



## Trabajo Fin de Grado

Sistemas de mando y control para NFOs y JTACs,  
¿cumple TALOS las necesidades actuales y futuras  
de NFOs y JTACs?

Autor

CAC Daniel Jiménez Mesa

Directores

Cap. D. Ángel Torrijo Lozano  
Dr. D. Domenico Sicignano

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2020

PÁGINA DEJADA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

# **Resumen**

Este trabajo explica las limitaciones que presentan en combate los JTAC (Joint Terminal Attack Controller) y los NFO (National Forward Observer) en la actualidad y las necesidades futuras que pueden tener adaptándose a los nuevos conflictos. Un JTAC para pedir un apoyo de fuegos próximo (CAS), tiene que usar la fonía para comunicarse con la aeronave. Ello conlleva que en muchas ocasiones surgieran incidencias debidas a errores humanos especialmente durante la transmisión, copia de coordenadas, etc. Por este motivo, se prevé que en un futuro próximo todas las unidades de ACA dispongan de un modem VMF capaz de enlazar al JTAC con la aeronave a través de TALOS (Sistema de Mando y Control de ACA).

De esta forma, se podrá realizar un DaCAS (Digitally aided CAS). Se trata de un intercambio de datos necesarios para la realización del CAS entre el JTAC y una aeronave de forma digital. Sin embargo, esta innovación tecnológica no sustituye al uso tradicional de fonía, sino que lo complementa.

En este trabajo, se realiza un análisis de este nuevo procedimiento y forma de afrontar los conflictos en zonas de operaciones, se analizan sus ventajas e inconvenientes, se exponen en cuanto tiempo estarían disponibles en las unidades y cuanto mejoraría el nivel de instrucción del equipo TACP.

# **Abstract**

This study explains the limitations of the JTAC (Joint Terminal Attack Controller) and the NFO (National Forward Observer) in combat and the future needs they may have in coping with new conflicts. A JTAC, in order to request a support from Close Air Support (CAS), must use telephony to communicate with the aircraft. This means that on many occasions' incidents arise due to human error, especially during transmission, coordinate copying, etc. For this reason, in the future all Artillery units will have a VMF modem capable of linking the JTAC with the aircraft through TALOS (Artillery Command and Control System).

In this way, a DaCAS (Digitally Aided CAS) can be carried out. This is a data exchange between the JTAC and an aircraft in a digital form. However, this technological innovation does not replace the traditional use of sound, but it complements it.

In this work, an analysis of this new procedure and the way to face the conflicts in areas of operations is carried out, its advantages and disadvantages are analyzed, and it is explained how much time would be available in the units and how much the level of instruction of the TACP team would improve.

# Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la elaboración de esta memoria con su apoyo y dedicación.

Inicialmente, destacar la enorme colaboración y dedicación de mis tutores D. Domenico Sicignano y el Capitán D. Ángel Torrijo Lozano por su implicación cada día con mi trabajo dandome numerosas herramientas para que este saliera adelante. En segundo lugar quería agradecer a los tenientes D. Carlos Natera y D. José Manuel Jiménez a los que estuve agregados el periodo en prácticas y me enseñaron de forma excelente el día a día de un Teniente.

En tercer lugar, quería agradecer la formación recibida por parte de todos los profesores del Centro Universitario de la Defensa por ayudarme a crecerme ante las adversidades con esfuerzo y dedicación y a la Academia General Militar y a Zaragoza por ser el lugar que me ha hecho madurar todos estos años como persona y como militar.

Además, agradecer a todos los integrantes del Grupo de Artillería de Campaña I/30 por su constante predisposición y dedicación a España y a la siempre tan acogedora Ceuta por ser la ciudad que me vio nacer y crecer como persona y ahora me ha visto servir como militar.

No quería terminar sin agradecer a mis amigos Manuel, Antonio, Alberto, Jose Carlos, Jesús, Pablo y Sergio por ser siempre el lugar donde volver y por ser incondicionalmente uno de mis grandes apoyos a pesar de los miles de kilómetros de distancia.

Por ultimo, destacar el apoyo incondicional de mi familia, en especial a mi padre Luis, mi madre M<sup>a</sup> de África y a mis hermanos Luis y Manuel, por acompañarme todos estos años con su paciencia y empuje en los momentos más difíciles.

Muchas gracias a todos.

PÁGINA DEJADA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

# Índice

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen .....</b>                                                                | <b>iii</b> |
| <b>Abstract .....</b>                                                               | <b>iv</b>  |
| <b>Agradecimientos .....</b>                                                        | <b>v</b>   |
| <b>Índice de figuras .....</b>                                                      | <b>xi</b>  |
| <b>Lista de Acrónimos.....</b>                                                      | <b>xii</b> |
| <b>Capítulo 1. Introducción.....</b>                                                | <b>1</b>   |
| 1.1. Estructura del trabajo.....                                                    | 1          |
| 1.2. Contexto y justificación del trabajo.....                                      | 2          |
| 1.3. Objetivos y alcance.....                                                       | 3          |
| 1.4. Estado del arte de una petición de apoyo de fuego.....                         | 4          |
| <b>Capítulo 2. Antecedentes .....</b>                                               | <b>8</b>   |
| 2.1. Definición y misión JTAC y NFO.....                                            | 8          |
| 2.1.1. Evolución hasta término JTAC .....                                           | 9          |
| 2.1.2. Relación y diferencias JTAC y NFO.....                                       | 9          |
| 2.2. Limitaciones JTAC .....                                                        | 10         |
| 2.3. Comparativa entre una petición de fuegos por TALOS o sistema tradicional. ...  | 11         |
| 2.3.1. Aplicación del método AHP al estudio .....                                   | 12         |
| <b>Capítulo 3. Necesidades JTAC .....</b>                                           | <b>15</b>  |
| 3.1. Visión actual del JTAC respecto a TALOS .....                                  | 15         |
| 3.2. Mejoras que puede ofrecer TALOS a las acciones CAS.....                        | 15         |
| 3.2.1. DaCAS (Digitally aided CAS) .....                                            | 15         |
| 3.2.2. Ventajas e inconvenientes de DaCAS .....                                     | 16         |
| 3.2.3. Plataformas VMF de uso para el JTAC.....                                     | 16         |
| 3.3. Integración de las nuevas medidas en las unidades de Artillería de Campaña. .. | 18         |
| 3.4. Cambios en el campo de batalla con las nuevas mejoras. ....                    | 18         |
| <b>Capítulo 4. Entrevistas .....</b>                                                | <b>20</b>  |
| 4.1. Entrevista al Brigada Alzate .....                                             | 20         |
| 4.2. Entrevista al ingeniero Francisco José Pérez Aguilera.....                     | 21         |
| <b>Capítulo 5. Análisis DAFO.....</b>                                               | <b>24</b>  |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro.....</b>                 | <b>25</b> |
| <b>Referencias .....</b>                                              | <b>27</b> |
| <b>Anexo A. Diagrama de GANTT.....</b>                                | <b>28</b> |
| <b>Anexo B. Herramienta de Ayuda a la Decisión. Software AHP.....</b> | <b>30</b> |

# Índice de figuras

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Oto Melara 105/14, ATP 155/39, Light Gun L118, SIAC 155/52..... | 4  |
| Figura 2. Petición de Fuegos de un OAV.....                                                                         | 6  |
| Figura 3. Esquema de una petición de fuegos desde un OAV. ....                                                      | 10 |
| Figura 4. Criterios (naranja), subcriterios (gris) y alternativas (amarillo).....                                   | 12 |
| Figura 5. Escala de Saaty.....                                                                                      | 13 |
| Figura 6. Método AHP. Etapa 4. ....                                                                                 | 14 |
| Figura 7. Análisis DAFO para entender las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades del DaCAS. ....         | 24 |
| Figura 8. Lista de actividades, tareas, subtareas e hitos de las semanas en prácticas en el RAMIX30.....            | 29 |
| Figura 9. Captura de pantalla del Diagrama de GANTT desarrollado en el programa “Project Libre”.....                | 29 |
| Figura 10. Etapa 2. Introducción de los valores en celdas. ....                                                     | 30 |
| Figura 11. Etapa 2bis. Introducción de los valores de los subcriterios. ....                                        | 30 |
| Figura 12. Evaluación de alternativas.....                                                                          | 31 |
| Figura 13. Matriz de decisión .....                                                                                 | 32 |

# **Lista de Acrónimos**

|          |                                                    |
|----------|----------------------------------------------------|
| ACA      | Artillería de Campaña                              |
| ACO      | Air Coordination Order                             |
| AF       | Apoyo de fuegos                                    |
| AHP      | Analytic Hierarchy Process                         |
| AMO      | A mi Orden                                         |
| APOFU    | Apoyo de Fuegos                                    |
| ASCA     | Artillery System Cooperation Activities            |
| ATAK     | Android Team Awareness Kit                         |
| ATO      | Air Tasking Order                                  |
| ATP      | Autopropulsado                                     |
| BIA      | Batería                                            |
| BMS      | Battlefield Management System                      |
| C2       | Sistema de Mando y Control                         |
| CAS      | Apoyo aéreo próximo                                |
| CAS      | Close Air Support                                  |
| CO       | Centro de Operaciones                              |
| COMGECEU | Comandancia General de Ceuta                       |
| CUD      | Centro Universitario de la Defensa                 |
| DaCAS    | Digitally aid Close air support                    |
| DAFO     | Debilidad, Amenaza, Fortaleza, Oportunidad         |
| DECO     | Destacamento de Enlace, Coordinación y Observación |
| DGAM     | Dirección General de Armamento y Material          |
| ET       | Ejército de Tierra                                 |
| FAC      | Forward Air Controller                             |
| FDC      | Centro Director de Fuegos                          |
| FFT      | Friendly Force Tracking                            |
| FSE      | Elemento de apoyo de fuego                         |

|          |                                                   |
|----------|---------------------------------------------------|
| GT       | Grupo Táctico                                     |
| I+D      | Innovación y Desarrollo                           |
| IP       | Internet Protocol                                 |
| IR       | Razón de inconsistencia                           |
| JFS      | Apoyo de Fuegos Conjunto                          |
| JFSE     | Elemento de apoyo de fuegos conjunto              |
| JOOP     | Jefe de la Organización Operativa                 |
| JTAC     | Joint Terminal Attack Controller                  |
| MEDEVAC  | Medical Evacuation                                |
| MINISDEF | Ministerio de Defensa                             |
| MIP      | Multilateral Interoperability Programme           |
| NFFI     | NATO Friendly Force Information                   |
| NFO      | National Fire Observer                            |
| OAV      | Observador avanzado                               |
| OTAN     | Organización del Tratado del Atlántico Norte      |
| PC       | Personal Computer                                 |
| PEXT     | Prácticas Externas                                |
| RAMIX    | Regimiento Mixto de Artillería                    |
| ROE      | Rules of Engagement                               |
| S/GT     | Subgrupo táctico                                  |
| SIAC     | Sistema Integrado de Artillería de Campaña        |
| SIMACET  | Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra |
| TACP     | Tactical Air Controler Party                      |
| TFG      | Trabajo Fin de Grado                              |
| TGO      | Operaciones de guiado terminal                    |
| UAF      | Unidad de Apoyo de Fuegos                         |
| VMF      | Variable Message Format                           |
| ZA       | Zona de Acción                                    |

PÁGINA DEJADA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

# Capítulo 1. Introducción

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) realizado en el Regimiento Mixto de Artillería número 30 (RAMIX 30), perteneciente a la Comandancia General de Ceuta (COMGECEU), presenta un estudio de las necesidades y limitaciones que pueden presentar tanto un Observador Nacional de Fuegos (NFO) como un Controlador de ataque terminal conjunto (JTAC) respecto al TALOS. De esta forma, se expondrán las posibles mejoras que se pueden llevar a cabo con la visión puesta en un Grupo de Combate de la Brigada Experimental 2035.<sup>1</sup>

La Artillería siempre ha considerado a los equipos de observación como sus ojos a vanguardia. Aquellos que se encargaban de levantar objetivos y corregir el fuego de las piezas, mientras transmitían información del campo de batalla a las baterías que se encontraban en retaguardia. Sin embargo, con el paso de los años, han aumentado los medios de vigilancia del campo de batalla, quedando esta última misión citada anteriormente de los observadores en un segundo plano.

