



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# ESTUDIO DE ADQUISICIÓN E INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE ARMAS AUTOPROPULSADO ALTERNATIVO AL SIAC Y SU VIABILIDAD DENTRO DEL ENTORNO BRIEX 2035

CAC Gonzalo Ramón Abad Larrén

Director académico: D. Iván Cristóbal Monreal

Director militar: Cap. Raúl González Duarte

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023



---

Gonzalo Abad Larrén



---

Gonzalo Abad Larrén

## Agradecimientos

Me gustaría mostrar mi agradecimiento en la realización del trabajo, primeramente, a una parte del personal del GACALEG por su entera disposición a proporcionar información, solventar dudas de distinto ámbito y por su activa participación en la metodología propuesta.

También, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al director académico D. Iván Cristóbal Monreal por servir como guía para la realización de un proyecto de esta magnitud. Gracias por sus consejos, orientaciones y disposición.



Gonzalo Abad Larrén

## RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo encontrar una alternativa al actual obús SIAC 155/52 en dotación desde hace más de 20 años, además de analizar los distintos obuses autopropulsados y valorar las tendencias actuales en materia de artillería autopropulsada. El carácter de los conflictos actuales y la evolución de los sistemas de armas han dejado a esta pieza como un material anticuado respecto a los sistemas que se pueden encontrar en otros países. Dentro de esta búsqueda de alternativas, la parte principal del análisis se centra en la utilización del método de jerarquización analítica AHP.

No solo basta con hacer un profundo estudio de los materiales en el entorno global, sino que hay que analizar las necesidades en materia de artillería y revisar los procedimientos propios. Además, es preciso establecer los criterios o los aspectos que tienen más relevancia en el rendimiento general de un sistema de armas de este tipo. Para ello se estableció un grupo de expertos a quienes se les realizó una entrevista y posteriormente unas encuestas.

Este grupo de expertos tenía como finalidad en un primer momento, la selección y ordenación de los criterios más relevantes en este tema. Para ello, se indagó respecto al rendimiento presentado por la pieza SIAC 155/52, en distintos ámbitos. Personal dedicado a su mantenimiento, personal que la ha utilizado en diferentes unidades, etc. Además, con el grupo de expertos se pretende poner en común ideas y posibilidades de cara a una hipotética sustitución del obús, descartando una posible modernización o adaptación a vehículo autopropulsado del actual SIAC. Con la síntesis de todos los datos y los criterios y subcriterios bien definidos, se puede iniciar la búsqueda de las posibles alternativas.

Mediante ese mismo grupo de expertos y la revisión de artículos de revistas, publicaciones doctrinales, estado del arte respecto a la temática y otra documentación se seleccionan las alternativas a las que se aplicará la metodología principal del trabajo. En este punto se aplica el método ya citado AHP, donde criterios y subcriterios se comparan con los obuses candidatos. Mediante el auxilio del software Expert Choice se obtienen unos resultados. El vehículo Caesar destacaba sobre sus competidores, por su potencia de fuego y fácil integración. No obstante, se realizó un análisis de sensibilidad para extraer conclusiones respecto a las otras dos alternativas y dotar de rigor al resultado final.

Del estudio no solo se obtuvo esta alternativa como la óptima, sino que se comprobó que el reemplazo del obús SIAC es clave para enfrentarse al entorno operativo en un futuro. Además, el obús remolcado está tendiendo a su desaparición en favor de modelos autopropulsados, de una mayor agilidad. La potencia de fuego destacó como uno de los aspectos principales a tener en cuenta.

## PALABRAS CLAVE

Obús autopropulsado, SIAC 155/52, Análisis Jerárquico de procesos (AHP), apoyo de fuegos (APOFU).



Gonzalo Abad Larrén

## ABSTRACT

The aim of this work is to find an alternative to the current SIAC 155/52 howitzer, which has been in service for over 20 years. Additionally, the analysis includes an examination of various self-propelled howitzers and an assessment of current trends in self-propelled artillery. The nature of current conflicts and the evolution of weapon systems have left this piece outdated compared to the systems that can be found in other countries. In the search for alternatives, the main part of the analysis focuses on the use of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method.

It is not enough to conduct a thorough study of materials in the global environment; it is also necessary to analyze artillery needs and review one's own procedures. Furthermore, it is essential to establish the criteria or aspects that are most relevant to the overall performance of such a weapon system. To achieve this, a group of experts was set up, who were interviewed and later surveyed.

The initial purpose of this group of experts was to select and prioritize the most relevant criteria in this area. This involved investigating the performance of the SIAC 155/52 in various aspects, including personnel dedicated to its maintenance and those who have used it in different units, among other considerations. In addition, with the group of experts, the aim is to share ideas and possibilities for a hypothetical replacement of the howitzer, excluding the possibility of modernizing or adapting the current SIAC to a self-propelled vehicle. With the synthesis of all the data and well-defined criteria and sub-criteria, the search for possible alternatives can begin.

Through the same group of experts and the review of journal articles, doctrinal publications, state of the art regarding the subject, and other documentation, alternatives to which main methodology of the work Will be applied are selected. At this point, the aforementioned AHP method is applied, comparing criteria and sub-criteria with the candidate howitzers. Using the Expert Choice software, results are obtained. The Caesar vehicle stood out among its competitors for its firepower and easy integration. However, a sensitivity analysis was carried out to draw conclusions regarding the other two alternatives to make the final result more rigorous.

The study not only found this alternative as optimal but also confirmed that replacing the SIAC howitzer is crucial for facing the operational environment in the future. Additionally, towed howitzers are trending toward disappearance in favor of more agile self-propelled models. Firepower was highlighted as one of the main aspects to be taken into account.

## KEYWORDS

Self-Propelled Howitzer, SIAC 155/52, Analytic Hierarchy Process (AHP), Fire Support (APOFU).



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Marco del proyecto .....	1
1.2. Justificación .....	1
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivos y alcance.....	2
2.2. Metodología .....	3
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
3.1. Estado del arte.....	5
3.2. Artillería de campaña: .....	6
3.3. Medios de ACA .....	6
3.3.1. APU SBT 155/52 SIAC .....	9
3.4. Organización para el combate .....	10
<b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>
4.1. Presentación de la metodología .....	11
4.1.1. Focus Group .....	11
4.1.2. Metodología AHP.....	12
4.1.3. Análisis de sensibilidad .....	14
4.2. Ejecución.....	14
4.3. Definición de los criterios .....	14
4.3.1. Potencia de fuego.....	14
4.3.2. Movilidad.....	15



Gonzalo Abad Larrén

4.3.3.	Seguridad .....	15
4.3.4.	Capacidad de proyección .....	15
4.4.	Estudio de las alternativas .....	16
4.4.1.	Archer .....	16
4.4.2.	Caesar .....	17
4.4.3.	ATMOS 2000 .....	18
4.5.	Árbol de jerarquías y matrices de decisión .....	19
4.5.1.	Constitución de las matrices de decisión .....	19
4.5.2.	Normalización de la escala de Saaty .....	24
4.6.	Análisis de resultados .....	26
4.7.	Análisis de sensibilidad .....	27
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>33</b>
	<b>ANEXO I – FICHAS TÉCNICAS .....</b>	<b>34</b>
	<b>ANEXO II - ENTREVISTA DEFINICIÓN DE CRITERIOS .....</b>	<b>37</b>
	<b>ANEXO III – CUESTIONARIO AHP .....</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXO IV – RESULTADOS AHP .....</b>	<b>44</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proyectoil Excalibur.....	7
Figura 2: Obús SIAC .....	8
Figura 3: CDU integrada en el obús SIAC .....	9
Figura 4: Matriz de ejemplo.....	12
Figura 5: Obús autopropulsado ARCHER .....	16
Figura 6: Obús autopropulsado CAESAR.....	17
Figura 7: Obús autopropulsado ATMOS.....	18
Figura 8: Árbol de decisión.....	19
Figura 9: Matriz de criterios.....	20
Figura 10: Desglose del peso de los criterios y subcriterios .....	21
Figura 11: Matriz del subcriterio “potencia de fuego” .....	21
Figura 12: Matriz del subcriterio “protección” .....	21
Figura 13: Matriz del subcriterio “capacidad de proyección” .....	22
Figura 14: Matriz del subcriterio “movilidad” .....	22
Figura 15: Ejemplo de tabla con inconsistencias .....	22
Figura 16: Ejemplo de una matriz consistente .....	23
Figura 17: Solución de una matriz inconsistente .....	23
Figura 18: Ejemplo de escala normalizada .....	25
Figura 19: Comparación de alternativas frente al subcriterio “alcance”.....	26
Figura 20: Resultado final .....	27
Figura 21: Análisis de sensibilidad sin modificaciones .....	28
Figura 22: Análisis de sensibilidad con modificaciones .....	28
Figura 23: Ejemplo donde el Caesar no es la mejor alternativa .....	28





---

Gonzalo Abad Larrén



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparativa de peso/longitud según la tracción .....	8
Tabla 2: Escala de Saaty .....	12
Tabla 3: Ficha técnica del obús Archer .....	34
Tabla 4: Ficha técnica del obús Caesar .....	35
Tabla 5: Ficha técnica del obús Atmos .....	36
Tabla 6: Ejemplo de un resultado de la encuesta .....	40
Tabla 7: Ejemplo de tabla C1 a rellenar por el encuestado .....	40
Tabla 8: Ejemplo de tabla C2 a rellenar por el encuestado .....	41
Tabla 9: Ejemplo de tabla C3 a rellenar por el encuestado .....	41
Tabla 10: Ejemplo de tabla C4 a rellenar por el encuestado .....	42
Tabla 11: Ejemplo de tabla C5 a rellenar por el encuestado .....	42
Tabla 12: Escala de Saaty normalizada para los subcriterios .....	43
Tabla 13: Ejemplo de tabla C6 a rellenar por el encuestado .....	44
Tabla 14: Ejemplo de tabla C7 a rellenar por el encuestado .....	44
Tabla 15: Ejemplo de tabla C8 a rellenar por el encuestado .....	44



Gonzalo Abad Larrén

## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

	SIGNIFICADO
<b>ACA</b>	Artillería de campaña
<b>A/D</b>	Apoyo directo
<b>ATP</b>	Autopropulsado
<b>ATMOS</b>	Autonomus Truck Mounted Howitzer System
<b>APOFU</b>	Apoyo de fuegos
<b>AO</b>	Adquisición de objetivos
<b>BRIEX</b>	Brigada Experimental
<b>C2</b>	Mando y Control
<b>CDU</b>	Central Data Unit
<b>CEP</b>	Círculo de Error Probable
<b>CIS</b>	Communication and Information Systems
<b>eFP</b>	Enhanced Forward Presence
<b>ET</b>	Ejército de Tierra
<b>FAS</b>	Fuerzas Armadas
<b>FCSE</b>	Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado
<b>GACA</b>	Grupo de Artillería de Campaña
<b>IFS</b>	Indirect Fire System
<b>JTAC</b>	Joint Terminal Attack Controller
<b>MADOC</b>	Mando de Adiestramiento y Doctrina
<b>MIRADO</b>	Materiales, Infraestructura, Recursos Humanos, Adiestramiento, Doctrina y Orgánica
<b>MRSI</b>	Multiple Round Simultaneous Impact
<b>NBQ</b>	Nuclear Biológico y químico
<b>OTAN</b>	Organización del Tratado del Atlántico Norte
<b>RPAS</b>	Remotely Piloted Aircraft System
<b>SIAC</b>	Sistema Integrado de Artillería de Campaña
<b>TFG</b>	Trabajo de Fin de Grado



---

Gonzalo Abad Larrén

<b>VUCA</b>	Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity
<b>ZO</b>	Zona de Operaciones



# 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se plantea el proyecto de sustitución del Sistema Integrado de Artillería de Campaña (SIAC), que es un obús de origen español y remolcado, en favor de uno autopropulsado. En la memoria de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se desarrolla la metodología, los antecedentes, las alternativas y se presenta la solución al problema planteado. La realización de este trabajo forma parte de la estancia durante las prácticas externas del grado de ingeniería en el grupo de artillería de la Brigada “Rey Alfonso XIII” II de La Legión.

## 1.1. Marco del proyecto

El apoyo de fuegos es la aplicación coordinada del fuego proporcionado por los sistemas de armas en coordinación con las unidades de maniobra. Es una necesidad que se ha demostrado insustituible en el desarrollo de las batallas desde que surgieron los primeros cañones de campaña en el siglo XIX. La misión fundamental de la artillería es proporcionar fuegos de manera profunda, potente y precisa es clave para que ese apoyo de fuegos sea eficaz.

El desarrollo de nuevas tácticas y procedimientos en los ejércitos regulares y también en milicias armadas a lo largo de todo el mundo ha transformado el entorno de batalla rápidamente durante los últimos tiempos. El uso de drones o aeronaves pilotadas de forma remota, los denominados en inglés Remotely Piloted Aircraft System (RPAS), la mejora de los medios de información y comunicación, en inglés Communication and Information Systems (CIS), el control de la batalla en tiempo real y la influencia de agentes externos en la misma, han definido nuevas necesidades y requisitos que se hacen indispensables para un obús moderno. Actualmente el obús SIAC 155/52 es el sistema de armas en dotación en el ejército español que mayor alcance y precisión presenta. Se han fabricado aproximadamente 100 unidades, que se reparten casi en su totalidad entre España y Colombia. Su llegada a los ejércitos hace más de dos décadas ha situado al obús en un punto cercano al final de su vida útil, por el devenir acelerado de los conflictos y la tecnología.

## 1.2. Justificación

El actual desarrollo de los conflictos y las tendencias iniciadas por ejércitos del entorno ha abierto una nueva etapa que, en el caso español y sumado al horizonte de la “Fuerza 2035” ha hecho que el actual obús en dotación SIAC 155/52 esté camino de quedar en desuso. Para dar continuidad al apoyo de fuegos en brigadas ligeras los órganos decisorios del ET deberán en vistas del medio-largo plazo plantear un programa de sustitución de este material. La modernización del mismo se antoja complicada por el tipo de pieza y las misiones a las que deberá enfrentarse en el marco de la Brigada Experimental (BRIEX) 2035. Es por ello que se debe buscar un sustituto a este sistema de armas de acuerdo a la doctrina, posibilidades y limitaciones de las Fuerzas Armadas (FAS). Su tecnología y algunas características como su medio de transporte (remolcado), o los procedimientos que exige su uso, han generado la necesidad de buscar un nuevo material adecuado al entorno en el que se espera combatir próximamente. Este TFG pretende dar respuesta, en la medida de lo posible, a todas estas cuestiones.



