



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Máster

EMPLEO DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO (AHP) EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE RECURSOS: LAS ALTERNATIVAS DE MODERNIZACIÓN DE LOS CENTROS DE MANDO Y CONTROL AÉREO.

Jorge F. Sánchez Barbancho

Director: Carlos Luis Ruiz López

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a todas las personas que emplearon parte de su tiempo en la realización de las distintas entrevistas. Gracias por comprometeros y por ayudarme, sé que ha sido un gran esfuerzo para todos vosotros.

Finalmente, gracias Carlos, por proponerme un proyecto retador, por el tiempo que me has dedicado, tus explicaciones y la aportación de tu experiencia en la metodología AHP durante todo el desarrollo de este trabajo. Ha sido un placer trabajar contigo.





## RESUMEN

Este trabajo pretende estimular la incorporación de herramientas de decisión en el proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de la Defensa, particularizándose en un programa concreto como es el de la modernización de los tres Centros de Vigilancia, Identificación y Control del Ejército del Aire.

El proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de la defensa es un proceso concurrente en el cual intervienen distintos actores, responsables de la elaboración de documentos que constituyen puntos de decisión para la continuidad del programa. Es por ello fundamental que los distintos actores tengan la confianza de que las decisiones adoptadas por otros en etapas anteriores hayan sido correctas.

Este es el caso del programa de modernización de los tres Centros de Vigilancia, Identificación y Control del Ejército del Aire y en el que, como consecuencia de no estar suficientemente documentado el análisis de las diferentes alternativas de obtención, se ha tenido que repetir el estudio de alternativas en etapas posteriores, retrasando el programa más de dos años.

A lo largo del presente trabajo se analizan los puntos del proceso de obtención de recursos materiales en los cuales es necesario documentar las decisiones adoptadas, para posteriormente desarrollar las etapas necesarias en la resolución de problemas e identificar los principales métodos de análisis.

Una vez establecido el marco, se utilizan los resultados obtenidos para documentar la mejor alternativa para la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo que permita acometer la modernización de los Centros de Vigilancia, Identificación y Control del Ejército del Aire.

Para este análisis se emplea el método de jerarquización analítica (AHP de sus siglas en inglés), seleccionado previamente como opción válida para este tipo de análisis dada su facilidad de uso y robustez.

Resultado de este análisis, se concluirá que la alternativa de obtención inicialmente identificada era correcta, si bien no estaba lo suficientemente documentada.

## Palabras clave

AHP, Modernización de Centros de Vigilancia, Identificación y Control del Ejército del Aire, Métodos de decisión multicriterio, Obtención de recursos.



## ABSTRACT

This work aims to stimulate the incorporation of decision-making tools in the process of obtaining material resources in the field of Defense, focusing on a specific programme such as the modernisation of the three Air Force Surveillance, Identification and Control Centres.

The process of obtaining material resources in the field of defense is a concurrent process in which different actors intervene, responsible for drawing up documents that constitute decision points in the continuity of the programme. It is therefore essential that the different stakeholders have confidence that the decisions made by others at earlier stages have been correct.

This is the case of the programme to modernize the three Air Force Surveillance, Identification and Control Centres, where, because of not having sufficiently documented the analysis of the different acquisition alternatives, the study of alternatives had to be repeated in later stages, delaying the programme by more than two years.

Throughout this paper, we will analyse the points in the procurement process where decisions need to be documented, develop the necessary problem-solving steps, and identify the main methods of analysis.

Once the framework has been established, the results obtained are used to document the best alternative for the acquisition of an Air Command and Control System to undertake the modernisation of the Air Force's Surveillance, Identification and Control Centres.

The analytic Hierarchy Process (AHP), previously selected as a valid option for this type of analysis because of its ease of use and robustness, is used for this analysis.

As a result of this analysis, we will conclude that the initially identified procurement alternative was correct, although it was not sufficiently documented.

## Keywords

AHP, Air Command and Reporting Centres modernization, Multicriteria decision methods, resources acquisition.



## INDICE DE CONTENIDO

<b><i>Agradecimientos</i></b> .....	<b><i>I</i></b>
<b><i>RESUMEN</i></b> .....	<b><i>III</i></b>
<b><i>Palabras clave</i></b> .....	<b><i>III</i></b>
<b><i>ABSTRACT</i></b> .....	<b><i>IV</i></b>
<b><i>Keywords</i></b> .....	<b><i>IV</i></b>
<b><i>INDICE DE FIGURAS</i></b> .....	<b><i>VII</i></b>
<b><i>INDICE DE TABLAS</i></b> .....	<b><i>IX</i></b>
<b><i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i></b> .....	<b><i>XI</i></b>
<b><i>1 INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b><i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
<b><i>2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
<b><i>2.2 METODOLOGÍA</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
<b><i>2.2.1 Utilización de grupos de expertos</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
<b><i>2.2.2 metodología AHP</i></b> .....	<b><i>5</i></b>
<b><i>2.2.3 Análisis DAFO</i></b> .....	<b><i>6</i></b>
<b><i>2.2.4 Método DELPHI</i></b> .....	<b><i>6</i></b>
<b><i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>3.1 ANTECEDENTES</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>3.2 MARCO TEÓRICO</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>3.2.1 El proceso de obtención de recursos</i></b> .....	<b><i>8</i></b>



3.2.2	Métodos de decisión.....	11
3.2.3	Diferentes métodos de decisión .....	16
3.2.4	Método de Jerarquización Analítica (AHP) .....	17
3.2.5	Alternativas de modernización de los CRC del Ejército del Aire .....	22
<b>4</b>	<b>DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
4.1	DEFINICION DE CRITERIOS DE EVALUACION .....	25
4.2	SELECCIÓN DE HERRAMIENTA.....	26
4.3	EMPLEO DE LA HERRAMIENTA AHP EN LAS ALTERNATIVAS DE MODERNIZACIÓN DE LOS CRC DEL EJERCITO DEL AIRE.....	29
4.3.1	Formulación del problema .....	29
4.3.2	Evaluación de criterios .....	29
4.3.3	Evaluación de alternativas .....	30
4.3.4	Jerarquización de las alternativas .....	32
4.4	VALIDACION DE SOLUCIONES .....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: CRC	1
Figura 2: Actualizaciones del Sistema de Mando y Control Aeroespacial	2
Figura 3: Entorno operativo del Sistema de Mando y Control Aeroespacial	3
Figura 4: Método AHP	5
Figura 5: Pasos método DELPHI	7
Figura 6: Proceso de Obtención de los Recursos Materiales	9
Figura 7: Fases de problemas de decisión	13
Figura 8: Análisis DAFO	15
Figura 9: Escala de Saaty	18
Figura 10: Etapas del método AHP	19
Figura 11: Árbol de decisión	20
Figura 12: Matriz A de evaluación de criterios	21
Figura 13: Matriz normalizada	21
Figura 14: Concepto general ACCS	22
Figura 15: Propuesta comercial a la modernización de los CRC nacionales	23
Figura 16: Sistema actual ARS Link16 en CRC Torrejón	23
Figura 17: Sistema MASE actualmente utilizado por algunas naciones	24
Figura 18: Fases de problemas de decisión	25
Figura 19: Análisis con ELECTRE	27
Figura 20: Análisis con AHP	28
Figura 21: Representación del problema	29
Figura 22: Evaluación de criterios	30
Figura 23: Evaluación de subcriterios	30



Figura 24: Evaluación de alternativas (I) .....	31
Figura 25: Evaluación de alternativas (II) .....	31
Figura 26: Evaluación de alternativas (III) .....	32
Figura 27: Jerarquización de alternativas .....	32
Figura 28: Cálculo método SWA .....	57
Figura 29: Evaluación de criterios .....	58
Figura 30: Evaluación de Alternativas .....	58
Figura 31: Matriz de decisión .....	58



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis con SWA .....	27
Tabla 2: Evaluación método multicriterio óptimo .....	28
Tabla 3: Análisis DAFO para el sistema comercial .....	33
Tabla 4: Análisis DAFO para el ARS Link 16 .....	33
Tabla 5: Análisis DAFO para sistema MASE .....	34
Tabla 6: Determinación de criterios .....	42
Tabla 7: Determinación de subcriterios .....	44
Tabla 8: Valoración de Criterios .....	55
Tabla 9: Evaluación de Criterios .....	56
Tabla 10: Tabla de clasificación .....	56
Tabla 11: Matriz de concordancia .....	56
Tabla 12: Matriz de discordancia .....	57
Tabla 13: Tabla de Clasificación .....	57
Tabla 14: Evaluación método multicriterio óptimo .....	59
Tabla 15: Evaluación de criterios .....	61
Tabla 16: Subcriterio Grado de desarrollo de la alternativa .....	62
Tabla 17: Subcriterio Obtención .....	62
Tabla 18: Subcriterio Cumplimiento de requisitos .....	63
Tabla 19: Grado de implantación .....	63
Tabla 20: Calendario de implementación .....	64
Tabla 21: Coste de adquisición .....	64
Tabla 22: Empleo de COTS .....	65
Tabla 23: Coste del Ciclo de Vida .....	65



Tabla 24: Formación .....	66
Tabla 25: Vigilancia aérea, generación RAP .....	66
Tabla 26: Intercambio de datos TDL .....	67



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACCS	Air Command and Control System / Sistema de Mando y Control Aéreo
AHP	Analytic Hierarchy Process / Método de Jerarquización Analítica
CRC	Control and Reporting Centre / Centros de Vigilancia, Identificación y Control
DDV	Documento de viabilidad
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
GRUALERCON	Grupo de Alerta y Control
GRUCEMAC	Grupo Central de Mando y Control
GRUNOMAC	Grupo Norte de Mando y Control
JEMAD	Jefe de Estado Mayor de la Defensa
JSVICA	Jefatura del Sistema de Vigilancia y Control Aeroespacial del Ejército del Aire
OEM	Objetivo de Estado Mayor
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
REM	Requisitos de Estado Mayor
SEDEF	Secretario de Estado de Defensa



# 1 INTRODUCCIÓN

El Sistema de Mando y Control Aeroespacial es una herramienta única e imprescindible para el planeamiento y empleo del poder aeroespacial y sus capacidades asociadas. Su despliegue abarca todo el territorio español, se extiende desde las islas Canarias hasta las Baleares y representa la aportación española a la salvaguarda del espacio aéreo de la Alianza Atlántica. Enmarcado en el Sistema de Defensa Aérea, se compone de un total de 13 radares fijos y tres Centros de Vigilancia, Identificación y Control, conocidos como CRC por sus siglas en inglés<sup>1</sup>.

Estos últimos, representados en la figura 1, son los cerebros del sistema y su misión principal es vigilar y controlar el espacio aéreo de soberanía, responsabilidad e interés nacional, al tiempo que ejercen el control de los medios que les son asignados para ejecutar funciones de policía o defensa aérea y cualquier otra que se les encomiende, fundamentalmente los cazas en alerta permanente en las distintas Bases del Ejército del Aire. Para su labor, reciben la información a través del sistema nervioso que representa el Sistema de Telecomunicaciones Militares y son los responsables de procesar e interpretar las señales captadas por los radares.



Figura 1: CRC

Fuente: Ejército del Aire

<sup>1</sup> Grupo Central de Mando y Control (GRUCEMAC) ubicado en Torrejón, Grupo Norte de Mando y Control (GRUNOMAC) ubicado en Zaragoza y Grupo de Alerta y Control (GRUALERCON) ubicado en Gando (Gran Canaria). El GRUNOMAC y el GRUCEMAC se alternan para desempeñar las funciones de Centro Principal de Defensa Aérea y alternativo. Por su parte, el GRUALERCON se encarga de la misma misión en el espacio geográfico de Canarias.



Desde la década de los 50, en que España contara con el primer Sistema de Defensa Aérea, han sido varias las actualizaciones que se han llevado a cabo (figura 2), siendo la última a principios de este siglo con el programa SIMCA (Sistema de Mando y Control Aéreo).

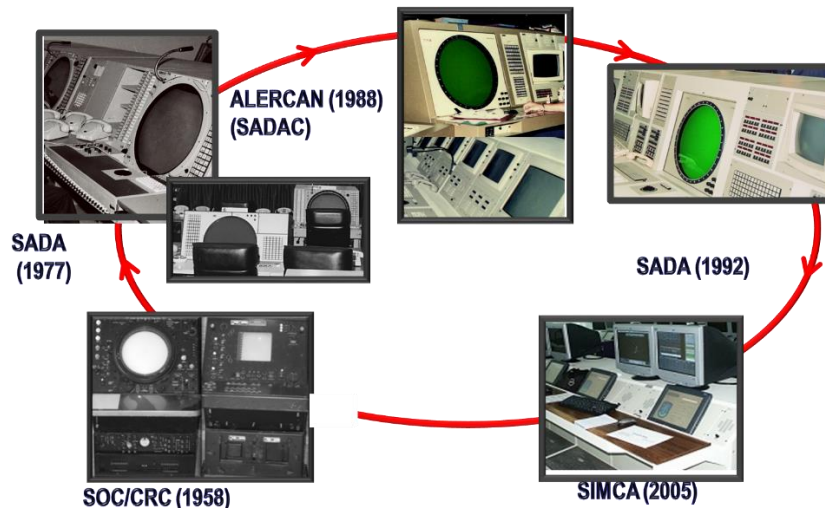


Figura 2: Actualizaciones del Sistema de Mando y Control Aeroespacial

Fuente: Elaboración propia

Actualmente existe un programa de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) para modernizar los 3 CRC dada la obsolescencia de sus equipos. Si bien, la línea de actuación inicial era replicar el futuro Sistema de Mando y Control Aéreo de la OTAN (ACCS de sus siglas en inglés) en el GRUNOMAC y el GRUALERCON, una vez que este estuviera operativo en el GRUCEMAC, en 2016 y debido a los continuos retrasos en la implementación del programa ACCS y a la obsolescencia del equipamiento del GRUNOMAC y del GRUALERCON, se decidió iniciar el proceso de modernización de estos con una solución comercial diferente al ACCS, continuando GRUCEMAC en el programa de la OTAN.

Finalmente, tras los continuos retrasos en la implementación del programa, en 2019 se tomó la decisión de abandonar el Proyecto de Replicación del ACCS también en el GRUCEMAC, haciéndose necesaria la modernización de este con la misma solución comercial con la que se van a modernizar el GRUNOMAC y el GRUALERCON.

El inicio del programa para la modernización de los dos primeros CRC comenzó en el año 2016, pero ha sufrido un largo y tedioso proceso en la elaboración de los hitos documentales, principalmente en la elaboración del documento de viabilidad (DDV) que ha llevado más de 30 meses.

El motivo principal de este periodo tan prolongado ha sido la falta de confianza del organismo responsable de la elaboración del DDV sobre las decisiones reflejadas en el documento de Requisitos de Estado Mayor (REM) respecto a la alternativa propuesta, debido principalmente a la falta de comparativas entre las diferentes propuestas. Este problema podría haberse evitado si se hubiese documentado el proceso de toma de decisiones, apoyando este en una herramienta de ayuda a la decisión basada en un método científico.

El problema que se plantea, y al que este trabajo pretende dar respuesta es evaluar,



mediante el empleo del método de Jerarquización analítica (AHP de sus siglas en inglés), la mejor alternativa para la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo que permita acometer la modernización de los CRC del Ejército del Aire.

Para abordar este problema se ha dividido el trabajo en 5 capítulos de los cuales este es el primero.

En el capítulo 2 se trata tanto el objetivo general al que este trabajo pretende dar respuesta, como los distintos objetivos específicos. Asimismo, se describe la metodología empleada para conseguir estos objetivos, la cual ha pretendido seguir el método cartesiano, intentando en la medida de lo posible, circunscribir cada epígrafe en los capítulos posteriores a resolver cada uno de los objetivos específicos en los que se ha dividido el problema.

En el capítulo 3 se incluyen los antecedentes tanto empíricos (basados en la experiencia del autor y sus colaboradores) como teóricos (mediante fuentes bibliográficas utilizadas para el desarrollo de los diferentes estudios).