Por necesidades de la OTAN, se estableció que deben llegar las capacidades de ataque terminal hasta el escalón subgrupo táctico e inferior. Este hecho no solo se aplica al combate interarmas, sino también para establecer las condiciones de seguridad y control físico sobre amplias zonas. Estas necesidades se están cumpliendo a través del despliegue de personal JTAC hasta nivel grupo táctico y situando observadores certificados y cualificados en los subgrupos tácticos. Estos últimos proporcionan información de objetivos en el campo de batalla [1].

En los nuevos tiempos que corren, la amenaza será híbrida, en la que se mezclará el conflicto convencional con el enfrentamiento de carácter asimétrico. La tendencia es una evolución de la amenaza hacia espacios que han quedado fuera del control de los Estados territorialmente soberanos. Tal es el caso de las organizaciones terroristas las cuales, ocupan por la fuerza los países árabes con la intención de formar un autodenominado Estado Islámico [2].

Estas previsiones obligaron al Ejército de Tierra (ET) a realizar un proceso de renovación, que para los apoyos de fuego y en nuestro caso la artillería, supone una necesidad de optimizar la gestión de los apoyos de fuego. Esta debe ir acompañada de algunas transformaciones como consecuencia de las nuevas tecnologías a fin de ofrecer al mando las mejores capacidades posibles.

## 1.1. Estructura del trabajo

En este apartado se realiza un breve resumen de lo que consiste el trabajo a modo de llevar un hilo conductor sobre el mismo:

---

<sup>1</sup> La Brigada 35 es el modelo que se está diseñando para la adaptación del Ejército español al entorno operacional que se prevé en el horizonte del 2035.

- En el primer capítulo, a modo de introducción se explican los objetivos y finalidades del proyecto y se pone en contexto al lector de lo que significa una petición de fuego en artillería.
- En el segundo capítulo, se define el concepto de JTAC, así como sus similitudes y diferencias con el NFO. También se hace una comparativa mediante el software AHP de un CAS a través de TALOS y de un CAS a través del sistema tradicional.
- En el tercer capítulo, se definen las necesidades futuras del JTAC y, por tanto, se explica que cambios debería sufrir un CAS tradicional a través de fonía para adaptarse a los nuevos tiempos que corren.
- En el cuarto capítulo, se exponen las entrevistas realizadas a personal experto en el tema. La primera es al Brigada Daniel Alzate jefe del equipo de trabajo TACP que actualmente se encuentra probando el DaCAS. La segunda entrevista es al creador del TALOS y al creador del modem VMF (explicado en el proyecto), Francisco José Pérez Aguilera.
- En el quinto capítulo, se expone un análisis DAFO para unir todas las ideas del nuevo concepto del DaCAS en una sola imagen.
- Finalmente, el sexto capítulo consiste en una serie de conclusiones extraídas de las hipótesis explicadas durante todo el proyecto. También, se expone brevemente el trabajo futuro que aún queda por hacer para incluir esta nueva innovación tecnológica en las unidades de ACA.
- En el anexo A, se realiza un diagrama de Gantt para explicar cómo se han planificado las seis semanas de prácticas en el RAMIX30, así como hitos importantes, actividades, tareas o subtareas a tener en cuenta.
- En el anexo B, se expone cada etapa del Método de Ayuda a la Decisión AHP.

## 1.2. Contexto y justificación del trabajo

Este proyecto tiene relación con la visión futura que tiene el MINISDEF para incluir mejoras en su software de mando y control (C2). En este caso, TALOS se encuentra actualmente en servicio tanto en las unidades de Artillería de Campaña del Ejército de Tierra como en la Brigada de Infantería de Marina.

Los sistemas C2 son el conjunto de las telecomunicaciones, software, hardware y personal que permite al Ejército de Tierra (ET) tanto a las unidades de maniobra como a las unidades de apoyo<sup>2</sup> realizar las funciones de combate. Por tanto, los sistemas de mando y control se convierten una pieza clave para el flujo de información necesaria y para el cumplimiento de la misión, así como la transmisión las órdenes oportunas.

Las unidades de Artillería de Campaña (ACA) necesitan un sistema de mando y control que, además de realizar las tareas propias del tiro, mejore la coordinación de los apoyos de fuegos y el planeamiento, así como su integración con la maniobra. El único software

---

<sup>2</sup> Se consideran unidades de combate infantería y caballería y las unidades de apoyo de fuegos son artillería, ingenieros, transmisiones y CIMIC entre otras.

de C2 ACA en la actualidad es el TALOS. Este sistema lleva en constante mejora once años (desde 2009). Por tanto, ha alcanzado un nivel de adaptación a las necesidades que iban surgiendo muy alto, pero, aun así, no cubre todas las necesidades que intenta cumplir el MINISDEF. Para la ACA, este sistema es actualmente clave para el proceso de una Acción de Fuego (AF). El sistema TALOS<sup>3</sup> permite a las unidades conducir y planear las operaciones sin estar a vanguardia o cerca del objetivo durante del conflicto [3]

Es preciso que TALOS, consiga una integración con el sistema de mando y control del Ejército de Tierra (SIMACET). El ET necesita un software C2 específico para los fuegos de ACA de forma que se amplíen los niveles de integración con los sistemas de los países aliados. De esta forma, sería posible trabajar con otros ejércitos desde una misma plataforma.

El interfaz de usuario de TALOS permite a las Unidades de ACA realizar un tiro con rapidez y seguridad sobre el objetivo. Además, su nivel de integración se adapta a otras armas como es el caso de infantería y caballería con el manejo de los morteros Cardom y convencionales.

Uno de los componentes importantes de un sistema de apoyo de fuego, junto con el de mando y control citado anteriormente, lo forman los sistemas de adquisición de objetivos. La Artillería de Campaña adquiere objetivos con todos los medios posibles. Elementos de artillería como JTAC, OAV y NFO trabajan con las unidades de maniobra para poder satisfacer las necesidades del apoyo de fuego. Otro elemento importante a la hora del planeamiento y coordinación de la maniobra de los fuegos son los elementos de apoyo de fuego (FSE) que se encargan de decidir si la acción de fuego se ejecutará con las piezas de artillería o será la propia unidad de maniobra quien bata el objetivo [4].

### 1.3. Objetivos y alcance

En la primera fase del trabajo se ha evaluado la situación actual en la que se encuentran los JTAC y NFO en la Artillería de Campaña respecto al sistema TALOS. Concretamente, se han analizado los OFA (antigua versión de NFO) ya que durante la instrucción en el Regimiento Mixto de Artillería 30 (RAMIX30) y en general en todo el ET no se cuenta con personal cualificado NFO. En dicha instrucción ha quedado constancia las carencias que tienen estos observadores respecto al TALOS táctico, donde recientemente se ha implementado para ellos.

Disponer de una mejora en las necesidades futuras de los JTACs y NFOs es factor clave en los teatros de operaciones actuales. Las unidades de apoyo de fuego necesitan rapidez y eficacia a la hora de realizar una petición de fuego. Actualmente, el observador avanzado es un eslabón fundamental para hacer frente a los escenarios cambiantes en los que la artillería está presente.

---

<sup>3</sup> El TALOS no se considera un sistema de mando y control como tal ya que no responde a las características de personal, telecomunicaciones o hardware, solo se trata de un software.

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es pues, conociendo las necesidades actuales que presentan los observadores avanzados, proponer mejoras en el C2 ACA (TALOS) para optimizar las limitaciones en el primer nivel de una petición de apoyo de fuegos aéreo.

#### 1.4. Estado del arte de una petición de apoyo de fuego

En la actualidad la Artillería de Campaña se compone de los siguientes sistemas de armas: LIGHT GUN L118 105/37 (LG), SIAC 155/52 (SIAC) y ATP 155/39 (ATP). Aunque es cierto que existen los Regimientos Mixtos de Artillería de Ceuta (donde he realizado el periodo de instrucción en prácticas) y de Melilla que poseen además otro tipo de sistema de arma que es el OTO MELARA 105/14. Los cuales están representados en la figura 1.



Figura 1. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Oto Melara 105/14, ATP 155/39, Light Gun L118, SIAC 155/52.

Estos sistemas de armas poseen unas características y necesidades diferentes propias de logística como pueden ser su tipo de munición, consumo de combustible o personal necesario para dotar a la pieza. El objetivo del proyecto es poder optimizar todas estas características de las piezas para que personal JTAC y NFO se centre en la vigilancia del espacio aéreo, así como del sistema de mando y control (TALOS). De esta forma, se realizaría una petición de fuegos de una manera más eficaz facilitando el proceso [5].

A continuación, se explicará el proceso de completo desde que el observador visa un enemigo hasta que se realiza el disparo.

