



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA LA  
INTEGRACIÓN DEL COAAAS-L DE LA BATERÍA  
MISTRAL DE LA BRIGADA CON EL COAAAS-M

CAC Francisco Manuel Morales Gallego

Director académico: Dra. Dña. Etelvina Javierre Pérez

Director militar: Cap. D. Adrián Castrillo Espinosa

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar mis agradecimientos haciendo una mención especial al Capitán Rubén Jáuregui Alonso, destinado en la Academia General Militar, por su gran ayuda en el presente Trabajo Fin de Grado y entusiasmo impartiendo clases de Sistemas de Armas de Artillería Antiaérea a los Alféreces Alumnos de 4º curso de Artillería.

Me gustaría expresar mis agradecimientos a mi tutora académica, la profesora Dña. Etelvina Javierre Pérez y a mi tutor militar, el Capitán Adrián Castrillo Espinosa.

Debo agradecer también el inmejorable trato recibido, a todos los componentes de la Batería Mistral de la Brigada XI 'Extremadura'.

Por último, quiero dar gracias a los Oficiales destinados en la Compañía de Transmisiones de la Brigada XI, y en especial, al Teniente Javier Peña Sánchez, por el tiempo dedicado en beneficio de ésta memoria.





## RESUMEN

Este trabajo estudia una parte del enlace entre distintos órganos desde los cuales se ejerce el mando y control de una unidad de Artillería Antiaérea, la Batería Mistral.

La Batería Mistral se concibe como una unidad orgánica preparada para repeler amenazas aéreas (aeronaves) que vuelan a muy baja cota. Para poder realizar sus funciones, se articula de tal manera que el mando y control de la batalla antiaérea lo ejerce el sistema COAAAS-L, que cuenta con todos los medios necesarios para ello.

No obstante, el sistema COAAASL queda limitado si se requiere integrar los sistemas de armas de la Batería Mistral en el Sistema de Defensa Aéreo. Para ello, el órgano que hace de eslabón entre el Sistema de Defensa Aéreo y el COAAAS-L es el COAAAS-M. Este sistema hace de escalón superior y se enlaza con su escalón inferior, el sistema COAAAS-L.

La integración entre ambos COAAAS se materializa actualmente mediante el enlace vía radio PR4G v3. Este enlace se traduce en una malla de fonía entre ambos escalones y una malla de datos, con la cual intercambian información táctica, posición de trazas aéreas, alertas, estado del sistema de armas, etc. La radio PR4G v3 funciona bien en este enlace pero queda muy limitada la distancia a la que es capaz de enlazar una radio con otra, limitando así la maniobra de la Batería Mistral y el enlace entre ambos escalones.

En la idea que expone el JEMAD del entorno operativo 2035, se han determinado algunas características de empleo de las fuerzas armas y se ha determinado que habrá un enemigo tecnológicamente más desarrollado y que se tendrá que trabajar en ambientes electrónicamente degradados. Esta idea, junto a la idea de obtener un mayor alcance hace que se deba buscar una alternativa robusta a la radio PR4G v3 que permita enlazar ambos COAAAS con seguridad y a mayor distancia.

En esta memoria se propondrán métodos de enlace alternativos a la radio PR4G v3 tales como la radio HARRIS, que representa el enlace HF ,terminales satélites TLX-50 y TLB-50 que utilizan los satélites disponibles para el uso de las fuerzas armadas, y un teléfono IP, que representa un medio de tecnología civil. Se estudiarán los requisitos necesarios de la integración COAAAS-L/COAAAS-M, si cada alternativa los satisface y como implementar cada alternativa mediante un estudio del software y hardware de cada una. Seguidos a este estudio, se utilizarán herramientas como los análisis DAFO y el método de decisión multicriterio AHP para elegir la mejor alternativa.

ha determinado que la mejor alternativa al uso de la radio PR4G v3 en ambos COAAAS es el terminal satélite TLX-50, en dotación en el Ejército de Tierra. Es un medio de transmisiones ligero, fácil de transportar y operar que se conecta con un satélite espacial y que brinda la capacidad de enviar datos y fonía a la vez que un alcance prácticamente ilimitado.



## **PALABRAS CLAVE**

Artillería Antiaérea

COAAAS-L

COAAAS-M

Enlace

Datos

Terminal Satélite



## ABSTRACT

This work studies a part of the link between different organs from which the command and control of an Anti-Aircraft Artillery unit, the Mistral Battery, is exercised.