El capítulo 4 constituye el cuerpo fundamental del presente trabajo y pretende dar solución al problema de determinar la mejor alternativa para acometer la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo, tal y como se muestra en la figura 3, para la modernización de los CRC del Ejército del Aire, objetivo principal de este trabajo. Para ello se divide el capítulo en 4 apartados; en el primero se definen los criterios a utilizar mediante la utilización del método DELPHI con diferentes expertos, en el segundo se realiza un estudio para seleccionar la herramienta de análisis de alternativas a utilizar, en el tercero se utiliza la herramienta seleccionada para analizar las diferentes alternativas de adquisición en base a los criterios previamente definidos, por último, en el cuarto apartado se realiza un análisis DAFO al objeto de validar las soluciones alcanzadas en el análisis anterior.

Para finalizar, en el capítulo 5 y a modo de conclusión, se detallan los resultados obtenidos a lo largo del estudio de los diferentes apartados, planteando tanto posibles soluciones como líneas futuras de trabajo.

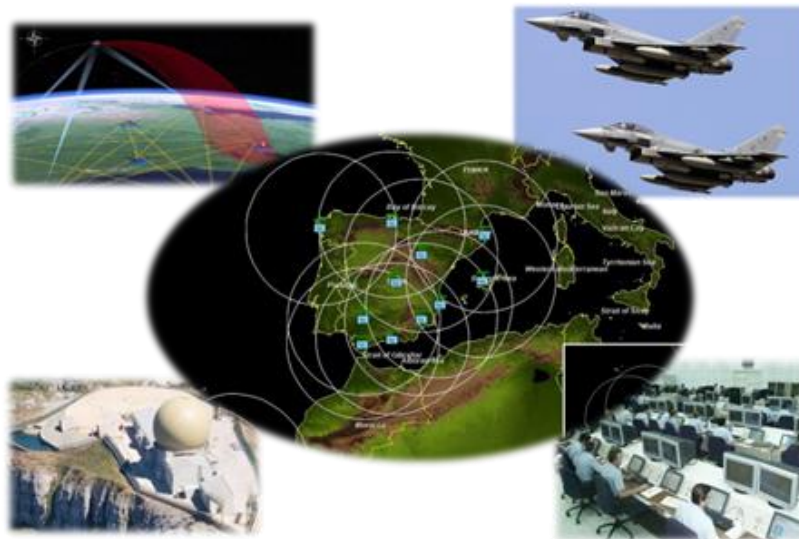


Figura 3: Entorno operativo del Sistema de Mando y Control Aeroespacial

Fuente: Elaboración propia



## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general del presente trabajo es, siguiendo una metodología científica, evaluar la mejor alternativa para acometer la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo para la modernización de los CRC del Ejército del Aire.

Los objetivos específicos son:

- Identificar los puntos del proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa en los cuales es necesario realizar un análisis de alternativas.
- Analizar, de entre los distintos métodos, un método de decisión sencillo, a la vez que robusto y estable, para la selección de las alternativas más adecuadas durante las distintas fases del proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa, de tal forma que sea posible su aplicación en futuras adquisiciones de material, sistematizando el proceso de selección de alternativas y especialmente el proceso de ponderación de criterios.
- Aplicar el método propuesto en la evaluación de la mejor alternativa para acometer la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo para la modernización de los CRC del Ejército del Aire.

Mediante el presente trabajo, se pretende documentar, a través del empleo de la herramienta de análisis multicriterio AHP, la mejor alternativa de las reflejadas en documento de REM para la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo para la modernización de los CRC del Ejército del Aire.

No está dentro del alcance de este trabajo realizar un análisis exhaustivo de los diferentes métodos de decisión.

### 2.2 METODOLOGÍA

Para llegar a la solución del problema planteado se ha seguido el método cartesiano, abarcando el proceso de investigación todas las etapas normales de resolución de un problema, comenzando por la verdadera identificación de éste y concluyendo con la selección de la respuesta óptima.

Se ha partido de la hipótesis de que “el Método AHP es un método válido para la toma de decisiones en los procesos de obtención de recursos de Armamento y Material”, comprobando su validez según las cuatro reglas del método cartesiano (Poveda, Amendola y Cañizares, 2022) para, posteriormente utilizar el método AHP para un caso concreto como es la elección de la mejor alternativa la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo.

A continuación, se detallan las diferentes herramientas utilizadas a lo largo de la elaboración de este trabajo.

#### 2.2.1 Utilización de grupos de expertos

Para la obtención de los datos necesarios para este trabajo se ha seleccionado un grupo de expertos de los siguientes organismos:



- Un experto del Área de Coordinación JS\_C4ISR de la Subdirección General Programas-DGAM.
- Un experto de la Sección de Vigilancia Mando y Control Aéreo del Mando de Apoyo Logístico del Ejército del Aire (MALOG).
- Un experto del Air Command and Control Programme Office and Services de NATO Communications and Information Agency (NATEX).
- Un operador de Mando y Control Aéreo del GRUCEMAC.
- Un experto ingeniero informático de la Jefatura del Sistema de Vigilancia y Control Aeroespacial del Ejército del Aire (JSVICA).
- Dos expertos en gestión de programas de Mando y Control Aéreo (SEVIMCA).
- Dos evaluadores de la JSVICA.

En los Anexos I y III se pueden encontrar las consultas que se hicieron a los diferentes expertos, así como copia de las respuestas recibidas.

Las valoraciones aportadas por estos expertos en las diferentes entrevistas, así como la experiencia del autor se han utilizado transversalmente para proporcionar los datos necesarios en el resto de los métodos aplicados.

## 2.2.2 Metodología AHP

Tal y como se muestra en la figura 4, esta metodología consiste en descomponer una situación no estructurada y compleja en partes o variables; ordenarlas jerárquicamente, asignar valores numéricos a juicios o pensamientos subjetivos sobre la importancia relativa de cada variable, y extraer los juicios para determinar qué variables tienen mayor prioridad en el problema planteado (Ruiz López, 2021)

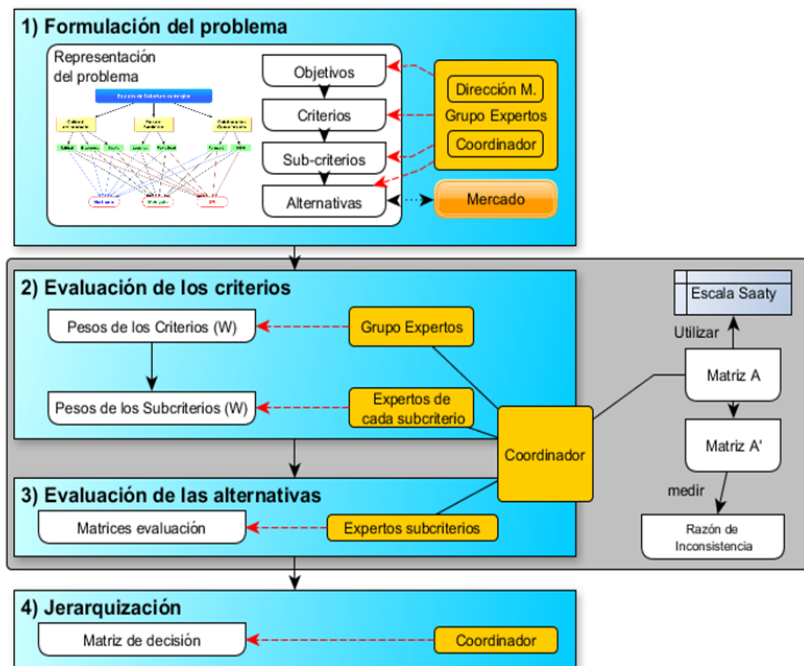


Figura 4: Método AHP

Fuente: Ruiz López, 2021



Esta metodología se ha utilizado tanto en la evaluación de las diferentes herramientas de análisis como en la elección de la mejor alternativa la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo (objetivo principal de este trabajo).

### 2.2.3 Análisis DAFO

El DAFO (iniciales de **Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades**) es una herramienta que permite analizar la situación de un proyecto para ayudar en la toma de decisiones a la hora de determinar las estrategias a seguir (NATO, 2017).

Las posibles estrategias se crearán teniendo en cuenta los problemas detectados en el análisis DAFO (consistente en un análisis interno -Fortalezas y Debilidades- y un análisis externo -Amenazas y Oportunidades):

- Estrategias de Supervivencia (debilidades + amenazas)
- Estrategias Adaptativas (debilidades + oportunidades)
- Estrategias Defensivas (fortalezas + amenazas)
- Estrategias Ofensivas (fortalezas + oportunidades)

Esta herramienta se ha utilizado para realizar el análisis de resultados tras la evaluación de la mejor alternativa la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo con el método AHP.

### 2.2.4 Método DELPHI

DELPHI se define como un proceso donde convergen una serie de personas considerados expertos con el fin de obtener un consenso frente a una temática o problemática en común.

Generalmente se consulta a personas con experiencia, diferente formación y/o jerarquía. Es iterativo y estructurado, al considerar una serie de etapas que tiene como objetivo alcanzar un consenso entre los asistentes a la reunión (NATO, 2017).

Los rasgos esenciales de un proceso Delphi se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Anonimato de respuestas, que reduce las distorsiones de personalidades dominantes que pudieran producirse en reuniones o comités de expertos.
- '*Feedback*' o realimentación controlada por medio de interacciones sucesivas, de modo que en cada una el experto posee la información que se refiere a la interacción previa.
- Análisis estadístico de las respuestas del grupo, que permite ir consiguiendo el acuerdo razonado de los expertos evitando cualquier modo de presión para obtener modificaciones en sus puntos de vista.
- Énfasis puesto en la opinión informada, que en ocasiones puede ser contraria a la más común o generalizada en la sociedad.

El Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas resume en su Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (MAGERIT V 3.0) el método DELPHI en los siguientes pasos (figura 5):

- Se prepara un cuestionario con los temas cuya valoración se desea conocer. Este punto es crítico para el éxito de los siguientes pasos. Para la elaboración de un buen cuestionario se requiere experiencia y conocimiento del tema que se desea investigar.



- Se distribuye entre los sujetos que tienen una opinión relevante en el tema a investigar: los expertos.
- Con las respuestas recibidas, se prepara un histograma indicando cuántos entrevistados se decantan por cada nivel de valoración.
- Si hay una clara concentración de respuestas en torno a un único valor, el proceso ha acabado: hay un claro consenso en el valor buscado.
- Si hay diferencias importantes de opinión, se remite de nuevo el mismo cuestionario; pero esta vez acompañado del histograma. Si se han apreciado ambigüedades en el primer cuestionario, deben aclararse en esta segunda ronda. A los entrevistados se les inquiriere sobre si consideran que deben mantener su primera opinión o prefieren modificarla. Si el histograma de esta segunda ronda sigue sin mostrar una respuesta clara, se pueden realizar nuevas rondas o convocar a los entrevistados en una reunión conjunta para llegar a un consenso.
- Ante un histograma disperso, siempre hay que preguntarse si se ha hecho la pregunta correcta a las personas correctas, si la pregunta estaba claramente expresada o si, por el contrario, se debe volver a empezar con nuevas preguntas y/o nuevos entrevistados.



Figura 5: Pasos método DELPHI

Fuente: Cícero comunicación

Se ha utilizado el método DELPHI para recabar información del grupo de expertos en las diversas consultas realizadas.



## 3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

### 3.1 ANTECEDENTES

Debido a la inexistencia de una metodología en el proceso de toma de decisiones de las diferentes etapas del proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa<sup>2</sup>, existen situaciones en las que los organismos responsables de la elaboración de una etapa no tienen confianza en que la decisión tomada en una etapa anterior haya sido la correcta.

Este mismo problema ha sido identificado en otras áreas como el campo de las infraestructuras. En este sentido la profesora ayudante D<sup>a</sup> María Belén Muñoz Medina, de la Universidad Complutense de Madrid, a través de su tesis doctoral: “Metodología para el análisis y selección sostenible de alternativas en infraestructuras mediante la aplicación de métodos de decisión multicriterio con criterios en conflicto y en condiciones de incertidumbre”, en su capítulo tercero realiza un estudio de los diferentes métodos de decisión multicriterio, el cual se ha tomado como referencia para el estudio de un método multicriterio válido en el proceso de obtención de recursos en el ámbito de los programas de Defensa.

Del mismo modo el catedrático D. Carlos Romero, en su libro “Análisis de las decisiones multicriterio”, profundiza en la necesidad de imbricar el análisis de las decisiones en las fases del ciclo de vida de los sistemas analizando, entre otros, el método AHP. Finalmente, el Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López, del Centro Universitario de la defensa de Zaragoza, a través del capítulo 8 del módulo de Gestión Pública del Master universitario en dirección y gestión de adquisiciones de sistemas para la defensa, sintetiza y aplica el método AHP a sistemas de defensa mediante la utilización de una herramienta de ayuda a la decisión.

### 3.2 MARCO TEÓRICO

En este apartado se desarrollan aquellos conceptos, nociones y líneas teóricas que se tratan en la presente investigación, y que recorren desde el proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito del Ministerio de Defensa, objeto de la Instrucción del Ministerio de Defensa 67/11, de 15 de septiembre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se regula el Proceso de Obtención de Recursos Materiales (Inst. 67/11) , pasando por el análisis de los distintos métodos de decisión y en el desarrollo del método AHP, para finalizar con los antecedentes del programa de modernización de los CRC del Ejército del Aire.

#### 3.2.1 El proceso de obtención de recursos

El planeamiento de la Defensa es el proceso que se lleva a cabo para la consecución de las capacidades necesarias para alcanzar los objetivos establecidos en la política de Defensa (González del Campo, 2020).

En este proceso intervienen tres Autoridades, el Jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD) como responsable del planeamiento militar, el Secretario de Estado de Defensa

---

<sup>2</sup> No siendo así, por ejemplo, para el proceso de gestión de riesgos, recogido en la Instrucción 72/2012 de SEDEF.



(SEDEF) como responsable del planeamiento de recursos financieros y materiales, y el Subsecretario de Estado de Defensa (SUBDEF) como responsable del planeamiento de los recursos humanos (González del Campo, 2020).

Una vez se determina que necesidades obtener, y como se van a plasmar estas necesidades en los presupuestos generales del estado, es necesario iniciar el proceso de obtención propiamente dicho.

El proceso de se divide en cuatro fases: conceptual, definición y decisión, ejecución, y servicio. Las fases a su vez se estructuran en etapas, existiendo un total de once, con el objetivo de que cada etapa recaiga en el ámbito de responsabilidad de una única Autoridad, aunque haya actuaciones de varias (Inst. 67/11).

Las diversas etapas en las que se dividen las fases del proceso se van culminando con hitos documentales que constituyen puntos de decisión o control en los que se analizan los resultados de la actividad ya desarrollada y se dan directrices para continuar el proceso (González del Campo, 2020).

La figura 6 muestra las fases con sus correspondientes etapas y los distintos hitos documentales, estando resaltados con una estrella roja aquellos en los que es preciso realizar un análisis de alternativas.

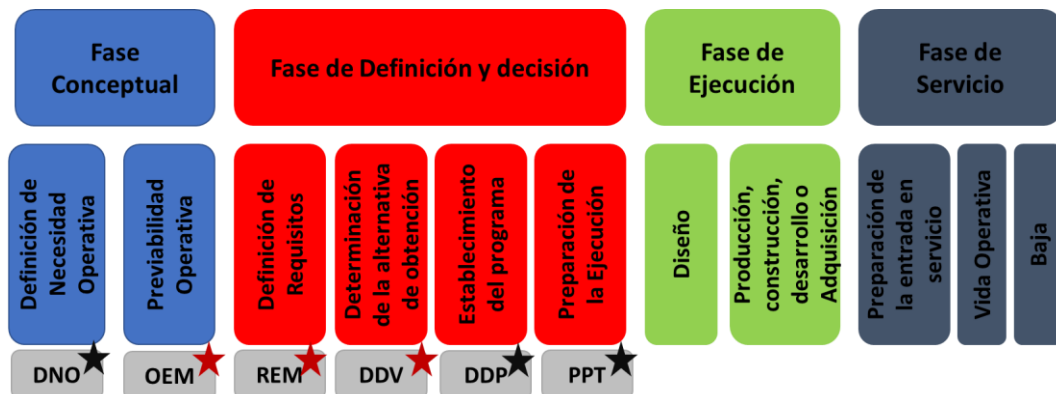


Figura 6: Proceso de Obtención de los Recursos Materiales.

