos tipos principales: los que están fabricados de aluminio (SEA LV2) y los que están fabricados de compuesto de fibra de carbono (MEER EG y MEER 4500 LW). En concreto, el SEA LV2 pesa 1,36 kg, el MEER EG pesa 0,82 kg y el MEER 4500 LW pesa 0,77 kg. Dicho criterio se ha tomado como inverso, ya que se busca minimizar el peso.

Coste: el coste hace referencia al desembolso económico que hay que realizar para adquirir el producto. Acercarse al precio real de los respiradores ha resultado complejo. Tras haber contactado con las empresas mencionadas previamente se consiguió conocer un coste aproximado de dichos artículos. El coste viene dado principalmente, al igual que el peso, por los materiales de los que se componen los respiradores, siendo el coste de los respiradores fabricados en compuesto de fibra de carbono de aproximadamente 700 € (siendo el MEER 4500 LW un poco más caro, alrededor de los 750 €) y el de los que están fabricados de aluminio de unos 500 € aproximadamente.

Presión: la presión hace referencia a la fuerza ejercida sobre una superficie. De este modo, cuanto más presión se tenga, más volumen de aire expandido se podrá tener en el interior de un mismo espacio. En el caso de los respiradores a estudiar, existen dos tipos: los que cuentan con 4500 psis (300 bar) y el que cuenta con 3000 psis (207 bar). Los que cuentan con la primera presión necesaria son el MEER 4500 LW y el MEER EG y, por lo tanto, el que cuenta con 207 bar es el SEA LV2. La presión, unida con el material del que está fabricado, son cualidades esenciales, ya que la cantidad de aire que puede contener es de casi un 50% más, reduciendo el peso en un 30%.

Volumen de aire expandido: un criterio esencial a tener en cuenta es el volumen de aire expandido, dado que es lo que va a suponer que se pueda respirar más o menos tiempo. Aunque el tiempo exacto de respiración va a depender del tipo de situación en que nos encontremos, bien sea tranquila o una situación de estrés, como puede ser la de un vuelco tras un amerizaje, o de las capacidades de la persona implicada, en función de la instrucción recibida, podemos afirmar que, todo lo demás constante, a mayor volumen de aire expandido mayor será el tiempo disponible para respirar. En concreto, los volúmenes que tienen los respiradores en cuestión son: el SEA LV2 con 0,2916 l, el MEER EG 0,25 l y el MEER 4500 LW 0,2867 l. Y en lo referente a



volumen de aire expandido: el SEA LV2 cuenta con 56,6 l, el MEER EG con 74,55 l y finalmente, el MEER 4500 LW con 85,5 l. Estos dos últimos cuentan con más volumen de aire expandido debido a que tienen más presión.

Para la aplicación del método AHP se necesita conocer la opinión del grupo en relación con la importancia que consideran tiene cada criterio frente a los demás en este proceso de selección, así como la valoración que se hace de cada alternativa (respirador) frente a cada una de las demás, atendiendo cada vez a un solo criterio. Por ello se pide que, utilizando la escala de comparación de Saaty que se adjunta, y tras ponerse de acuerdo el grupo de expertos, vayan rellenando las tablas de comparación incluidas a continuación. Se incluye un ejemplo para mayor claridad.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda

Ejemplo de comparación:

Si en la comparación de criterios consideran que el criterio “presión” de un respirador es moderadamente más importante que el criterio “peso” a la hora de determinar la idoneidad del respirador para las FAMET, pondrán una X en la casilla azul a la derecha de “presión” y asignarán un valor de 3 en la casilla naranja de valoración.

Ejemplo	PESO		PRESIÓN	X	Valor	3
---------	------	--	---------	---	-------	---

Rellene la siguiente tabla, comparando cada criterio en función de su importancia:

Comparando criterios 2 a 2, responda con una X utilizando la tabla Saaty en función de la importancia del criterio	PESO		PRESIÓN		VALOR	
	PESO		COSTE		VALOR	
	PESO		VOLUMEN		VALOR	
	PRESIÓN		COSTE		VALOR	
	PRESIÓN		VOLUMEN		VALOR	
	COSTE		VOLUMEN		VALOR	

Rellene la siguiente tabla, comparando cada respirador frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “peso”:

En referencia al criterio PESO, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW		MEER EG		VALOR	
	MEER 4500 LW		SEA LV2		VALOR	
	MEER EG		SEA LV2		VALOR	



Rellene la siguiente tabla, comparando cada respirador frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “presión”:

En referencia al criterio PRESIÓN, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW		MEER EG		VALOR	
	MEER 4500 LW		SEA LV2		VALOR	
	MEER EG		SEA LV2		VALOR	

Rellene la siguiente tabla, comparando cada respirador frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “coste”:

En referencia al criterio COSTE, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW		MEER EG		VALOR	
	MEER 4500 LW		SEA LV2		VALOR	
	MEER EG		SEA LV2		VALOR	

Rellene la siguiente tabla, comparando cada respirador frente a cada uno de los demás, atendiendo al criterio “volumen de aire expandido”:

En referencia al criterio VOLUMEN, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW		MEER EG		VALOR	
	MEER 4500 LW		SEA LV2		VALOR	
	MEER EG		SEA LV2		VALOR	



## RESPUESTAS:

Comparando criterios 2 a 2, responda con una X utilizando la tabla Saaty en función de la importancia del criterio	PESO		PRESIÓN	X	VALOR	3
	PESO	X	COSTE		VALOR	5
	PESO		VOLUMEN	X	VALOR	5
	PRESIÓN	X	COSTE		VALOR	7
	PRESIÓN		VOLUMEN	X	VALOR	3
	COSTE		VOLUMEN	X	VALOR	9
En referencia al criterio PESO, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW	X	MEER EG		VALOR	3
	MEER 4500 LW	X	SEA LV2		VALOR	9
	MEER EG	X	SEA LV2		VALOR	7
En referencia al criterio PRESIÓN, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW	X	MEER EG	X	VALOR	1
	MEER 4500 LW	X	SEA LV2		VALOR	9
	MEER EG	X	SEA LV2		VALOR	9
En referencia al criterio COSTE, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW		MEER EG	X	VALOR	3
	MEER 4500 LW		SEA LV2	X	VALOR	9
	MEER EG		SEA LV2	X	VALOR	5
En referencia al criterio VOLUMEN, marque con una X una de las siguientes opciones dándole un valor de la tabla Saaty	MEER 4500 LW	X	MEER EG		VALOR	3
	MEER 4500 LW	X	SEA LV2		VALOR	7
	MEER EG	X	SEA LV2		VALOR	5