The Mistral Battery is conceived as an organic unit prepared to repel aerial threats (aircraft) that fly at a very low altitude. In order to perform its functions, it is articulated in such a way that the command and control of the anti-aircraft battle is exercised by the COAAAS-L system, which has all the necessary means for it.

However, the COAAAS-L system is limited when it is necessary to integrate the weapon systems of the Mistral Battery into the Air Defence System. For this, the body that acts as a link between the Air Defence System and the COAAAS-L is the COAAAS-M. This system acts as an upper step and links with its lower step, the COAAAS-L system.

The integration between both COAAAS is currently materialized through the PR4G v3 radio link. This link translates into a voice mesh between both steps and a data mesh, with which they exchange tactical information, position of aerial traces, alerts, status of the weapon system, etc. The PR4G v3 radio works well on this link but the distance at which it is able to link one radio with another is very limited, thus limiting the maneuver of the Mistral Battery and the link between both steps.

In the idea presented by the JEMAD of the 2035 operating environment, some characteristics of the use of the armed forces have been determined and it has been determined that there will be a technologically superior enemy and that it will have to work in electronically degraded environments. This idea, together with the idea of obtaining a greater range, means that a robust alternative to the PR4G v3 radio must be sought that allows both COAAAS to be linked safely and at a greater distance.

This report will propose alternative linking methods to PR4G v3 radio such as Harris radio, which represents the HF link, TLX-50 and TLB-50 satellite terminals that use satellites available for military use, and an IP telephone, which represents a means of civilian technology. The necessary requirements of the COAAAS-L/COAAAS-M integration will be studied, if each alternative satisfies them and how to implement each alternative through a study of the software and hardware of each one. Following this study, tools such as SWOT analysis and the AHP multi-criteria decision method will be used to choose the best alternative.

It has been determined that the best alternative to the use of PR4G v3 radio in both COAAAS is the TLX-50 satellite terminal, already in the Army. It is a lightweight, easy-to-carry and easy-to-operate transmission medium that connects to a space satellite and provides the ability to send data and voice while virtually unlimited range.



## KEYWORDS

Anti-aircraft artillery

COAAAS-L

COAAAS-M

Link

Data

Satellite Terminal



# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>III</b>
<b>PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>KEYWORDS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Empleo de la Artillería Antiaérea .....	1
1.2 La Batería Mistral .....	2
1.3 Sistema COAAAS-L.....	3
1.4 Sistema COAAAS-M .....	4
1.5 Despliegue de la Batería Mistral .....	5
1.6 Métodos alternativos de integración COAAAS-L/COAAAS-M.....	5
<b>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Objetivos y alcance .....	6
2.2 Metodología .....	7
<b>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
3.1 Antecedentes .....	8
3.2 Estado del arte.....	9
<b>4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>10</b>
4.1 Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía radio HARRIS RF-5800-H.....	11



4.1.1	Propagación HF y técnica NVIS .....	11
4.1.2	Compatibilidad con los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M .....	12
4.1.3	Procedimiento de integración mediante radio HARRIS .....	14
4.1.4	Análisis DAFO para la integración mediante radio HARRIS.....	14
<b>4.2</b>	<b>Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía terminales satélite .....</b>	<b>15</b>
4.2.1	Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite .....	16
4.2.2	Funcionamiento de un Terminal Satélite del ET .....	17
4.2.3	Terminal Satélite TLX-50 .....	19
4.2.4	Integración mediante Terminal Satélite TLX-50.....	21
4.2.5	Terminal Satélite TLB-50 .....	25
4.2.6	Integración mediante Terminal Satélite TLB-50.....	26
4.2.7	Análisis DAFO para la integración mediante terminales satélite .....	26
<b>4.3</b>	<b>Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía teléfono IP .....</b>	<b>29</b>
4.3.1	Red BGAN y terminal vehicular EXPLORER 727 .....	29
4.3.2	Compatibilidad con los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M .....	30
4.3.3	Procedimiento de integración mediante terminal EXPLORER 727 .....	30
4.3.4	Análisis DAFO para la integración mediante radio teléfono IP .....	31
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA AHP .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....</b>	<b>37</b>
6.1	Conclusiones.....	37
6.2	Líneas futuras .....	38
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
	Anexo 1. Despliegues de la Batería Mistral .....	42
	Anexo 2. Listado nominal del personal entrevistado .....	45
	Anexo 3. Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía cable Link 11B .....	46
	Anexo 4. Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía telefónica .....	47