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia la presentación del Módulo 1 "Política de Adquisiciones de sistemas para la Defensa" del Máster de Adquisiciones.

**Fase CONCEPTUAL.** En esta fase se estudian las soluciones operativas más viables que puedan solventar la carencia detectada en una capacidad militar, El desarrollo de esta fase se articula en dos etapas:

- Etapa de definición de necesidad operativa

El objetivo de esta etapa es desarrollar y concretar la necesidad operativa identificada y establecer los plazos para satisfacerla, lo cual se realiza mediante un análisis justificativo y temporal (González del Campo, 2020). El resultado de los análisis se recoge en el hito documental, Documento de Necesidad Operativa (DNO).



- Etapa de previabilidad operativa

Descrita la necesidad, se realiza un primer análisis de las posibles opciones técnico-operativas existentes para cubrir la necesidad, identificando las más factibles, para un posterior y más detallado análisis. Los resultados de esta etapa y las propuestas para la siguiente se consolidan en el documento Objetivo de Estado Mayor (OEM), que recoge las posibles opciones para satisfacer la necesidad (González del Campo, 2020), siendo por tanto el documento OEM<sup>3</sup> el primer hito documental en el que será necesario reflejar el resultado del análisis de alternativas realizado en esta etapa.

Fase DE DEFINICIÓN Y DECISIÓN:

- Etapa de DEFINICIÓN de requisitos

En esta etapa se define la solución operativa más adecuada a la necesidad descrita en la fase anterior, tomando como referencia la opción u opciones propuestas en el OEM. Para lo cual, se abordan los correspondientes estudios y análisis con la finalidad de valorar su viabilidad tecnológica, reducir los riesgos asociados y concretar los requisitos de esta (González del Campo, 2020). El resultado de este trabajo queda recogido en el documento REM. Siendo por tanto el documento REM<sup>4</sup> otro hito documental en el que será necesario reflejar el resultado del análisis de alternativas realizado.

- Etapa de determinación de la alternativa de obtención.

La etapa de determinación de la alternativa de obtención tiene por objeto seleccionar una alternativa viable para la obtención de la solución operativa definida en el documento REM. En primer lugar, es importante comprender que se entiende por alternativa de obtención, ya que su definición no tiene nada que ver con la selección de soluciones comerciales, que por otra parte no corresponden a esta etapa del proceso, sino a los futuros expedientes de contratación que de él se deriven (González del Campo, 2020). En esta etapa se decide de qué manera se va a realizar la obtención de los recursos materiales, previa valoración de los distintos aspectos de tipo industrial, tecnológico, logística, costes, política exterior, etc. El DDV<sup>5</sup> toma en cuenta todas las posibles alternativas identificadas, así como documenta todos los aspectos tenidos en cuenta en la decisión, siendo este otro hito documental en el que es necesario reflejar el resultado del análisis de alternativas realizado.

---

<sup>3</sup> Tal y como queda reflejado en la Inst. 67/11 (Anexo II), el contenido del documento OEM contendrá un “estudio de posibles opciones de solución operativa, si se conocen, y selección de las más apropiadas para futuros estudios”.

<sup>4</sup> Tal y como queda reflejado en la Inst. 67/11 (Anexo IV), el contenido del documento REM contendrá una “exposición de la solución operativa que se considera más adecuada”.

<sup>5</sup> Tal y como queda reflejado en la Inst. 67/11 (Anexo VI), el contenido del DDV contendrá una “descripción de la alternativa de obtención seleccionada en base al estudio de viabilidad previo”.



- Etapa de ESTABLECIMIENTO de programas.

Cuando en un DDV se decide la creación de un nuevo programa de armamento y material se debe proceder al nombramiento del Jefe de Programa, quien sólo o con la colaboración de la Oficina de Programa que se constituya, elabora la Directiva de Programa (DDP). La DDP es el documento que articula el programa, establece como se realizará su dirección y seguimiento y concreta las estructuras y directrices de gestión que deben ser seguidas (González del Campo, 2020).

- Etapa de PREPARACIÓN de la ejecución.

En esta etapa, la Oficina de programa aparte de realizar la planificación y el plan de gestión de riesgos, debe elaborar, cuando sea preceptivo el hito documental de Especificaciones de Diseño o de Producción, del que derivarán los pliegos de prescripciones técnicas (PPT) requeridos para la contratación (González del Campo, 2020).

Fase de EJECUCIÓN. Iniciados ya los trabajos de la oficina de programa en la etapa de preparación de la ejecución, en la fase de ejecución se gestionan y desarrollan los programas de armamento y material, se ejecutan los contratos y se efectúa su recepción, tareas propias de la gestión de programas. La fase se da por finalizada cuando se reciben todos los recursos de armamento y material objeto de los contratos (González del Campo, 2020).

Fase de SERVICIO. Esta es la fase en la que se transfieren los sistemas de armas o equipos a las autoridades usuarias, donde se opera y mantiene y finalmente, cuando las circunstancias lo aconsejan, se dan de baja (González del Campo, 2020).

Una vez concluido que los principales hitos documentales que precisan de un análisis de alternativas son los documentos OEM, REM y DDV, se tratan a continuación los diferentes métodos de decisión que podrían ser utilizados para la justificación de las decisiones adoptadas durante la elaboración de los mismos.

### 3.2.2 Métodos de decisión

Según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (RAE), decisión se define como: "Determinación, resolución que se toma o se da en una cosa dudosa". De esta definición podemos sacar la conclusión de que se trata de buscar una solución en un ambiente de incertidumbre, esto implica la necesidad de elegir entre varias alternativas, partiendo de la premisa de que la alternativa ideal habitualmente no existe o es inalcanzable, bien por disponer de información incompleta, recursos limitados, multiplicidad de objetivos, conflictos de intereses, etc. Obviamente, si dicha alternativa fuera alcanzable, ello implicaría que no existe conflicto o duda, por lo que de hecho no existiría ningún problema, pues la alternativa ideal sería la elección óptima.

Cuando el punto o alternativa ideal es inalcanzable, la elección óptima o mejor solución



compromiso viene dada por la solución eficiente más próxima al punto ideal<sup>6</sup>. Esta regla de comportamiento se denomina axioma de Zeleny, pues fue este investigador quien lo propuso en 1973. De acuerdo con este postulado, dadas dos posibles soluciones a un problema, la solución preferida o Pareto óptima<sup>7</sup> será aquella que se encuentre más próxima al punto ideal (Romero, 1996).

Sin embargo, existen situaciones en las que se desean ordenar las soluciones factibles con arreglo a diferentes criterios, es decir, incluso en la elección de lo mejor entre lo posible, la definición de lo mejor es ambigua, implicando en muchas situaciones reales la consideración simultánea de más de un criterio de elección (Romero, 1996).

La toma de decisiones resulta por lo tanto un proceso habitual pero complejo, estando la complejidad directamente relacionada con el nivel de incertidumbre del entorno y de la trascendencia de las acciones que conlleven la decisión adoptada (Muñoz Medina, 2021).

Según Ruiz López (2021), Estas decisiones se pueden tomar de forma subjetiva, aplicando lo que se denomina “el saber vulgar” (basado en la experiencia, los años de conocimiento en un mismo puesto de trabajo, la intuición, etc...), o bien aplicando el método científico (basado en herramientas que ayudan en el proceso de selección de alternativas, al proporcionar un proceso sistemático en la toma de decisión, lo cual, si bien no sustituye la decisión, reduce la subjetividad del decisor y permite valorar de manera cuantitativa cada alternativa según los criterios de selección).

Con la aplicación de estos métodos se trata de conseguir un listado o prelación de las distintas alternativas en base a unos determinados criterios o indicadores. La principal dificultad viene determinada por la elección y ponderación o determinación del peso de cada criterio (importancia relativa), proceso que se ve condicionado por la subjetividad del decisor (Muñoz Medina, 2021).

### **Fases en el proceso de decisión**

Independientemente del método de decisión que se aplique, todos los problemas de decisión tienen una serie de fases, sintetizadas en la figura 7, que se van a ir repitiendo y que resulta pertinente definir previamente para evitar confusiones.

---

<sup>6</sup> Solución normalmente no factible en la que los diferentes objetivos en consideración alcanzan su valor óptimo (Romero, 1996, p. 112).

<sup>7</sup> Propiedad que gozan algunas soluciones factibles y que consiste en que no existe otra solución factible que proporcione una mejora en un atributo sin producir un empeoramiento en al menos otro de los atributos.

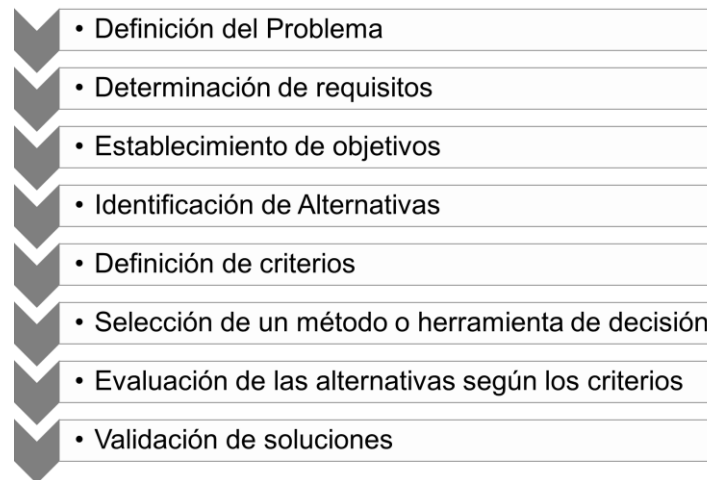


Figura 7: Fases de problemas de decisión Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desarrolla cada una de las fases indicadas en la figura anterior:

#### Fase 1: Definición del problema

Es crucial para una correcta toma de decisiones definir correctamente el problema. Aunque parezca excesivo, sobre todo en el caso de decisiones complejas, el objetivo debe ser expresar claramente en una única frase el planteamiento del problema, describiendo tanto las condiciones iniciales como las condiciones deseables. En cualquier caso, el planteamiento del problema debe ser conciso y nada ambiguo, (Fulop, citado en Muñoz Medina, 2021).

#### Fase 2: Determinación de requisitos

Los requisitos son las condiciones que cualquier solución al problema debe cumplir, es decir, que debe hacer la solución. Por ejemplo, en el ámbito de los programas de Defensa los requisitos son las especificaciones de proyecto o factores que determinan la política de Armamento y Material.

#### Fase 3: Establecimiento de objetivos

Los objetivos o metas son declaraciones generales de intenciones y valores deseables. Ejemplos de ellos podrían ser: menor coste, industria nacional, etc. Los objetivos van más allá del mínimo exigible a la solución, es decir, de las especificaciones o requisitos (Muñoz Medina, 2021).

#### Fase 4: Identificación de alternativas

Las alternativas ofrecen diferentes enfoques para poder pasar de las condiciones iniciales a las condiciones deseables. Constituyen el conjunto de posibles opciones definidas sobre las que se realiza una decisión. El decisor analiza las necesidades y objetivos y sugiere posibles alternativas que satisfagan los requisitos y tantos objetivos como sea posible. Si una alternativa no cumple con los requisitos, se pueden llevar a cabo tres acciones:

1. La alternativa se descarta.
2. Se cambia o se elimina el requisito.



### 3. El requisito se reafirma como un objetivo.

La descripción de cada alternativa deber mostrar de manera clara cómo se resuelve el problema definido y en que difiere de otras alternativas (Muñoz Medina, 2021).

#### Fase 5: Definición de criterios

Definimos criterio como aquel parámetro o directriz que va a permitir evaluar las alternativas. Pueden medirse y evaluarse, deben medir algún aspecto importante y no depender de otros criterios. La elección de criterios suele ser potestad del decisor, quien los selecciona a través de un mecanismo que relaciona íntimamente su conocimiento del problema con las necesidades que pretende satisfacer (Romero, 1996).

Los criterios deben ser pocos en número, evitando de esta manera que la dimensión del problema sea inmanejable. Además, usando pocos criterios se conseguirá que el producto resultante del análisis de decisión sea más entendible. Sin embargo, todos los objetivos deben generar al menos un criterio. Si un objetivo no sugiere un criterio, este objetivo debe ser descartado (Muñoz Medina, 2021).

Si hay criterios con distinta importancia es preciso ponderarlos o asignarles un peso, es decir, asignarles un valor relativo a la importancia que tiene cada uno de ellos en la decisión que se tome<sup>8</sup>. Hay varias formas de determinar el peso de cada criterio: método DELPHI, Simas, de jerarquización, método el mejor-peor, método de Entropía, asignación directa, entre otras o como combinaciones de varios de ellos, (Qin et al, Siskos and Tsotsolas, Salari et al, Balaji and Senthil Kumar, Figueira and Roy, Tian, Wang, and Zhang, Wang, Li, and Zheng 2018, citados en Muñoz Medina, 2021).

Conviene indicar que la estimación de las preferencias relativas de cada criterio lleva aparejada una fuerte carga subjetiva lo que hace necesario que para estimar dichos pesos se tenga que interaccionar de una manera u otra con el centro decisor (Romero, 1996), existiendo diversas formas de hacerlo: método DELPHI, Brain Storming, Six Thinking Hats, etc. (NATO, 2017).

#### Fase 6: Selección de un método o herramienta de decisión

Existen multitud de métodos de decisión que podrán ser aplicados dependiendo fundamentalmente tanto de la complejidad y naturaleza del problema a resolver como de la complejidad y dificultad del propio método (Baker et al citado en Muñoz Medina, 2021). La selección del método debe por tanto tener que basarse en la complejidad del problema y tener en cuenta la experiencia del decisor. En este trabajo, dado que la experiencia del decisor se considera mínima en este tipo de métodos, se han analizado métodos sencillos de aplicar, objeto del apartado siguiente (3.2.3).

---

<sup>8</sup> Para Romero (1996, p. 26-27): En bastantes casos los centros decisores realizan con más facilidad las tareas comparativas entre criterios cuando trabajan con valores normalizados de los mismos en vez de con sus correspondientes valores originales. De esta forma pasamos de trabajar con desviaciones absolutas que están medidas en las unidades que caracterizan a la correspondiente meta a operar con desviaciones porcentuales que carecen de dimensión.



### Fase 7: Evaluación de alternativas según los criterios

Las alternativas pueden ser evaluadas por métodos cuantitativos, cualitativos o una combinación de ambos. La forma gráfica de representar cómo se relacionan los criterios y las alternativas suele ser mediante una Matriz de decisión. Los criterios y subcriterios suelen aparecer normalmente en las filas, ponderados según el vector de pesos (W) resultante de valorar la importancia relativa al comparar los criterios entre sí. Las alternativas suelen ir en las columnas y se valoran según cada criterio al compararse entre sí (Ruiz López, 2021).

En esta fase deben evitarse que se produzcan los dos principales inconvenientes de estos métodos. El primero de ellos es que sean descartadas alternativas que pueden ser potencialmente óptimas ya que nunca reciben la mayor valoración, aun siendo las alternativas que mejor cumplen los requisitos principales. Para evitar esto, en el análisis de alternativas y criterios, habrá que estudiar con detenimiento la importancia relativa entre criterios y si algún criterio puede ser determinante para la elección o descarte de una alternativa. El segundo de los inconvenientes es la determinación de la ponderación de los diferentes criterios, existiendo diferentes métodos de asignación de pesos, que en mayor o menor medida evitan la subjetividad de este proceso y la influencia de las preferencias del decisor (Muñoz Medina, 2021).

### Fase 8: Validación de soluciones

Después de la selección de una alternativa como más idónea, esta se debe comprobar para asegurarse de que realmente resuelve el problema identificado, cumpliendo requisitos y objetivos. Una solución final debe cumplir con el estado deseado y con los requisitos, siendo la mejor forma de lograr los objetivos (Muñoz Medina, 2021).

Existen diversas formas de validar la solución o soluciones mediante la comparación de las diferentes alternativas, entre ellas destacan el análisis DAFO (figura 8), los cinco Por Que, Identificación de las asunciones clave, análisis PMI<sup>9</sup>, verificación de la calidad de la información y pensamiento fuera-dentro entre otras (NATO, 2017).