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. Objetivos y alcance

El presente trabajo tiene como objetivo principal sustituir el obús español SIAC por una alternativa de entre las disponibles en el mercado hoy en día. No se van a tener en cuenta prototipos, alternativas de países “no amigos”, o de desarrollo y fabricación nacional. A este objetivo se deben sumar otros de carácter parcial o secundario, que son necesarios para la consecución del objetivo principal. El primero de estos objetivos es analizar qué criterios son importantes a la hora de seleccionar un material de artillería y así poder ajustarse a las necesidades del usuario en diversos ámbitos, y desde diferentes vistas: en el aspecto más táctico, a nivel logístico y de mantenimiento, a nivel usuario final de la pieza, etc. Otro de los objetivos que se pretenden conseguir con la realización de este trabajo es ayudar a definir la necesidad de la función táctica fuegos<sup>1</sup> en el marco de la futura “Fuerza 35” y abordar el problema de manera más precisa y realista. Añadir que, con la realización de entrevistas y encuestas a los principales usuarios del sistema, se puede tener una idea fidedigna acerca del funcionamiento actual de la pieza, que puede ser muy beneficioso a la hora de priorizar en unas u otras necesidades en un escalón más alto en la toma de decisiones.

Estos objetivos no sólo tienen una utilidad por sí solos, sino que ayudan en su consecución al objetivo principal, después de la implementación del método matemático de análisis de jerarquía de procesos, en inglés Analytic Hierarchy Process (AHP).

En cuanto al alcance del proyecto, se pretende aplicar la solución a todas las unidades de apoyo de fuegos (APOFU) dentro del marco de las brigadas ligeras. La implementación no presenta un gran problema en cuanto a reestructuración de plantillas y a nivel orgánico. Además, solo se tendrán en cuenta opciones de países miembro o “ceranos” al entorno OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) no solo para facilitar la implementación y la logística, sino también por motivos de índole política. Un proyecto de adquisición de tal magnitud debe ser estudiado en profundidad y no solo atañe al ámbito estrictamente militar, técnico o económico, sino que esas relaciones entre países pueden salir fortalecidas o al contrario como resultado del proyecto, véase el caso de ventas de buques por parte de Navantia a los saudíes (Infodefensa, 2023).

Cabe mencionar otras restricciones limitantes a la hora de realizar el estudio como es el alcance económico del mismo, muy difícil de determinar a todos los niveles, por tratarse de materiales de los cuales fluye poca información, en su caso de fiabilidad dudosa, además de tratarse de procedimientos de compra únicos y diferentes para cada Estado. Por último, se puede resaltar que el propio estudio de viabilidad económica debería tratar múltiples factores que deben ser estudiados en profundidad, de forma que exceden los objetivos del estudio.

---

<sup>1</sup> La función táctica fuegos es el conjunto de actividades que comprenden la aplicación de fuegos y la energía electromagnética (acelerar el proyectil magnéticamente mediante electroimanes en vez de cargas de pólvora) con carácter ofensivo.



## **2.2. Metodología**

### **1º Revisión bibliográfica**

Con el fin de examinar una amplia gama de sistemas de armas autopropulsados empleados por diversos ejércitos de la geografía mundial, así como alternativas al SIAC 155/52 existente, se llevó a cabo una investigación exhaustiva a partir de múltiples fuentes, evaluando tanto sus aspectos cuantitativos como cualitativos.

La información se ha recabado principalmente en torno a 3 principales fuentes, tanto abiertas como internas al Ejército de Tierra (ET) en castellano y en habla inglesa:

- Webs de tecnología y sistemas militares
- Webs desarrolladoras de tecnologías para la defensa
- Normativa y doctrina del ET

### **2º Focus Group**

Además de una profunda revisión bibliográfica se ha conformado un grupo de expertos (Focus Group) enmarcado dentro del GACA II de la Legión con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados. Con este grupo también se busca revisar la doctrina empleada, su actualización de cara a la llegada de un nuevo obús, determinar cuáles son los criterios a tener en cuenta a la hora de adquirir un material de artillería de este tipo, su implementación en el Sistema de fuegos indirecto (IFS<sup>2</sup>) , etc.

### **3º Metodología AHP**

También, es objeto de este estudio la aplicación de la metodología de análisis de jerarquía de procesos (AHP), utilizada para ayudar en la toma de decisiones y comparar las alternativas desde un punto de vista matemático en base a unos criterios. Los resultados obtenidos en el Focus Group serán de especial relevancia para una aplicación rigurosa de este método.

### **4º Análisis de sensibilidad**

Por último, se aplicará un análisis de sensibilidad a los resultados obtenidos, de forma que se podrá profundizar en el análisis entre las distintas alternativas y hacer una comparación más detallada y respaldada científicamente. Mediante el uso de esta herramienta se observará la modificación de los resultados al aplicar modificaciones puntuales en algunos criterios/subcriterios, de las que se podrán extraer conclusiones de interés para la consecución del objetivo principal.

---

<sup>2</sup> El IFS es el conjunto de medios humanos y materiales que con la misma doctrina y procedimientos materializan la función de combate fuegos (MADOC,2018)



### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

La artillería se basa en la aplicación de fuegos precisos, potentes y profundos, para lograr mediante su aplicación los efectos deseados sobre el enemigo (MADOC, 2018). La necesidad de fuegos ha sido una constante a lo largo del tiempo en todos los ejércitos de todos los tiempos, sin embargo, ha sido necesario redefinir el concepto ya que su uso táctico ha cambiado mucho en función de los conflictos, materiales o doctrina y procedimientos del ejército en cuestión.

Es por ello que de cara a la “Fuerza 35” el apoyo de fuegos adquiere un papel fundamental en el desempeño de los conflictos. En el pasado reciente los ejércitos se desenvolvían mayormente en los llamados conflictos asimétricos, donde la idea de enemigo como fuerza regular era difusa y los condicionantes del teatro de operaciones no estaban claros. En los últimos tiempos se están viviendo conflictos en un ambiente convencional, como es el caso de la Guerra del Alto-Karabaj, o la reciente y a gran escala guerra en Ucrania.

Un ejemplo fidedigno de la necesidad de artillería es el reciente despliegue de una batería autopropulsada en Letonia, en la misión eFP (Enhanced Forward Presence) de la OTAN (Barros, 2022).

En el ámbito de las misiones internacionales, los tres ejércitos deben mantener una alta disponibilidad y adaptarse al entorno operativo antes mencionado. Se convierte en algo clave la preparación de la fuerza de cara a conflictos tanto en zonas donde se han hecho ya despliegues en el pasado, como en la zona de Oriente Medio, pero también en el este de Europa donde la situación con Rusia no tiene vistas de mejorar en un medio-largo plazo. Algunos de los cambios previstos para las FAS en estos escenarios incluyen mejoras en los sistemas de apoyo de fuego. Ahora bien, ¿Qué es lo que se busca de cara a realizar esas mejoras?

Se busca aumentar distintas capacidades que se consideran claves para estos sistemas, como son el alcance, esencial para no quedar completamente obsoleto y anulado en lo que a fuegos se refiere, pero también en movilidad. Este campo ha visto incrementada su importancia si se tiene en cuenta las necesidades logísticas de este tipo de unidades y la situación alejada de los teatros de operaciones actuales. También el aumento de precisión se ha marcado como algo crucial y que permitirá reducir la huella logística tan grande que es inherente a este tipo de unidades. Ese aumento de la precisión se materializa en el uso de municiones guiadas, las cuales desempeñarán un papel fundamental en la reducción de daños colaterales en áreas densamente pobladas. Además, se impulsará la figura del Controlador de Ataque Terminal Conjunto (JTAC), que desempeñará un papel fundamental en la designación de objetivos, el proceso de targeting<sup>3</sup> y la integración de fuegos conjuntos. Lo que se busca con esto es el refuerzo de unidades de entidad grupo táctico, dotándolas de un JTAC a cada una. En resumen, la automatización de los sistemas de armas se traducirá en una mayor precisión y una reducción en la necesidad de personal para operarlos y hacerlos sostenibles a nivel logístico.

---

<sup>3</sup> “Es el proceso de selección y priorización de objetivos, y de definición de las acciones más adecuadas sobre ellos” (MADOC, 2018, p.168).





### 3.1. Estado del arte

En este punto se aborda el estado de la técnica actual en materia de obuses autopropulsados. La elección de medios autopropulsados para el acompañamiento de las unidades viene dada por una lista de ventajas respecto a la remolcada, como es la agilidad para entrar y salir de posición, además de su maniobrabilidad, excelente para el apoyo de unidades de todo tipo. Esta agilidad en la salida de posición le confiere un extra fundamental en términos de supervivencia, probada en conflictos reales. En cuanto al medio de tracción el debate y las soluciones aportadas por los países no ofrecen tanta certeza. El uso de medios de tracción en base a ruedas ofrecen grandes ventajas en términos de mantenimiento, velocidad, especialmente en ambientes urbanizados, carga logística y coste en general. Además, esta facilidad en el mantenimiento se manifiesta en mayor seguridad en el caso del tren de rodaje, donde una rueda inutilizada no tiene las mismas consecuencias que una cadena inoperativa.

Sin embargo, la tracción mediante cadenas proporciona un movimiento por todo tipo de terreno, mayor protección para la tripulación y una silueta menor. Además, al presentar una mayor superficie de contacto con el suelo, pueden transportar pesos mayores.

En vistas de estas disyuntivas que todos los países han tenido que abordar a lo largo de los últimos años, se pueden ver las siguientes tendencias:

En los Estados Unidos el principal exponente se basa en un modelo que España tiene en dotación, como es el M-109, en el caso norteamericano, en su versión A-7 (Guachi, 2022). Introduce mejoras en alcance, donde los 40 km ya se alcanzan con algunas municiones, pero que no difiere de su versión A-6. Por el momento, no parece que España vaya a adquirir la siguiente actualización de este modelo pero conviene tener la atención sobre él ya que el futuro del ATP M-109 en dotación también está en vistas de ser reemplazado. En Asia, destaca el obús en base a cadenas K9 Thunder, que desde principios de los 2000 está entrando en la flota de multitud de países (India o Turquía) (Galaxia Militar, 2019). Cuenta con un tubo de longitud de 52 calibres por lo que se manejan alcances en torno a los 50 km para algunas municiones. Algunos de los modelos europeos que más destacan son el KMW Donar/PzH 2000. Uno de los retos a nivel logístico en cuestión de obuses es la interoperabilidad de las barcasas y su adaptación a distintos medios, como se consigue con esta versión del PzH. Se trata de instalar un módulo de artillería con una variedad de plataformas distintas a elegir por el cliente (Defense Express, 2023). Esta tendencia mostrada se puede ver en algunos modelos autopropulsados de tracción rueda donde la plataforma es un camión del ámbito civil, con la reducción de costes correspondiente. En Reino Unido destaca el obús AS-90 si bien es cierto lleva en servicio de los 90 y no posee una tecnología a replicar por otros países. Están iniciando su conversión hacia modelos rueda como el Archer, lo cual da idea de hacia dónde se orientan los conflictos y el desarrollo tecnológico. Los citados obuses anteriormente son en su mayoría medios cadena, los cuales tienen más años de servicio en los ejércitos, aun tratándose de modelos “novedosos” que modelos rueda más recientes. Estos obuses de tracción rueda están en especial auge y multitud de países han comenzado programas de adquisición o fabricación propia de este tipo de obuses (Reino Unido, Francia, países nórdicos...) (El Radar, 2022). Otras potencias en materia armamentística como China o Rusia aún conservan modelos cadena de la década de los 90 sin muchas vistas de cambios radicales en sus flotas, a excepción del 2S-35 ruso, aún en fase muy embrionaria.



### 3.2. Artillería de campaña:

Dentro del apoyo de fuegos en el caso de la ACA sus fuegos se caracterizan por su profundidad, su potencia y su precisión. Asociadas a estos conceptos está el de potencia de fuego, como “la cantidad de fuego que puede ser proporcionada por una unidad o sistema de armas, y queda determinada por el número de proyectiles que se pueden disparar en la unidad de tiempo” (MADOC, 2018, p.32). En términos de profundidad cabe destacar conceptos como los alcances, tanto para los sistemas de armas como para los medios de adquisición de objetivos (AO). El concepto de precisión también es fundamental, que se materializa debido a la consecución de factores como son: características del medio lanzador, capacidades de las municiones, calidad en la adquisición del objetivo y una buena preparación técnica en el tiro.

Asimismo, existen distintas ventajas que ofrece el uso de ACA que de cara a su utilización conviene buscar:

Tiene una zona de acción amplia, que permite influir sobre grandes extensiones de terreno, incluso sin el propio desplazamiento de los elementos que la constituyen. Otra de las posibilidades que ofrece es la actuación con carácter inmediato sobre un objetivo, siempre que esté sea alcanzable, o la continuidad de su apoyo, bajo ciertos condicionantes como un buen planeamiento y distribución de los fuegos. Se puede resaltar la variedad de acciones distintas que se pueden emplear en función de los parámetros que se determinen para al fuego:

- Supresión
- Barrera
- Contrabatería
- Ocultamiento

Existen otros muchos y estos son algunas de las acciones más comunes.

En cuanto a las plataformas de lanzamiento y municiones, cuentan con una movilidad táctica en la mayoría de ocasiones adecuada a la unidad a la cual se presta apoyo y la capacidad de actuar sobre varios blancos simultáneamente son otros aspectos a destacar. En general es un abanico variado de aspectos influyentes sobre la batalla y que conviene conocer de cara al empleo adecuado de la ACA.

Sin embargo, otras contrapartidas a tener en cuenta en estos criterios son por ejemplo la elevada necesidad de apoyo logístico, que viene dada por los elevados consumos de munición, o la necesidad de encontrar zonas de terreno adecuadas para garantizar un despliegue aceptable. Por último, y como desventaja al uso de ACA el fuego de contrabatería y en general todos los demás pueden ser muy efectivos en contra de la artillería, muy vulnerable y a menudo carente de protección del resto de unidades por las zonas del campo de batalla en las que opera.