- 1) La unidad de maniobra (en la que se encuentra agregado en vanguardia el observador de fuegos avanzado) observa un potencial enemigo. El OAV designa el enemigo mediante los datos del objetivo como pueden ser, actitud, coordenadas, entidad o nivel de fortificación, solicitado por el jefe de la unidad de maniobra a la que acompaña, habitualmente un subgrupo táctico (S/GT). Este hecho tiene lugar en las unidades a vanguardia en el despliegue
- 2) La petición la recibe el Destacamento de Enlace Coordinación y Observación (DECO), el cual está integrado en un grupo táctico (GT). El DECO actúa como primer nivel de gestión en la petición de fuegos (después del OAV).
- 3) La petición de fuego es recibida por el FSE el cual, comprueba si es factible batir el objetivo con fuego de artillería. Más tarde, el CO de GACA analiza unidades de fuego y efectos a conseguir, así como el tipo de munición que se usará.
- 4) El FDC de grupo determina los datos de tiro para así atender la petición de fuego. También deciden qué modo de acción se va a emplear, centralizado, descentralizado u otros.
  - a) Centralizado. Los datos de tiro los calcula el FDC de grupo y se los envían a las BIA.
  - b) Descentralizado. El FDC de BIA recibe los datos del objetivo y son ellos quienes calculan los datos de tiro.
- 5) Las piezas cargan, apuntan según las órdenes recibidas y a partir de aquí existen varios procedimientos según se pretenda hacer fuego.
- 6) El disparo es calificado, se realiza una evaluación de daños táctica y se analiza si se han conseguido los efectos o es necesaria una reiteración.

En la figura 2 aparece el documento que tiene que llenar un OAV cuando divisa un objetivo.

## **PETICIÓN DE FUEGO DEL OBSERVADOR**

**Figura 2. Petición de Fuegos de un OAV.**

En la actualidad, los sistemas de armas<sup>4</sup> ya disponen de autonomía balística y topográfica (integrando todas las capacidades que poseen las piezas) para mejorar sus despliegues y empleo y aumentar la capacidad de movilidad.

Los incrementos en el alcance se conseguirán gracias a los avances tanto en el campo de las municiones como en los sistemas de armas. Esto permite que gracias a un buen estado del arte del Sistema de Mando y Control de ACA se mejoren dichas capacidades como arma de apoyo.

<sup>4</sup> Los sistemas de armas en la actualidad son cada vez más autónomos por lo que requiere menos necesidades de personal.

Todas las unidades de artillería de campaña en España emplean el C2 TALOS como sistema de envío de información y cálculo de datos de tiro. Como he citado anteriormente, el C2 dispone de dos subsistemas:

Por un lado, el subsistema táctico de la que se encarga el FSE y DECO y dota al escalón superior de control en tiempo real del movimiento de las distintas BIAs y lleva un control de las unidades del combate a tiempo real. Además, el FSE y DECO integran los Fuegos Indirectos de la Armada (Fuegos Navales), el Aire (Aéreos) y del Ejército de Tierra (Artillería y morteros de infantería).

Por otro lado, el subsistema técnico de la que se encarga el FDC, permite a los jefes de sección realizar el cálculo de todos los datos necesarios para realizar el tiro eficazmente.

El programa TALOS es un software conjunto de la Dirección de Gestión de Armamento y Material (DGAM), encargada de la toma de decisiones de diseño e implementación de requisitos.

Por tanto, el Observador Avanzado<sup>5</sup> está previsto que evolucione hacia otro concepto más amplio que es el NFO, y que sirva como complemento del JTAC en la vigilancia del espacio aéreo. La idea del ET es que todos los suboficiales de artillería salidos de la ACART dispongan de la acreditación NFO dejando atrás el concepto de OAV. De esta manera, el ET se adaptaría a la doctrina que desea imponer la OTAN para sus observadores, independientemente del país de origen.

---

<sup>5</sup> Actualmente, desde el pasado mes de mayo los OAV trabajan en TALOS táctico. Este hecho, es totalmente nuevo para ellos ya que siempre han trabajado en TALOS técnico. Dada la experiencia tenida en la unidad de prácticas, he podido observar que en estos momentos se encuentran trabajando para instruirse y adaptarse a esta nueva forma de trabajar.

# Capítulo 2. Antecedentes

El apoyo de fuego conjunto (JFS) ha ido evolucionando con el paso del tiempo dependiendo de tres factores fundamentales, el entorno operativo, las lecciones aprendidas y los avances tecnológicos recientes. Además, en el marco del apoyo aéreo próximo (CAS) la evolución del empleo y las capacidades de control de ataque terminal han hecho avanzar en los últimos años a las armas de apoyo de fuego.

Sin embargo, cuando hablamos de NFO, no podemos afirmar que se trate de un proceso culminado. La OTAN deja en manos de cada país la formación y el empleo y en la actualidad, el ET no dispone de ninguna publicación que desarrolle su empleo en detalle ni un plan de formación como es el caso de los JTACs, que se encuentran bastante consolidados.

## 2.1. Definición y misión JTAC y NFO

Podemos definir el JTAC como el personal certificado y cualificado que ha superado los requisitos mínimos periódicos de instrucción y evaluación para mantener la capacidad de dirigir una acción de una aeronave implicada en una acción CAS (apoyo próximo de fuego), y que proporciona control de ataque terminal. Aunque trabaja desde una posición en tierra puede pertenecer tanto al Ejército de Tierra, al del Aire o a la Armada.

Un JTAC tendrá como misión controlar el espacio aéreo en la zona de acción (ZA) en la que se vaya a realizar el CAS, en coordinación estrecha con el DECO del grupo táctico y según requiera la zona de combate y la situación en la que se encuentre el conflicto.

Un JTAC, además de solicitar y gestionar la acción, estima los posibles riesgos existentes para su aceptación o negativa por parte del escalón superior o apoyado. Además, el JTAC es el encargado de confirmar que se cumplen con las reglas de enfrentamientos (ROEs) de la OTAN garantizando que se cumplen los criterios de daños colaterales [6].

Por otro lado, podemos definir el NFO como un complemento del JTAC y con competencias solo a nivel nacional convirtiéndose en un mero observador avanzado a nivel OTAN. Se encarga de solicitar, controlar y ajustar fuegos superficie-superficie, proporcionar información de objetivos de manera precisa al JTAC en las acciones CAS y lleva a cabo las operaciones de guiado terminal (TGO).

El NFO surge para responder a la alta demanda de CAS en apoyo a las fuerzas terrestres, sirve para asegurar la fidelidad de sus procedimientos (véase en la figura 3 el procedimiento de petición de apoyo aéreo próximo que realiza un observador hasta que se realiza el tiro) y contrarrestar las limitaciones que existen en España con el número de JTACs. En ningún caso el NFO sustituye al JTAC, sino que lo complementa, actuando como sus ojos y sus oídos. Las capacidades de NFO<sup>6</sup> pueden adaptarse a las operaciones

---

<sup>6</sup> El término NFO es la evolución del OFA en España. Con el paso de los años, este concepto desaparecerá sustituido por el de NFO, debido a los requisitos de la OTAN para unificar todos los países. De esta manera, se evita la confusión con otros capacitadores similares que participen en la misión

de combate generalizado, de estabilización o a cualquier situación, aunque es muy apto para el campo de batalla futuro [7].

### 2.1.1. Evolución hasta término JTAC

La figura del JTAC (Joint Terminal Attack Controller) se remonta a la guerra de Vietnam (1955-1975). En los conflictos bélicos anteriores, principalmente en las dos Guerras Mundiales, los apoyos aéreos consistían en enviar aeronaves a vanguardia de las tropas propias, a bombardear masivamente las posiciones enemigas sin tener en cuenta los daños que podría ocasionar a la población civil enemiga. Hasta este momento esto era una estrategia válida ya que los frentes estaban bien definidos y no había riesgo de producir daños a tropas propias. No fue así en Vietnam donde los norteamericanos se enfrentaron por primera vez en su historia a un enemigo asimétrico que aparecía inesperadamente y muy cerca a las tropas propias. En esta situación el apoyo aéreo ocasionaba tantas bajas propias como enemigas. Este hecho ocasionó la crítica de la opinión pública ya que los padres norteamericanos mandaban a sus hijos “a la muerte” por este motivo el ejército estadounidense comenzó a tomar medidas [8].

Por este motivo se creó la figura del FAC (forward Air Controller). Se trataba de un piloto que se integraba con las fuerzas terrestres para coordinar desde tierra el ataque aéreo. Ante la imposibilidad de cubrir todas las necesidades de las unidades de maniobra terrestres con pilotos, este empleo se fue abriendo a otros combatientes necesitando una formación previa. Estos fueron denominados JTAC.

En nuestro país los FAC y JTAC del Ejército del Aire y de la Armada han apoyado al ET en las diferentes misiones. Sin embargo, el Ejército consideró tener sus propios JTAC para disminuir la dependencia de otros ejércitos y poder especializar a este personal dentro de la instrucción de las unidades en el día a día.

A raíz de la firma de un Memorandum of Agreement con los Estados Unidos, España se acogió a su doctrina. Por lo tanto, en 2015, tres militares del Ejército español fueron los primeros en disponer del curso JTAC en la Escuela de Operaciones Tierra-Aire de la Fuerza Aérea de Estados Unidos en Europa (Alemania). Unos meses después se decidió que España debía tener un Plan Nacional de Formación JTAC<sup>7</sup> [9].

### 2.1.2. Relación y diferencias JTAC y NFO.

Simultáneamente, el JTAC proporciona instrucciones al NFO para que la acción se lleve a cabo de la forma más eficiente posible y con la mayor rapidez sin causar daños colaterales por fuego propio a terceros. Por tanto, el NFO incrementa la seguridad de la unidad de maniobra manteniendo siempre informado al JOOP para que su unidad siga unas medidas de protección adecuadas en el momento de la acción. Es decir, el JTAC y

---

<sup>7</sup> El Ejército de Tierra se propuso tener 20 JTACs a razón de 4 JTACs nuevos cada año. Actualmente, el ET cuenta con varios JTAC encuadrados en distintas unidades del país con la intención de continuar con la formación de nuevo personal cada año.

NFO trabajan como un equipo cohesionado, proporcionando al JOOP la respuesta adecuada y rápida de los fuegos con la sincronización oportuna.

Para conseguir la sincronización y conseguir la eficacia requerida para llevar a cabo los fuegos conjuntos en su área de despliegue, las capacidades aportadas por equipo del JTAC y NFO, deben integrarse en el planeamiento de la unidad de maniobra a través del JFSE (Elemento de apoyo de fuegos conjunto).

Por tanto, podemos afirmar que el NFO no sustituye al JTAC en ningún aspecto del combate, sino que lo complementa. Del mismo modo, el JTAC no sustituye ni hace innecesaria la figura del NFO. Por tanto, el JTAC tiene la responsabilidad de llevar el control del ataque terminal mientras que el NFO actúa como una continuación de este, mejorando sus capacidades [10].