Figura 8: Análisis DAFO

Fuente: UCJC

<sup>9</sup> De sus siglas en inglés de Mas, Menos, Interesante.



Se pasa a continuación a citar los principales métodos y herramientas de decisión y que serán objeto del posterior análisis.

### 3.2.3 Diferentes métodos de decisión

Una de las clasificaciones más extendidas en el ámbito internacional es aquella que agrupa a los distintos métodos en función de la técnica o procedimiento empleado para la resolución de la matriz de decisión. De esta forma obtenemos tres grandes familias de métodos de decisión multicriterio discretos (número limitado y conocido de alternativas); métodos de superación, métodos basados en una función de utilidad/valor y métodos de jerarquización (Muñoz Medina, 2021).

#### Métodos de superación.

También llamados métodos de Sobreclasificación u Outranking. El concepto de superación o sobreclasificación fue propuesto por Roy (1968), (Roy citado por Muñoz Medina, 2021). La idea básica es como sigue (Muñoz Medina, 2021, p. 37):

La alternativa  $A_i$  supera a la alternativa  $A_j$  si para la mayor parte de los criterios  $A_i$  es, al menos, igual de buena que  $A_j$  (condición de concordancia), y mientras que no hay ningún criterio para el cual sea notoriamente inferior (condición de discordancia). Después de determinar para cada par de alternativas si una supera a otra, esta pareja debe ser combinada en un ranking parcial o completo. Con base en esta relación de preferencia se elabora una recomendación que puede ser, por ejemplo, determinar un subconjunto que probablemente contenga las "mejores" alternativas", (Bouyssou 2008).

Una de las debilidades más importantes de los métodos de sobreclasificación es su fuerte carga subjetiva y la repercusión que los valores de ponderación tienen en la solución final, lo que reduce considerablemente la fiabilidad de los resultados obtenidos con estos métodos (Romero, 1996).

Otro de los inconvenientes es que demandan un tipo de información que en muchas ocasiones resulta muy difícil de obtener. Así, por ejemplo, para la aplicación del ELECTRE hace falta conocer entre otras cosas, los umbrales de concordancia y de discordancia (Romero, 1996).

El método ELECTRE<sup>10</sup> es, quizás, el método más conocido y a la vez más aplicado en la práctica y aunque su mecánica operativa no es complicada, si es algo extensa.

#### Métodos basados en una función de utilidad/valor.

Consiste en agregar los diferentes criterios a una función, la cual tiene que ser o bien maximizada o minimizada. La principal dificultad de estos métodos consiste precisamente en encontrar dicha función, pero una vez obtenida, el problema de decidir la mejor de las alternativas se reduce a obtener el máximo/mínimo de todos los valores calculados. Son los métodos más clásicos, pero demasiado simples ya que se basan en los supuestos de que el decisor es racional, es decir, se prefiere más a menos, las preferencias no cambian, el decisor tiene un conocimiento perfecto y las preferencias son transitivas (Muñoz Medina, 2021).

---

<sup>10</sup> Siglas de elimination and (et) choice translating algorithm.



Destaca el método SWA<sup>11</sup> o Método de la suma ponderada. Este método trata de obtener un valor para cada alternativa como la suma ponderada de las calificaciones de desempeño en cada alternativa para todos los criterios. Este método también se dice que pertenece al grupo de los métodos de puntuación que otorgan a cada alternativa una puntuación (Br Sembirig et al, Wira Trise Putra and Agustian Pangará y Penadés-Plá et al, citado en Muñoz Medina, 2021).

#### Métodos de jerarquización u ordenación.

Se basan en la ordenación de las alternativas en función de cómo cumple con los criterios impuestos en el proceso de decisión. Su principal ventaja es su sencillez y la versatilidad que ofrecen para resolver cualquier problema discreto. La propia construcción del modelo de decisión ayuda al análisis del problema, a sintetizar las posibles soluciones y a determinar la importancia relativa de los diferentes requisitos (Muñoz Medina, 2021).

Destaca el método AHP. En este método se representan las preferencias del centro decisor por medio de un sistema de comparación «por parejas». Es sencillo, práctico, comprensible y con un fundamento matemático robusto que permite valorar de manera sencilla las alternativas respecto a criterios cualitativos<sup>12</sup>. Para aplicar el método AHP no hace falta información cuantitativa acerca del resultado que alcanza cada alternativa en cada uno de los criterios considerados, sino tan solo los juicios de valor del centro decisor (Romero, 1996).

El método AHP permite al decisor incorporar su experiencia, preferencias y conocimiento de una forma sencilla. Se establecen “juicios de valores” comparando por parejas tanto los criterios como las alternativas, según una escala que está justificada y su efectividad ha sido validada empíricamente aplicándola a diferentes situaciones reales, (Martínez Rodríguez citado en Muñoz Medina, 2021). En el epígrafe siguiente se desarrolla este método por ser el método multicriterio seleccionado en el análisis realizado en el epígrafe 4.2.

#### 3.2.4 Método de Jerarquización Analítica (AHP)

Es el método más conocido del grupo de jerarquización u ordenación, ya que fue el primero desarrollado a finales de los años 70 por el profesor y matemático Thomas Saaty. Fue desarrollado como respuesta a problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los EEUU, para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la antigua URSS. Para desarrollar este método Saaty tuvo en cuenta las reflexiones de Arrow y Raynaud (1986) sobre las dificultades del ser humano para tomar decisiones multicriterio y con gran número de alternativas. Actualmente es un método que se aplica en casi todos los ámbitos donde es necesario tomar una decisión de cierta complejidad, (Aznar Bellver and Guijarro Martínez, citado en Muñoz Medina 2021).

Está basado en el principio de que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos mismos utilizados en el proceso, permitiendo al decisor incorporar su experiencia, preferencias y conocimiento de una forma sencilla recurriendo a un procedimiento

---

<sup>11</sup> Siglas de Simple Additive Weighting.

<sup>12</sup> Al ser una metodología válida para métodos cualitativos, no cuantitativos, hay que cuantificar lo cualitativo.



sugerido por Saaty que constituye la base de la metodología multicriterio.

Este procedimiento requiere la comparación simultánea de sólo dos objetivos<sup>13</sup>. Es decir, el centro decisor ha de realizar una comparación de valores subjetivos por «parejas». Los valores numéricos que propone aplicar Saaty están representados en la figura 9. Asimismo, Saaty sugiere valores intermedios para juicios de valor contiguos. Esta escala está justificada teóricamente y su efectividad ha sido validada empíricamente aplicándola a diferentes situaciones reales (Martínez Rodríguez, citado en Muñoz Medina 2021).

Valor	Definición	Comentario
1	Igual importancia	A y B tienen la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia grande	A es más importante que B
7	Importancia muy grande	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B

Figura 9: Escala de Saaty

Fuente: Ruiz López, 2021

“La metodología AHP presenta resultados con mucha información sobre las alternativas, sus fortalezas y debilidades, basándose en criterios que habrán sido elegidos y ponderados por la opinión de expertos” (Ruiz López, 2021, p. 6).

El método AHP se compone de cuatro etapas (figura 10) descritas a continuación.

<sup>13</sup> Estudios psicométricos han demostrado que la habilidad del ser humano para establecer distinciones cualitativas entre pares de objetos puede ser representada adecuadamente mediante cinco atributos: *igual*, *débil*, *fuerte*, *muy fuerte* y *absoluto* (Romero, 1996).

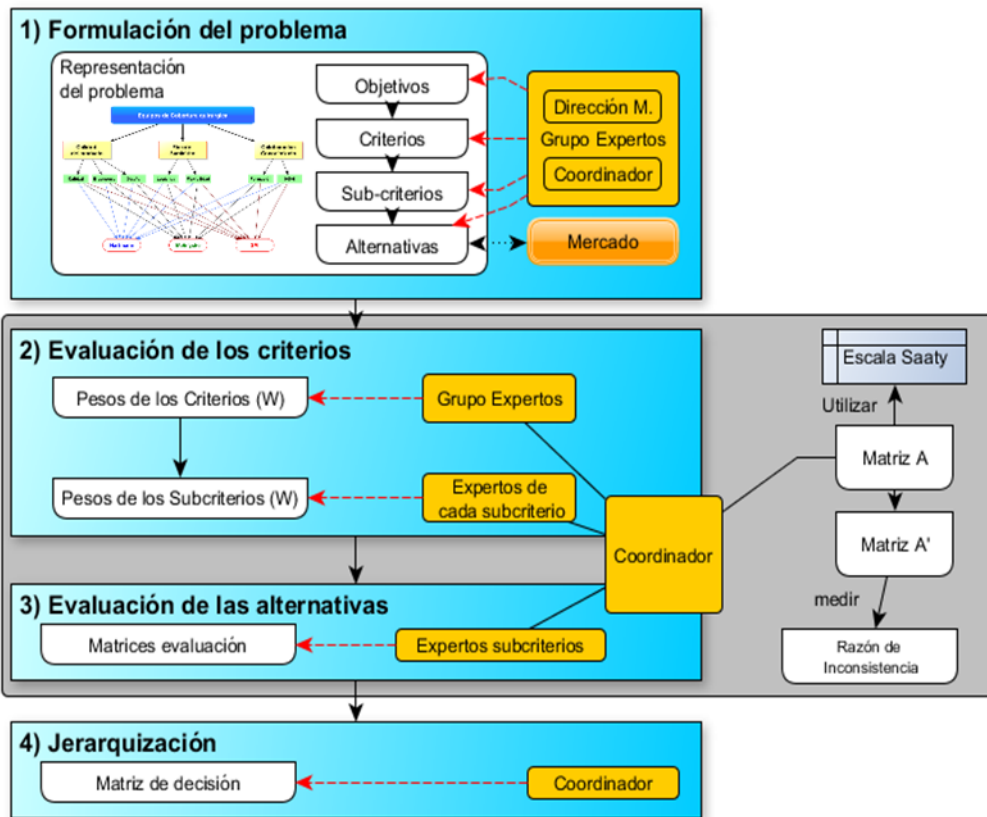


Figura 10: Etapas del método AHP

Fuente: Ruiz López, 2021

Primera etapa. Formulación del problema

Consiste en identificar los elementos que intervienen en la toma de decisiones y posteriormente ordenarlos en niveles que describan el problema. Es un proceso interactivo y generalmente representado en forma de árbol de decisión donde el objetivo principal figura en la parte superior (figura 11). En el siguiente nivel figuran los criterios y de estos se derivan los subcriterios. Finalmente, en la base figuran las diferentes alternativas. La realización de esta etapa obliga a realizar un profundo análisis de los factores de influencia en el problema. Normalmente la sola finalización de esta fase brinda claridad y entendimiento sobre los componentes del problema que se está analizando (Ruiz López, 2021).

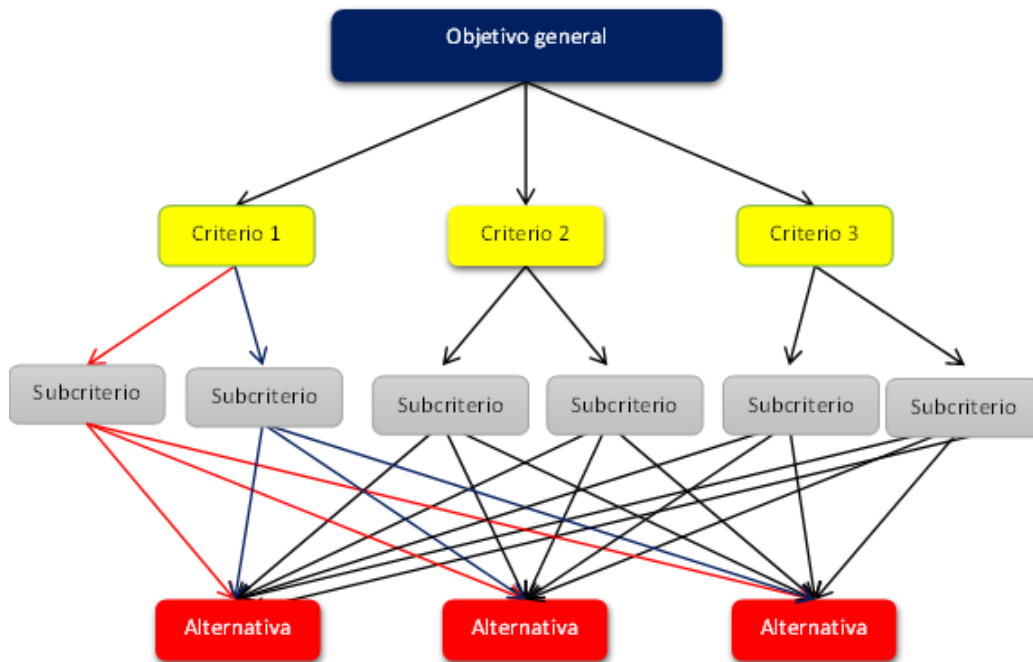


Figura 11: Árbol de decisión

Fuente: Ruiz López, 2021

### Segunda etapa. Evaluación de los criterios de valoración

En esta etapa se realiza una evaluación de la importancia de las alternativas respecto a los criterios y subcriterios identificados en los niveles superiores del árbol. Esta comparación se realiza mediante comparaciones por pares, y en función de estas comparaciones el modelo es capaz de establecer prioridades entre los elementos de un nivel con respecto a un elemento del nivel inmediato superior, permitiendo determinar el grado de preferencia global de las alternativas. Dicho de otro modo, este método permite construir indirectamente el vector de pesos en lugar de requerirlo previamente como dato del problema.

Para el cálculo de los pesos de los criterios de valoración primero se construye una matriz "A" a partir de la comparación de los diferentes criterios dos a dos, con el propósito de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos, asignándole a cada comparación una calificación según la escala de Saaty anteriormente mencionada (Ruiz López, 2021).

Dicha matriz está representada en la figura 12, donde  $a_{21}$  representa la valoración del segundo criterio respecto del primer criterio según la escala de Saaty, siendo por tanto el valor del primer criterio respecto al segundo  $a_{12} = 1/a_{21}$



Comentario	Definición	Valor A/B	Valor B/A
Ambos criterios tienen la MISMA importancia/preferencia	Igual importancia/preferencia	1	1
A es LIGERAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia moderada	3	1/3
A es MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia grande	5	1/5
A es MUCHO MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia muy grande	7	1/7
A es EXTREMADAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia extrema	9	1/9

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Figura 12: Matriz A de evaluación de criterios

Fuente: Ruiz López, 2021

Posteriormente se normaliza la matriz “A” para proceder a estimar los correspondientes pesos relativos de los criterios W. De esta forma obtenemos los pesos definitivos asignados a cada criterio. El cálculo de estos pesos se realiza calculando la media aritmética de las filas de la matriz normalizada A’ mostrada en la figura 13 (Ruiz López, 2021).

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix}$$

Figura 13: Matriz normalizada

Fuente: Ruiz López, 2021

El método AHP además tiene la ventaja de que permite medir la inconsistencia global de los juicios emitidos mediante la Proporción de Consistencia, también llamada Razón de Inconsistencia (RI), cuya finalidad es la de calcular el grado de incoherencia que se comete al calificar la importancia relativa de los criterios dos a dos<sup>14</sup>. Si el valor de R.I. no es considerablemente mayor a **0,10** se considera que los valores introducidos en la matriz son consistentes (Muñoz Medina, 2021).

### Tercera etapa. Evaluación de las alternativas

Tal y como indica Ruiz López (2021, p. 16), en esta etapa se construyen tantas matrices como subcriterios y criterios que no tengan subcriterios. En cada matriz se van a comparar entre sí las alternativas de acuerdo con el correspondiente criterio o subcriterio.

El rellenado de las matrices, el cálculo de los pesos relativos y el cálculo de la razón de inconsistencia es análogo al indicado en el apartado anterior.

<sup>14</sup> Este aspecto es muy relevante, puesto que si decimos que A>B y B>C, sería una inconsistencia afirmar que A<C.



#### Cuarta etapa. Jerarquización de las alternativas

Finalmente, para conocer qué alternativa es la más importante de acuerdo con los criterios establecidos se trasladan a una matriz de decisión todos los pesos calculados en los 3 pasos anteriores.