### 3.3. Medios de ACA

Si bien es cierto que el estudio se centra solamente en la sustitución de lo que genéricamente se conoce como “pieza”, es decir, una boca de fuego, existen multitud de medios que son de tanta importancia como los medios productores de fuego.

Medios de mando y control (C2): Condición necesaria para ejercer el mando de las unidades sobre el resto de elementos. En el caso español el sistema TALOS, del que también son usuarios



Gonzalo Abad Larrén

distintos países del entorno, plantea el reto de su implantación en cualquiera de los candidatos posibles.

*Medios de vigilancia y adquisición de objetivos:* Los medios de adquisición de ACA se basan esencialmente en aquellos relacionados con la localización de orígenes de fuego y su posterior petición para batirlos. Además, la información obtenida debe ser trasladada a las células de inteligencia para su posterior análisis y valoración.

*Municiones:* Constituyen la razón de ser de la artillería, y entrañan un elemento clave en los efectos causados sobre el objetivo. Existen municiones de muchos tipos que logran efectos de destrucción diferentes sobre el enemigo, o incluso algunos en beneficio de unidades propias, como por ejemplo es el caso de proyectiles iluminantes. Merecen una mención especial las denominadas municiones inteligentes y modificadas, de especial interés para los ejércitos en los últimos años. Algunas de estas municiones no solo consiguen alcances asombrosos por encima de los 50 km sino que tienen un círculo de error probable (CEP) menor a 3m (Martínez, 2020). Ejemplos de estos programas de I+D desarrollados por los ejércitos son el Excalibur norteamericano (Figura 1), el Vulcano italiano o en el caso ruso, la munición Krasnopol.

*Medios productores de fuego:* Son de especial interés en lo que engloba a la función táctica fuegos y en los que se centra el cuerpo del estudio. En esta clasificación se incluyen las municiones, y las plataformas de lanzamiento.

*Plataformas de lanzamiento:* Existen 2 tipos fundamentalmente: Artillería cohete y artillería de cañón, siendo esta última el objeto del presente estudio

*Artillería cohete:* Sus lanzadores albergan una munición que goza de propulsión propia durante la trayectoria, logrando alcances muy elevados pero que, a diferencia de un misil, no incorporan sistemas de guiado. Es otro de los planes de adquisición que el estado español tiene en su punto de mira y es un serio competidor frente a la alternativa de buscar un sustituto al SIAC 155/52 por su elevada influencia en los conflictos como ha demostrado en los últimos meses en el conflicto de Ucrania

*Artillería cañón:* Es la forma más clásica de artillería en la que las bocas de fuego proporcionan impulso a un proyectil mediante la combustión en condiciones de hermeticidad de una carga propulsora con base de pólvora. Estos medios se clasifican en función de su medio de transporte en remolcados y autopropulsados, siendo esta última el objeto de estudio. El debate entre uso de medios remolcados u autopropulsados está tendiendo por lo que se puede ver en el entorno de otros países y de los fabricantes del sector hacia el uso de medios autopropulsados, por su mayor maniobrabilidad (el conjunto tractor + SIAC suma más de 15 m) y tiempos de entrada y salida de posición considerablemente más reducidos. A su vez dentro de los modelos autopropulsados existen diferencias entre aquellos de tracción rueda y tracción cadena, con las ventajas y desventajas que cada uno supone. La mayor velocidad,



Figura 1: Proyectil Excalibur

maniobrabilidad, menor carga logística, menor mantenimiento y buen rendimiento en entornos urbanos de los medios rueda frente a la menor silueta, mayor protección y capacidad de transporte de los medios cadena. Sin embargo, es un debate que no se pretende abordar ya que lo que se pretende con este estudio es la futura coexistencia de medios ATP entre el actual M-109 y un hipotético obús en base a rueda que permita dar apoyo a brigadas de tipo ligero como es el caso de la Brigada de la Legión.

Existen otros medios que tienen una influencia en todo el proceso de apoyo de fuegos, sin



*Figura 2: Obús SIAC*

embargo, se han descrito los más importantes y definido exactamente el papel que juega en todo este proceso la boca de fuego (MADOC, 2015).

A continuación, se muestra mediante una tabla las diferencias existentes en cuanto a la longitud total y el peso entre una variedad de obuses actuales. Se puede apreciar la notable diferencia de un obús remolcado a uno autopropulsado en su longitud total, así como la diferencia de peso entre los que utilizan cadenas y los que utilizan ruedas.

NOMBRE	TRACCIÓN	LONGITUD(m)	PESO(Kg)
ATP M-109	CADENA	9,2	25000
SIAC 155mm	REMOLCADO	11+9(SIAC+VET)	14000+13000
ATMOS	RUEDA	9,5	22000
CAESAR	RUEDA	10	18000
ARCHER	RUEDA	13	33000
Panzerhaubitze 2000	CADENA	11,7	55000

*Tabla 1: Comparativa de peso/longitud según la tracción*



### 3.3.1. APU SBT 155/52 SIAC

El obús SIAC es desarrollado por la empresa española Santa Barbara Sistemas y fue introducida a principios de los años 2000. Presenta un tubo de calibre 155/52 y cuenta con una característica relevante dentro de su categoría y es la posibilidad de marcha autónoma con la que cuenta, si bien es cierto su empleo táctico y utilidad no es comparable a un obús autopropulsado (Se trata de un motor de 96 CV que le permite alcanzar los 18 km/h) (MADOC, 2014). Se consiguen alcances en torno a los 20 km y dispone de un sistema GPS que le permite un apuntado y entrada en posición automático, sin necesidad de la utilización de procedimientos topográficos clásicos. Es una pieza de tipo bimástil operada por una dotación de 5 artilleros preparada para operar en todo tiempo y lanzar variedad de municiones entre las que la se encuentra la anteriormente citada Excalibur. Una modernización del obús se ha desechado prácticamente (Monforte, 2022) no obstante conviene tener en cuenta algunos puntos favorables respecto a esta pieza de cara a su sustitución, al igual que poner el foco en aquellos elementos que más problemas han dado. En el caso del SIAC, su elevada necesidad de mantenimiento y escasa fiabilidad han supuesto un quebradero de cabeza en los escalones de mantenimiento, centrándose la problemática en los sistemas hidráulicos y la unidad de procesamiento de datos, del inglés Central Data Unit (CDU) (Figura 3), que cuenta con un hardware muy anticuado de acuerdo con el software que debe emplear (TALOS 5.6 o 5.7)



*Figura 3: CDU integrada en el obús SIAC*



### 3.4. Organización para el combate

El jefe de la ACA que se dispone a dar apoyo de fuegos a una unidad tendrá en cuenta los siguientes factores: la misión y la situación de la unidad a la que se apoye, y también aquellas que el jefe de la gran unidad apoyada proponga. Además, se deben tener en cuenta unos criterios de empleo de la ACA con el fin de sacar el máximo provecho:

**Modularidad:** Al operar en entornos de gran diversidad, los llamados entornos VUCA, acrónimo que proviene del inglés, hace referencia a entornos volátiles, inciertos, complejos y ambiguos (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity), los sistemas, municiones y otros elementos, suelen estar sometidos a limitaciones en su empleo o ciertas restricciones. Es por ello que conviene disponer de un gran abanico de capacidades para responder eficazmente en cada situación. De esta manera, la ACA debe ser capaz de lograr esa complementariedad entre distintos sistemas, pero a su vez concentrar sus efectos en un momento dado para lograr la máxima potencia de fuego.

**Flexibilidad:** Generalmente la ACA se organiza en baterías, siendo esta la unidad elemental para el APOFU, que en ocasiones puede estar compuesta por dos secciones de armas, en busca de esa flexibilidad que permita batir objetivos de distinto tipo y trabajar de manera independiente. Habitualmente, las baterías de ACA emplean un solo sistema de armas, si bien es cierto que la configuración en secciones (GACA heterogéneo) puede albergar distintos sistemas de armas logrando una gran flexibilidad en el empleo de medios.

**Apoyo de fuegos a unidades en primer escalón:** Se tenderá a cubrir con una máxima prioridad a unidades que se encuentren en primera línea de batalla, donde el empleo de fuegos es más delicado, pero a su vez más ventajoso para la unidad apoyada. En relación a esta práctica, se aplica con el mismo fundamento hacia las unidades que llevan el esfuerzo principal de la operación, pues suelen ser las más expuestas y las que de manera más acuciante requieren de ese apoyo de fuegos.

**Restrictividad:** Los fuegos, no solo los provenientes de artillería, deben aplicarse con sumo cuidado, debido a ser este un recurso crítico en el campo de batalla, en parte por su carga logística derivado del elevado consumo de munición. La ACA debe facilitar su despliegue para actuar en la mayor parte de las situaciones, tenderá a utilizarse de manera centralizada en el mando para conseguir descentralizar acciones independientes y garantizar la coordinación en los fuegos (por ejemplo, a la hora de batir un objetivo, que no se dupliquen peticiones de fuego a dos unidades).





## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1. Presentación de la metodología

#### 4.1.1. Focus Group

Una de las herramientas empleadas es el Focus Group, representa una estrategia de investigación cualitativa. En esencia, implica llevar a cabo una entrevista con un conjunto de participantes, guiada por un moderador a través de un conjunto de temas predefinidos. El propósito principal de este enfoque es adquirir información mediante la dinámica de interacción dentro del grupo. Los participantes ejercen influencia mutua a través de sus respuestas, ideas y contribuciones aportadas al estudio (Eryürük et al. 2022). El rol del moderador es promover y facilitar esta interacción a través de comentarios y opiniones. Los datos primarios generados por esta técnica se componen principalmente de las transcripciones de la entrevista, así como las reflexiones y anotaciones realizadas por el moderador. Las características generales de un Focus Group son:

- Entrevistas y participación activa de los miembros
- Homogeneidad de los participantes en relación al objetivo
- Obtención de datos de carácter cuantitativo

El proceso a seguir durante la realización del trabajo respecto a este estudio tiene las siguientes partes:

#### **1º. Obtención de la información y modelado de las fichas**

A través del contraste de diversas fuentes se presenta y organiza la información en unas fichas que sean de utilidad para el grupo y poder recabar unos resultados determinados. Se pueden consultar las preguntas relativas a la entrevista en el anexo 2.

#### **2º. Elección de los participantes**

En esta fase la clave para la elección de los participantes es que conozcan profundamente el material. Pueden aportar mucha información acerca de los requisitos para el proyecto, posibles limitaciones y otras cuestiones importantes. Todo ese grupo de participantes, que no solo debe centrarse en un aspecto técnico sino todo aquello que engloba ese proyecto, es decir, consideraciones en su empleo táctico, cuestiones logísticas que afectan al proyecto y otros puntos que pueden afectar de cara a un hipotético despliegue del sistema de armas. En este caso se compone de 2 tenientes y 3 sargentos con amplios conocimientos en puestos relacionados con el SIAC 155/52.

#### **3º. Desarrollo de la guía para la entrevista**

En función del objetivo de la entrevista y que información se quiere obtener se confecciona un guión para seguir en la entrevista de forma ordenada y centrándose en aquellos aspectos que necesitan discusión.



#### **4º. Desarrollo de la entrevista**

Se les entregan los guiones a los participantes y se procede con la entrevista, anotando toda la información de valor para poder extraer conclusiones.

##### **4.1.2. Metodología AHP**

El proceso analítico Jerárquico (AHP) es una metodología utilizada para la toma de decisiones, pues permite resolver problemas complejos. Se basa en una construcción jerarquizada en la que se incluye un objetivo principal, es decir, eso que se pretende conseguir o producto de la decisión que se quiere tomar. Para ello se debe decidir entre diferentes alternativas, para las cuales se evalúan una serie de criterios y subcriterios. La alternativa elegida será aquella que obtenga un mejor resultado a partir de los cruces entre criterios/subcriterios con su importancia relativa (Taoufikallah, 2013). A continuación se detalla el proceso matemático que se sigue para efectuar esos “cruces” y que la metodología sea coherente:

##### **1º Representar el problema**

Se confecciona un diagrama de árbol en el que se presenta toda la información, es decir, los criterios/subcriterios. Es una fase muy importante ya que la alternativa seleccionada se evaluará en función de aquello que se ha decidido que afecta/influye en el desempeño de esa alternativa. Un cambio en estos criterios puede variar el resultado final completamente. En el anexo 2 se muestran ejemplos de las entrevistas a partir de las cuales se determinaron los criterios y subcriterios.

##### **2º Evaluar los criterios**

De igual manera que la selección de criterios es fundamental, el grado de influencia es clave. No tienen la misma importancia unos que otros criterios. Para evaluar el peso relativo de los criterios se utiliza la “Tabla de Saaty” que se puede consultar en la Tabla 2 .

VALOR	EQUIVALENCIA EN ESCALA “SAATY”
1	El criterio A es igual de importante que B
3	El criterio A es ligeramente más importante que B
5	El criterio A es más importante que B
7	El criterio A es mucho más importante que B
9	El criterio A es extremadamente más importante que B

*Tabla 2: Escala de Saaty*

En esta tabla se valora la importancia de cada criterio respecto a otro, y se presentan estos

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

*Figura 4: Matriz de ejemplo*





resultados en una matriz.

De manera que se cruza cada criterio con otro, resultando matrices con valores de la escala de Saaty y sus inversos. El criterio 2 respecto del 1 tiene una importancia de (1,3,5,7,9) en el lugar  $a_{21}$  luego el criterio 1 respecto del 2 en el lugar  $a_{12}$  tendrá el valor de  $1/a_{21}$ . De esta manera se construye la matriz. Más adelante se construye una matriz similar con los subcriterios.

### **3º Cálculo de la consistencia**

A continuación se comprueba si los resultados obtenidos tienen sentido, ya que si un criterio (A) es más importante que otro (B), tiene que ser necesariamente más importante que un criterio (C) si este criterio (C) es menos importante que (B). El problema es que al hacer esas comparaciones dos a dos pueden hacerse erróneamente, que es lo que se pretende evitar al hacer el cálculo del índice de consistencia:

$$IC = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n - 1}$$

Donde n es el orden de la matriz de comparación de criterios y subcriterios.

$\lambda_{MAX}$  es el valor propio de la matriz de criterios y/o de subcriterios, ya que puede haber inconsistencia para la matriz de criterios o también se subcriterios.