<b>Anexo 5. Características de la Antena VHF 3088VM.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo 6. Configuración vehicular de la Radio HARRIS .....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo 7. Esquema de la Antena Chelton sobre vehículo VAMTAC.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 8. Cobertura de SECOMSAT .....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo 9. Guía de montaje y operación del Terminal TLX-50 .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 10. Requisitos y elaboración de Solicitud de Acceso al Satélite (SAS) .....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo 11. Interconexión de Subsistemas del Terminal Satélite TLB-50.....</b>	<b>57</b>
<b>Anexo 12. Esquema del Terminal Satélite TLB-50 desplegado.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo 13. Contenido de los cofres E, F y U del Terminal Satélite TLB-50.....</b>	<b>59</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de una Batería Mistral. Fuente: Elaboración propia. ....	2
Figura 2. Puesto de Tiro Mistral sobre vehículo VAMTAC enmascarado con red mimética. Fuente: Elaboración propia. ....	2
Figura 3. Esquema de los subsistemas del COAAAS-L. Fuente: Elaboración propia.....	3
Figura 4. Izquierda: Cabina del COAAAS-L sobre vehículo VAMTAC. Derecha: Fotografía de la UCE, ubicada en el interior de la cabina del COAAAS-L. Fuente: Elaboración propia. ....	4
Figura 5. Izquierda: FDC en el interior de la cabina del COAAAS-M. Derecha: Cabina de COAAAS-M sobre camión. Fuente: Elaboración propia. ....	4
Figura 6. Distribución de las mallas radio (datos/fonía) en la Batería Mistral. Fuente: Elaboración propia. ....	9
Figura 7. Radio HF HARRIS. Fuente: Elaboración propia. ....	11
Figura 8. Propagación HF y HF con técnica NVIS aplicada. Fuente: Elaboración propia. ....	11
Figura 9. Izquierda: Tomas de antena en la cabina del COAAAS-M. Derecha: Distribución de las antenas en la cabina del COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia. ....	13
Figura 10. Izquierda: Vehículo VAMTAC con antena Chelton. Centro y derecha: Detalle de la toma de antena Chelton. Fuente: Elaboración propia. ....	13
Figura 11. Esquema de comunicaciones satélite. Fuente: [9] .....	16
Figura 12. Esquema de los dispositivos internos de un terminal satélite. Fuente: Elaboración propia.....	17
Figura 13. TLX-50 desplegado. Fuente: [15]. ....	19
Figura 14. Esquema de los subsistemas de un Terminal TLX-50. Fuente: [15].....	20
Figura 15. Izquierda: Vista del software CAC. Derecha: Esquema de la composición del subsistema CAC. Fuente: [16] .....	20
Figura 16. Diagrama de bloques de la propuesta de integración de los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M mediante TLX-50. Fuente: Elaboración propia. ....	21
Figura 17. Soporte de comunicaciones para la integración mediante TLX-50. Fuente: Elaboración propia. ....	22
Figura 18. Conexionado en COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia. ....	22
Figura 19. Izquierda: Conectores del cable DB25/SUBD10. Derecha: Pineado de un conector DB25. Fuente: Elaboración propia. ....	23