De los resultados obtenidos con el método AHP se puede observar en detalle donde es fuerte y débil cada alternativa, permitiendo validar la solución o soluciones mediante la comparación de las diferentes alternativas con cualquiera de los métodos mencionados anteriormente (DAFO, los cinco Por Que, Identificación de las asunciones clave, análisis PMI, verificación de la calidad de la información y pensamiento fuera-dentro entre otras), (NATO, 2017).

La principal ventaja del uso de este método es la sencillez de aplicación y la versatilidad que ofrece para resolver cualquier problema en el que hay un número limitado y conocido de alternativas (problema discreto). De hecho, la propia construcción de la matriz de decisión ayuda al análisis del problema y a sintetizar las posibles soluciones. Este método permite imperfecciones en el modelado de los datos, aproximándose en cierto grado a la flexibilidad del razonamiento humano, pero verificando a la vez la consistencia de las valoraciones de manera matemática.

#### 3.2.5 Alternativas de modernización de los CRC del Ejército del Aire

En la reunión ordinaria de diciembre de 2019 del órgano de gobernanza del futuro Sistema de Mando y Control Aéreo de la OTAN (ACCS), una vez analizadas las posibles implicaciones políticas, financieras y técnicas, España anunció la decisión de no continuar con la implementación del Proyecto de Replicación del ACCS en el CRC de Torrejón<sup>15</sup>.

Esta decisión se tomó en base a los riesgos identificados en el programa de replicación del ACCS para garantizar el cumplimiento de los requisitos operativos y técnicos exigidos (figura 14), el cumplimiento de los plazos de implementación, la falta de madurez y estabilidad del software desarrollado, los sobrecostes acumulados y los extraordinarios costes en que se estimaba su sostenimiento posterior. Estos retrasos e incumplimientos han obligado a que el Ejército del Aire haya tenido que acometer de forma urgente la adquisición de un Sistema diferente del inicialmente previsto para la modernización de sus CRC (Ministerio de Defensa, 2020).



Figura 14: Concepto general ACCS

Fuente: Agencia de Comunicaciones e Información de la OTAN

En el comienzo del programa (etapa de previabilidad operativa descrita en el apartado

---

<sup>15</sup> Comunicado oficialmente al IMS (International Military Committee Staff) a través del mensaje JEMAD nº S-20-000309 de fecha 15 de enero 2020.

3.2.1), se realizó un estudio de mercado sobre los posibles sistemas que cumplieran con los requisitos (Ministerio de Defensa, 2017) identificándose tres alternativas posibles:

- Adquisición de un Sistema Comercial. Es decir, compra de un sistema comercial desarrollado y ofrecido como producto específico a otras fuerzas armadas con requisitos similares (figura 15).



Figura 15: Propuesta comercial a la modernización de los CRC nacionales

Fuente: INDRA

- Evolución del sistema actual (ARS Link16). Es decir, modernización del actual sistema, adaptándolo a los requisitos específicos exigidos por OTAN (figura 16).



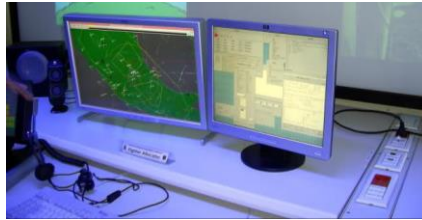
Figura 16: Sistema actual ARS Link16 en CRC Torrejón

Fuente: Ejército del Aire

- Replicación de un Sistema Aliado. Esto es, despliegue del sistema MASE desarrollado por NCIA<sup>16</sup> para las naciones de la OTAN, que comparten doctrina y requisitos comunes (Figura 17).

---

<sup>16</sup> Siglas en Inglés de la Agencia de Comunicaciones e Información de la OTAN.



*Figura 17: Sistema MASE actualmente utilizado por algunas naciones Fuente: Agencia de Comunicaciones e Información de la OTAN*

En los hitos documentales fruto de las posteriores etapas del proceso de obtención de recursos (Inst. 67/11), la alternativa seleccionada fue evolucionar el sistema actual mientras se desarrolla el sistema comercial.

Al no estar esta decisión ni documentada ni soportada por ninguna metodología de toma de decisiones, ha provocado que el desarrollo del DDV se retrasara del orden de 18 meses<sup>17</sup>, al considerar el órgano responsable de la elaboración de este que las conclusiones del documento REM no estaban lo suficientemente justificadas, poniendo en entredicho la validez de la alternativa seleccionada en el mismo.

## 4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Parece razonable que una vez identificada, apartado 3.2.1, la necesidad de disponer de metodologías que justifiquen las decisiones adoptadas, reduzcan la subjetividad y ayuden a la elección entre alternativas complejas en la elaboración de los hitos documentales en el proceso de obtención de recursos materiales, nos planteemos la utilización de esta metodología para analizar la mejor alternativa para la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo (objetivo principal de este trabajo).

De las 8 fases para la resolución de problemas mencionadas en el apartado 3.2.2 (figura 18), las 4 primeras han sido tratadas tanto en la introducción como en el apartado 3.2.5, por lo que este apartado se va a centrar en la definición de criterios, la selección de una herramienta de decisión, la evaluación de las alternativas y la validación de las soluciones.

---

<sup>17</sup> El documento REM fue validado por JEMAD en julio de 2017 y el DDV en marzo 2020.

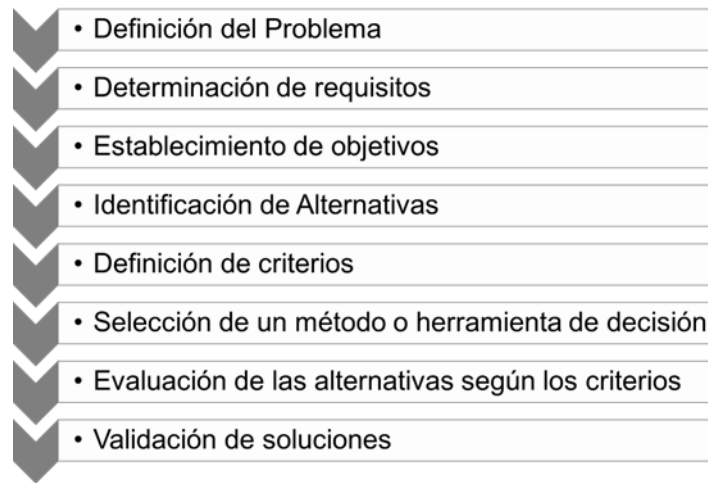


Figura 18: Fases de problemas de decisión

Fuente: Elaboración propia.

## 4.1 DEFINICION DE CRITERIOS DE EVALUACION

La determinación de los criterios y subcriterios se ha realizado utilizando el método DELPHI con la colaboración de expertos de diferentes áreas con el siguiente resultado:

- **Grado de desarrollo de la alternativa.** Definido como si el sistema ya está desarrollado y operando en alguna nación, está desarrollado, pero nadie lo opera o está en fase de diseño. Se han definido los siguientes subcriterios:
  - **Grado de implantación,** definido como el grado de madurez del sistema para ser implantado sin necesidad de desarrollos adicionales.
  - **Calendario de implantación.** Definido como el plazo de entrega, instalación y puesta en servicio para alcanzar la capacidad operativa que se defina (por ejemplo, una capacidad operativa inicial) en una fecha concreta.
- **Obtención.** Definido como el precio total del sistema a lo largo de su ciclo de vida. Se han definido los siguientes subcriterios:
  - **Coste de Adquisición.**
  - **Empleo de COTS,** definido como la utilización de sistemas comerciales que eviten la dependencia de un fabricante con una tecnología propietaria.
  - **Coste del ciclo de vida,** definido como el coste del mantenimiento teniendo en cuenta si se va a realizar de forma orgánica o inorgánica.
- **Cumplimiento de requisitos.** Definido como los requisitos que debe tener el sistema para poder realizar principalmente planeamiento y ejecución de operaciones aéreas. Se han definido los siguientes subcriterios:
  - **Vigilancia aérea, generación de RAP,** definido como la capacidad y facilidad para realizar este tipo de misiones.



- **Intercambio de datos TDL**, definido como la capacidad para integrar datos recibidos de redes de datos tácticas.
- **Formación**. Definido como las actividades necesarias para capacitar al personal a operar y mantener el sistema.

En el anexo I se detalla el proceso seguido para la selección de criterios y subcriterios.

## 4.2 SELECCIÓN DE HERRAMIENTA

La selección de la herramienta a utilizar en la posterior evaluación de las alternativas de obtención de un Sistema de Defensa Aérea para los CRC nacionales se ha planteado como un problema en sí y para su resolución se han seguido las 8 fases mencionadas en el apartado 3.2.2.

### Fase 1: Definición del problema

Identificar una herramienta válida para el análisis de alternativas, a emplear en el proceso de obtención de los recursos de armamento y material, que cree confianza en los actores que participan en la elaboración de los distintos hitos documentales.

### Fase 2: Determinar requisitos

El requisito principal es que debe tratarse de una herramienta sencilla, práctica y basada un método científico ya que será utilizado principalmente por personal poco formado en estas técnicas y con alto grado de rotación en sus puestos de trabajo.

### Fase 3: Establecer objetivos

Como se ha mencionado anteriormente debe ser un método fácil, fiable y robusto, de tal forma que no se generen dudas sobre la validez de la decisión tomada y que pueda incluso constituir parte de un documento donde quede plasmado un análisis comparativo, con las distintas alternativas consideradas que justifiquen la solución adoptada.

Podría ser objeto de otro trabajo la propuesta de elaboración de una instrucción que documentara este proceso al igual que se ha hecho con la gestión de riesgos (Instrucción 72/2012 del SEDEF)

### Fase 4: Identificación de alternativas

Se han seleccionado las herramientas identificadas en el apartado 3.2.3, a saber; método ELECTRE, método AHP y método SWA.

### Fase 5: Definición de criterios

Tomando como referencia los objetivos establecidos y tras diferentes entrevistas con el Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López, del Centro Universitario de la defensa de Zaragoza, se han identificado los siguientes criterios:

- **Robustez**. Definido como que el método tenga un fundamento matemático robusto que permita asegurar que las alternativas seleccionadas son las óptimas.
- **Sencillez**. Definida como facilidad de comprensión y de utilización para personal poco formado en técnicas de metodología de tomas de decisión.



- Información. Definido como cantidad y precisión de la información (grado de incertidumbre) que es necesaria proporcionar, así como cantidad de información producida.

Fase 6: Selección de un método o herramienta de decisión

Dado que el objeto del análisis es seleccionar una herramienta, primero se han analizado las tres alternativas con la herramienta ELECTRE, posteriormente con la herramienta SWA y por último con la herramienta AHP, para posteriormente verificar si con las tres herramientas se obtiene el mismo resultado.

Fase 7: Evaluación de alternativas según los criterios

En el Anexo II se detalla el proceso seguido con cada una de las herramientas para la evaluación de las distintas alternativas, mostrándose los resultados a continuación.

- Herramienta ELECTRE. Para el análisis con esta herramienta se ha utilizado el programa de acceso libre XLSTAT, con el resultado mostrado en la figura 19.

Rango		análisis de sensibilidad aplicado al umbral de			
		concordancia		discordancia	
		Rango (+10%)	Rango (-10%)	Rango (+10%)	Rango (-10%)
AHP	1	1	1	1	1
SWA	2	2	2	2	2
Electre	3	3	3	3	3

a/b	Electre	AHP	SWA
Electre	1,000	1,000	0,625
AHP	0,375	1,000	0,417
SWA	0,375	0,583	1,000

Matriz de concordancia Fuente: XLSTAT

a/b	Electre	AHP	SWA
Electre	0,000	1,000	0,889
AHP	0,000	0,000	0,222
SWA	0,778	0,778	0,000

Matriz de discordancia Fuente: XLSTAT

Figura 19: Análisis con ELECTRE

Fuente: XLSTAT

- Herramienta SWA. Para el análisis con esta herramienta se ha utilizado una tabla EXCEL creada por el autor, con el resultado mostrado en la tabla 1.

Tabla 1: Análisis con SWA

Fuente: Elaboración propia

	ELECTRE	AHP	SWA	W
Robustez	8	8	1	9
Sencillez	1	7	9	10
Información	1	10	5	5
<b>Resultado</b>	<b>87</b>	<b>192</b>	<b>124</b>	



- Herramienta AHP. Para el análisis con esta herramienta se ha utilizado la herramienta de ayuda a la decisión AHP v1.01, desarrollada por el Cte. D. Antonio M. Vázquez Díaz, con el resultado mostrado en la figura 20.

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Electre	AHP	SWA
Robustez	0,45	0,63	0,32	0,05
Sencillez	0,45	0,07	0,31	0,62
Información	0,09	0,08	0,69	0,23
		<b>0,32</b>	<b>0,35</b>	<b>0,33</b>

Figura 20: Análisis con AHP

Fuente: AHP V1.01

Fase 8: Validación de soluciones frente al planteamiento del problema.

Tal y como se muestra en la tabla 2, independientemente de la herramienta utilizada para realizar el análisis y aunque no se puede determinar que exista una clara superioridad de una herramienta con respecto a otra<sup>18</sup>, el método AHP basado en comparaciones por parejas es una alternativa válida, por lo que la hipótesis planteada en el epígrafe 2,2 de que “el Método AHP es un método válido para la toma de decisiones en los procesos de obtención de recursos de Armamento y Material “ queda validada y será por tanto la que se utilice para evaluar la mejor alternativa para acometer la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo para la modernización de los CRC del Ejército del Aire, objetivo principal de este trabajo.

Tabla 2: Evaluación método multicriterio óptimo

Fuente: Elaboración propia

Alternativa	Método		
	Electre	AHP	SWA
AHP	1	0,35	192
SWA	2	0,33	124
Electre	3	0,32	87

<sup>18</sup> Al no existir una diferencia clara entre las distintas herramientas analizadas cualquiera podría ser válida. Cabría realizar un estudio más detallado de las diferentes herramientas que esta fuera del alcance de este trabajo.



### 4.3 EMPLEO DE LA HERRAMIENTA AHP EN LAS ALTERNATIVAS DE MODERNIZACIÓN DE LOS CRC DEL EJÉRCITO DEL AIRE

Una vez se ha seleccionado la herramienta AHP, se procede al empleo de esta para el análisis de las alternativas de obtención de un Sistema de Defensa Aérea para los CRC nacionales según las 4 etapas descritas en el epígrafe 3.2.4 (formulación del problema, evaluación de criterios, evaluación de alternativas y jerarquización de alternativas).

#### 4.3.1 Formulación del problema

En la figura 21 se representa el problema a analizar según la herramienta AHP. Para esta representación se han tomado datos de los epígrafes 3.2.5 y 4.1.