Otra relación a tener en cuenta entre NFO y JTAC es que la situación ideal sería que el JTAC tenga una experiencia previa como NFO. De esta forma, un OAV accedería al curso NFO especializándose en fuegos aéreos para luego ejercer de complemento del JTAC. Más tarde, si posee del nivel de inglés requerido por la OTAN, accedería al curso JTAC con la experiencia previa como NFO. De este modo, superarían el curso con mayor facilidad ya que poseen más conocimiento que el personal que no fue anteriormente NFO. Dominarían especialmente todo lo concerniente al apoyo aéreo y a la gestión del espacio aéreo.

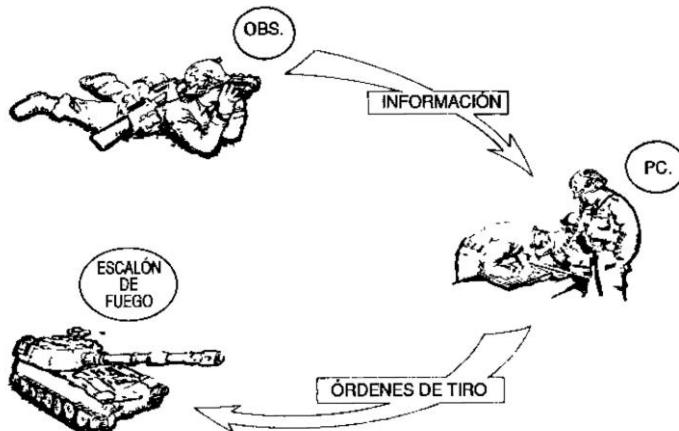


Figura 3. Esquema de una petición de fuegos desde un OAV.

## 2.2. Limitaciones JTAC

Debido a la evolución del conflicto y de las zonas de operaciones un concepto tan novedoso como fue el de JTAC en la guerra de Vietnam se ha visto mermado por ciertas limitaciones ante un término obligado a evolucionar en el tiempo conforme las guerras cambian. Así, el sistema de mando y control de ACA (TALOS) debe adaptarse y

adecuarse a las maneras más eficientes para realizar una petición de fuegos según los tiempos actuales.

La aplicación del apoyo de fuego conjunto en las operaciones actuales está afectada por:

- 1) La dispersión de las fuerzas en el espacio de batalla, que podría ocasionar que las unidades de maniobra no dispusieran de apoyo de fuego superficie-superficie y, a su vez que el gran número de objetivos generados por escalones de sección e inferior pudieran no ser vistos por los JTAC desde su posición viéndose mermado el apoyo aire-superficie.
- 2) Las limitaciones para no ocasionar daños colaterales y bajas por el fuego propio, lo que provocaría que antes de realizar la identificación del objetivo se debe disponer de una visión directa del mismo e incluso, de una segunda perspectiva como modo de asegurar objetivo.
- 3) El JTAC requiere una integración detallada de la maniobra y fuegos de las unidades, por lo tanto, requieren los medios más avanzados y las funciones más específicas ya que se trata del elemento con más alto componente tecnológico que trata las comunicaciones aire-tierra. Por este motivo, una de las limitaciones más importantes del JTAC es la de no disponer de un CAS digital que enlace directamente a través de TALOS. Aunque según los procedimientos definidos por OTAN para realizar un CAS digital, señalan que el intercambio de mensajes viene anticipado por voces tipo, para asegurar que los mensajes no se pierden.

### 2.3. Comparativa entre una petición de fuegos por TALOS o sistema tradicional.

Toda innovación se encarga de mejorar lo que hasta el momento hubo. En principio, con la implementación de un CAS a través de TALOS, se intenta mejorar el sistema CAS tradicional a través de fonía, pero para demostrarlo, se ha utilizado la metodología multicriterio AHP. La metodología AHP [11] es una herramienta utilizada para la resolución de problemas en los cuales se necesitan evaluar aspectos cualitativos y cuantitativos. Este proceso permite simplificar complejas comparaciones y organizar los aspectos críticos de un problema. Se utiliza para realizar la comparación entre distintas opciones y decidir cuál de ellas es la opción más conveniente. Puede ser utilizado para realizar decisiones tanto simples como complejas. Esta metodología consta de cuatro pasos que se detallan a continuación.

En primer lugar, se representa gráficamente el problema a través de un diagrama de árbol donde aparecen relacionados los diferentes niveles: se define el objetivo principal de la jerarquización, luego se definen los criterios a evaluar, y, por último, las alternativas propuestas.

En segundo lugar, con el resultado de las entrevistas realizadas y conociendo las necesidades de los expertos, se obtienen ponderaciones de los criterios a evaluar, comparando una característica con otra, atendiendo a la escala de Saaty. Esta escala es una herramienta usada para establecer la importancia o preferencias de criterios y/o

alternativas en una matriz de comparación por pares. Solo se utilizan números impares, siendo el 1 la mínima valoración y el 9 la máxima.

En relación al segundo paso, se calcula la razón de inconsistencia (IR) cuyo valor ha de ser menor a 0,1 para que tengan un valor más exacto que permita saber el grado de incoherencia de las valoraciones realizadas en las entrevistas con los expertos. A continuación, se vuelve a aplicar el método con las alternativas propuestas. Para finalizar la comparativa entre un CAS tradicional y un CAS digital, todos los resultados se trasladan a una matriz de decisión, donde se vuelven a ponderar las evaluaciones de los pesos obtenidos y se ordenan en base a un índice absoluto. Finalmente se observan los resultados de los diferentes criterios y cuál de las alternativas es la más conveniente saliendo así de dudas y ayudando a afrontar una decisión.

### 2.3.1. Aplicación del método AHP al estudio

A continuación, se expone la aplicación del método AHP para la toma de decisión de la alternativa óptima realizada a través del software “Herramienta de la Ayuda a la Decisión”, perteneciente al ET, obtenido a través de la Academia de Logística de Calatayud y facilitado por el Teniente Coronel Ruiz destinado en la AGM y profesor del CUD. La explicación “pestaña a pestaña” del proceso se detalla en el Anexo B. En la figura 4 se muestra el esquema de la jerarquización analítica objeto del estudio:



**Figura 4. Criterios (naranja), subcriterios (gris) y alternativas (amarillo).**

Tras realizar la entrevista con el Brigada Alzate, pude desarrollar los criterios y subcriterios necesarios para la realización del método AHP. Sin embargo, las alternativas eran obvias debido a que son las únicas dos opciones disponibles para el futuro de un CAS (CAS tradicional o DaCAS). La última semana, se realizó un sondeo entre los distintos observadores del RAMIX30. El objetivo era conocer de primera mano que

criterios con respecto a sus subcriterios tenían más importancia para ellos. A partir de ahí, se pudo elaborar el método de ayuda a la decisión con el software AHP.

El modo de proceder en el software AHP es la comparación de todos los criterios entre sí mediante un sistema de puntuación. Si se disponen de 3 criterios A, B y C, se compararía A contra B, A contra C y B contra C. El sistema de puntuación es 3,5,7 y 9. Se pondrá un 3 si A es ligeramente superior a B en la comparativa A contra B. Este modo de puntuación entre criterios se recoge en la escala de Saaty.

| Escala de SAATY |                                       |
|-----------------|---------------------------------------|
| Valor           | Definición                            |
| 1               | a - Igual Importancia                 |
| 3               | b - Importancia Moderada $\vee 1/3$   |
| 5               | c - Importancia Grande $\vee 1/5$     |
| 7               | d - Importancia Muy Grande $\vee 1/7$ |
| 9               | e - Importancia Extrema $\vee 1/9$    |

**Figura 5. Escala de Saaty**

En esta figura podemos observar que el método DaCAS (0,73) queda claramente por encima que el CAS tradicional (0,27). Después de haber consultado las preferencias de personal cualificado en las unidades, la aplicación confirma que el ET no se equivoca dirigiéndose hacia un nuevo modo de actuar en combate. Un DaCAS que en los próximos años se convertirá en el día a día de las unidades de ACA y que actualmente el equipo de trabajo del Brigada Alzate se encuentra trabajando satisfactoriamente.

A continuación, en la figura 5, se puede apreciar el resultado final (etapa 4) de un proceso que viene explicado detalladamente en el Anexo B.

The screenshot shows a Microsoft Excel window with the title bar 'Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)'. The main content is a table titled 'MATRIZ DE DECISIÓN' (Decision Matrix). The table has four columns: 'CRITERIOS / SUBCRITERIOS', 'PESOS', 'CAS TRADICIONAL', and 'DaCAS'. The rows represent different criteria and sub-criteria. The data is as follows:

| CRITERIOS / SUBCRITERIOS | PESOS       | CAS TRADICIONAL | DaCAS       |
|--------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| <b>FONIA</b>             | <b>0,17</b> | <b>0,12</b>     | <b>0,88</b> |
| + ERROR TRANSMISION      | 0,10        | 0,13            | 0,87        |
| + BARRERAS IDIOMATICAS   | 0,11        | 0,25            | 0,75        |
| + + RIESGO FRATRICIDA    | 0,80        | 0,10            | 0,90        |
| <b>TABLET-TABLET</b>     | <b>0,83</b> | <b>0,30</b>     | <b>0,70</b> |
| + + SEGURIDAD            | 0,61        | 0,17            | 0,83        |
| + PERSONAL EXPERTO       | 0,30        | 0,50            | 0,50        |
| + EQUIPO ESPECÍFICO      | 0,09        | 0,50            | 0,50        |
|                          |             | <b>0,27</b>     | <b>0,73</b> |

Figura 6. Método AHP. Etapa 4.

# **Capítulo 3. Necesidades JTAC**

Como se ha especificado anteriormente en el apartado de limitaciones, una de las necesidades para el JTAC del futuro sería la de disponer de una plataforma que tuviera la capacidad DaCAS (Digitally aided CAS), si bien actualmente los JTAC del ET no tienen ninguna que en la configuración actual pueda realizarla.

## **3.1. Visión actual del JTAC respecto a TALOS**

Tener un entorno operativo y lecciones aprendidas de numerosas misiones internacionales nos ha llevado a conocer el punto débil de un CAS. En la actualidad, el JTAC realiza una petición CAS a través de fonía. El JTAC no posee de ninguna plataforma interoperable con TALOS para que el CAS llegue directamente desde vanguardia hasta el piloto. Por tanto, toda la información tiene que transmitirse a través de fonía y la experiencia ha demostrado que en ocasiones las comunicaciones por este medio son difíciles, al mezclarse acentos de diferentes lugares, mala calidad de las comunicaciones, etc. Este punto se acrecienta al trabajar JTACs y aeronaves de diferentes naciones ya que el idioma que se utiliza es el inglés. Por ello se contempla la opción de que en un futuro se use el CAS digital y aunque sea un avance para toda la ACA tiene sus ventajas e inconvenientes.