Figura 20. Panel de conexiones interno del COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia. ....	24
Figura 21. Esquema del conexionado en COAAAS-L. Fuente: Elaboración propia.....	24
Figura 22. Terminal Satélite TLB-50 desplegado. Fuente: [19] .....	25
Figura 23. Antena, transceptor y teléfono IP del terminal EXPLORER 727. Fuente: [20].....	30
Figura 24. Vista las conexiones del terminal BGAN EXPLORER 727. Fuente: [20] .....	31
Figura 25. Distribución del conexionado del terminal EXPLORER 727. Fuente: Elaboración propia.....	31
Figura 26. Etapa 1 de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Figura 27. Etapa 2 de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Figura 28. Etapa 3 de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia .....	36
Figura 29. Etapa 3 (criterios restantes) de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia ...	36
Figura 30. Matriz de decisión construida a partir del software “Ayuda a la Decisión AHP”. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 31. Despliegue rectangular de Batería Mistral. Fuente: [23]. ....	42
Figura 32. Despliegue perimétrico de Batería Mistral. Fuente: [23].....	43
Figura 33. Defensa ponderada de un punto vital. Fuente: [23].....	43
Figura 34. Defensa de un pasillo de penetración. Fuente: [23]. ....	44
Figura 35. Izquierda y Centro: Foto del extremo del cable Link 11B. Derecha: Cable Link 11B conectado a panel de conexiones externo de la cabina del COAAAS-L. Fuente: Elaboración propia.....	46
Figura 36. Toma telefónica de la Brigada XI, utilizada para la integración COAAAS-L/COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia. ....	47
Figura 37. Datos de la Antena VHF3088VM. Fuente: www.comrod.com.....	48
Figura 38. Conexiones entre radio RF-5800H y amplificador RF-5833H. Fuente: [7].....	49
Figura 39. Foto de radio RF-5800H conectada a amplificador vehicular RF-5833H. Fuente: [7]. ....	49
Figura 40. Esquema de la Antena Chelton. Fuente: Chelton Antennas. ....	50
Figura 41. Cobertura de las plataformas SPAINSAT y XTAR-EUR. Fuente: [12]. ....	51
Figura 42. Interconexión de Subsistemas del Terminal Satélite TLB-50 en configuración de Banda X. Fuente: [19]. ....	57



Figura 43. Interconexión de Subsistemas del Terminal Satélite TLB-50 en configuración de Banda Ku. Fuente: [19]. ..... 57

Figura 44. Esquema y características del Terminal Satélite TLB-50. Fuente: [9]..... 58

Figura 45. Vista frontal del cofre E junto a un dibujo de su contenido. Fuente: Elaboración propia..... 59

Figura 46. Cofre F de TLB-50. Fuente: Elaboración propia..... 60

Figura 47. Derecha: Vista frontal del cofre U. Izquierda: Vista trasera del cofre U. Fuente: Elaboración propia. .... 60



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis DAFO para la integración COAAAS-L/COAAAS-M mediante Radio HARRIS. Fuente: Elaboración propia. ....	14
Tabla 2. Servicios de las bandas de frecuencias de las comunicaciones satélite. Fuente: [13]	17
Tabla 3. Correspondencia entre las señales y pines de ambos conectores del cable DB25/SUBD10. Fuente: Elaboración propia. ....	23
Tabla 4. Comparación de parámetros entre TLX-50 y TLB-50. Fuente: Elaboración propia. ....	25
Tabla 5. Análisis DAFO para la integración mediante terminales satélite. Fuente: Elaboración propia.....	27
Tabla 6. Análisis DAFO para teléfono IP. Fuente: Elaboración propia. ....	32
Tabla 7. Correspondencia entre la puntuación asignada y el peso calculado por el programa AHP para todos los criterios del programa AHP. Fuente: Elaboración propia. ....	35



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

SIGLAS	DESCRIPCIÓN
AAA	Artillería Antiaérea
AHP	<i>AnalyticHierarchyProcess</i> . Proceso de Análisis Jerárquico
CIS	<i>Communication and InformationSystems</i> . Sistemas de Información y Comunicación.
COAAAS	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático
COAAAS-L	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Ligero
COAAAS-M	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Medio
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
EAN	Estación de Anclaje
ET	Ejército de Tierra
FDC	<i>Fire Director Centre</i> . Centro de Distribución de Fuegos
OCU	Ordenador Central de la UCF
PT	Puesto de Tiro
SAM	<i>Surface-to-Air Missile</i> . Misil tierra-aire
SAS	Solicitud de Acceso al Satélite
SDA	Sistema de Defensa Aérea
SHORAD	<i>Short Range Air Defence</i> . Sistemas de baja altura
STM	Sistema de Telecomunicaciones Militares
TI	Terminal Inteligente
TIPOT	Terminal Inteligente de Puesto de Observación y Tiro
TTP's	Tácticas, Técnicas y Procedimientos
UCE	Unidad de Control de Empeños
UCF	Unidad de Control de Fuegos
UDAA	Unidad de Defensa Antiaérea
UTMAAA	Unidad de Transmisiones del Mando de Artillería Antiaérea
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
VSHORAD	<i>Very Short Range Air Defence</i> . Sistemas de muy baja altura





# 1 INTRODUCCIÓN

El cometido fundamental de la Artillería Antiaérea (AAA) es contribuir a la función táctica “Fuegos”. Para ello, las unidades de AAA se adiestran en repeler las distintas amenazas aéreas que puedan interferir en la maniobra terrestre aliada.