### **4º Evaluación de los subcriterios**

Se procede de igual forma que con los criterios, calculando también las inconsistencias. Se considera que los datos tienen una cierta coherencia y se dan como aceptables cuando la inconsistencia es inferior al 10%. Sin embargo, este porcentaje es distinto en función del orden de la matriz, pues a menor número de elementos menor orden en la matriz y por tanto esa inconsistencia también se admite en menor medida.

### **5º Evaluación de las alternativas**

Se construyen matrices similares a las obtenidas para comparar los pesos de los criterios y subcriterios. En este paso, se enfrentan las distintas alternativas, generándose una matriz análoga a las obtenidas, pero cuantificando las importancias relativas de cada alternativa para cada subcriterio. Se genera una matriz para cada subcriterio.

### **6º Obtención de los resultados**

En este punto ya se tiene la importancia de los criterios y subcriterios, y el desempeño de cada alternativa para cada uno de ellos, en relación a los demás. Se construye la matriz de decisión mediante la multiplicación de estos elementos y después el promedio obtenido. De esta manera se puede obtener la mejor alternativa.

En resumen, esta metodología puede ayudar en el proceso de toma de decisiones, si bien es cierto se debe tener en cuenta la cuidadosa elección de los criterios y subcriterios, y los juicios más coherentes y objetivos por parte de quienes participan en el proceso.

Anteriormente se ha explicado la metodología AHP aplicado a un caso general y a continuación se va a aplicar para decidir cuál es la pieza óptima para reemplazar al obús SIAC, para lo cual se han definido un total de 4 criterios y 11 subcriterios, con una mayor o menor importancia según lo obtenido tras la realización de encuestas al personal. Estas encuestas se pueden consultar en el anexo 3.



#### 4.1.3. Análisis de sensibilidad

Lo que se pretende con la aplicación del análisis de sensibilidad es comprobar cómo de diferente es el resultado obtenido en el proceso de AHP en función de las variaciones en las ponderaciones de criterios y subcriterios, además de en la evaluación de las alternativas. Así, se puede comprobar de forma sencilla si una alternativa deja de ser óptima al hacer una pequeña variación en el peso de un criterio o al contrario. Hace que se pueda obtener información de interés para el estudio y que se puede analizar.

### 4.2. Ejecución

Para la realización del análisis se han seleccionado los distintos criterios y subcriterios en base a las encuestas y entrevistas realizadas previamente (Focus Group) a distinto personal del GACA II de la Legión, entre los que se encuentran 2 oficiales, 8 suboficiales y 5 militares de la escala de tropa con una media de 3 años de servicio en unidades de este tipo. El número más elevado de participantes hizo que los resultados tuvieran alguna variación sustancial, necesitando de concretar y profundizar muy bien en cada cuestión para dotar de una consistencia aceptable en los resultados obtenidos y así poder hacer juicios respaldados matemáticamente. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos mediante el software Expert Choice, para la aplicación del método AHP utilizado durante el proceso. Se hace una valoración de los resultados finales sin profundizar en los cálculos intermedios. Por último, se realiza un análisis de sensibilidad que arroje alguna conclusión sobre el resultado final.

### 4.3. Definición de los criterios

Para la selección de los criterios se han tenido en cuenta como se ha expuesto anteriormente, no solo una exhaustiva revisión bibliográfica y doctrinal acerca del empleo de obuses de artillería y el entorno de referencia, sino que se ha contado con el juicio de expertos en la materia ayudando a constatar de una forma menos ambigua cuáles son aquellas características que, son importantes a la hora de tener en cuenta en el funcionamiento y despliegue de una pieza de artillería, de cara a una hipotética sustitución.

#### 4.3.1. Potencia de fuego

Viene definida doctrinalmente como “la cantidad de fuego que puede ser proporcionada por una unidad o sistema de armas, y queda determinada por el número de proyectiles que se pueden disparar en la unidad de tiempo y por su tipo y su efectividad.”

Acorde con esta definición y con el estudio realizado se han obtenido los siguientes subcriterios:

- Cadencia: Definida como la máxima tasa de tiro por minuto que se puede conseguir, aunque se puede expresar de diferentes formas, como la cadencia sostenida, o con personal mínimo, etc.... Sin duda fue una de las principales características a las que hacía alusión el personal encuestado, siendo uno de los principales factores que pueden hacer que la potencia de fuego sea elevada.
- Alcance: Es clave en el empleo de artillería ya que define el marco de apoyo en el que puede trabajar la artillería. Este alcance varía en función de muchos elementos, como por ejemplo el calibre, sin embargo todas las alternativas propuestas son del mismo calibre al SIAC (compatibilidad munición OTAN). Destacar también que los



Gonzalo Abad Larrén

alcances pueden variar en función de la munición utilizada o algunas configuraciones de proyectil. De cualquier manera, es un factor para tener muy en cuenta a la hora de valorar la efectividad de un sistema de armas de artillería.

- Capacidad: La capacidad de transportar la munición en el propio vehículo dota de gran autonomía a la unidad e influye positivamente en la potencia de fuego de la unidad.

#### 4.3.2. Movilidad

Este criterio puede ser ambiguo y debe ser correctamente concretado, distinguiendo dos subapartados:

- Movilidad táctica: Hace referencia a cuán móvil es un sistema de armas en un despliegue de campo.
- Movilidad estratégica: Abarca un concepto más amplio que da idea de la dificultad que tiene ese sistema de armas para ser desplegado en un teatro de operaciones.

Teniendo esto en cuenta fue importante resaltar en la realización de encuestas que este criterio y a su vez los subcriterios hacen referencia a un aspecto más táctico que estratégico, de forma que los subcriterios obtenidos fueron:

- Potencia del motor: Medida en CV .
- Autonomía: Cuántos km es capaz de recorrer sin necesidad de apoyo logístico de clase III (combustibles).
- Pendiente máxima soportada: Cuál es la inclinación máxima de las pendientes que puede ascender el sistema de armas.

#### 4.3.3. Seguridad

Otro de los criterios que se tuvieron en cuenta y de los que se obtuvieron principalmente respuestas muy similares que dieron lugar al establecimiento de dos subcriterios:

- Tiempo estimado fuera de acción: Define prácticamente el modelo de acción de la unidad, es decir, el tiempo desde que se rompe el fuego hasta que se abandona la posición. Si bien es cierto que depende de la instrucción del personal y los procedimientos de la unidad, el diseño y funcionamiento del sistema de armas facilita o dificulta la tarea en gran medida. Constituye una de las principales medidas de seguridad de la artillería debido a su vulnerabilidad al fuego de contrabatería
- Nivel de protección STANAG 4569: El STANAG 4569 regula el blindaje y la protección de un vehículo respecto a fragmentaciones, perforaciones, explosiones...

#### 4.3.4. Capacidad de proyección

A la hora de seleccionar un sistema de armas no solo se deben tener en cuenta criterios que parecen más objetivos o tangibles sino también otros que afectan seriamente a la operatividad de la unidad, cómo es la dificultad de desplegar y utilizar esa pieza por distintas causas, de las cuáles se han obtenido los siguientes subcriterios:

- Tipos de munición: Tiene que ver con la compatibilidad o no de disparar diversas



Gonzalo Abad Larrén

municiones, así como otras especiales, experimentales, asistidas por cohete, de alcance extendido, etc.

- Número de sirvientes: Un menor número de operadores en la pieza facilita la constitución de las dotaciones y simplifica la gestión del personal.
- Peso: A la hora de transportar los sistemas de armas a lo largo de la geografía un peso reducido facilita la tarea dotando de una mayor capacidad a la hora de proyectar los sistemas.

#### 4.4. Estudio de las alternativas

Durante el estudio se barajaron diferentes alternativas, siendo las más realistas aquellas que ya estaban en dotación en otros países, más allá de indagar en posibles tecnologías experimentales o muy difícilmente integrables en las orgánicas existentes. Dentro de las 3 alternativas finalmente barajadas, todas comparten ventajas y características comunes por lo que no destacan individualmente. Se pueden consultar las especificaciones técnicas de cada material en el anexo 1. Por otra parte, algunas características como la elevada movilidad estratégica de que disponen por ser un medio de tracción rueda, o el menor mantenimiento en relación a un medio de tracción cadena, la facilidad de entrada y salida de posición al ser un medio autopropulsado frente a uno remolcado, y la correcta adecuación en base a los criterios seleccionados, han hecho que se optara por estos tres medios. Del contraste entre las distintas alternativas y del estado del arte en la temática relativa a los obuses autopropulsados finalmente se seleccionaron tres candidatos, auxiliado también por los juicios emitidos por diferente personal del Focus Group.

##### 4.4.1. Archer

Se trata de un obús autopropulsado de origen sueco desarrollado por la empresa BAE Systems y que es utilizado no solo por el ejército sueco sino también por el noruego. Además, durante el 2023 el Reino Unido ha recibido las primeras unidades y Suiza se plantea también su compra. Es un obús novedoso y llamativo debido a sus características técnicas si bien es cierto no ha entrado en ningún conflicto por lo que su operatividad siempre estará asolada por esa duda de cuál es el rendimiento en combate. Sin embargo, es muy posible, y así lo aseguran distintos ejércitos, ver ejemplares del mismo en el conflicto de Ucrania (Galaxia Militar, 2023). Es destacable mencionar dentro de sus características técnicas además del calibre, su autopropulsión con un motor de 440 CV, El Archer es capaz de disparar una variedad de municiones, por ejemplo municiones de alto explosivo con alcance extendido, que tienen un alcance aproximado de unos 40 km, y municiones Excalibur, con lo que se consiguen alcances superiores a 50 km (BAE Systems, 2023) .



*Figura 5: Obús autopropulsado ARCHER*



Gonzalo Abad Larrén

Este tipo de municiones está sobre la mesa de proyectos de muchos países, ya que se consiguen precisiones métricas a distancias superiores a la que la artillería clásica está habituada a trabajar. Además, el sistema puede utilizar municiones BONUS, es decir, un tipo de submunición que se utiliza contra vehículos blindados. En el apartado de movilidad su configuración 8x8, su alta velocidad, especialmente si se compara con un medio de tracción mediante cadenas y la rápida entrada y salida de posición en tiempos inferiores al minuto. Cuenta con un sistema de protección contra amenaza nuclear, biológica, química (NBQ) y opcionalmente se pueden adquirir vehículos de municionamiento en el paquete de compra, más allá de los 21 proyectiles que puede almacenar. Además de esos paquetes opcionales incluye otras opciones como refuerzos de blindaje o un módulo de simulación incorporado para la propia instrucción del personal.

#### 4.4.2. Caesar

El obús autopropulsado Caesar es producido por la empresa Nexter y sirve principalmente al ejército francés, aunque está en dotación en otros muchos países, entre los que destaca Arabia Saudí. Ha sido desplegado en Afganistán en 2009 para dar apoyo a sus operaciones, en Irak y también ha sido desplegado en Ucrania, por lo que su rendimiento en combate ha sido probado. Esta proyección y versatilidad tiene como muestra de ello la gran capacidad de aerotransporte, pues se puede cargar en un A400, C-130, IL76, C-17, en góndolas ferroviarias, etc. Además tiene unos costes de mantenimiento de los más bajos entre las piezas de artillería del mercado (Martínez, 2020). Estos costes de mantenimiento además han sido probados, con algunos ejemplares con más de 18000 proyectiles empleados en operaciones con cargas altas, lo que demuestra una gran resistencia de los tubos. Esta facilidad en el mantenimiento se hace patente también mediante el propio sistema de propulsión de la pieza, ya que al tratarse de un medio civil su mantenimiento es más sencillo. Cuenta con dos posibles configuraciones, como son la de 6x6 y la de 8x8 a elegir por el país comprador. En cuanto a sus especificaciones supera los 30 km, que pueden verse aumentados con municiones Base Bleed en más de 10 km, e incluso llegar a los 50 km en proyectiles asistidos por cohete. Con una cadencia de 6 disparos por minuto, mecanismo de carga automática, y la facilidad de entrada en posición de forma autónoma, convierten en un obús capaz de hacer fuego y salir del asentamiento inmediatamente siendo muy poco vulnerable al fuego de contrabatería. Para conseguir esta autonomía en la entrada de posición dispone de un sistema de navegación inercial y una computadora balística, con tiempos de operación relativamente bajos que permiten entradas en posición en alrededor de medio minuto. Sin embargo, hay que mencionar que todos estos tiempos dependerán de la instrucción de las tripulaciones y del personal de que dispongan. También incluye características adicionales como por ejemplo un radar de velocidad en boca, como incluye el actual SIAC en dotación, o un módulo extra de blindaje para la cabina.



*Figura 6: Obús autopropulsado CAESAR*



#### 4.4.3. ATMOS 2000

El obús ATMOS (Autonomus Truck Mounted Howitzer System) de origen israelí y desarrollado por la empresa Elbit Systems a principios de los 2000 es otro de los obuses presentes en el mercado y en el punto de mira de multitud de países. Presenta un calibre igual que el de los demás candidatos y tiene una cadencia particularmente alta, de 9 disparos por minuto. En términos de alcance, cuenta con 24,5 km para municiones convencionales y superior a los 30 km con municiones base bleed. Monta un chasis de configuración 6x6, aunque se puede pedir una configuración de 8x8, y no dispone armamento secundario de ningún tipo. Cuenta con un sistema de carga automática y un sistema de apuntado automático, de forma que el sistema puede ser operado por un mínimo de 2 personas. Puede almacenar hasta 18 disparos completos y es compatible con la mayoría de municiones del mercado. También incluye el sistema MRSI<sup>4</sup> con la capacidad de poner 5 proyectiles en el aire. Además, el fabricante asegura ser compatible con todos los sistemas de mando y control existentes, un punto a favor respecto del sistema TALOS que integra.

En cuanto a su despliegue, es un obús que ha sido exportado a gran cantidad de países, entre los que destaca Colombia, si bien es cierto que es un obús modificado, pero en base a este (Trelles,2023). Otra de las incógnitas a resolver es acerca de su desempeño en conflictos, donde todavía no ha aparecido.



*Figura 7: Obús autopropulsado ATMOS*

En resumen, la opción del ATMOS puede ser buena en cuanto a las características técnicas y en el aspecto más general, pero presenta algunas incógnitas que es fundamental resolver por tratarse de un proyecto de compra muy arriesgado. El problema que puede suponer la compatibilidad del sistema de mando y control, la falta de armamento secundario y sobre todo la falta de experiencia de este obús en un conflicto.