Por otro lado, existe personal que sigue defendiendo el uso del CAS tradicional a través de fonía. Estos defienden que el DaCAS puede obligar al JTAC a mantener excesivo tiempo con los ojos en la pantalla y puede perder la noción del tiempo el campo de batalla y los cambios que puedan afectar a la ejecución. Los tradicionales defienden que podrían existir fallos en el envío de datos.

## **3.2. Mejoras que puede ofrecer TALOS a las acciones CAS.**

Es importante destacar el concepto de “aided”. DaCAS, al menos actualmente, no sustituye al uso tradicional de la fonía, sino que lo complementa. Los procedimientos definidos por OTAN para realizar un CAS digital óptimo señalan que el intercambio de mensajes viene anticipado por voces tipo, para asegurar que los mensajes no se pierden. Del mismo modo, el DaCAS pierde su razón de ser cuando, en lugar de aportar agilidad y seguridad, requiere que el operador tenga que dedicar excesivo tiempo al sistema. Algunos pasos del procedimiento siguen siendo más fáciles y rápidos de realizar por voz, al tener que ejecutarse en ventanas temporales muy reducidas.

### **3.2.1. DaCAS (Digitally aided CAS)**

DaCAS es un intercambio máquina-máquina de datos necesarios para la realización del CAS, entre el JTAC y una aeronave a través de un nodo C2. Las plataformas DaCAS proporcionan al JTAC suficiente información del terreno de manera que toda la información quede plasmada en la pantalla (objetivo, medidas de coordinación, tropas

propias, trayectorias de fuegos, etc.). Esta información se transmite a la aeronave, de manera que se integra automáticamente en su sistema de armas.

El protocolo más extendido y habitual es VMF ya que uno de los principios del DaCAS es la interoperabilidad. El uso del protocolo VMF definido por la OTAN, permite que sistemas y plataformas sean interoperables entre multitud de sistemas nacionales e internacionales. Como cualquier tecnología reciente, aparte de presentar las ventajas propias que se buscan del sistema, presentan algunos inconvenientes que hacen que no sea actualmente un sistema totalmente fiable.

### 3.2.2. Ventajas e inconvenientes de DaCAS

El uso del DaCAS presenta un conjunto de ventajas como:

- Reducción del error humano, especialmente en la transmisión, copia de coordenadas, información crítica, etc.
- Soluciona las barreras idiomáticas. El procedimiento CAS siempre se realiza en inglés, incluso entre participantes de una misma nación no anglófona.
- Reduce el tiempo de ejecución, al ser mucho más rápido mandar un archivo que pasar por voz toda la información.
- Minimiza el riesgo de fraticidio, mejora la seguridad.

Por otra parte, su uso presenta también inconvenientes:

- La configuración del sistema entraña tiempo y dificultad, siendo en ocasiones necesario personal con conocimientos técnicos elevados.
- Requiere un equipo específico adicional, además de la radio.
- Posibles fallos de envío de datos. De hecho, el procedimiento establece llamadas previas que alerten del envío de datos y confirmen su recepción, para evitar mensajes que se asumen que han llegado y en realidad se han perdido. El uso de fonía para complementar el envío de datos no debería ser necesario en un sistema totalmente fiable.
- El procedimiento DaCAS establece que alguna de las comunicaciones que habitualmente se realizan entre el JTAC y la aeronave por fonía, pueden hacerse mediante mensaje. En muchas ocasiones, el JTAC necesita más tiempo para preparar el mensaje que en pasarlo por fonía.

### 3.2.3. Plataformas VMF de uso para el JTAC

Las plataformas VMF son aquellas que poseen la capacidad DaCAS, como ya sabemos los JTAC no poseen en la actualidad ninguna que cumpla esa función. Como características generales, la plataforma del JTAC para DaCAS debe cumplir los siguientes parámetros:

- Debe ser una plataforma basada en una aplicación GIS que permita plasmar sobre cartografía y/o fotografía aérea el campo de batalla.

- Debe poder plasmar toda la información del campo de batalla (posición de tropas propias, objetivo y enemigo, medidas de coordinación de fuegos, maniobra y coordinación aérea, posición y alcance de la amenaza antiaérea, posición y trayectoria de los fuegos indirectos, distancias de estimación de riesgo para cada munición, etc.)
- Debe ser fácilmente manejable por un combatiente sin apoyo de vehículo y en circunstancias de combate (formato Tablet en lugar de PC y con una interfaz de menús amplios y manejables)
- Debe generar e importar los mensajes VMF automáticamente sobre la información existente en el sistema, de manera que el JTAC no tenga que crear los mensajes, sino que solo tenga que seleccionar qué información comparte con la aeronave.
- Debe ser capaz de transmitir los mensajes VMF sobre las radios habituales del JTAC, compartiendo la transmisión de datos con fonía.
- Sería recomendable, también, que pudiese importar y plasmar la información del ATO (Air Tasking Order) y el ACO (Air Coordination Order).
- Sería muy recomendable que fuese capaz de interoperar con otros sistemas y plataformas como TALOS.

Las plataformas<sup>8</sup> de uso por parte del JTAC, tanto en uso como posibles, que deberían tener VMF o mejoraría sustancialmente su uso con la implementación de VMF son las siguientes:

- SafeStrike:  
Es una aplicación desarrollada por la empresa Rebel Alliance. Esta aplicación está actualmente en servicio en el ET, disponiendo de 3 licencias para el JTAC del ET. Aunque está pensada para trabajar como un sistema C2, actualmente se está utilizando como una herramienta “Stand-alone”, donde el JTAC tiene que volcar manualmente toda la información sobre unidades propias, enemigos, etc. Representa gráficamente toda la información que necesita el JTAC e incluso realiza cálculos necesarios, como conos de ataque para guiado láser, distancias de riesgo, etc. Genera los formatos 9-lineas o incluso MEDEVAC. Según la empresa tiene capacidad DaCAS, aunque trabajando a través de un modem VMF.

---

<sup>8</sup> A parte de SafeStrike existen otras plataformas como ATAK y BMS que podrían servir como posibles usos para un DaCAS. En la actualidad y en el futuro se prevé que se use el SafeStrike en el ET.

### 3.3. Integración de las nuevas medidas en las unidades de Artillería de Campaña.

La “Brigada 35” tiene que ser capaz de integrar fuegos conjuntos, lo que incluirá la necesidad de controladores de ataque terminal conjunto (JTAC) en el nivel Grupo Táctico o inferior. Los JTAC contribuirán a la gestión del espacio aéreo, actividad que viene ligada con la integración de las nuevas plataformas VMF a las unidades de Artillería de Campaña, estudiando en cuanto tiempo estarían integradas y en pleno funcionamiento en las unidades.

Además, la “Brigada 35” dispondrá de 3 unidades de fuego con alcance entre 40 y 50km, así como una unidad de cohetes con alcance de entre 120km y 140km. Las municiones inteligentes permitirán batir objetivos dentro de los alcances necesarios con la imprescindible precisión.

La implementación DaCAS no sería complicada de aplicar, ya que la propia filosofía de empleo de DaCAS hace que su uso sea muy simple. El JTAC solo tiene que trabajar con su sistema de manera normal, y es el sistema el que “traduce” la información a los formatos VMF que envía. Para el piloto también es sencillo, pues la información le entra directamente en su sistema de armas.

Otra cuestión es la configuración técnica del sistema, necesaria para que esto funcione. Hay que configurar IPs, así como diferentes parámetros que varían en función de la radio empleada. No está claro si el usuario será el encargado de esta configuración o si tendrá que ser personal especialista en Transmisiones quien la realice. En cualquier caso, es necesario la formación específica para el personal que lo realice. Por supuesto, una adecuada preparación del sistema por parte de los ingenieros y desarrolladores puede dotar al sistema de una interfaz que guíe al usuario y que haga internamente parte del trabajo de configuración, lo que acortaría los tiempos de preparación del sistema y el adiestramiento de quien tenga que realizar la configuración.

Por tanto, es muy difícil definir tiempos concretos de preparación, porque dependerá del sistema que finalmente se adopte (actualmente no existen en dotación) y de la facilidad de configuración que consigan implementar. Eso sí, como le digo, una vez configurado, el sistema no requiere un aprendizaje específico.

El ET se tiene que acoger al Plan Nacional de Formación JTAC, viene recogido un plan de ambición de 20 JTACs en el ET, 16 de ellos en unidades y 4 en el curso. Aunque el ET quisiera aumentar este número, no puede hacerlo unilateralmente, ya que la cualificación de los JTAC en las FAS la lidera el EA. Actualmente hay 13 JTACs cualificados en el ET y 4 en el curso.

### 3.4. Cambios en el campo de batalla con las nuevas mejoras.

El DaCAS facilita la ejecución del CAS en gran medida. Por una parte, minimiza el error humano, tanto al dictar y copiar datos como al introducirlos en el sistema de armas. En DaCAS la información del objetivo pasa directamente del sistema del JTAC al sistema

de armas de la aeronave. Además, permite ganar velocidad y rapidez en el control, al omitirse los tiempos necesarios para transmitir por voz toda la información que en DaCAS se reduce a un archivo. Finalmente, ayuda en gran medida a solventar los problemas derivados de la barrera lingüística. En CAS siempre se habla en inglés, aunque sean aeronaves nacionales, y es habitual trabajar con aeronaves de otros países. Por tanto, a pesar de que el JTAC se le presupone un buen nivel de inglés, en ocasiones es el piloto quien no domina el idioma, o hay que trabajar con pilotos con diferentes acentos y pronunciación. El hecho de enviar el grueso de la información digitalmente ayuda, por tanto, a facilitar la comunicación entre el JTAC y el piloto.

Respecto a las relaciones con las unidades de maniobra, DaCAS no contempla estas relaciones y es específico de la relación JTAC-piloto. Sin embargo, DaCAS se basa en el protocolo VMF que es un estándar de OTAN. Por tanto, a través de VMF, se podrían realizar relaciones con los sistemas de mando y control de la unidad apoyada y con el sistema de fuegos indirectos, siempre que estos fueran compatibles con VMF<sup>9</sup>. El concepto permitiría que todas las herramientas informáticas de mando y control dentro de la OTAN se entendieran. Esto es lo que el brigada Alzate está trabajando en el Grupo de Trabajo VMF del ET.

VMF sería un gran avance, ya que permitiría al JTAC interactuar con los sistemas C2 tanto en la unidad de maniobra (BMS) como de los APOFU (TALOS), facilitando de este modo el intercambio de información, lo que redundaría en apoyos más rápidos y seguros minimizando el riesgo de fraticidio. Por lo tanto, no es tan importante la implementación de DaCAS como de VMF.