La Brigada ‘Extremadura’ XI es una Unidad de combate formada por unidades de maniobra y unidades de apoyo. El Grupo de Artillería de Campaña (GACA) XI pertenece a las unidades de apoyo y proporciona los fuegos a la maniobra de la Brigada. Dentro de la estructura orgánica del GACA XI se encuentra la Batería Mistral, unidad orgánica de AAA que proporciona defensa antiaérea en la zona de acción de la Brigada.

Para introducir la memoria se darán unas nociones de los conceptos más importantes como son el empleo de la Artillería Antiaérea, la Batería Mistral, el Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Ligero (COAAAS-L) y el Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Medio (COAAAS-M).

## 1.1 Empleo de la Artillería Antiaérea

Las Unidades orgánicas de Artillería Antiaérea se constituyen con un criterio de modularidad en los aspectos operativo y logístico. A partir de los módulos que las conforman se crearán las organizaciones operativas, denominadas Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA<sup>1</sup>).

Para hacer una clasificación de las unidades de AAA es preciso atender a las características técnicas de sus sistemas de armas, más concretamente a su alcance y altura eficaces. Así, estos se clasifican en dos tipos:

- Sistemas misil tierra-aire (*Surface-to-Air Missile*, SAM) de misiles para medias y grandes alturas.
- Sistemas de baja altura (*Short Range Air Defence*, SHORAD) y de muy baja altura (*Very Short Range Air Defence*, VSHORAD). [1]

Los misiles Mistral de la Batería Mistral están clasificados como sistemas de armas SHORAD.

La Defensa Aérea (AD) es una actividad conjunta responsabilidad del Ejército del Aire en la que el Ejército de Tierra y la Armada deben contribuir con sus capacidades. Se lleva a cabo a través del Sistema de Defensa Aérea (SDA), sistema en el cual se integran todos los órganos de mando y control, vigilancia aérea y sistemas de armas.

Las capacidades del Ejército de Tierra para contribuir a la Defensa Aérea son sus sistemas de armas de Artillería Antiaérea. Estos sistemas de armas se integran en el SDA a través del COAAAS-M. [2]

---

<sup>1</sup>La composición de una UDAA dependerá del cometido antiaéreo asignado a una unidad orgánica de AAA. La UDAA se genera sobre la base de una unidad orgánica de AAA a la que se añaden medios para aumentar sus capacidades. Es la unidad fundamental de empleo de la AAA.



## 1.2 La Batería Mistral

La Batería Mistral es una unidad de AAA que utiliza sistemas de armas VSHORAD. Pertenece a la estructura orgánica de un Grupo de Artillería de Campaña (GACA), que, a su vez, pertenece a una Brigada. Su cometido fundamental es utilizar todos sus medios para constituirse como una UDAA capaz de proteger el avance de las Unidades de su Brigada frente a la amenaza aérea.

La Batería Mistral se compone de Mando, Sección de Plana Mayor y Servicios, y Sección de lanzadores (ver Figura 1).

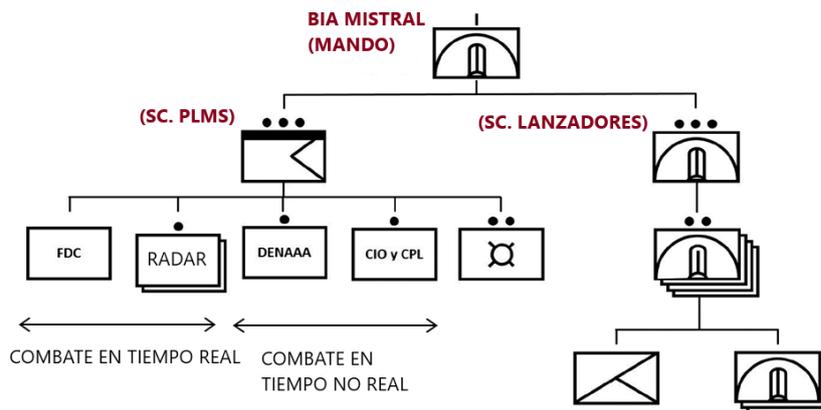


Figura 1. Composición de una Batería Mistral. Fuente: Elaboración propia.