---

<sup>4</sup> El sistema de impacto múltiple simultáneo, proveniente del inglés Multiple Round Simultaneous Impact (MRSI) hace referencia a la capacidad de hacer caer al mismo tiempo varios proyectiles por un solo sistema de armas.



## 4.5. Árbol de jerarquías y matrices de decisión

El siguiente paso a seguir para continuar la metodología es construir el árbol de decisión para poder aplicar el método AHP, que se puede consultar en la figura 8.

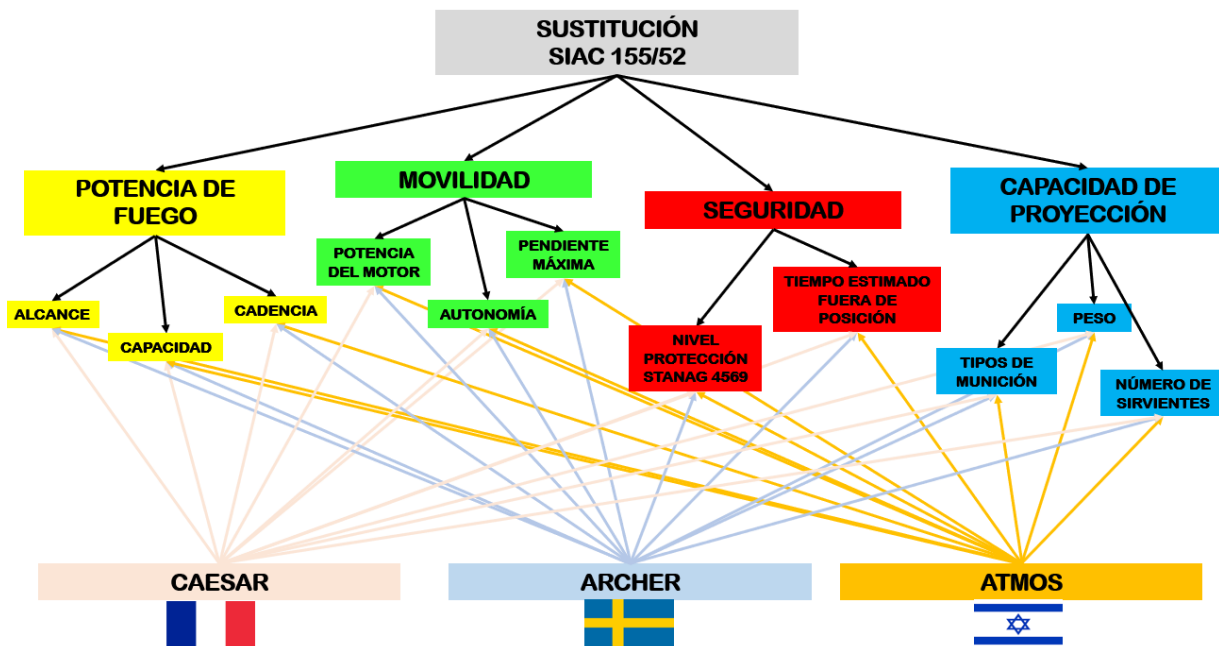


Figura 8: Árbol de decisión

### 4.5.1. Constitución de las matrices de decisión

Ahora el problema está correctamente definido por lo que puede construirse la matriz de decisión, en la cual se enfrentan todos los criterios dos a dos. Para su construcción se utilizó la encuesta anteriormente citada. En ella cada participante debía elegir entre dos criterios cuál era más importante, teniendo como opciones los valores expuestos en la escala de Saaty, así con todos los criterios y después con los subcriterios. Además, las respuestas tenían valores diferentes en función de la escala, debido a la formación más amplia que presenta una escala sobre otra, de forma que los resultados sean lo más precisos posible. Así, las ponderaciones quedaron de la siguiente manera:

- 45% de ponderación escala oficiales
- 35% para la escala de suboficiales
- 20% para la escala de tropa

Por ejemplo, para el cálculo del criterio potencia de fuego sobre capacidad de proyección los resultados obtenidos en la encuesta fueron todos hacia el criterio potencia de fuego (se considera notablemente más importante que la capacidad de proyección). La puntuación media en la escala de Saaty para cada escala fue la siguiente:



Gonzalo Abad Larrén

- 5 para la escala oficiales
- 4,75 para la escala de suboficiales
- 4,6 para la escala de tropa

Todos estos resultados dejan entrever que el criterio “potencia de fuego” es más importante que la capacidad de proyección, y que en este caso y con las ponderaciones aplicadas el resultado no varía (4,8325) demasiado. Se procede de forma análoga con todos los criterios y subcriterios para la construcción de las matrices de decisión. En la figura 9 se muestra la matriz de criterios ya rellena. El 4,8325 se introduce como 4,85 (por la sensibilidad de Expert Choice), marcado en negro, porque el criterio de la fila (potencia de fuego), es más importante que el de la columna (proyección). En el caso de que sea al revés aparece en rojo, como ocurre en el caso de la movilidad sobre la seguridad (2,76). En ese caso el criterio de la columna (movilidad) es más importante que el de la fila (seguridad) y por ello aparece en rojo en vez de en negro.

Los demás valores que aparecen se pueden consultar en las puntuaciones obtenidas de las encuestas en el anexo 4. El resto de los valores de la matriz con los que se podrían hacer manualmente los cálculos son en el caso de la diagonal, todo 1, ya que se compara el criterio con él mismo. Asimismo, los valores de la parte opaca de la tabla (gris) como se explicó anteriormente serían, por ejemplo para potencia de fuego y proyección,  $1/a_{21}$  (ver figura 4), es decir,  $1/4,85$ .

	POTENCIA	SEGURIDAD	PROYECCIÓN	MOVILIDAD
POTENCIA DE FUEGO		6,93	4,85	5,27
SEGURIDAD			2,1	2,76
PROYECCIÓN				4,32
MOVILIDAD	Incon: 0,10			

Figura 9: Matriz de criterios

De esta manera y según las valoraciones obtenidas en las encuestas se construye la matriz de criterios. De la misma forma se opera para construir las matrices de subcriterios, que pueden consultarse a continuación:

De la matriz se extrae que la potencia de fuego tiene una importancia mayor que el resto de criterios (63,2%), algo esperable en relación con la doctrina empleada y su uso táctico. También es relevante la importancia que se le da a la movilidad (20,6%) sobre los otros dos criterios, lo cual puede tener relación con los encuestados al tratarse el GACALEG de una unidad cuyas misiones siempre están relacionadas con unidades de una alta movilidad. A continuación se muestra el resultado de la matriz de criterios de la figura 9 desglosada sobre 1 (Figura 10):





Gonzalo Abad Larrén

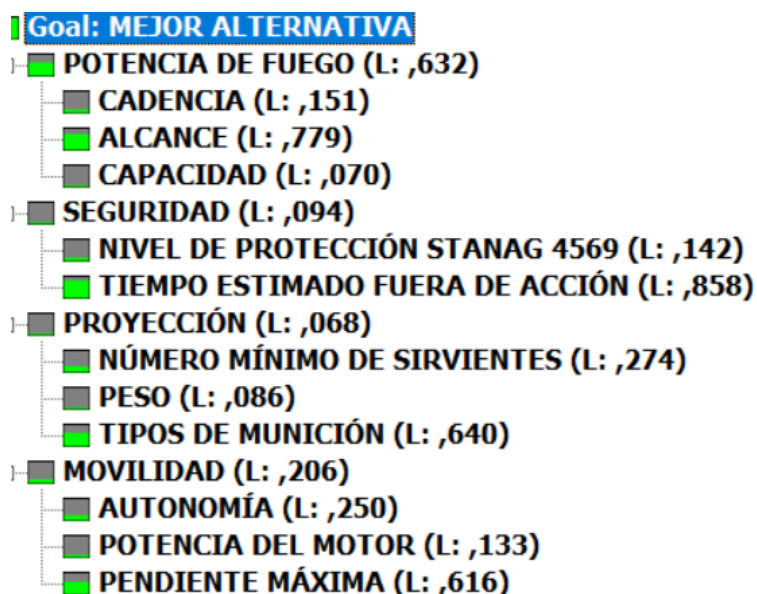


Figura 10: Desglose del peso de los criterios y subcriterios

En cuanto a la potencia de fuego el alcance tiene una importancia muy superior respecto al resto de subcriterios. La cadencia de disparos se impone sobre la capacidad de carga, lo cual se puede achacar a que la dependencia de la capacidad no es completamente relativa a un sistema de armas sino también del apoyo logístico en un nivel más alto (Figura 11):

	CADENCIA	ALCANCE	CAPACIDAD
CADENCIA		7,16	2,98
ALCANCE			8,06
CAPACIDAD	Incon: 0,10		

Figura 11: Matriz del subcriterio "potencia de fuego"

En la matriz relativa al criterio seguridad se observa claramente como una medida de protección pasiva relativa al modelo de acción<sup>5</sup> es más importante que el propio blindaje del vehículo artillero. Además, se comprueba que no existe inconsistencia cuando se comparan dos criterios, lo cual facilita la jerarquización al encuestado (Figura 12).

	NIVEL DE PROTECCIÓN STANAG 4569	TIEMPO ESTIMADO FUERA DE ACCIÓN
NIVEL DE PROTECCIÓN STANAG 4569		6,06
TIEMPO ESTIMADO FUERA DE ACCIÓN	Incon: 0,00	

Figura 12: Matriz del subcriterio "protección"

<sup>5</sup> Tiempo que una unidad tiene desde que hace fuego para no ser batida por contrabatería. Depende del enemigo



Gonzalo Abad Larrén

Respecto al subcriterio “capacidad de proyección” como se puede ver en la figura 13 el despliegue de un sistema de armas está muy limitado por los tipos de munición que puede disparar, más aún con el desarrollo de municiones mejoradas y municiones inteligentes, por lo que se ha tenido muy en cuenta, seguido del personal necesario para operar el sistema, cuyo peso tiene especial relevancia de cara a los oficiales en la gestión del personal.

	NÚMERO MÍNIMO DE SIRVIENTES	PESO	TIPOS DE MUNICIÓN
NÚMERO MÍNIMO DE SIRVIENTES		4,3	3,13
PESO			5,56
TIPOS DE MUNICIÓN	Incon: 0,08		

Figura 13: Matriz del subcriterio “capacidad de proyección”

Por último, del criterio movilidad se puede extraer la importancia a las pendientes, con el aumento de movilidad correspondiente. No tanto a la autonomía, lo cual se puede achacar al gran despliegue logístico que suele acompañar a este tipo de unidades.

	AUTONOMÍA	POTENCIA DEL MOTOR	PENDIENTE MÁXIMA
AUTONOMÍA		2,55	3,35
POTENCIA DEL MOTOR			3,4
PENDIENTE MÁXIMA	Incon: 0,09		

Figura 14: Matriz del subcriterio “movilidad”

Respecto a la realización de las encuestas se observó que los participantes no estaban del todo habituados a este tipo de cuestionarios y era un poco tedioso contestar a preguntas tan similares y con ese punto subjetivo para cada encuestado. Como consecuencia, había que explicar concretamente lo que se pretendía con el experimento ya que para obtener matrices libres de inconsistencias se deben establecer las prioridades entre unos y otros criterios de manera clara. Otra observación relevante es la no inclusión de valores intermedios, sino que directamente las posibles respuestas eran aquellas establecidas en la escala de Saaty (1,3,5,7,9) de forma que “invitaba” a tomar una decisión clara. Su definición hubiera sido complicada, aunque matemáticamente podría haber variado las inconsistencias en las matrices.

Acercas de esas inconsistencias es interesante comprobar, como ya se explicaba en el apartado dos, el riesgo de no definir correctamente los criterios y algunas limitaciones de la metodología, como es la subjetividad por parte de los encuestados y la concienciación con el método, de forma que algunas valoraciones tuvieron que volver a ajustarse por parte de los encuestados al obtener matrices inconsistentes en algunos casos. A continuación se presenta un ejemplo (Figura 15):

CADENCIA	ALCANCE	CAPACIDAD
	5,0	3,0
		5,0
Incon: 0,13		

Figura 15: Ejemplo de tabla con inconsistencias



Gonzalo Abad Larrén

En el ejemplo de uno de los encuestados (la matriz final sería igual pero con las medias ponderadas de los encuestados) la matriz resultante para los subcriterios del criterio potencia de fuego quedaba como se muestra en la ilustración. Esto significa lo siguiente:

1. La cadencia es 5 veces más importante que el alcance.
2. La capacidad es 3 veces más importante que la cadencia.
3. La capacidad es 5 veces más importante que el alcance.

Como se puede ver, ambas capacidades (cadencia y capacidad) son 5 veces más importantes que el alcance, por lo que el segundo enunciado no tiene sentido.

Para que tuviera sentido la matriz y no existiera inconsistencia se puede ver sin hacer ningún cálculo que la capacidad y la cadencia tienen que ser igual de importantes. De esta manera ambas pueden ser simultáneamente 5 veces más importantes que el alcance (Figura 16).

CADENCIA	ALCANCE	CAPACIDAD
	5,0	1,0
		5,0
Incon: 0,00		

Figura 16: Ejemplo de una matriz consistente

Puesto que se maneja un volumen elevado de datos y el resultado de las matrices sale de la media ponderada de todas las encuestas, pueden existir inconsistencias en algún caso, que sea absorbida con los resultados del resto de encuestados. Como se puede ver, es otra de las posibles limitaciones de esta metodología. Otra opción es analizar todas las matrices generadas por cada encuestado hasta que no haya ninguna inconsistencia en ningún caso, con lo cual hace más difícil que exista una inconsistencia en la matriz resultado. Para solventar en el caso del presente estudio la posible inconsistencia en los datos, se analizan solamente las matrices finales que presentaron alguna inconsistencia. De esta manera se pudo poner el foco en los datos necesarios y detectar aquellos datos anómalos por parte de los encuestados, a los cuales se les explicó el procedimiento y cómo lograr el ajuste para lograr una consistencia adecuada modificando mínimamente sus juicios. En el caso presentado anteriormente, con una inconsistencia de 0,13 se debe decantar necesariamente por un subcriterio frente a otro. La inconsistencia es 0 cuando capacidad y cadencia son igual de importantes, entonces a medida que se diga que una es más importante que otra se va a ir ganando inconsistencia. Es interesante ver la posible solución y deducción obtenida (Figura 17):

CADENCIA	ALCANCE	CAPACIDAD
	5,0	2,0
		5,0
Incon: 0,05		

Figura 17: Solución de una matriz inconsistente

Como se puede ver, la utilización de valores intermedios puede traer errores al proceso de este tipo, donde ocurre el mismo caso que antes, a diferencia que el encuestado considere ligeramente más importante la capacidad sobre el alcance (el color rojo significa que prevalece



---

Gonzalo Abad Larrén

el criterio que viene en la columna sobre el de la fila). La inconsistencia de 0,05 es aceptable para continuar la metodología, pero se está cometiendo el mismo error en la jerarquización de los subcriterios, lo que conviene aclarar al participante para que establezca un orden de prioridades coherente.