En cuanto al estrés de combate, efectivamente puede verse reducido gracias a DaCAS. No obstante, es importante destacar que DaCAS es solo un apoyo al CAS y no elimina la necesidad de fonía, que sigue siendo el medio principal de comunicación con el piloto y el que ofrece mayor rapidez e inmediatez. Además, DaCAS también tiene inconvenientes, como la dificultad de configuración previa, la falta de confirmación de transmisión y recepción de los datos o el efecto “visión de pajita”, que hace que el JTAC se centre en la pantalla de su sistema y deje de observar el campo de batalla. En cualquier caso, es una gran ayuda al CAS.

---

<sup>9</sup> La idea de VMF es que los sistemas sean interoperables y estándar, de modo que se pudiera generar una petición de fuego de artillería para el sistema de CAS y que la pudiera enviar a TALOS. O, por ejemplo, al sistema de fuegos que tenga el Ejército británico o inglés si se estuviera trabajando con ellos.

# Capítulo 4. Entrevistas

En este apartado, se han realizado dos entrevistas a personal experto en la creación y en la puesta en práctica de esta nueva innovación. El Brigada Daniel Alzate y el ingeniero Francisco José López Aguilera han cambiado la forma de ejecución de un CAS convirtiéndolo en digital. El Brigada, ha puesto en constancia del ingeniero cuales eran las vicisitudes que un equipo TACP necesita para ejecutar un CAS tradicional a través de fonía. A partir de ahí, el ingeniero ha creado la unión a través de un modem VMF, del piloto con el JTAC mandando todos los datos a través de un archivo reduciendo el uso de la fonía.

## 4.1. Entrevista al Brigada Alzate

El equipo JTAC se encuadra dentro de la Sección de Armas de Apoyo al Subgrupo Táctico Mecanizado con el que España contribuye a la misión “Presencia Avanzada Reforzada”<sup>10</sup>. El equipo JTAC que ha probado ya estas innovaciones pertenecen a la Sección de Enlace del Regimiento de Artillería de Campaña nº11.

Esta unidad fue la que recibió, unos meses antes del primer despliegue, el nuevo material que se ha llevado a zona de operaciones y mejora las capacidades de los JTAC. La primera entrevista concedida por el brigada Alzate, a quien agradezco su altruista colaboración, además de jefe del equipo JTAC de la primera rotación, fue el encargado de estrenarlo y probarlo en un ejercicio de fuego real. El brigada responde a una serie de preguntas formuladas con la intención de conocer más acerca de un DaCAS y su estado del arte. Alzate ha podido avanzar en materia de procedimientos, gracias a la experiencia adquirida en estas actividades y en otras muchas desarrolladas durante sus siete meses de despliegue. Estos hechos motivaron mi intención de incluir sus análisis en este TFG.

### 1. ¿Qué limitaciones actuales tienen los JTAC en un CAS?

Las limitaciones principales de los JTAC giran en torno a usar la fonía como principal medio para la petición de un CAS. Tienen gran problema durante la transmisión, copia de coordenadas, información crítica etc ya que además de que existan interrupciones, hay gran problema con el inglés. El procedimiento CAS se realiza siempre en inglés, incluso entre participantes de una misma nación. A un JTAC se le presupone un nivel alto de inglés, pero en ocasiones se ha demostrado que las comunicaciones por fonía son difíciles, al mezclarse acentos de diferente clase. Otra limitación es la lentitud con la que se realiza la petición por fonía debido a la cantidad de datos que el JTAC tiene que pasar al piloto, pudiendo perder el factor sorpresa ante el enemigo.

### 2. Optimización ideal en una petición de fuegos para un JTAC con el uso del TALOS

---

<sup>10</sup> Garantizar la estabilidad de la seguridad euroatlántica, mantener una Europa en paz, unida y libre, así como prevenir conflictos mediante medidas de defensa.

La forma ideal de realizar una petición de fuegos para un JTAC es el uso del CAS (Apoyo de fuego próximo) pero con el paso de los años y la experiencia de JTACs se ha llegado a la conclusión de que tendría que llegar el CAS digital. El Brigada Alzate junto con su equipo de trabajo está probando de primera mano esta innovación tecnológica que llaman DaCAS y que al contrario de lo que muchos piensan, no sustituye a la fonía, sino que la complementa y hace más fácil el procedimiento de petición de un CAS.

3. ¿Tendría cabida estas nuevas mejoras en las unidades de ACA?

Sería sencilla la implementación del DaCAS a las unidades de ACA ya que una de las características principales es la de facilitar al personal una petición de fuego aérea. El JTAC tiene que trabajar con su sistema de manera normal ya que es el propio sistema el que “traduce” la información a los formatos VMF que envía. En cuanto al piloto, también es sencillo, ya que su información le entra directamente en su sistema de armas. Una de las cosas más complicadas es la configuración técnica del sistema. Se necesitaría personal muy cualificado de Transmisiones o, en cualquier caso, sería necesaria una formación específica para el personal que lo realice.

4. ¿Cómo cambiaría el campo de batalla cuando las unidades de ACA posean dichas mejoras?

Permite ganar velocidad y rapidez en el control, al omitirse los tiempos necesarios para transmitir por voz toda la información que en DaCAS se reduce a un archivo. El hecho de enviar el grueso de la información digitalmente ayuda, por tanto, a facilitar la comunicación entre el JTAC y el piloto. Respecto a las unidades de maniobra, el DaCAS no las contempla ya que el DaCAS se basa exclusivamente en las relaciones JTAC-piloto.

## 4.2. Entrevista al ingeniero Francisco José Pérez Aguilera

Otra entrevista de relevancia fue la realizada a un ingeniero de la empresa GMV, desarrollador de TALOS. GMV está trabajando no solo en implementar VMF, sino en que pueda ser en un futuro una aplicación propia para el JTAC, al estilo de las aplicaciones específicas. A continuación, adjunto la entrevista realizada con el fin de esclarecer los conceptos, objetivos y conocer los avances que presenta el modem VMF para la práctica en una petición de fuegos aérea.

1. ¿Cuál es el estado de avance en el que se encuentra VMF?

- a. VMF dispone de versiones estables, pero se sigue trabajando en los grupos de expertos para añadir nuevas funcionalidades.

2. ¿Qué ventajas tendría su implementación?

- a. Acompañadas por el hardware adecuado (modem y radios compatibles VMF) permitirían una conexión directa con el avión y todo integrado con el resto de información del campo de batalla y las peticiones de fuego (indirecto y aéreo). Esto permitiría la coordinación de acciones de

- Artillería (señalamiento, protección de la senda de entrada del avión, etc.) con acción CAS.
3. ¿Qué funciones tiene VMF en TALOS?
    - a. Oficialmente en TALOS no tenemos VMF, extraoficialmente disponemos de una versión desarrollada por GMV para pruebas en la que tenemos implementados los mensajes de posición y texto libre. No tenemos implementados los mensajes relativos al intercambio de información para las acciones de fuego aéreas.
  4. ¿Cómo se diferenciaría en el programa TALOS una petición de fuegos terrestre realizada por un OAV de una petición de fuegos aérea realizada por un JTAC con estas nuevas mejoras?
    - a. Actualmente en TALOS ya existen peticiones aéreas que incorporan toda la información necesaria para las acciones CAS, el problema es que no existe una conexión con el sistema de armas.
  5. ¿Existe la posibilidad de implementar VMF como una aplicación propia para el JTAC?
    - a. VMF es un protocolo, sería necesario integrarlo en el puesto del JFSE de subgrupo táctico para poder realizar las funciones de JTAC.
  6. ¿Cuál es la capacidad que tendría VMF dentro de TALOS para trabajar con otros países de la OTAN?
    - a. VMF tiene tres pilares fundamentales
      - i. Intercambio de trazas
        1. Permitiría intercambiar posiciones de unidades propias con aeronaves u otros países que dispongan de VMF. Actualmente existen otras implementaciones para este fin como NFFI, FFT, ASCA, MIP/DEM, por lo que no se considera un factor clave
      - ii. Gestión de acciones CAS
        1. La funcionalidad CAS es la que dio origen al desarrollo de VMF y no existe ningún otro estándar que permita realizar esta función.
      - iii. Gestión de acciones de Fuego Indirecto
        1. La mayor parte de países OTAN se encuentran integrados en el grupo ASCA para la gestión de acciones de fuego indirecto, sólo USA y Australia utilizan VMF (pero también ASCA). Como referencia podemos ver que los OAV de USA utilizan VMF para la comunicación con sus centros productores de fuego.

Estas dos entrevistas a personal que se encuentra directamente relacionado con las necesidades futuras que tendrá un JTAC, han servido para saber cuáles van a ser los pasos que la ACA va a dar en este aspecto. El Brigada Alzate, a través de cientos de horas de instrucción, se ha dado cuenta de las limitaciones que tiene un CAS tradicional. Por otro

lado, el ingeniero, al cual tuve el placer de conocer personalmente en el SIMACA, no es alguien ajeno al mundo militar ya que, para poder confeccionar un programa tan completo como TALOS, necesita conocer la táctica que se emplea en ACA y estar en conocimiento de su constante evolución. López junto a su equipo de ingenieros está luchando para implementar no solo el modem VMF sino en que se convierta en una aplicación más en una Tablet del JTAC.

Teniendo en cuenta todo el estudio y del resultado de las entrevistas, se ha introducido un análisis DAFO para analizar las debilidades amenazas fortalezas y oportunidades que presentará esta innovación en la ACA. Por tanto, se forma esquematizada y clara se pueden apreciar las características más básicas del DaCAS.

## Capítulo 5. Análisis DAFO

El análisis DAFO es una técnica indispensable para analizar y dar constancia de la situación actual de un determinado proyecto (véase la figura 7), en este caso se tratará la situación actual de JTAC con la transmisión de los datos de tiro al piloto mediante fonía. De esta manera, se pueden tomar las decisiones estratégicas necesarias.

Mediante un análisis de las características externas e internas, esta herramienta obtiene una representación gráfica mediante una matriz 2x2 de sus:

- Debilidades: Constituyen las limitaciones que tiene el JTAC para la transmisión de los datos de tiro mediante fonía.
- Amenazas: Son todos aquellos factores externos al JTAC y al piloto que impiden dicha transmisión de datos.
- Oportunidades: Son aquellos factores externos que pueden provocar mejoras en el CAS
- Fortalezas: Son aquellos factores internos, que proporciona ventajas al CAS.



Figura 7. Análisis DAFO para entender las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades del DaCAS.

## Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro.

La forma de hacer la guerra evoluciona con los avances tecnológicos y los recursos que existen en cada sociedad. Los planificadores militares diseñan conceptos operativos que aprovechan la tecnología civil para aplicarla al mundo militar en los distintos dominios donde lo creen necesarios.

Esta innovación surge debido a que vivimos en un mundo cada vez más digital y el Ejército, necesita adaptarse a los nuevos tiempos. En el mundo digital actual, el acelerado cambio tecnológico ha revolucionado la forma de hacer la guerra y esto es solo el comienzo de unos conflictos cada vez más digitalizados y en continuo cambio.