En la Sección de Plana Mayor y Servicios se encuentran los Suboficiales operadores del radar RAVEN y del sistema COAAAS-L. Este último debe enlazar con el radar RAVEN, los Puestos de Tiro (PT) y, si lo hubiese, con el escalón superior (COAAAS-M).

La Sección de lanzadores se compone de cuatro pelotones Mistral. Cada pelotón tiene un vehículo del Jefe de Pelotón y tres Puestos de Tiro Mistral. Cada Puesto de Tiro Mistral se monta sobre un vehículo todo terreno (ver Figura 2) tipo VAMTAC (Vehículo de Alta Movilidad Táctica).



Figura 2. Puesto de Tiro Mistral sobre vehículo VAMTAC enmascarado con red mimética. Fuente: Elaboración propia.



### 1.3 Sistema COAAAS-L

El sistema COAAAS-L es un conjunto de elementos que conforma el sistema de vigilancia y mando y control para Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA) organizadas en base a una Batería Mistral. También contempla el control de otras unidades de tipo SHORAD y VSHORAD.

Está formado por tres subsistemas (ver Figura 3): el subsistema radar, el subsistema FDC y el subsistema de Terminal Inteligente (TI).

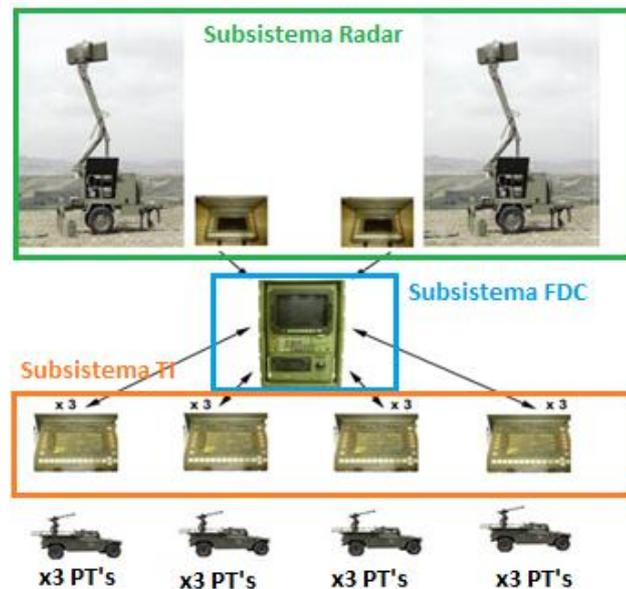


Figura 3. Esquema de los subsistemas del COAAAS-L. Fuente: Elaboración propia.

El subsistema radar está formado por dos radares RAVEN. Este radar permite la detección y localización de aeronaves de ala fija y ala rotatoria que vuelen a muy baja altura. Tiene un radio aproximado de 20 km de alcance. Cada COAAAS-L puede integrar hasta dos radares RAVEN pero puede ejercer sus funciones con uno solo.

El subsistema FDC (*Fire Director Center*, Centro de Distribución de Fuegos) es el órgano del puesto de mando. En él se encuentra la Unidad de Control de Empeños (UCE).

El FDC es el lugar físico (dentro de la cabina del COAAAS-L) desde el que se dirige la batalla aérea en tiempo real (ver Figura 4). Esto se realiza a través de la UCE, es una consola (ordenador) cuya pantalla muestra toda la información del espacio aéreo en tiempo real (como las trazas aéreas que recoge el radar RAVEN). El operador de la UCE puede enviar esta información a sus unidades subordinadas (los puestos de tiro Mistral) mediante los Terminales Inteligentes (TI's).

El subsistema Terminal Inteligente es la parte del COAAAS-L que permite al operador de la UCE enviar información al Puesto de Tiro Mistral. Los datos que se envían a los Terminales Inteligentes serán posiciones de trazas aéreas, órdenes de control de fuegos y empeños, información necesaria para que un Puesto de Tiro Mistral pueda ejecutar correctamente una acción de fuego sobre un objetivo. El sistema COAAAS-L puede integrar hasta 18 TI's pero el número óptimo son 12. [3]

El enlace del sistema COAAAS-L con su escalón superior (sistema COAAAS-M) permite la integración de la UDAA Mistral en el Sistema de Defensa Aérea (SDA) y en el mando de las fuerzas terrestres.