Una vez se ha solventado la problemática con las inconsistencias se pueden formar todas las matrices de decisión para cada criterio y subcriterio y así obtener los “pesos” que más adelante se contrastarán frente al desempeño en ese subcriterio de cada alternativa. En este punto, el encuestado debe seguir un procedimiento análogo que con los criterios. Esta vez debe ir atendiendo a cada subcriterio y enfrentar cada sistema de armas de los anteriormente descritos entre ellos para generar unas matrices del mismo estilo. Para evitar las inconsistencias obtenidas en algunos casos y dotar de una mayor objetividad al proceso se ha “normalizado” el procedimiento para decidir cuánto mejor es una alternativa frente a otra respecto al mismo subcriterio.

#### 4.5.2. Normalización de la escala de Saaty

Comparar el desempeño de dos alternativas respecto a un mismo subcriterio puede parecer sencillo a priori, en función de qué se busca con esa comparación. Con la aplicación de la metodología AHP aplicada al caso de estudio, se tienen tres alternativas muy similares entre sí en cuanto a sus capacidades, por lo que una comparación a la ligera o subjetiva puede realmente alterar los resultados. La metodología AHP se utiliza para ayudar en la toma de decisiones donde es complicado discernir cuál opción es mejor sobre otra, por lo que se precisa detalladamente cuánto es “mucho” o “poco” mejor una respecto a otra alternativa. Con el fin de ilustrar cómo es el proceso que se ha seguido para normalizar la escala de Saaty, se utilizará uno de los subcriterios estudiados, el del alcance:

Es difícil encontrar un material de artillería de este calibre con alcances inferiores a 15 km. Asimismo es difícil encontrar piezas similares con alcances superiores a los 45 km, por tanto ¿Cuánto mejor es un obús con 40 km de alcance frente a otro de 30 km según la escala de Saaty?

Dejarlo a criterio del grupo de encuestados en su totalidad es una opción, pero para precisar los datos es aconsejable seguir un sistema que permita “normalizar” esto:

Para ello se establecen unos límites tanto superiores como inferiores respecto de ese subcriterio. En el caso mostrado se toman a partir de las piezas existentes en el entorno global, ya sean países cercanos a España o no, se toman tanto la pieza de menos<sup>6</sup> alcance máximo como el opuesto<sup>7</sup>. Con eso se procede a calcular cada cuantos kilómetros de alcance se debería pasar de una a otra valoración en la escala de Saaty, tomando la diferencia entre esos límites establecidos y cada valoración, según recoge el esquema de la figura 18:

---

<sup>6</sup> M114 estadounidense aún en dotación en otros países, con 15 km de alcance

<sup>7</sup> 2S35 ruso, aún no se produce en serie y tiene un alcance de 45 km



El intervalo en el que se opera son 30 km, de forma que se puede pasar por hasta 4 valoraciones de Saaty diferentes, por tanto, cada paso de una a otra resulta de:

$$\frac{D_{MAX} - D_{MIN}}{4} = \Delta_{Saaty}$$

En este caso el resultado es:

$$\frac{45 - 15}{4} = 7,5 \text{ km}$$

Siendo D el límite de aquello que se busca comparar y se ha establecido previamente

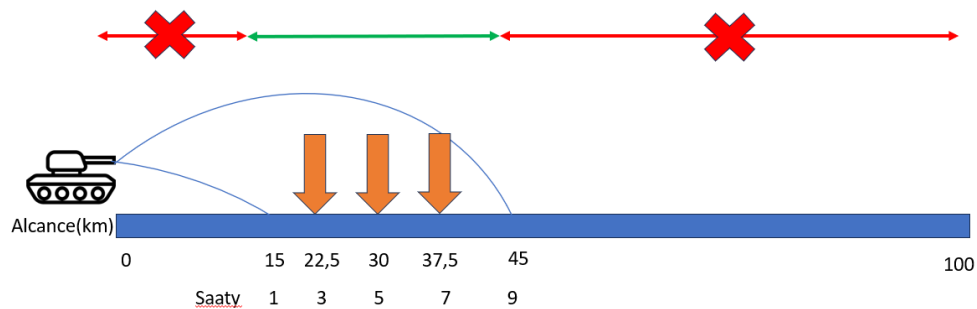


Figura 18: Ejemplo de escala normalizada



Gonzalo Abad Larrén

Luego entre dos obuses cuyo alcance supere esa cifra (7,5 km), por ejemplo, 10 km, se puede establecer que uno es “ligeramente mejor” respecto al otro. De ahí la importancia de establecer correctamente los límites ya que si se coge un rango erróneo, por ejemplo los 100 km mostrados en la figura anterior, esa diferencia sería de 25 km, considerando todas las piezas del estudio iguales. Se procede de manera análoga para el resto de subcriterios y así establecer las comparaciones con un mayor rigor. Si bien es cierto que queda a la elección del encuestado seguir o no el procedimiento explicado, esta guía ofrece un criterio objetivo que ayuda al encuestado a situar en gran medida su decisión. En el caso ya mencionado la matriz obtenida queda como sigue (Figura 19):

	CAESAR	ARCHER	ATMOS
CAESAR		5,0	3,0
ARCHER			5,0
ATMOS	Incon: 0,13		

Figura 19: Comparación de alternativas frente al subcriterio “alcance”

El Caesar y el Archer son un 5 frente al ATMOS, ya que tienen alcances de 40 y 43 km sobre los 30 km del ATMOS. Según la escala no hay tanta la diferencia como para variar tanto la matriz, sin embargo, para los encuestados la diferencia era muy grande como para que solo hubiera un salto entre ellos. Además, se considera ligeramente mejor el Caesar respecto al Archer a pesar de su escasa diferencia de alcance, por lo que se produce inconsistencia. Estos resultados dan una idea de la sensibilidad de los encuestados en cuanto a algunos de los subcriterios o de que la distancia entre saltos debería ser algo menor para hacer mejor las comparaciones. Se procede de la misma forma para rellenar el resto de comparaciones en cada subcriterio

## 4.6. Análisis de resultados

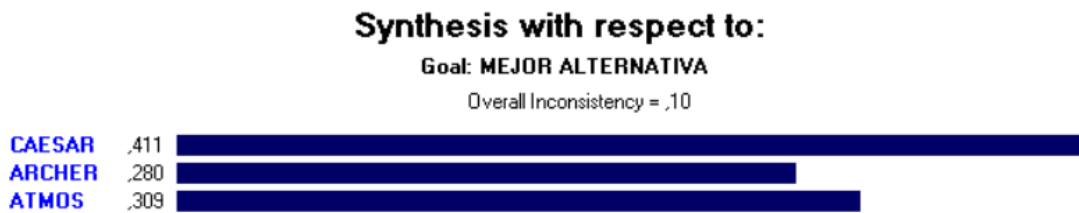
Ahora que se ha explicado cómo se han obtenido los datos y las matrices que conforman el método, se presentan los resultados obtenidos y las conclusiones que se extraen de cada matriz. Hay que tener en cuenta que en las matrices no se obtienen valores de la escala de Saaty ya que se utilizan las medias ponderadas como ya se ha explicado.

En cuanto al estudio comparativo de las alternativas, cabe resaltar la dificultad que existía en la aplicación del método respecto a los tres candidatos. Como se ha mencionado en alguna ocasión se trata de vehículos bastante novedosos que no dejan de actualizarse, y que comparten una serie de atributos en su aspecto técnico que los hacen bastante similares. El desglose completo de la eficacia en función de cada subcriterio puede consultarse en el anexo 4.

A continuación se presenta el resultado final obtenido al cruzar todas las matrices con las distintas alternativas: (Figura 20)



Gonzalo Abad Larrén



*Figura 20: Resultado final*

Según el presente análisis, el Caesar supera indiscutiblemente al resto de candidatos. Por otra parte, entre las otras dos alternativas es más complicado tomar una decisión. Conviene destacar que para la conformación de las matrices que contrastan subcriterio-alternativa se introdujeron valores ya aproximados a la escala de Saaty con los “saltos normalizados” para evitar inconsistencias y alargar nuevamente el proceso de encuestas evitando su repetición. Si bien es cierto que aparecieron menos inconsistencias, en algunos cruces no se pudieron evitar y se prosigió con la metodología. Con este proceso no solo se puede encontrar la mejor alternativa respecto al conjunto, como se ha descrito, sino que se puede seleccionar en función de cada criterio (con el peso de los subcriterios correspondientes) a consultar en el anexo mencionado. Sin embargo, las conclusiones más útiles del estudio se obtienen a partir del análisis de sensibilidad y no del análisis criterio a criterio.

#### **4.7. Análisis de sensibilidad**

Con ello se pretende valorar si el resultado sería distinto al realizar modificaciones en el peso de los criterios y subcriterios. Para obtener un análisis relevante a la hora de la toma de decisiones se debe analizar donde existen más diferencias en el desempeño de cada alternativa para cada criterio. A su vez, no tiene mucha influencia modificar los pesos de los subcriterios de un criterio con un peso bajo. Como se puede apreciar, el peso del criterio proyección es reducido respecto a los demás, luego variaciones dentro de sus subcriterios no van a provocar apenas diferencia sobre el resultado final. Además, otra de las utilidades del análisis de sensibilidad es que se puede observar para cada subcriterio la diferencia entre cada alternativa de una manera gráfica, como se muestra en la siguiente página (Figura 21):



Gonzalo Abad Larrén

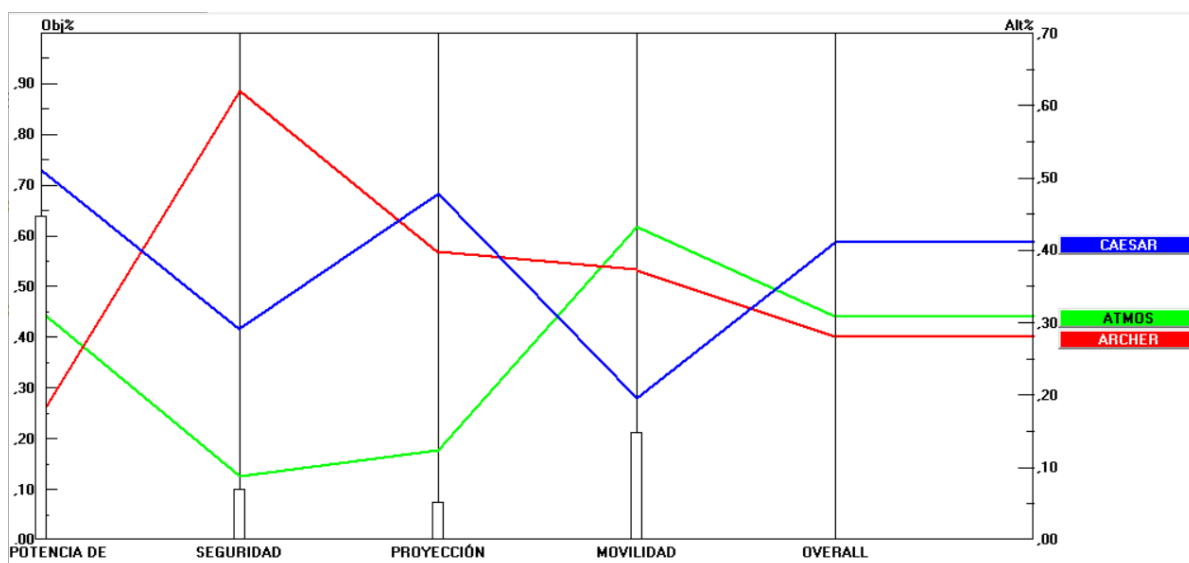


Figura 21: Análisis de sensibilidad sin modificaciones

En la figura 22 se muestra un ejemplo donde sí se altera el resultado final:



Figura 22: Análisis de sensibilidad con modificaciones

Un aumento del criterio seguridad en un 4,5% donde dos de las alternativas (Atmos y Archer) son muy dispares, sí provoca un cambio en el resultado final, decantándose por el Archer sobre el Atmos. Sin embargo, ningún cambio salvo que sea muy significativo en los pesos hace que el Caesar deje de ser la primera alternativa. Su poderosa potencia de fuego sumada al peso relativo de este criterio le aportan una ventaja indiscutible sobre sus competidores. A continuación se muestra un ejemplo donde el Caesar no sería la primera alternativa, muy alejada de las ponderaciones obtenidas en el trabajo (Figura 23). Para ello el criterio potencia de fuego ve reducido su peso de un 60,2 % a un 40 %, un resultado muy distante del obtenido en las encuestas.



Figura 23: Ejemplo donde el Caesar no es la mejor alternativa





## 5. CONCLUSIONES

Después del análisis y estudio en profundidad de obuses candidatos a sustituir el actual obús en dotación y en vistas de las necesidades operativas de los próximos años, se antoja difícil que el SIAC pueda cumplir con todos los requisitos en el entorno que se espera en un futuro a medio plazo al menos con relación a otros países semejantes. De esta manera, una de las conclusiones que se puede obtener es la acuciante necesidad de reemplazo del obús debido a las amenazas actuales, pero también derivadas del futuro entorno. Esta decisión ampliaría notablemente las capacidades operativas de la artillería y también sus posibilidades de despliegue, ya que algunas de estas alternativas ya han sido desplegadas en conflictos reales.