Según ha podido afirmar en la entrevista el ingeniero, actualmente TALOS puede realizar el intercambio de posiciones con otras unidades e incluso con otros países sin necesidad de usar VMF. Esto se realiza con otras implementaciones como NFFI, FFT y ASCA. Sin embargo, TALOS no cumple otras necesidades básicas para NFO y JTAC. Se debe a que no permite una conexión directa entre el JTAC y la aeronave. Este enlace permitiría la mejor coordinación entre las acciones de ACA y la acción CAS.

Por otro lado, el objetivo principal de este trabajo era intentar solucionar estos problemas para cumplir con las necesidades futuras. Esto se consigue mediante el modem VMF. Un sistema que se encarga de la interoperabilidad entre dos sistemas de mando y control distintos. Por lo tanto, facilita la conexión entre el JTAC y el piloto surgiendo el DaCAS. Como afirma el Brigada Alzate, no es tan importante el DaCAS como el VMF ya que, sin este último, el CAS digital carecería de sentido.

Además, con perspectiva de futuro, las plataformas VMF (que son aquellas que poseen las capacidades DaCAS) conformarían un gran avance, ya que, permitiría al JTAC interactuar con los sistemas de mando y control tanto de la unidad de maniobra (BMS) como de los APOFU (TALOS) no solo con el intercambio de posiciones sino también con el envío de archivos. Este hecho, facilitaría las comunicaciones y el flujo de información, lo que redunda en apoyos más rápidos y seguros.

Esta nueva innovación, está siendo testada por el equipo TACP del Brigada Alzate (JTAC). El Brigada tiene un equipo de trabajo y estudio el cual está experimentando con esta nueva innovación tecnológica. Actualmente, el equipo se encuentra probando en múltiples ejercicios las capacidades del modem VMF en el DaCAS con el objetivo de optimizarlo antes de implementarlo en todas las unidades. Por lo tanto, el problema propuesto al principio de este proyecto se está viendo solventado en la actualidad. Las impresiones son que próximamente este nuevo software interoperable entre diferentes sistemas de mando y control será aplicado en el ET.

PÁGINA DEJADA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO

# Referencias

- [1] «Empleo operativo del JTAC, concepto derivado 03/16,» 2016.
- [2] MADOC, «Operación Romeo-Alfa. Lecciones aprendidas de la participación del fuego aéreo,» Didom, Madrid, 2014.
- [3] Funciones de combate. Fuegos, Publicación de uso oficial, 2013.
- [4] «Se buscan JTAC,» *Revista Ejército* nº22, 2017.
- [5] E. González Cantero, «Propuesta de mejora para un sistema de Mano y Control de un grupo heterogéneo de Artillería de Campaña formado por Unidades de Apoyo de Fuegos de entidad sección,» 2019.
- [6] «Empleo operativo del JTAC,» 2016.
- [7] «Observador nacional de fuegos (NFO),» 2018.
- [8] «Blog Oficial del Ejército de Tierra de España,» 19 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://ejercitoterra.wordpress.com/2017/05/19/tu-puedes-ser-un-jtac/>. [Último acceso: 15 Septiembre 2020].
- [9] C. Bení, «Se buscan JTAC,» *Revista Tierra*, pp. 8-12, 2017.
- [10] «Empleo operativo del JTAC. Concepto derivado 03/16,» 2016.
- [11] T. C. R. López, «Manual de Usuario del Programa Ayuda a la Decisión, AHP,» Zaragoza.
- [12] I. d. I. Eléctrica, «Formato IEEE. Estilo y Referencias Bibliográficas,» [En línea]. Available: <http://iie.fing.edu.uy/institucional/biblioteca/presentaciones/Citas-IEEE-2011.pdf>.
- [13] IEEE, «IEEE Citation Reference,» [En línea]. Available: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>.
- [14] Latex, "LaTeX – A document preparation system," [Online]. Available: <http://www.latex-project.org/>.
- [15] U. d. Málaga, «Plantilla Word TFG,» [En línea]. Available: [http://www.uma.es/media/files/Plantilla\\_WORD\\_PFC-IT\\_ETSIT\\_1.doc](http://www.uma.es/media/files/Plantilla_WORD_PFC-IT_ETSIT_1.doc).
- [16] T. C. R. López, «Manual de Usuario del Programa Ayuda a la Decisión».

## Anexo A. Diagrama de GANTT

Un diagrama de Gantt es una herramienta útil para planificar proyectos. En este TFG se ha usado para dividir las diferentes tareas programadas dentro de las seis semanas en prácticas en la unidad en las que se incluían maniobras donde el trabajo del proyecto se hacía más complicado. Sin embargo, con una buena planificación inicial marcando los objetivos de cada tarea y para cuando deberían estar terminadas se logra la meta final del proyecto. Un diagrama de Gantt muestra:

- La fecha de inicio y finalización de un proyecto.
- Qué tareas hay dentro del proyecto.
- Quién está trabajando en cada tarea
- La fecha programada de inicio y finalización de las tareas.
- Una estimación de cuánto llevará cada tarea.
- Cómo se superponen las tareas y/o si hay una relación entre ellas.

Este diagrama de Gantt recoge los cuatro objetivos más importantes en los que se ha dividido el TFG y son los siguientes:

- Superación del TFG asignado con la calificación de Apto por parte del CUD.
- Obtención de conocimientos sobre tema de interés para la unidad, como son las herramientas C2 TALOS para los mismos NFO/JTAC
- Llevar a cabo una investigación según el método científico, obteniendo y analizando información, alcanzar una serie de conclusiones, análisis de las mismas y validación. Llegándolas a explicar y argumentar en el documento final del TFG.
- Obtención de los contactos e información necesaria para su posterior análisis de fuentes fiables y válidas.

Como se puede ver en la figura 7, aparece una tabla en la que se muestra como se ha planificado el proyecto dividiendo el tiempo de instrucción y estancia con la unidad y el tiempo en el que era necesario trabajar el TFG. Aparecen una serie de tareas, subtareas e hitos. Muchos de ellos están vinculados entre sí ya que no sería posible empezar una tarea sin la finalización de otra anterior en el tiempo para elaborar el TFG o anterior en el modo de entender las vicisitudes en una unidad de artillería de campaña como es el RAMIX30.

|    |  | Nombre                                        | Duración | Inicio         | Terminado      | Predecesores |
|----|--|-----------------------------------------------|----------|----------------|----------------|--------------|
| 1  |  | PR01. PEXT CEUTA Y TFG                        | 31 days? | 3/09/20 8:00   | 16/10/20 15:00 |              |
| 2  |  | 1. Encuadrados en la 1º BIA SIAC              | 7 days?  | 3/09/20 8:00   | 11/09/20 15:00 |              |
| 3  |  | 1.1. Conocer material BIA                     | 2 days?  | 3/09/20 8:00   | 4/09/20 15:00  |              |
| 4  |  | 1.2. Conocer tareas JSC BIA SIAC              | 4 days?  | 3/09/20 8:00   | 8/09/20 15:00  |              |
| 5  |  | 1.3. Conocer orden de tiro                    | 5 days?  | 3/09/20 8:00   | 9/09/20 15:00  |              |
| 6  |  | 1.4. Dictar órdenes de tiro                   | 7 days?  | 3/09/20 8:00   | 11/09/20 15:00 |              |
| 7  |  | 2. Obtención información                      | 7 days?  | 3/09/20 8:00   | 11/09/20 15:00 |              |
| 8  |  | 2.1. Conocimientos sobre fuegos               | 2 days?  | 3/09/20 8:00   | 4/09/20 15:00  |              |
| 9  |  | 2.2. Conocimientos planeamiento ACA           | 4 days?  | 3/09/20 8:00   | 8/09/20 15:00  |              |
| 10 |  | 2.3. Conocimientos NFO/JTAC                   | 6 days?  | 3/09/20 8:00   | 10/09/20 15:00 |              |
| 11 |  | 2.4. Conocimientos sobre TALOS                | 7 days?  | 3/09/20 8:00   | 11/09/20 15:00 |              |
| 12 |  | 3. Encuadrados BIA PLM                        | 24 days? | 14/09/20 8:00  | 16/10/20 15:00 | 2            |
| 13 |  | 3.1. Conocer material PLM                     | 6 days?  | 14/09/20 8:00  | 21/09/20 15:00 |              |
| 14 |  | 3.2. Conocer tareas FDO GACA                  | 11 days? | 14/09/20 8:00  | 28/09/20 15:00 |              |
| 15 |  | 3.3. Diferenciar orden de fuego/orden de tiro | 16 days  | 14/09/20 8:00  | 5/10/20 15:00  |              |
| 16 |  | 3.4. Conocer TALOS técnico                    | 20 days? | 14/09/20 8:00  | 9/10/20 15:00  |              |
| 17 |  | 3.5. Manejar aparatos en dotación             | 24 days? | 14/09/20 8:00  | 16/10/20 15:00 |              |
| 18 |  | 4. Presentación índice TFG a tutores          | 0 days?  | 11/09/20 15:00 | 11/09/20 15:00 | 7            |
| 19 |  | 5. Análisis/organización información          | 10 days? | 14/09/20 8:00  | 25/09/20 15:00 | 7;18         |
| 20 |  | 5.1. Obtención conclusiones diferenciales     | 10 days? | 14/09/20 8:00  | 25/09/20 15:00 |              |
| 21 |  | 6. SIMACA                                     | 5 days?  | 28/09/20 8:00  | 2/10/20 15:00  | 19           |
| 22 |  | 6.1. Conocer funciones FSE                    | 2 days?  | 28/09/20 8:00  | 29/09/20 15:00 |              |
| 23 |  | 6.2. Planeamiento de los fuegos AGT           | 3 days?  | 28/09/20 8:00  | 30/09/20 15:00 |              |
| 24 |  | 6.3. Conocer labor OAV                        | 5 days?  | 28/09/20 8:00  | 2/10/20 15:00  |              |
| 25 |  | 7. Argumentar conclusiones y redacción        | 11 days? | 28/09/20 8:00  | 13/10/20 15:00 | 19           |
| 26 |  | 7.1. Redacción primer borrador TFG            | 11 days? | 28/09/20 8:00  | 13/10/20 15:00 |              |
| 27 |  | 8. Exposición a JERAMIX                       | 0 days?  | 13/10/20 15:00 | 13/10/20 15:00 | 25           |
| 28 |  | 9. Presentación primer borrador a tutores     | 0 days?  | 13/10/20 15:00 | 13/10/20 15:00 | 25,27        |

Figura 8. Lista de actividades, tareas, subtareas e hitos de las semanas en prácticas en el RAMIX30.