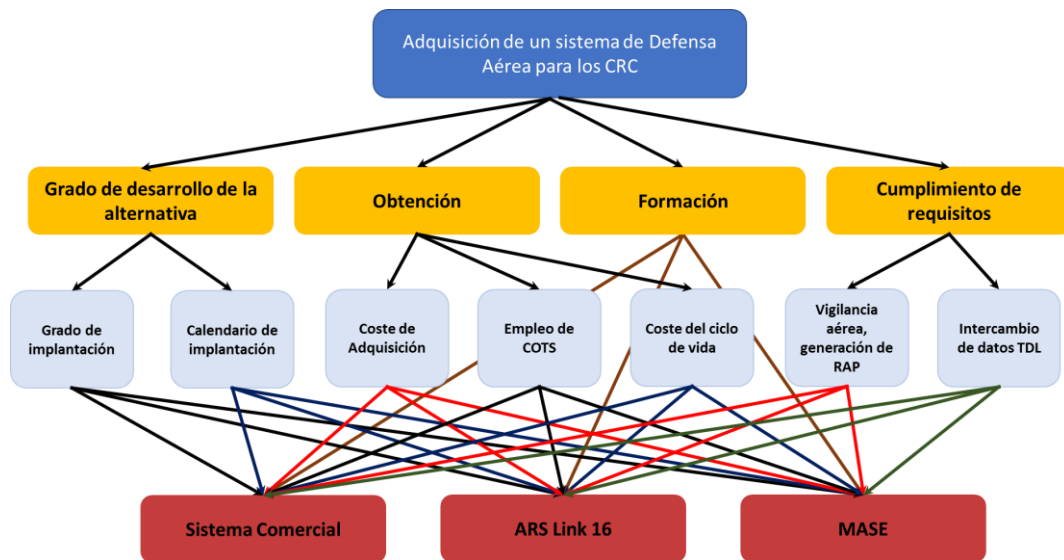


Figura 21: Representación del problema

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Evaluación de criterios

Para realizar las comparaciones de los criterios y subcriterios se ha utilizado el método DELPHI, remitiendo a los diferentes expertos un cuestionario para valorar los criterios o subcriterios de su ámbito. En el Anexo III se detalla el proceso seguido para recabar la información de los expertos, calculándose, a partir de la información proporcionada, los pesos asignados a cada criterio reflejados en la siguiente figura:



Jorge F. Sánchez Barbancho

Evaluación de CRITERIOS					Escala de SAATY		
CRITERIOS	Grado de	Obtención	Fomación	Requisitos	PESOS(W)	Valor	Definición
Grado de desarr...	1	1	7	1/7	0,16	1	a - Igual Importancia
Obtención	1	1	7	1/5	0,17	3	b - Importancia Moderada v 1/3
Fomación	1/7	1/7	1	1/9	0,04	5	c - Importancia Grande v 1/5
Requisitos	7	5	9	1	0,63	7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
						9	e - Importancia Extrema v 1/9

**R.I. : 0.1198**

Figura 22: Evaluación de criterios

Fuente: AHP V1.01

Para mejor comprensión de la matriz se toma como ejemplo el “5” rodeado de azul. La valoración de “5” significa que, a la hora de valorar las diferentes alternativas, el criterio “requisitos” tiene una importancia grande con respecto al criterio “obtención”, por lo que su peso será mayor. De forma análoga, el criterio “obtención” tiene menor importancia que el criterio “requisitos”, debiendo ser su valoración la inversa “1/5”.

Asimismo, en la tabla de pesos (W) se observa que de las valoraciones de los expertos se concluye que estos dan mayor importancia a los requisitos del sistema (63%) respecto al resto de criterios (el siguiente en importancia sería el criterio obtención con un 17%).

En la figura 23 se muestra la evaluación de subcriterios realizada:

Grado de desarrollo	Grado implantación	Calendario	PESOS(W)	Obtención	Coste	COTS	Ciclo de Vida	PESOS(W)
Grado implantación	1	7	0,87	Coste	1	1/5	1/3	0,10
Calendario	1/7	1	0,13	COTS	5	1	5	0,69
				Ciclo de Vida	3	1/5	1	0,21
			<b>R.I. : 0,0000</b>					<b>R.I. : 0,1198</b>
Requisitos	RAP	TDL	PESOS(W)					
RAP	1	7	0,87					
TDL	1/7	1	0,13					
			<b>R.I. : 0,0000</b>					

Figura 23: Evaluación de subcriterios

Fuente: AHP V1.01

Del análisis de la evaluación de los criterios y subcriterios se observa una Razón de Inconsistencia (RI) del 11,98%, (aunque, como ya se ha mencionado, una RI mayor de 10% generalmente indica que existe algún tipo de inconsistencia, en este caso se volvió a consultar a los expertos reafirmando en sus valoraciones por lo que se ha asumido como válida).

#### 4.3.3 Evaluación de alternativas

El paso siguiente ha consistido en solicitar nuevamente a los expertos su valoración en la comparación de las alternativas, dos a dos, en cada criterio o Subcriterio.

En el Anexo III también se detalla el proceso seguido para recabar la información de los expertos, mostrándose los resultados en las figuras 24 y 25:



Jorge F. Sánchez Barbancho

R.I. : 0.0109				R.I. : 0.1035					
Grado implantación	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)	Calendario	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)
Sistema Comercial	1	1/5	1/7	0.08	Sistema Comercial	1	1/9	1/5	0.06
ARS Link 16	5	1	1	0.44	ARS Link 16	9	1	5	0.72
MASE	7	1	1	0.49	MASE	5	1/5	1	0.22

R.I. : 0.0061				R.I. : 0.0565					
Coste	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)	COTS	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)
Sistema Comercial	1	1/3	3	0.24	Sistema Comercial	1	1/3	5	0.28
ARS Link 16	3	1	7	0.67	ARS Link 16	3	1	7	0.64
MASE	1/3	1/7	1	0.09	MASE	1/5	1/7	1	0.07

Figura 24: Evaluación de alternativas (I)

Fuente: AHP V1.01

R.I. : 0.0698				R.I. : 0.0000					
Ciclo de Vida	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)	Formación	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)
Sistema Comercial	1	1/3	1/7	0.10	Sistema Comercial	1	1/3	1	0.20
ARS Link 16	3	1	1	0.39	ARS Link 16	3	1	3	0.60
MASE	7	1	1	0.51	MASE	1	1/3	1	0.20

R.I. : 0.1198				R.I. : 0.1629					
RAP	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)	TDL	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	PESOS(W)
Sistema Comercial	1	5	5	0.69	Sistema Comercial	1	5	7	0.70
ARS Link 16	1/5	1	3	0.21	ARS Link 16	1/5	1	5	0.23
MASE	1/5	1/3	1	0.10	MASE	1/7	1/5	1	0.07

Figura 25: Evaluación de alternativas (II)

Fuente: AHP V1.01

En la evaluación de la capacidad para integrar datos recibidos de redes de datos tácticas (Intercambio de datos TDL), la RI inicial fue del 16,29%, estando fuera del límite marcado del 10%. Este valor indica que existe una inconsistencia en los datos proporcionados, ya que, si el sistema comercial es mucho mejor que MASE y mejor que ARS Link 16, implica que la diferencia entre ARS Link 16 y MASE no debe ser mucha.

Para asegurar que los datos eran correctos se mantuvo una reunión con los expertos de este subcriterio para explicarles la inconsistencia, rebajando estos la diferencia entre ARS Link 16 y MASE en el sentido de que el primero es ligeramente mejor que el segundo. La figura 26 muestra los resultados obtenidos:



Ciclo de Vida	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	R.I. : 0,0698	Formación	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	R.I. : 0,0000
Sistema Comercial	1	1/3	1/7	PESOS(W)	Sistema Comercial	1	1/3	1	PESOS(W)
ARS Link 16	3	1	1	0,10	ARS Link 16	3	1	3	0,20
MASE	7	1	1	0,39	MASE	1	1/3	1	0,60
				0,51					0,20

RAP	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	R.I. : 0,1198	TDL	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE	R.I. : 0,0567
Sistema Comercial	1	5	5	PESOS(W)	Sistema Comercial	1	5	7	PESOS(W)
ARS Link 16	1/5	1	3	0,69	ARS Link 16	1/5	1	3	0,72
MASE	1/5	1/3	1	0,21	MASE	1/7	1/3	1	0,19
				0,10					0,08

Figura 26: Evaluación de alternativas (III)

Fuente: AHP V1.01

#### 4.3.4 Jerarquización de las alternativas

Finalmente se ha obtenido la matriz de decisión (figura 27), con los pesos calculados en los pasos anteriores, que nos permite conocer no sólo qué alternativa es la más importante, sino que fortalezas y debilidades tiene cada alternativa y que criterios son los dominantes.

MATRIZ DE DECISIÓN				
CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Sistema Comercial	ARS Link 16	MASE
<b>Grado de desarrollo</b>	<b>0,16</b>	<b>0,08</b>	<b>0,47</b>	<b>0,45</b>
+ Grado implantación	0,87	0,08	0,44	0,49
+ Calendario	0,13	0,06	0,72	0,22
<b>Obtención</b>	<b>0,17</b>	<b>0,24</b>	<b>0,59</b>	<b>0,17</b>
+ Coste	0,10	0,24	0,67	0,09
+ COTS	0,69	0,28	0,64	0,07
+ Ciclo de Vida	0,21	0,10	0,39	0,51
<b>Formación</b>	<b>0,04</b>	<b>0,20</b>	<b>0,60</b>	<b>0,20</b>
<b>Requisitos</b>	<b>0,63</b>	<b>0,69</b>	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>
+ RAP	0,87	0,69	0,21	0,10
+ TDL	0,13	0,72	0,19	0,08
		<b>0,50</b>	<b>0,33</b>	<b>0,17</b>

Figura 27: Jerarquización de alternativas

Fuente: AHP V1.01

En el caso que nos ocupa se puede observar cómo dado que el peso del criterio requisitos es un 63% y más concretamente el subcriterio RAP un 87% (lo que hace que este subcriterio suponga casi un 50% del peso total) la alternativa sistema comercial es la óptima por la diferencia de este subcriterio con respecto al resto, aun siendo inferior en el resto de criterios con respecto a la alternativa ARS Link 16.

## 4.4 VALIDACION DE SOLUCIONES

Tomando como referencia la matriz de decisión de la figura 24, se ha realizado un análisis DAFO de cada alternativa que nos permita conocer donde es fuerte y débil cada una según el criterio o subcriterio de valoración.



La alternativa más viable (50%) es la adquisición de un sistema comercial desarrollado y ofrecido como producto específico a otras fuerzas armadas con requisitos similares, siendo el análisis DAFO el siguiente (tabla 3):

Tabla 3: Análisis DAFO para el sistema comercial

Fuente: Elaboración propia

Origen interno		Origen externo
<b>Puntos débiles</b>	<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de madurez y necesidad de desarrollos adicionales</li> </ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de financiación</li> </ul>
<b>Puntos fuertes</b>	<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplimiento de requisitos operativos</li> </ul>	<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de la capacitación tecnológica e industrial de la BTID nacional</li> </ul>

La siguiente alternativa mejor valorada (33%) es la evolución del sistema actual, ARS Link 16, a los requisitos exigidos (tabla 4)

Tabla 4: Análisis DAFO para el ARS Link 16

Fuente: Elaboración propia

Origen interno		Origen externo
<b>Puntos débiles</b>	<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplimiento de requisitos operativos</li> </ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de apoyo de la industria debido a la insuficiencia de recursos propios</li> </ul>
<b>Puntos fuertes</b>	<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Madurez y grado de desarrollo</li> <li>Coste de obtención</li> <li>Formación mínima</li> </ul>	<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Independencia tecnológica de actores externos (industria y OTAN)</li> </ul>

Por último, la alternativa menos favorable (17%) es el despliegue de MASE (tabla 5), un sistema desarrollado por la NCIA para las naciones de la OTAN.



Tabla 5: Análisis DAFO para sistema MASE

Fuente: Elaboración propia

	Origen interno	Origen externo
Puntos débiles	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de requisitos operativos</li> <li>• Coste de obtención</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de financiación</li> <li>• Dependencia excesiva de NCIA</li> </ul>
Puntos fuertes	<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Madurez y grado de desarrollo</li> <li>• Formación mínima</li> </ul>	<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantado en varias naciones de OTAN</li> </ul>

De los distintos análisis DAFO se observa que las debilidades y amenazas de la alternativa óptima (sistema comercial) pueden ser suplidas con las fortalezas de una de las opciones (ARS Link 16), lo cual es coherente con el análisis de la matriz de decisión realizado en el punto 4.3.4.

Una posible estrategia de obtención sería evolucionar el sistema ARS Link 16 (sistema maduro y de bajo coste, pero que no cumple todos los requisitos operativos) mientras se consigue financiación y se desarrolla el sistema comercial (mejor alternativa).

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que la alternativa seleccionada en el documento REM era correcta, evolucionar el sistema actual mientras se desarrolla el sistema comercial.



## 5 CONCLUSIONES

En el proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa existen situaciones en las que los organismos responsables de la elaboración de los diferentes hitos documentales no tienen la certeza de que la decisión tomada en una etapa anterior haya sido la correcta, siendo necesaria la existencia de alguna herramienta empírica que pueda ser utilizada para la justificación de las decisiones adoptadas durante la elaboración de estos documentos.

Los métodos de decisión multicriterio presentan numerosas ventajas porque permiten resolver problemas complejos de una forma sistemática y sencilla, pero hay que tener en cuenta que presentan ciertas limitaciones, como la subjetividad del decisor.

En la investigación desarrollada, en primer lugar y analizando las diferentes etapas del proceso de adquisición de armamento y material (Inst. 67/11), se han identificado los hitos documentales del proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa en los cuales es necesario realizar un análisis de alternativas, siendo estos los documentos OEM, REM y DDV.

En segundo lugar, se ha realizado un estudio de los diferentes métodos de decisión que podrían ser utilizados para tal fin, analizando, de entre los distintos métodos, un método de decisión sencillo, a la vez que robusto y estable de tal forma que sea posible su aplicación en futuras adquisiciones de material, sistematizando el proceso de selección de alternativas y especialmente el proceso de ponderación de criterios. A la vista de los resultados obtenidos en el epígrafe 4.2, se puede concluir que la herramienta de análisis multicriterio AHP es una herramienta válida.

Una vez justificada la necesidad de utilizar herramientas de decisión, y más concretamente el método AHP, para la justificación de las decisiones adoptadas durante la elaboración de los diferentes hitos documentales en el proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa, se ha aplicado este método en la evaluación de la mejor alternativa para acometer la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo para la modernización de los CRC del Ejército del Aire (actual programa de DGAM).

Este programa ha sido origen de controversia durante la elaboración del DDV dado que el organismo responsable de la elaboración de este documento planteó dudas sobre la alternativa seleccionada en el documento REM, al no estar lo suficientemente justificada. De las tres alternativas identificadas; adquisición de un sistema comercial, evolución del sistema actual y utilización de un Sistema Aliado, en el documento REM se seleccionaba como solución óptima evolucionar el sistema actual mientras se desarrolla el sistema comercial.

A la vista de los resultados obtenidos en el epígrafe 4.4 se puede concluir que la alternativa seleccionada en el documento REM era correcta, evolucionar el sistema actual mientras se desarrolla el sistema comercial.

Como resultado del estudio realizado en el presente trabajo se puede afirmar que se han alcanzado los objetivos inicialmente planteados:

- El primer objetivo de este trabajo, identificar los puntos del proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa en los cuales es necesario realizar un análisis de alternativas, se ha cumplido ampliamente al identificarse los hitos



documentales mencionados anteriormente (documentos OEM, REM y DDV) y en los que es necesario documentar el proceso de toma de decisiones<sup>19</sup>.

- El segundo objetivo, identificar un método de decisión sencillo, a la vez que robusto y estable, para la selección de las alternativas más adecuadas durante las distintas fases del proceso de obtención de recursos materiales en el ámbito de Defensa, se ha cumplido igualmente al demostrar que la herramienta de análisis multicriterio AHP es una herramienta válida para ser empleada en los diferentes análisis de alternativas a realizar durante la elaboración de los hitos documentales del proceso de obtención de recursos en el ámbito de Defensa<sup>20</sup>.
- Por último, el tercer y principal objetivo, evaluar la mejor alternativa para acometer la adquisición de un Sistema de Mando y Control Aéreo para la modernización de los CRC del Ejército del Aire, se ha cumplido sobremanera al aplicar la herramienta AHP y concluir que evolucionar el sistema actual (ARS Link16) mientras se desarrolla un sistema comercial es la alternativa óptima de entre las propuestas.

---

<sup>19</sup> Al igual que existe para la gestión de riesgos (Instrucción 72/2012 del SEDEF), podría ser objeto de otro trabajo la propuesta de elaboración de una instrucción que documentara el proceso de análisis de alternativas.

<sup>20</sup> Dado que en este trabajo no ha podido determinarse una clara ventaja de la herramienta AHP con respecto a las otras dos analizadas, podría ser objeto de otro trabajo el análisis de la herramienta idónea para ser empleada en los diferentes análisis de alternativas a realizar durante proceso de obtención de recursos en el ámbito de Defensa.



## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Elvira, P. F. G., (2020). Aplicación de los métodos multicriterio para la elección de un vehículo de combate. *Boletín de estadística*, UNESET(10), pp. 27-38.

Gonzalez del Campo, (2020). *Política de Adquisiciones de sistemas para la Defensa*. Madrid: Universidad de Zaragoza.

Gorostegui, M. A. A., (2021). *Estudio multicriterio de alternativas para la construcción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en países empobrecidos*. Trabajo de fin de grado. Universidad de Cantabria.

Instituto Español de Estudios Estratégicos, (2020). *Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países*. Madrid: Ministerio de Defensa.