Otra de las conclusiones obtenidas, es la gran dificultad de actualizar este material de cara al futuro, más allá del coste que implicaría tal actualización, sino por la necesidad de autopropulsión que técnicamente tiene una viabilidad complicada

Es importante resaltar las ventajas que supondría un nuevo sistema de armas como los estudiados, ya que, por sus características, se podrían conseguir tripulaciones con una necesidad menor de personal, reemplazando las 6-7 personas que por norma general incorpora el obús actual. En consecuencia, se podrían conseguir baterías de más piezas con el mismo personal, aumentando en gran medida la potencia de fuego de la unidad. La limitación técnica al aumentar el número de piezas vendría dada por el sistema de mando y control, pero no implicaría grandes modificaciones a niveles de estructuras orgánicas. Además, con la implementación de un hipotético nuevo sistema de armas, en el caso del Archer y el Caesar, daría otro impulso a los grandes planes de compra en materia de defensa dentro de la Unión Europea, y a la Política Industrial de Defensa comunitaria.

En todos los medios estudiados, existe una desventaja que se repite: la implementación del sistema automático de control de fuego que tienen con el sistema de mando y control TALOS. De cara a solventar este problema, la empresa desarrolladora de este sistema, GMV, debería abordar todas las vicisitudes que a nivel de software se derivan; introducir el/los nuevos tubos, por ejemplo (GMV, 2023). Asimismo, a nivel de hardware, su plena integración física en la pieza es un requisito fundamental de cara a la futura "Fuerza 2035". A colación de esta nueva fuerza que se plantea para el futuro, destacar que los tres sistemas incluyen la capacidad de impacto simultáneo MRSI por lo que serían los tres válidos en ese aspecto.

En cuanto a los tres materiales estudiados, si bien es cierto que son de especificaciones técnicas muy similares, guardan diferencias que se deben tener en cuenta a la hora de una posible adquisición. En el caso del Caesar una de sus principales ventajas es la facilidad para realizar la adquisición, no solo por el hecho de pertenecer a uno de los países miembro de la UE y de la Alianza Atlántica, sino también por su efectividad probada en conflictos internacionales. De esta manera, su compra entraña un riesgo mucho menor. Se deben tener en cuenta otros aspectos como por ejemplo en el caso del Archer, el hecho de que vaya montado sobre una plataforma camión de ámbito civil, se pueden disponer de múltiples configuraciones (8x8 y 6x6) e incluir diferentes paquetes de blindaje. Además, puede incorporar un módulo de simulación propio con todas las ventajas que conlleva de cara a la instrucción. Puede incluir en el paquete de compra un vehículo complementario de carga y con ciertos repuestos para la pieza. Todos estos aspectos dan idea de la variabilidad que puede existir en el coste de adquisición de un material como el Archer.

Todo este estudio comparativo permitió que tras hacer las entrevistas pertinentes, se pudiera aplicar la metodología AHP con mayor detalle y gozar de una herramienta más que arroje



---

Gonzalo Abad Larrén

luz acerca cuál de las alternativas es la más acertada. A nivel de prestaciones parece que el sistema Caesar es el mejor posicionado de cara a una posible compra, si se tiene en cuenta los resultados obtenidos en la metodología. Goza de una potencia de fuego superior a los competidores, clave a la hora de prestar apoyo de fuegos en la futura “Fuerza 2035”. Sin embargo, es fundamental contar con datos en mayor detalle si se plantea esta sustitución en un futuro, a nivel técnico, y por supuesto tener en cuenta otros aspectos que influyen en la compra como son las políticas de defensa existentes en ese momento, las relaciones y situaciones de ciertos países candidatos o evidentemente, la viabilidad económica de cualquiera de las alternativas. Por último, hay que destacar que se hace imprescindible en cuanto a plataformas de lanzamiento se refiere, un sistema lanzacohetes (Tejido, 2020), no solo un medio de artillería cañón autopropulsado sobre rueda. Esta circunstancia da una idea de que este proyecto se debería abordar en coexistencia de otra necesidad para el ejército como es la de artillería cohete.



Gonzalo Abad Larrén

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bae Systems (2023). Bae Systems . Disponible en:

<https://www.baesystems.com/en/product/archer>. [Consultado 01-10-2023]

Barros J .(2022). “El Ejército de Tierra despliega artillería pesada en Letonia”. *El debate*, 17 de marzo. Disponible en :<https://www.eldebate.com/espana/defensa/20220317/ejercito-tierra-despliega-artilleria-pesada-letonia.html> . [Consultado 05-10-2023]

Defence Express (2023). “Ukrainian PzH 2000 breaks Record Having Fired 20000 rounds already”. *Defence Express*, 12 de junio. Disponible en: [https://en.defence-ua.com/weapon-and-tech/ukrainian\\_pzh\\_2000\\_breaks\\_record\\_having\\_fired\\_20000\\_rounds\\_already-6984.html](https://en.defence-ua.com/weapon-and-tech/ukrainian_pzh_2000_breaks_record_having_fired_20000_rounds_already-6984.html) [Consultado 05-10-2023]

El radar (2022). “ El Ejército de Estados Unidos quiere desarrollar un obús sobre ruedas de nueva generación”. *El radar* , 24 de enero. Disponible en: <https://www.elradar.es/el-ejercito-de-estados-unidos-quiere-desarrollar-un-obus-sobre-ruedas-de-nueva-generacion/> [Consultado 01-10-2023]

Eryürük, Ş., Kürüm Varolgüneş, F. and Varolgüneş, S. 2022. “Assessment of stakeholder satisfaction as additive to improve building design quality: AHP-based approach.” *Journal of Housing and the Built Environment* 37(1), pp. 1-1. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10901-021-09855-8> [Consultado 09-09-2023]

Galaxia Militar (2019). “El K-9 Thunder: el cañón de artillería gigante de Corea del Sur”. *Galaxia Militar*, 26 de octubre. Disponible en: <https://galaxiamilitar.es/el-k-9-thunder-el-canon-de-artilleria-gigante-de-corea-del-sur-dirigido-a-corea-del-norte/> [Consultado 01-10-2023]

Galaxia militar (2023). “Suecia tiene intención de suministrar sistemas de artillería Archer de 155 mm a Ucrania”. *Galaxia militar*, 9 de enero.. Disponible en: <https://galaxiamilitar.es/suecia-tiene-la-intencion-de-suministrar-sistemas-de-artilleria-archer-de-155-mm-a-ucrania/> [Consultado 01-10-2023]

GMV (2023). GMV. Disponible en: <https://www.gmv.com/es-es/comunicacion/noticias/gmv-expone-sus-sistemas-de-navegacion-y-el-sistema-de-mando-y-control-de> [Consultado 01-10-2023]

Guachi, M. (2023). “Armas de la victoria ucranaina: El M109 Paladin”. *Root Nation*. 5 de noviembre. Disponible en: <https://root-nation.com/es/articles-es/equipamiento-militar-es/es-armas-victoria-ucraniana-obus-autopropulsado-m109-paladin/> [Consultado 25-09-2023]

Infodefensa (2023). “Navantia descarta la suspensión del nuevo pedido de buques en Arabia Saudi”. *Infodefensa*, 9 de septiembre. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4431256/navantia-descarta-suspension-nuevo-pedido-buques-arabia-saudi> [Consultado 09-09-2023]

Mando de Adiestramiento y Doctrina, MT-300 “Obús SIAC 155/52. Manual del operador y mantenimiento de primer escalón”, Cap. 1.



---

Gonzalo Abad Larrén

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-304 “Empleo de la Artillería de Campaña”, Cap. 4-5.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD3-315 “Apoyos de Fuego”, Cap. 2.

Martínez J. (2020). “¿Por qué autopropulsada? ¿Ruedas o cadenas?. Situación y evolución de la artillería autopropulsada en el Ejército de Tierra”. Revista Ejército. 956, pp. 32-37. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/publicaciones/revistaejercito/revista/2020/956.html>

Monforte M. (2022). “El obús 155/52 APU SIAC/V07 Español, Un sueño alcanzado” Mmonfortem.wixsite. 22 de junio. Disponible en: <https://mmonfortem.wixsite.com/website/post/el-ob%C3%BAs-155-52-apu-siac-v07-espa%C3%B1ol-un-sue%C3%B1o-alcanzado> [Consultado 10-09-2023]

Taoufikallah, A.. *El método AHP*. Universidad de Sevilla pp. 46-49. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+m%C3%A9todo+AHP.pdf>

Tejido J. (2020). “La artillería remolcada española”. Revista Ejército. 956, pp. 38-43. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/publicaciones/revistaejercito/revista/2020/956.html>

Tess Defende (2023). Tess Defence. Disponible en: <https://tess-defence.es/programa-vcr-8x8-dragon/> [Consultado 05-10-2023]

Trelles G. (2023). “Así es el Atmos 6x6, el nuevo obús autopropulsado de Colombia”. *Infodefensa*, 12 de enero. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4136525/asi-atmos-6x6-nuevo-obus-autopropulsado-colombia> [Consultado 14-09-2023]



---

Gonzalo Abad Larrén

## **ANEXOS**



Gonzalo Abad Larrén

## Anexo I – Fichas técnicas

NOMBRE DEL OBÚS	ARCHER
Velocidad en carretera (km/h)	90
Potencia del motor (CV)	440
Autonomía (km)	500
Máxima pendiente soportada (%)	55
Máxima pendiente lateral soportada (%)	35
Peso (t)	33
Altura (m)	4
Medios en los que se puede aerotransportar	-
Cadencia (disparos por minuto)	9
Tripulación mínima para su uso	3
Almacenamiento de munición (uds)	21
Cargado de la munición	Automático
Alcance (km)	30
Tiempo estimado de entrada en posición (s)	25
Tiempo estimado de salida de posición (s)	25
Blindaje de la cabina	Nivel 3 STANAG 4569
Tipos de munición	HE-HEER-BONUS-EXCALIBUR
Imagen del vehículo	

Tabla 3: Ficha técnica del obús Archer



Gonzalo Abad Larrén

<b>NOMBRE DEL OBÚS</b>	CAESAR
<b>Velocidad en carretera (km/h)</b>	80
<b>Potencia del motor (CV)</b>	460
<b>Autonomía (km)</b>	600
<b>Máxima pendiente soportada (%)</b>	40
<b>Máxima pendiente lateral soportada (%)</b>	30
<b>Peso (t)</b>	18
<b>Altura (m)</b>	3,7
<b>Medios en los que se puede aerotransportar</b>	A-400/C-130/IL-76/C-17
<b>Cadencia (disparos por minuto)</b>	6
<b>Tripulación mínima para su uso</b>	3
<b>Almacenamiento de munición (uds)</b>	18
<b>Cargado de la munición</b>	Semiautomático
<b>Alcance (km)</b>	43
<b>Tiempo estimado de entrada en posición (s)</b>	45
<b>Tiempo estimado de salida de posición (s)</b>	40
<b>Blindaje de la cabina</b>	Nivel 2 STANAG 4569
<b>Tipos de munición</b>	Todas las de 39/52 cal. NATO JBMOU standard, ERFB rounds Smart ammunition (BONUS, SPACIDO...) y Excalibur
<b>Imagen del vehículo</b>	

Tabla 4: Ficha técnica del obús Caesar



Gonzalo Abad Larrén

<b>NOMBRE DEL OBÚS</b>	ATMOS 2000
<b>Velocidad en carretera (km/h)</b>	80
<b>Potencia del motor (CV)</b>	315
<b>Autonomía (km)</b>	1000
<b>Máxima pendiente soportada (%)</b>	60
<b>Máxima pendiente lateral soportada (%)</b>	30
<b>Peso (t)</b>	29
<b>Altura (m)</b>	3,3
<b>Medios en los que se puede aerotransportar</b>	C-130/A-400
<b>Cadencia (disparos por minuto)</b>	8
<b>Tripulación mínima para su uso</b>	4
<b>Almacenamiento de munición (uds)</b>	27
<b>Cargado de la munición</b>	Semiautomático
<b>Alcance (km)</b>	40
<b>Tiempo estimado de entrada en posición (s)</b>	60
<b>Tiempo estimado de salida de posición (s)</b>	60
<b>Blindaje de la cabina</b>	Nivel 1 STANAG 4569
<b>Tipos de munición</b>	NATO standard
<b>Imagen del vehículo</b>	

Tabla 5: Ficha técnica del obús Atmos





Gonzalo Abad Larrén

## ANEXO II - ENTREVISTA DEFINICIÓN DE CRITERIOS

### CUESTIONARIO EVALUACIÓN DE CRITERIOS AHP:

Ha sido seleccionado para participar en un estudio de sustitución del obús SIAC actual en dotación en su unidad. A continuación, se solicita responder a las preguntas con la mayor sinceridad posible. Tenga en cuenta que sus respuestas serán tomadas como datos para el inicio de un análisis más profundo.

**Nombre completo:**

**Empleo y tiempo en su puesto táctico actual:**

- 1- Enumere tres aspectos positivos a destacar del obús 155/52 SIAC. ¿Qué opinión tiene acerca de las bondades que este sistema ofrece? ¿Lo considera realmente operativo y funcional?

*La mayoría de encuestados destacaron su precisión, automatización y alcance superior a las que existen en dotación. No se consideraba muy funcional debido a su escasa movilidad y baja fiabilidad*

- 2- Enumere tres aspectos negativos que destacaría de la pieza.

*Por lo general los puntos más en contra tenían relación con la fiabilidad, su movilidad y necesidad muy elevada de personal para su operación*

- 3- Qué funcionalidades o características considera importantes frente a un hipotético sustituto al SIAC- Cite al menos 2.

*La mayoría de las respuestas consideraban que un gran alcance y que la pieza fuera autopropulsada era un aspecto clave.*

- 4-Cuál es la característica que más ha limitado su trabajo respecto al obús actual

*A más de un encuestado el aspecto de la movilidad le había limitado a la hora de trabajar con la pieza*

- 5- Dada la relación que usted guarda con el sistema de armas actual, cuál es el grado de satisfacción con el mismo.(Del uno al diez)

*Las respuestas no se salían de un abanico entre el 5 y el 7.*

- 6- Enumere 10 elementos que tendría en cuenta si pudiera escoger un sistema de armas sustitutivo al actual (Alcance, precisión, fácil de mantener, fiabilidad, sencillez de uso, interoperabilidad, etc.)