En la figura 8, aparece reflejado lo que es el diagrama de Gantt desde el comienzo del periodo de prácticas el 3 de septiembre hasta el 13 de octubre. Aunque las PEXT acaban realmente el 16 de octubre, en un primer momento se planificó terminar tres días antes debido a que en el día a día de una unidad pueden surgir tareas imprevistas que dificulten el cumplimiento de la planificación. De esta manera, se obtiene un pequeño margen por si existiera alguna incidencia.

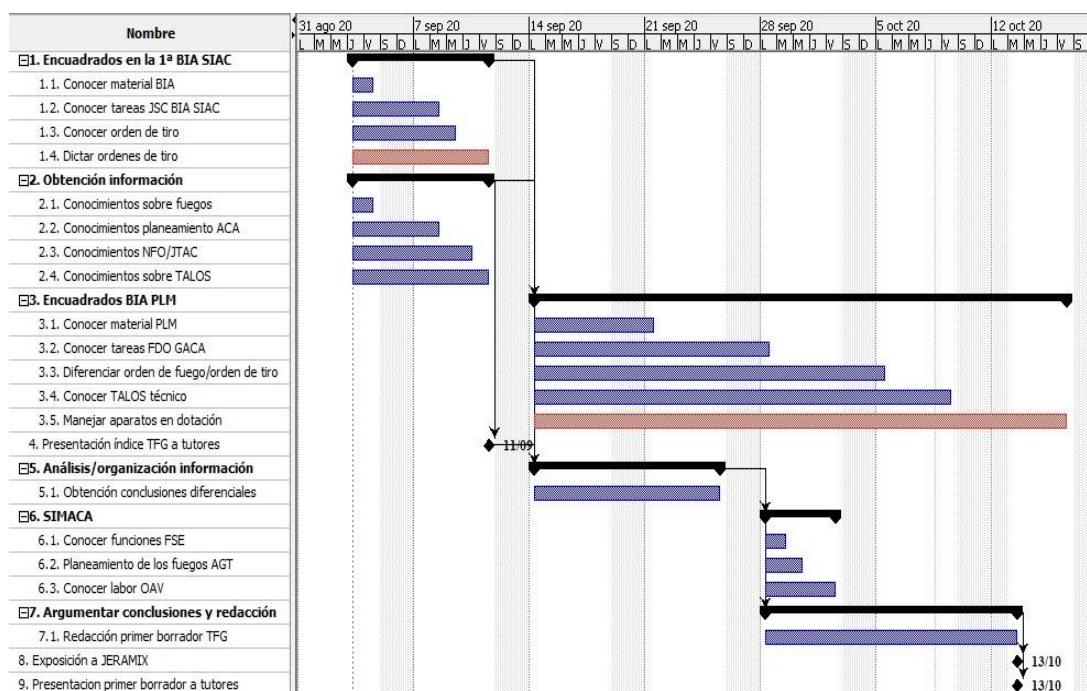


Figura 9. Captura de pantalla del Diagrama de GANTT desarrollado en el programa “Project Libre”.

## Anexo B. Herramienta de Ayuda a la Decisión. Software AHP.

En la primera etapa del proceso se introducen todos los criterios y subcriterios del proceso, así como las alternativas. En la figura 9, directamente podemos observar la etapa 2 en la que se comienzan a evaluar los criterios introducidos anteriormente.

Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)

Evaluación de CRITERIOS

| CRITERIOS     | FONIA | TABLET-TABLET |
|---------------|-------|---------------|
| FONIA         | 1     | 1/5           |
| TABLET-TABLET | 5     | 1             |

Escala de SAATY

| Valor | Definición                       |
|-------|----------------------------------|
| 1     | a - Igual Importancia            |
| 3     | b - Importancia Moderada v 1/3   |
| 5     | c - Importancia Grande v 1/5     |
| 7     | d - Importancia Muy Grande v 1/7 |
| 9     | e - Importancia Extrema v 1/9    |

R.I. : 0.0000

Calcular < Volver Datos AHP

Figura 10. Etapa 2. Introducción de los valores en celdas.

En la matriz de la parte izquierda “Evaluación de criterios”, procedemos a introducir los valores que damos a cada criterio con respecto a otro. Esta valoración se efectúa comparando un criterio con otro.

A continuación, como se ha explicado en la etapa 2, siguiendo el mismo procedimiento procedemos a introducir la valoración de los subcriterios (véase la figura 10).

Método AHP - Evaluación de SubCriterios (Etapa 2.bis)

| FONIA            | ERROR | BARRERAS | + RIESGO | PESOS(W) |
|------------------|-------|----------|----------|----------|
| ERROR TRANS...   | 1     | 1        | 1/9      | 0.10     |
| BARRERAS IDIO... | 1     | 1        | 1/7      | 0.11     |
| + RIESGO FRAT... | 9     | 7        | 1        | 0.80     |

R.I. : 0.0061

| TABLET-TABLET    | + SEGURIDAD | PERSONAL | EQUIPO | PESOS(W) |
|------------------|-------------|----------|--------|----------|
| + SEGURIDAD      | 1           | 3        | 5      | 0.61     |
| PERSONAL EXP...  | 1/3         | 1        | 5      | 0.30     |
| EQUIPO ESPECI... | 1/5         | 1/5      | 1      | 0.09     |

R.I. : 0.1188

Calcular < Volver

Figura 11. Etapa 2bis. Introducción de los valores de los subcriterios.

En la etapa 3, se construyen tantas matrices como subcriterios hayan sido introducidos, y otras tantas matrices como criterios haya sin ningún subcriterio. La finalidad es comparar en cada matriz las alternativas entre sí respecto a un subcriterio y/o criterio, como podemos ver en la figura 11.

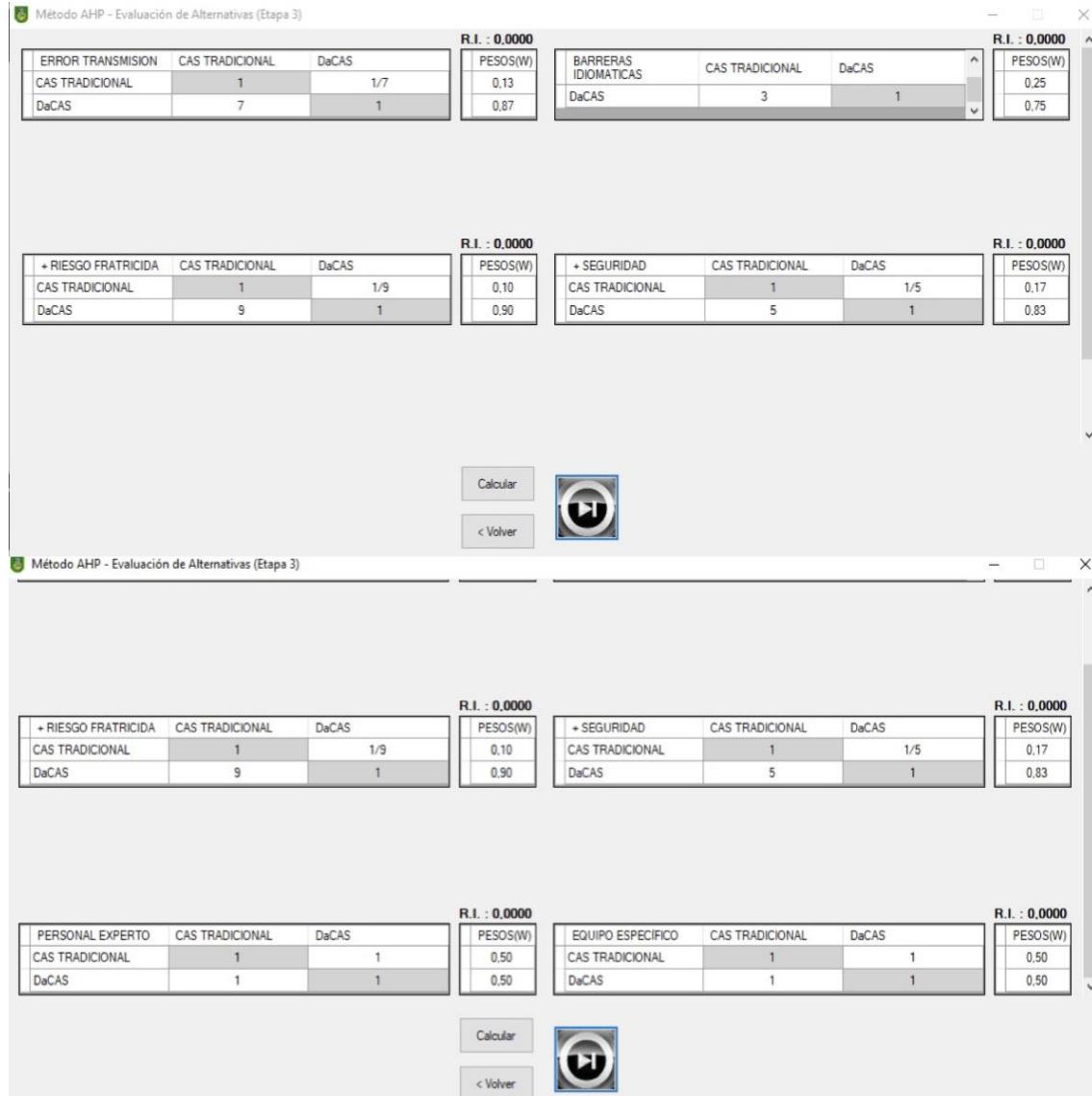


Figura 12. Evaluación de alternativas.

Finalmente, para conocer que alternativa es la más importante de acuerdo a los criterios/subcriterios establecidos, se trasladan a la matriz de decisión todos los pesos calculados en los pasos anteriormente, como podemos ver en la figura 12.

| CRITERIOS / SUBCRITERIOS | PESOS       | CAS TRADICIONAL | DaCAS       |
|--------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| <b>FONIA</b>             | <b>0.17</b> | <b>0.12</b>     | <b>0.88</b> |
| + ERROR TRANSMISION      | 0,10        | 0,13            | 0,87        |
| + BARRERAS IDIOMATICAS   | 0,11        | 0,25            | 0,75        |
| + + RIESGO FRATRICIDA    | 0,80        | 0,10            | 0,90        |
| <b>TABLET-TABLET</b>     | <b>0.83</b> | <b>0.30</b>     | <b>0.70</b> |
| + + SEGURIDAD            | 0,61        | 0,17            | 0,83        |
| + PERSONAL EXPERTO       | 0,30        | 0,50            | 0,50        |
| + EQUIPO ESPECÍFICO      | 0,09        | 0,50            | 0,50        |
|                          |             | <b>0.27</b>     | <b>0.73</b> |

Figura 13. Matriz de decisión