Lozano Benito, M., (2021). *Análisis de alternativas para la sustitución del TOA/M113*. Trabajo de fin de master. Universidad de Zaragoza.

Ministerio de Defensa, (2017). *Requisitos de Estado Mayor (REM) “Modernización y actualización de los centros de vigilancia, identificación y control (ARS) de GRUNOMAC y GRUALERCON”*. Madrid: MINISDEF.

Ministerio de Defensa, (2020). *Adenda al documento de Requisitos de Estado Mayor (REM) DEL E.A. “Modernización y actualización de los centros de vigilancia, identificación y control (ARS) de GRUNOMAC y GRUALERCON”*. Madrid: MINISDEF.

Ministerio de Defensa, (2020). *Documento de Viabilidad (DDV) “Modernización y actualización de los centros de vigilancia, identificación y control (ARS) de GRUNOMAC y GRUALERCON”*. Madrid: MINISDEF.

Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, (2012). *Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (MAGERIT V 3.0)*. Madrid: s.n.

Muñoz Medina, M. B., (2021). *Metodología para el análisis y selección sostenible de alternativas en infraestructuras mediante la aplicación de métodos de decisión multicriterio con criterios en conflicto y en condiciones de incertidumbre. Tesis doctoral*. Universidad de Granada.

NATO, (2017). *The NATO Alternative Analysis Handbook*. Norfolk: ACT.

Poveda, A. y. C., (2022). *Análisis comparativo de metodologías de resolución de problemas mediante la teoría de las dimensiones. pp. 18-26. Disponible en s [https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02\\_0018\\_0026.1881.pdf](https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_0018_0026.1881.pdf)*.

Romero, C., (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: ISDEFE.

Ruiz López, C., (2021). *Metodos cuantitativos de ayuda a la decisión*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.



Saaty, T. L., (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), pp. 234-281. DOI: 10.1016/0022-2496(77)90033-5

Saaty, T. L., (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), pp. 9-26. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-I

SEDEF, (2011). *Instrucción 67/11 por la que se regula el Proceso de Obtención de Recursos Materiales*. Madrid: MINISDEF.



## **ANEXOS**



## **Anexo I**

# **DETERMINACIÓN DE CRITERIOS Y SUBCRITERIOS**



Tanto para la determinación de criterios como para la de subcriterios se ha utilizado el método DELPHI. Para ello se ha consultado a los diferentes expertos, intentando alcanzar un consenso.

## 1. DETERMINACIÓN CRITERIOS

Para la determinación de los criterios de este estudio se ha seleccionado un grupo de expertos de los siguientes organismos:

- Un experto del Área de Coordinación JS\_C4ISR de la Subdirección General Programas-DGAM.
- Un experto de la Sección de Vigilancia Mando y Control Aéreo del Mando de Apoyo Logístico del Ejército del Aire (MALOG).
- Un experto del Air Command and Control Programme Office and Services de NATO Communications and Information Agency (NATEX).
- Además, se ha tenido en cuenta el documento “Analysis of Alternatives” de OTAN en el que se especifican los criterios y subcriterios a valorar para la determinación de los sistemas de Mando y Control Aéreo que deben operar en el entorno OTAN.

A todos los expertos se les expuso el problema con las alternativas y se les pidió identificar los criterios a valorar e identificar el peso que le darían a cada uno. Algunos de los expertos añadieron subcriterios a su contestación, que han sido tenidos en cuenta para la determinación de estos.

En la tabla 6, se muestran los resultados obtenidos;



Tabla 6: Determinación de criterios

Fuente: Elaboración propia

GRUPO/SUB-GRUPO	DGAM		NATEX		MALOG	OTAN	
	Valoración grupo (1 a 7)	Valoración s/grupo (1 a 4)	Valoración grupo (1 a 4)	Valoración s/grupo (1 a 4)	Valoración grupo (1 a 4)	Valoración grupo (1 a 4)	Valoración s/grupo
<b>01. GRADO DE DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA:</b>	7		1		4		
Alternativa en fase de diseño		2					1
Alternativa completamente		3					
Alternativa Implantada y experimentada en FAS aliadas		4					
<b>02. IMPLICACIÓN DE LA INDUSTRIA NACIONAL</b>	6						
Producto nacional		4					
Consortio entre empresas españolas y europeas con liderazgo español		3					
Consortio entre empresas españolas y europeas con liderazgo extranjero		2					
Empresa/as extranjeras		1					
<b>03. OBTENCIÓN</b>	5		3		1	1	
Precio de la alternativa		4		3			
Grado de comunalidad de la alternativa con sistemas existentes		3					
Basada en filosofía COTS		2		2			
Posibilidad prefinanciación NSIP de la alternativa		1					
Coste Ciclo de vida				2			1
<b>04. INTEROPERABILIDAD TÉCNICA</b>	4					2	
Completamente interoperables con sistemas de la Alianza		4					
La interoperabilidad no es inmediata		2					
<b>05. INTEROPERABILIDAD PROCEDIMENTAL/OPERATIVA</b>	3					3	
Integrado en procedimientos OTAN y/o EU		4					
No responde exactamente a estándares OTAN y/o EU		2					
<b>06. FORMACIÓN</b>	2		2		3		
Estrictamente nacional		2					
Se pueden aprovechar centros multinacionales		3					
<b>07. INFRAESTRUCTURA</b>	1		2				
Alta eficiencia energética		3					
Baja eficiencia energética. Gran impacto ambiental		1					
<b>08. CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS</b>			4		2	4	
Vigilancia Aérea/RAP				3			
Control Aéreo				3			
Intercambio de datos TDL				3			
Entrenamiento/Simulación				2			
Reducción de Datos/ Playback.				2			
Gestión de sensores				3			
Redundancia				2			
Administración				2			
Sistema de gestión de voz (VCS)				3			
<b>09. Contratista</b>			2				



Para la selección de los criterios se ha tomado como referencia alcanzar un 75% de consenso o más, es decir al menos tres expertos deben definir ese criterio, existiendo consenso en torno a tres criterios por lo que se dio el proceso por terminado.

**Los criterios seleccionados han sido:**

- **Grado de desarrollo de la alternativa. Definido como si el sistema ya está desarrollado y operando en alguna nación, está desarrollado, pero nadie lo opera o está en fase de diseño.**
- **Obtención. Definido como el precio total del sistema a lo largo de su ciclo de vida.**
- **Cumplimiento de requisitos. Definido como los requisitos que debe tener el sistema para poder realizar principalmente planeamiento y ejecución de operaciones aéreas.**
- **Formación. Definido como las actividades necesarias para capacitar al personal a operar y mantener el sistema.**

**2. DETERMINACIÓN SUBCRITERIOS**

Para la determinación de los subcriterios, además de tomarse en consideración la información ya aportada por los expertos para la valoración anterior, se ha seleccionado un grupo de expertos para cada área:

Grado de desarrollo de la alternativa:

- Un operador de Mando y Control Aéreo del GRUCEMAC.
- Un experto ingeniero informático de la Jefatura del Sistema de Vigilancia y Control Aeroespacial del Ejército del Aire (JSVICA).

Obtención:

- Dos expertos en gestión de programas de Mando y Control Aéreo (SEVIMCA).

Formación:

- Dos evaluadores de la JSVICA.

Cumplimiento de requisitos:

- Un experto ingeniero informático de la JSVICA.
- Un operador de Mando y Control Aéreo del GRUCEMAC.

A todos los expertos se les expuso el problema con las alternativas a valorar y los criterios elegidos, pidiéndoles identificar los subcriterios a valorar en su área e identificar el peso que le darían a cada uno.

En el Apéndice 1 se pueden encontrar las respuestas dadas por los expertos.



En la tabla 7, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 7: Determinación de subcriterios

Fuente: Elaboración propia

GRUPO/SUB-GRUPO	DGAM	NATEX	OTAN	GRUCEMAC	JSVICA	SEVIMCA	
	Valoraci (1 a 4)	Valoraci (1 a 4)	Valoraci	Valoración (1 a 4)	Valoraci (1 a 4)	Valoración (1 a 4)	
<b>01. GRADO DE DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA:</b>							
Alternativa en fase de diseño	2		1				Grado de implantación
Alternativa completamente desarrollada.	3						
Alternativa Implantada y experimentada en FAS aliadas	4						
Plazos de entrega/Calendario de implementación				1		1	
Capacidad de evolucionar				2			
<b>03. OBTENCIÓN</b>							
Precio de la alternativa	4	3		1			
Grado de comunalidad de la alternativa con sistemas existentes	3				1		
Basada en filosofía COTS	2	2			2		
Posibilidad prefinanciación NSIP de la alternativa	1						
Coste Ciclo de vida		2	1	2		1	
<b>06. FORMACIÓN</b>							
Estrictamente nacional	2						
Se pueden aprovechar centros multinacionales	3						
<b>08. CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS</b>							
Vigilancia Aérea/RAP		3			1		
Control Aéreo		3					
Intercambio de datos TDL		3			2		
Entrenamiento/Simulación		2					
Reducción de Datos/ Playback.		2					
Gestión de sensores		3					
Redundancia		2					
Administración		2					
Sistema de gestión de voz (VCS)		3					

Para no dar una carga extra de trabajo a los colaboradores, para la selección de los subcriterios se ha tomado como referencia que al menos dos expertos lo definan, excepto el grado de comunalidad de la alternativa con sistemas existentes, que se ha eliminado para no tener más de tres subcriterios. En una situación ideal hubiera sido necesario una segunda iteración con los expertos para intentar alcanzar un mayor consenso.



**Los subcriterios seleccionados han sido:**

**Para el grado de desarrollo de la alternativa:**

- **Grado de implantación, definido como el grado de madurez del sistema para ser implantado sin necesidad de desarrollos adicionales.**
- **Calendario de implantación. Definido como el plazo de entrega, instalación y puesta en servicio para alcanzar la capacidad operativa que se defina (por ejemplo, una capacidad operativa inicial) en una fecha concreta.**

**Para la obtención:**

- **Coste de Adquisición.**
- **Empleo de COTS, definido como la utilización de sistemas comerciales que eviten la dependencia de un fabricante con una tecnología propietaria.**
- **Coste del ciclo de vida, definido como el coste del mantenimiento teniendo en cuenta si se va a realizar de forma orgánica o inorgánica.**

**Para la formación no se han definido subcriterios.**

**Para el cumplimiento de requisitos:**

- **Vigilancia aérea, generación de RAP, definido como la capacidad y facilidad para realizar este tipo de misiones.**
- **Intercambio de datos TDL, definido como la capacidad para integrar datos recibidos de redes de datos tácticas.**



## Apéndice 1 del Anexo I



Jorge F. Sánchez Barbancho

Asunto: Sdo. valoración criterios para trabajo didactico

Buenos días mi coronel,

Estoy realizando el curso superior de gestión de programas y en uno de los módulos estamos viendo el empleo del análisis multicriterio en la toma de decisiones.

Para finalizar esta parte nos han pedido un estudio sobre algún tema que llevemos y he pensado en hacer un estudio de las posibles alternativas para modernizar los ARS.

Entre las alternativas he valorado:

- Un sistema comercial
- Una evolución del sistema actual (ARS LINK16)
- Una replicación de un sistema aliado ya en uso(MASE)

El primer paso, y más importante, para realizar el estudio es identificar los criterios a valorar e identificar el peso que tienen.

Pues bien, el motivo de este correo es pedirte tu valoración sobre cuales crees que deben ser los criterios más importantes a la hora de valorar las diferentes alternativas y que peso le darías a cada una.

Muchas gracias por adelantado y QATO,  
Jorge Barbancho

Enviado desde [Correo](#) para Windows 10



Jorge F. Sánchez Barbancho

Enviado el: domingo, 15 de noviembre de 2020 21:11  
 Para: Jorge Francisco Sanchez Barbancho  
 Asunto: RE: Sdo. valoración criterios para trabajo didactico

Buenas tardes Jorge. Te paso mi aportación "subjetiva" y seguro que mejorable, sobre la valoración de las diferentes alternativas:

GRUPO/SUB-GRUPO	Valoración grupo (1 a 7)	Valoración s/grupo (1 a 4)
<b>01. GRADO DE DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA:</b>	<b>7</b>	
Alternativa en fase de diseño		2
Alternativa completamente desarrollada.		3
Alternativa Implantada y experimentada en FAS aliadas		4
<b>02. IMPLICACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL</b>	<b>6</b>	
Producto nacional		4
Consorcio entre empresas españolas y europeas con liderazgo español		3
Consorcio entre empresas españolas y europeas con liderazgo extranjero		2
Empresas/as extranjeras		1
<b>03. OBTENCIÓN</b>	<b>5</b>	
Precio de la alternativa		4
Grado de comunalidad de la alternativa con sistemas existentes		3
Basada en filosofía COTS		2
Posibilidad prefinanciación NSIP de la alternativa		1
<b>04. INTEROPERABILIDAD TÉCNICA</b>	<b>4</b>	
Completamente interoperables con sistemas de la Alianza		4
La interoperabilidad no es inmediata		2
<b>05. INTEROPERABILIDAD PROCEDIMENTAL/OPERATIVA</b>	<b>3</b>	
Integrado en procedimientos OTAN y/o EU		4
No responde exactamente a estándares OTAN y/o EU		2
<b>06. FORMACIÓN</b>	<b>2</b>	
Estrictamente nacional		2
Se pueden aprovechar centros multinacionales		3
<b>07. INFRAESTRUCTURA</b>	<b>1</b>	
Alta eficiencia energética		3
Baja eficiencia energética. Gran impacto ambiental		1

Un saludo.



Jorge F. Sánchez Barbancho

Enviado el: domingo, 15 de noviembre de 2020 17:01  
Para: Jorge Francisco Sanchez Barbancho  
Asunto: RE: Sdo. valoración criterios para trabajo didactico

Jorge, esto es lo que se me ha ocurrido respecto a posibles criterios. Entre paréntesis, las posibles métricas. Los \* representan el posible peso, tanto de cada sección como de cada criterio dentro de las secciones.

Espero, no que te sirva, sino que te inspire....

- 1-Coste: (Muy alto/alto/medio/bajo) \*\*\*
  - 1a) Coste de adquisición (Muy alto/alto/medio/bajo) \*\*\*
  - 1b) Coste de ciclo de vida (Muy alto/alto/medio/bajo) \*\*
- 2- Cumplimiento de requerimientos (100%/75%/25%/0%)\*\*\*\*
  - 2a) Funcionales (100%/75%/25%/0%) \*\*\*
    - 2aI) Vigilancia Aérea/RAP (100%/75%/25%/0%) \*\*\*
    - 2aII) Control Aéreo (100%/75%/25%/0%) \*\*\*
    - 2aIII) Intercambio de datos TDL (100%/75%/25%/0%) \*\*\*
    - 2aIV) Entrenamiento/Simulación (100%/75%/25%/0%) \*\*
    - 2aV) Reducción de Datos/ Playback. (100%/75%/25%/0%) \*\*
    - 2aVI) Gestión de sensores. (100%/75%/25%/0%) \*\*\*
  - 2b) No funcionales (100%/75%/25%/0%) \*\*
    - 2bI) Redundancia (100%/75%/25%/0%) \*\*
    - 2bII) Infraestructura/Comunicaciones (100%/75%/25%/0%) \*\*
    - 2bIII) Administración(100%/75%/25%/0%) \*\*
    - 2bIV) Sistema de gestión de voz (VCS) (100%/75%/25%/0%) \*\*\*
- 3- Estado de desarrollo (Operativo en naciones OTAN/ Operativo en naciones no OTAN/ Demostrador Tecnológico/ Concepto Tecnológico) \*
- 4- Diseño y Arquitectura \*\* (SOA+COTS>75%/ COTS>50%/ COTS>25%/ Sistema cerrado)
  - 4a) Hardware \*\* (SOA+COTS>75%/ COTS>50%/ COTS>25%/ Sistema cerrado)
  - 4b) Software \*\* (SOA+COTS>75%/ COTS>50%/ COTS>25%/ Sistema cerrado)
    - 4bI) Lenguajes de SW \*
    - 4bII) Middleware \*\*
    - 4bIII) Bases de datos \*\*
  - 4c) Documentación. \*\*\*
- 5-Planes de entrenamiento (200h/100h/75h/50h) \*\*
  - 5a) Personal operador (200h/100h/75h/50h) \*\*
  - 5b) Personal técnico (200h/100h/75h/50h) \*\*
- 6-Contratista. (Muy alto/alto/medio/bajo) \*\*
  - 6a) Capacidad industrial del contratista (Muy alta/alta/media/baja) \*\*\*
  - 6b) Estructura del contratista/ Número de subcontratas. (Sin subcontratas/ Subcontratas para trabajo menor/ Subcontratas para subsistema/ Subcontratas para sistema) \*\*
  - 6c) Experiencia previa en contratos del MINISDEF (Muy alta/alta/media/baja) \*

Un abrazo

Juanjo



Jorge F. Sánchez Barbancho

Buenas tardes María Jesús,

Como sabes, estoy realizando el Curso Superior de Gestión de Programas y en uno de los módulos estamos viendo el empleo del análisis multicriterio en la toma de decisiones.