---

Gonzalo Abad Larrén

*Entre las respuestas más repetidas se situaban el alcance, la pendiente que podían transitar como máximo, la cadencia de disparo, el número de operarios que sean necesarios para su uso, un apoyo logístico sencillo, gran fiabilidad, que admita cargas y municiones variadas, que sea sencillo de usar para entrar y salir rápido de posición, etc.*



## Anexo III – Cuestionario AHP

A continuación va a realizar una encuesta acerca de la importancia de unos criterios/factores a tener en cuenta en la elección de una pieza de artillería. Deberá comparar la importancia relativa entre los mismos según el ejemplo. Se presentan los criterios y subcriterios que debe evaluar:

**Potencia de fuego:** que se agrupa en los siguientes subcriterios:

- Cadencia: Medida en disparos por minuto
- Alcance: Máximo independiente al tipo de munición
- Capacidad: La capacidad de transporte del propio sistema de armas.

**Movilidad:** en el estudio abarca los siguientes subcriterios

- Potencia del motor
- Autonomía
- Pendiente máxima soportada:Cuál es la graduación máxima de las pendientes que puede ascender el sistema de armas

**Seguridad**

- Tiempo estimado fuera de acción: Sin tener en cuenta el papel que juega la instrucción de la tripulación
- Nivel de protección STANAG 4569: El STANAG 4569 regula el blindaje y la protección de un vehículo respecto a fragmentaciones, perforaciones, explosiones...

**Capacidad de proyección**

- Tipos de munición: Tiene que ver con la compatibilidad o no de disparar diversas municiones.
- Número de sirvientes
- Peso

\*A la hora de comparar criterios, hacerlo como un todo, sin tener en cuenta solo los subcriterios seleccionados

La escala seleccionada para establecer las comparaciones tiene las siguientes equivalencias:

VALOR	EQUIVALENCIA EN ESCALA "SAATY"
1	El criterio A es igual de importante que B
3	El criterio A es ligeramente más importante que B
5	El criterio A es más importante que B
7	El criterio A es mucho más importante que B
9	El criterio A es extremadamente más importante que B



Gonzalo Abad Larrén

De forma que un ejemplo de comparación quedaría de la siguiente manera:

COMPARACIÓN DE CRITERIOS						
	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	MOVILIDAD	MOVILIDAD	SEGURIDAD
9						
7	X					
5	X					
3				X		
1				X		
3						
5					X	
7						
9						
	MOVILIDAD	SEGURIDAD	CAPACIDAD PROYECCIÓN	SEGURIDAD	CAPACIDAD PROYECCIÓN	CAPACIDAD PROYECCIÓN

Tabla 6: Ejemplo de un resultado de la encuesta

Según la tabla y la escala, la potencia de fuego es más importante que la movilidad, la movilidad igual de importante que la capacidad de proyección y así sucesivamente. Cumplimente todas las tablas que se presentan marcando con una cruz (X) y responda todas las cuestiones:

**Matriz comparación de criterios (C1):**

COMPARACIÓN DE CRITERIOS						
	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	MOVILIDAD	MOVILIDAD	SEGURIDAD
9						
7						
5						
3						
1						
3						
5						
7						
9						
	MOVILIDAD	SEGURIDAD	CAPACIDAD PROYECCIÓN	SEGURIDAD	CAPACIDAD PROYECCIÓN	CAPACIDAD PROYECCIÓN

Tabla 7: Ejemplo de tabla C1 a rellenar por el encuestado



Gonzalo Abad Larrén

**Matriz de comparación de subcriterios (Potencia de fuego-C2):**

	POTENCIA DE FUEGO		
	CADENCIA	CADENCIA	CAPACIDAD
9			
7			
5			
3			
1			
3			
5			
7			
9			
	CAPACIDAD	ALCANCE	ALCANCE

*Tabla 8: Ejemplo de tabla C2 a rellenar por el encuestado*

**Matriz de comparación de subcriterios (Movilidad-C3):**

MOVILIDAD		
POTENCIA	POTENCIA	PENDIENTE
PENDIENTE	AUTONOMIA	AUTONOMIA

*Tabla 9: Ejemplo de tabla C3 a rellenar por el encuestado*





Gonzalo Abad Larrén

A continuación se presenta una segunda parte del cuestionario que realizó anteriormente, donde esta vez deberá hacer las mismas comparaciones pero respecto a distintos materiales de artillería que puede consultar en las fichas técnicas. Opere de la misma manera, con la excepción de la tabla adjunta, que presenta una guía más “objetiva” a la hora de efectuar las comparaciones:

FICHA DE CAPACIDADES TÉCNICAS	<u>SALTO ESCALA DE SAATY</u>
Velocidad en carretera	7,5 km/h
Potencia	55 CV
Autonomía	200 km
Máxima pendiente soportada	10 %
Máxima pendiente lateral soportada	5 %
Peso	8 t
Altura	--
Capacidad de aerotransporte	--
Cadencia	1,25 disparos por minuto.
Tripulación mínima	1 pax
Almacenamiento de munición	4 disparos
Cargado de munición	--
Alcance	--
Tiempo de entrada en posición	12s
Tiempo de salida de posición	12s
Blindaje de la cabina	1 nivel
Tipos de munición	2

Tabla 12: Escala de Saaty normalizada para los subcriterios

Se considera que cuando una alternativa supera en alguna de estas cantidades como mínimo representa un nivel “mejor” frente a otra alternativa. Un vehículo con una velocidad de 70km/h será un 5 frente a otro que alcanza 50km/h en el apartado velocidad Recuerde que esta guía es orientativa. No dude en hacer las preguntas que sean necesarias para la comprensión de la encuesta. Asimismo, responda marcando con el número (importancia relativa) en la casilla de cada vehículo que considera mejor, como en el ejemplo mostrado:

	CAESAR	ATMOS2000
ALCANCE	3	

En este caso, el Caesar es ligeramente mejor respecto al subcriterio alcance (3). Siguiendo este modelo, complete todas las casillas de las tablas que se presentan:



Gonzalo Abad Larrén

### **Comparativa CAESAR-ATMOS:(C6)**

	CAESAR	ATMOS2000
ALCANCE		
CADENCIA		
CAPACIDAD		
PESO		
Nº DE SIRVIENTES		
TIPOS DE MUNICIÓN		
TIEMPO ESTIMADO FUERA ACCIÓN		
NIVEL DE PROTECCIÓN STANAG		
AUTONOMÍA		
PENDIENTE MÁXIMA		
POTENCIA DEL MOTOR		

Tabla 13: Ejemplo de tabla C6 a rellenar por el encuestado

### **Comparativa CAESAR-ARCHER:(C7)**

	CAESAR	ARCHER
ALCANCE		
CADENCIA		
CAPACIDAD		
PESO		
Nº MÍNIMO DESIRVIENTES		
TIPOS DE MUNICIÓN		
TIEMPO ESTIMADO FUERA ACCIÓN		
NIVEL DE PROTECCIÓN STANAG		
AUTONOMÍA		
PENDIENTE MÁXIMA		
POTENCIA DEL MOTOR		

Tabla 14: Ejemplo de tabla C7 a rellenar por el encuestado

### **Comparativa ARCHER-ATMOS:(C8)**

	CAESAR	ARCHER
ALCANCE		
CADENCIA		
CAPACIDAD		
PESO		
Nº MÍNIMO DE SIRVIENTES		
TIPOS DE MUNICIÓN		
TIEMPO ESTIMADO FUERA ACCIÓN		
NIVEL DE PROTECCIÓN STANAG		
AUTONOMÍA		
PENDIENTE MÁXIMA		
POTENCIA DEL MOTOR		

Tabla 15: Ejemplo de tabla C8 a rellenar por el encuestado

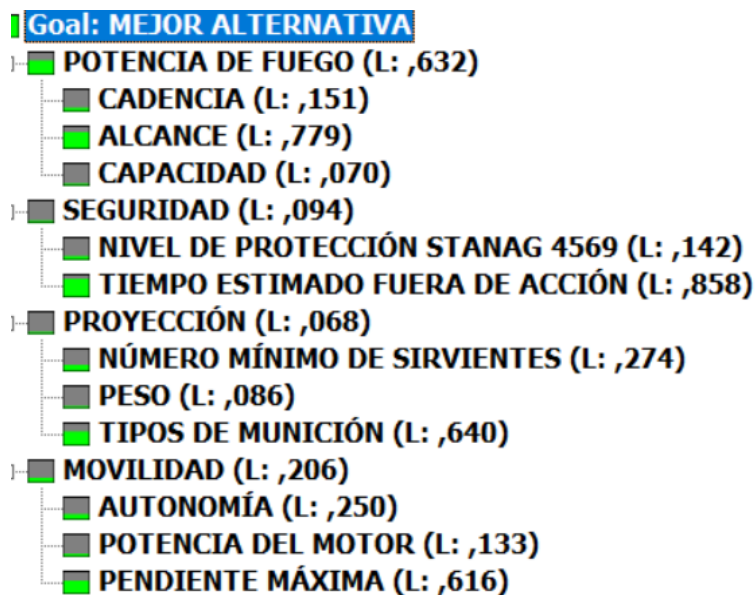




Gonzalo Abad Larrén

## Anexo IV – Resultados AHP

A continuación, se muestran todas las comparaciones obtenidas para cada criterio-subcriterio y para cada alternativa:



Peso de cada criterio obtenido en tanto por uno. En cada nodo se muestra el peso de cada subcriterio en tanto por uno para cada criterio. En las siguientes imágenes se muestra el desempeño general de cada alternativa según estos pesos, y después para cada criterio:

### Synthesis with respect to:

Goal: MEJOR ALTERNATIVA

Overall Inconsistency = ,10



Synthesis with respect to: POTENCIA DE FUEGO

(Goal: MEJOR ALTERNATIVA > POTENCIA DE FUEGO (L: ,63))

Overall Inconsistency = ,10





Gonzalo Abad Larrén



Además, se muestran los resultados de las encuestas a partir de los cuales se rellenaron las matrices de decisión para dar pesos a los distintos criterios y subcriterios:

#### ESCALA DE OFICIALES:

##### Matriz de comparación de criterios (C1):

COMPARACIÓN DE CRITERIOS						
	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	MOVILIDAD	MOVILIDAD	SEGURIDAD
9						
7	2					
5	2		1	1	2	
3			1	1		1
1						1
3						
5						
7						
9						
	MOVILIDAD	SEGURIDAD	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN	SEGURIDAD	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN



Gonzalo Abad Larrén

**Matriz de comparación de subcriterios (Potencia de fuego-C2):**

	POTENCIA DE FUEGO		
	CADENCIA	CADENCIA	CAPACIDAD
9			
7			
5			
3	1		
1	1		
3			
5			
7		2	1
9			1
	CAPACIDAD	ALCANCE	ALCANCE

**Matriz de comparación de subcriterios (Movilidad-C3 + Seguridad-C4):**

MOVILIDAD		
POTENCIA	POTENCIA	PENDIENTE
		1
2	1	
	1	
PENDIENTE	AUTONOMÍA	AUTONOMÍA

SEGURIDAD NV. STANAG
2
TIEMPO F. ACCIÓN

**Matriz de comparación de subcriterios (Capacidad de proyección-C5):**

PROYECCIÓN		
PESO	PESO	SIRVIENTES
1		1
1	1	1
	1	
SIRVIENTES	MUNICIÓN	MUNICIÓN



Gonzalo Abad Larrén

## ESCALA DE SUBOFICIALES:

### Matriz de comparación de criterios (C1):

COMPARACIÓN DE CRITERIOS						
	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	MOVILIDAD	MOVILIDAD	SEGURIDAD
9	1					
7	3	7	3	5		
5	5		3	4	3	
3	2			2		
1				2	5	
3						
5						
7						
9						
	MOVILIDAD	SEGURIDAD	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN	SEGURIDAD	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN



Gonzalo Abad Larrén

**Matriz de comparación de subcriterios (Potencia de fuego-C2):**

	POTENCIA DE FUEGO		
	CADENCIA	CADENCIA	CAPACIDAD
9			
7	3		
5	4		
3	1		
1			
3			
5		2	
7		3	5
9		3	3
	CAPACIDAD	ALCANCE	ALCANCE

**Matriz de comparación de subcriterios (Movilidad-C3 + Seguridad-C4):**

MOVILIDAD		
POTENCIA	POTENCIA	PENDIENTE
		3
	2	2
1	2	1
3	2	2
4	2	
PENDIENTE	AUTONOMÍA	AUTONOMÍA

SEGURIDAD NV. STANAG
2
2
4
TIEMPO F. ACCIÓN

**Matriz de comparación de subcriterios (Capacidad de proyección-C5):**

CAPACIDAD DE PROYECCIÓN		
PESO	PESO	SIRVIENTES
1		2
3	2	3
4	2	2
	4	
SIRVIENTES	MUNICIÓN	MUNICIÓN



Gonzalo Abad Larrén

## ESCALA DE TROPA:

### Matriz de comparación de criterios (C1):

COMPARACIÓN DE CRITERIOS					
	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	POTENCIA DE FUEGO	MOVILIDAD	SEGURIDAD
9					
7	1	4	3		
5	3	1	2	3	2
3	1			5	3
1					
3				2	
5					
7					
9					
	MOVILIDAD	SEGURIDAD	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN	SEGURIDAD	CAPACIDAD DE PROYECCIÓN



Gonzalo Abad Larrén

**Matriz de comparación de subcriterios (Potencia de fuego-C2):**

	POTENCIA DE FUEGO		
	CADENCIA	CADENCIA	CAPACIDAD
9			
7			
5			
3	2		
1	3		
3			
5			
7		4	1
9		1	4
	CAPACIDAD	ALCANCE	ALCANCE

**Matriz de comparación de subcriterios (Movilidad-C3 + Seguridad-C4):**

MOVILIDAD		
POTENCIA	POTENCIA	PENDIENTE
		2
		2
	4	1
3	1	
2		
PENDIENTE	AUTONOMÍA	AUTONOMÍA

SEGURIDAD NV. STANAG
2
3
TIEMPO F. ACCIÓN

**Matriz de comparación de subcriterios (Capacidad de proyección-C5):**

CAPACIDAD DE PROYECCIÓN		
PESO	PESO	SIRVIENTES
		1
2	2	2
3	1	2
	1	
SIRVIENTES	MUNICIÓN	MUNICIÓN