Para finalizar esta parte nos han pedido un estudio sobre algún tema que llevemos y he pensado en hacer un estudio de las posibles alternativas para modernizar los ARS.

Entre las alternativas he valorado:

- Un sistema comercial
- Una evolución del sistema actual (ARS LINK16)
- Una replicación de un sistema aliado ya en uso(MASE)

Una vez identificados los criterios que van a permitir evaluar las alternativas anteriormente mencionadas, se necesita valorar si para estos criterios deben tenerse en cuenta otros subcriterios o no.

Uno de estos criterios principales es:

- Obtención. Definido como el precio total del sistema a lo largo de su ciclo de vida

Pues bien, el motivo de este correo es pedirte tu valoración sobre si deben existir subcriterios y en caso afirmativo cuales crees que deben ser los más importantes a la hora de valorar las diferentes alternativas y que peso le darías a cada una.

Muchas gracias por adelantado,  
Jorge Barbancho



Jorge F. Sánchez Barbancho

Hola Jorge

te remito mi aportación sobre más criterios y subcriterios asociados para valorar en el proceso de selección de las alternativas;

1. Calendario de implementación.

Partiendo de la necesidad de operación H24 del sistema como son las alternativas que planteas, en la valoración se le asignaría diferentes 'pesos (valores)' a los sub-criterios de:

- Permite mantener la operatividad del sistema actual que está operando.
- Permite entrar en servicio en la fecha T0 de interés (IOC-FOC).

2. Formación

Definiendo este criterio como 'horas o esfuerzo de formación requerido' para plantilla operativa. Este criterio te permite valorar si la plantilla actual del equipo operativo puede atender a las necesidades derivadas.

En este caso sin subcriterios. Los pesos o valores se los asignaría del modo siguiente;

- Esfuerzo > X mes; entre X y Z meses y menor de X mes.

3. En el criterio que ya habías identificado 'Obtención - coste en todo el ciclo de vida'.  
Añadiría los siguientes sub-criterios;

- Coste del sostenimiento: que permitiría definir si el mantenimiento lo vas a realizar de forma orgánica o inorgánica. Los pesos-valores se podrían asignar a los siguientes criterios;
  - Coste en adquisición de equipo de apoyo al sostenimiento (sostenimiento orgánico). Asignar un peso X en función de querer que gane esta opción o la anterior
  - Coste en la externalización del sostenimiento. Asignarle el peso Y en función de querer que gane esta opción o la anterior.
  - Adquisición de competencia técnica.

Cualquier cosa me dices.  
mj



Jorge F. Sánchez Barbancho

Buenas tardes Oscar,

Estoy realizando el Curso Superior de Gestión de Programas y en uno de los módulos estamos viendo el empleo del análisis multicriterio en la toma de decisiones.

Para finalizar esta parte nos han pedido un estudio sobre algún tema que llevemos y he pensado en hacer un estudio de las posibles alternativas para modernizar los ARS.

Entre las alternativas he valorado:

- Un sistema comercial
- Una evolución del sistema actual (ARS LINK16)
- Una replicación de un sistema aliado ya en uso(MASE)

Una vez identificados los criterios que van a permitir evaluar las alternativas anteriormente mencionadas, se necesita valorar si para estos criterios deben tenerse en cuenta otros subcriterios o no.

Tres de estos criterios principales son:

- Grado de desarrollo de la alternativa. Definido como si el sistema ya esta desarrollado y operando en alguna nación, esta desarrollado pero nadie lo opera o esta en fase de diseño.
- Cumplimiento de requisitos. Definido como los requisitos que debe tener el sistema para poder realizar principalmente planeamiento y ejecución de operaciones aéreas
- Formación. Definido como las actividades necesarias para capacitar al personal a operar y mantener el sistema

Pues bien, el motivo de este correo es pedirte tu valoración sobre si deben existir subcriterios y en caso afirmativo cuales crees que deben ser los más importantes a la hora de valorar las diferentes alternativas y que peso le darías a cada una.

Muchas gracias por adelantado,



Jorge F. Sánchez Barbancho

Jorge muy buenas, no te hacía por ahí en el curso de Gestión de Programas. La verdad es que todo lo que se me ocurre en realidad son requisitos que no sé si serán demasiado de bajo nivel.

Hay alguna cosa que, quizás dependiendo de cómo se interprete, podría caber en más de un criterio. No sé cual es la "doctrina oficial" que imparten en el curso, pero mi sensación es que el peso e importancia de cada criterio o subcriterio depende de cómo afecten a tus necesidades: concepto de empleo operativo, concepto de sostenimiento, disponibilidad económica, plazos de entrega... No sé si para el trabajo este os han dado o habéis definido vosotros un entorno para el programa.

En cualquier caso, se me ocurre algún subcriterio, que bien podrían ser requisitos, pero que por su importancia e impacto los elevo a la categoría de subcriterio.

- Para el criterio 1-
  - o Plazos de entrega, instalación y puesta en servicio para alcanzar la capacidad operativa que se defina (por ejemplo una IOC) en una fecha concreta.
  - o Suponiendo que buscamos como en nuestro modelo actual, el sostenimiento orgánico y la capacidad e evolucionar orgánicamente el sistema, la entrega del código fuente y todos aquellos elementos necesarios para la posterior modificación y evolución del sistema.
  - o Condicionantes económicos; precio final y del sostenimiento.
- Para el criterio 2-
  - o Capacidad tecnológica de evolución y adaptación a lo largo del ciclo de vida distintos estándares HW y SW.

Sobre el peso que deben tener, como decía, me parece que depende del escenario que nos planteemos y el impacto que tiene en nuestro caso concreto, pero todos estos puntos deberían pesar bastante al elegir un sistema.

No sé si te ayudo o te desayudo. Si necesitas más o que te aclare algo dame un toque y hablamos.

Un abrazo.



## **Anexo II**

# **EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE METODO DE DECISIÓN A EMPLEAR EN EL ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS CRC DEL EA**



En la evaluación de una herramienta válida para realizar análisis de alternativas durante el proceso de obtención de los recursos de Armamento y Material se han analizado las tres alternativas con cada una de las herramientas propuestas. Es decir, realmente se han realizado tres análisis distintos para, posteriormente, compara los resultados y ver su coherencia.

### 1. Evaluación de criterios

Los criterios sobre los que se realiza la evaluación son los especificados en el apartado 4.2:

- Robustez. Definido como que el método tenga un fundamento matemático robusto que permita asegurar que las alternativas seleccionadas son las óptimas.
- Sencillez. Definida como facilidad de comprensión y de utilización para personal poco formado en técnicas de metodología de tomas de decisión.
- Información. Definido como cantidad y precisión de la información (grado de incertidumbre) que es necesaria proporcionar, así como cantidad de información producida, facilidad de cálculo.

Para la evaluación de los diferentes criterios se ha tenido en cuenta lo especificado en el apartado 3.2.3 donde se señalan las fortalezas y debilidades de las distintas herramientas y que puede resumirse en la siguiente tabla:

Tabla 8: Valoración de Criterios

Fuente: Elaboración propia

Criterios	Alternativas					
	AHP		SWA		Electre	
	+	-	+	-	+	-
Robustez	Fundamento matemático robusto			Muy simple	Muy robusto	
Sencillez	Sencillo		Muy sencillo de aplicar			Operativa muy extensa
Información	No es necesaria información cuantitativa			Se supone no existe incertidumbre		➤ Mucha información de entrada ➤ Fuerte carga subjetiva



## 2. ELECTRE

Para el análisis con el método ELECTRE se ha puntuado cada criterio con una valoración de 1 a 10 y se han ponderado los mismos igualmente de 1 a 10, resultando la siguiente tabla:

Tabla 9: Evaluación de Criterios

Fuente: Elaboración propia

	ELECTRE	AHP	SWA	W
Robustez	8	8	1	9
Sencillez	1	7	9	10
Información	1	10	5	5

Para el cálculo se ha utilizado el programa de acceso libre XLSTAT, en el cual se han introducido los valores indicados, dando los resultados indicados en las siguientes tablas:

Tabla 10: Tabla de clasificación

Fuente: XLSTAT

Rango		análisis de sensibilidad aplicado al umbral de			
		concordancia		discordancia	
		Rango (+10%)	Rango (-10%)	Rango (+10%)	Rango (-10%)
AHP	1	1	1	1	1
SWA	2	2	2	2	2
Electre	3	3	3	3	3

Tabla 11: Matriz de concordancia

Fuente: XLSTAT

a/b	Electre	AHP	SWA
Electre	1,000	1,000	0,625
AHP	0,375	1,000	0,417
SWA	0,375	0,583	1,000



Tabla 12: Matriz de discordancia

Fuente: XLSTAT

a/b	Electre	AHP	SWA
Electre	0,000	1,000	0,889
AHP	0,000	0,000	0,222
SWA	0,778	0,778	0,000

### 3. SWA

El método de la suma ponderada calcula la ponderación de las alternativas como resultado de producto del peso de cada variable por el valor toma que para esa variable la alternativa correspondiente de acuerdo con la formula indicada en la siguiente figura,

ALTERNATIVA	Variable A	Variable B	Variable C
1	X <sub>1A</sub>	X <sub>1B</sub>	X <sub>1C</sub>
2	X <sub>2A</sub>	X <sub>2B</sub>	X <sub>2C</sub>
3	X <sub>3A</sub>	X <sub>3B</sub>	X <sub>3C</sub>
4	X <sub>4A</sub>	X <sub>4B</sub>	X <sub>4C</sub>
5	X <sub>5A</sub>	X <sub>5B</sub>	X <sub>5C</sub>
6	X <sub>PA</sub>	X <sub>PB</sub>	X <sub>PC</sub>
PESOS	w <sub>A</sub>	w <sub>B</sub>	w <sub>C</sub>

$$W_i = \sum_{j=1}^n (w_j * x_{ij})$$

Figura 28: Cálculo método SWA

Fuente: Muñoz Medina, 2021

Tomando la misma valoración que se ha realizado para el método ELECTRE, el resultado aplicando el método SWA es el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 13: Tabla de Clasificación

Fuente: Elaboración propia

	ELECTRE	AHP	SWA	W
Robustez	8	8	1	9
Sencillez	1	7	9	10
Información	1	10	5	5
<b>Resultado</b>	<b>87</b>	<b>192</b>	<b>124</b>	





Tabla 14: Evaluación método multicriterio óptimo

Fuente: Elaboración propia

Alternativa	Método		
	Electre	AHP	SWA
AHP	1	0,35	192
SWA	2	0,33	124
Electre	3	0,32	87



## **Anexo III**

# **EVALUACIÓN DE CRITERIOS, SUBCRITERIOS Y ALTERNATIVAS**



## 1. INTRODUCCIÓN

Al igual que para la determinación de criterios y subcriterios, se ha utilizado el método DELPHI para la evaluación de los criterios y las alternativas. Para ello se han desarrollado unos cuestionarios en los que se pregunta a los expertos sobre los criterios, subcriterios o alternativas de acuerdo con la escala de Saaty.

En caso de diferencias de opinión importantes, se ha mantenido una teleconferencia con ambos expertos para llegar a un consenso, mostrándose sobre fondo amarillo la respuesta inicial y en rojo la respuesta final.

## 2. EVALUACIÓN DE CRITERIOS

Para la evaluación de los criterios en este caso práctico se ha preguntado a dos expertos:

- Un experto en gestión de programas de Mando y Control Aéreo.
- Un experto del Air Command and Control Programme Office and Services de NATO Communications and Information Agency (NATEX).

En la tabla 15, se muestran los resultados obtenidos;

Tabla 15: Evaluación de criterios

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente		
Grado de desarrollo de la alternativa		X			X					Obtención	1
Grado de desarrollo de la alternativa		X			X					Formación	7
Grado de desarrollo de la alternativa								X		Cumplimiento de Requisitos	1/7
Obtención		X								Formación	7
Obtención		X						X		Cumplimiento de Requisitos	1/5
Formación									X	Cumplimiento de Requisitos	1/9
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9		



### 3. EVALUACIÓN DE SUBCRITERIOS

Para la evaluación de los subcriterios se ha preguntado a dos expertos:

- Un experto ingeniero informático de la JSVICA.
- Un experto en gestión de programas de Mando y Control Aéreo.

A continuación, se muestran las tablas con los resultados obtenidos;

Tabla 16: Subcriterio Grado de desarrollo de la alternativa

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente		
<b>Grado de Implantación</b>		X								<b>Calendario de implantación</b>	<b>7</b>
		X									
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9		

Tabla 17: Subcriterio Obtención

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente		
<b>Coste de adquisición</b>							X			<b>Empleo de COTS</b>	<b>1/5</b>
							X				
<b>Coste de adquisición</b>						X		X		<b>Coste del Ciclo de Vida</b>	<b>1/5</b>
										<b>Coste del Ciclo de Vida</b>	<b>5</b>
<b>Empleo de COTS</b>			X								
			X								
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9		



Tabla 18: Subcriterio Cumplimiento de requisitos

Fuente: Elaboración propia

	Extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente		
<b>Vigilancia aérea, generación RAP</b>		X								<b>Intercambio de datos TDL</b>	<b>7</b>
	X										
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9		

#### 4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la evaluación de las alternativas se ha preguntado a dos operadores expertos de Mando y Control Aéreo.

A continuación, se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

Tabla 19: Grado de implantación

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente		
<b>Sistema comercial</b>						X	X			<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	<b>1/5</b>
<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>					X	X	X				
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	X				X			X		<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	<b>1</b>
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>		X								<b>Sistema comercial</b>	<b>7</b>
<b>Sistema comercial</b>		X									
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9		





Tabla 22: Empleo de COTS

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente			
<b>Sistema comercial</b>						X					<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	1/3
						X ←		→ X			<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	7
<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>		X									<b>Sistema comercial</b>	1/5
		X										
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>							X					
							X					
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9			

Tabla 23: Coste del Ciclo de Vida

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente			
<b>Sistema comercial</b>			X			X					<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	1/3
						X ←		→ X			<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	1
<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>					X						<b>Sistema comercial</b>	7
		X										
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>		X	X									
		X	X									
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9			



Tabla 24: Formación

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente			
<b>Sistema comercial</b>			X			X					<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	1/3
<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	X			X			X				<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	3
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>					X		X				<b>Sistema comercial</b>	1
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9			

Tabla 25: Vigilancia aérea, generación RAP

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente			
<b>Sistema comercial</b>			X								<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	5
<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	X			X	X						<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	3
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>							X				<b>Sistema comercial</b>	1/5
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9			



Tabla 26: Intercambio de datos TDL

Fuente: Elaboración propia

	extremadamente	Mucho	mas	ligeramente	iguales	ligeramente	mas	mucho	extremadamente		
<b>Sistema comercial</b>			X							<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>	<b>5</b>
			X							<b>Sistema OTAN (MASE)</b>	<b>5</b>
<b>Sistema propio (ARS Link16)</b>			X	X							
			X	X							
<b>Sistema OTAN (MASE)</b>							X	X		<b>Sistema comercial</b>	<b>1/7</b>
						X					
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9		

Debido a una inconsistencia identificada durante la evaluación de las alternativas se mantuvo una reunión con los expertos de este subcriterio para explicarles la inconsistencia, rebajando estos la diferencia entre ARS Link 16 y MASE en el sentido de que el primero es ligeramente mejor que el segundo.