Figura 4. Izquierda: Cabina del COAAS-L sobre vehículo VAMTAC. Derecha: Fotografía de la UCE, ubicada en el interior de la cabina del COAAS-L. Fuente: Elaboración propia.

## 1.4 Sistema COAAS-M

El sistema COAAS-M actúa como sistema de mando y control para una UDAA de mayor entidad que una UDAA Mistral. El COAAS-M permite la integración de dicha UDAA en el SDA.

El COAAS-M actúa de manera análoga a un COAAS-L, tiene mayores capacidades de vigilancia y control debido a sus mayores dimensiones físicas, mayor cantidad de medios de transmisiones asignados, y su mayor alcance radar, entre otras. Por tanto, el COAAS-M es considerado el escalón superior del COAAS-L, al que mandará toda la información que el COAAS-L no sea capaz de obtener.

De manera análoga que el COAAS-L, el COAAS-M se compone de:

- El FDC del COAAS-M, en el cual se encuentra la consola UCF (Unidad de Control de Fuegos) desde la cual se conduce la batalla antiaérea en tiempo real.
- Un radar de exploración tridimensional RAC-3D.
- Terminales inteligentes de puesto de observación y tiro (TIPOT).

La UCF permite integrar, entre otras, unidades de Tiro SHORAD, a través del FDC (UCE) del COAAS-L.



Figura 5. Izquierda: FDC en el interior de la cabina del COAAS-M. Derecha: Cabina de COAAS-M sobre camión. Fuente: Elaboración propia.

La cabina del COAAS-M se monta y transporta sobre un camión IVECO modelo M250,



en dotación en el ET (ver Figura 5).

## 1.5 Despliegue de la Batería Mistral

Los despliegues de la Batería Mistral deben proteger a las Unidades de combate de la Brigada XI, por tanto, los pelotones Mistral (Puestos de Tiro) quedan separados entre sí por varios kilómetros. A su vez, el COAAAS-L debe ser capaz de mantener el enlace con todos sus pelotones Mistral, y con el COAAAS-M si nuestra UDAA Mistral fuese a ser integrada en el SDA o si así lo requiere la misión encomendada.

Para tener una idea de cómo se articula una Batería Mistral desplegada, los tipos de despliegues más habituales de la Batería Mistral se recogen en el Anexo 1.

Para mantener este enlace, y el mando y control de los distintos escalones, se emplea el enlace vía radio PR4G v3. Proporciona el enlace de voz y el envío de datos necesario entre los distintos escalones, así se puede ejercer el mando y control de la Batería Mistral, en este caso. La radio PR4G v3 se emplea en la gran mayoría de Unidades del ET debido a su flexibilidad y polivalencia. Proporciona voz y datos, ambos enlaces cifrados, tiene un alcance adecuado para la mayoría de sus usos y se puede emplear en configuración portátil (operado por un solo usuario) o en configuración vehicular.

El problema principal para su empleo en la Batería Mistral es que su alcance es muy limitado para las grandes distancias que separan al COAAAS-L del COAAAS-M, condicionando así el despliegue entero de la UDAA y como consecuencia, entorpeciendo el avance de la Brigada.

En el Apartado 3.2 se explica detalladamente cómo se organizan y materializan todos los enlaces (mallas) necesarios para la integración y funcionamiento entre COAAAS-L y COAAAS-M.

## 1.6 Métodos alternativos de integración COAAAS-L/COAAAS-M

Actualmente existen otras alternativas al uso de la radio PR4G v3 para realizar dicha integración entre ambos COAAAS. En esta memoria, se estudiarán dos alternativas que utilizan medios en dotación en el ET y también una última alternativa que emplea medios civiles.

La primera opción consiste en sustituir la radio PR4G v3 por la antigua radio HF HARRIS. La segunda opción pasa por utilizar Terminales Satélite modelo TLX-50 y TLB-50. La tercera y última opción supone comprar un teléfono IP que utiliza una tarjeta SIM.

A su vez, es necesario mencionar que Telefónica anunció [4] que dotaría al ET de la radio E-Lynx, fabricada por la empresa israelí ElbitSystems. Algunas unidades ya han realizado ejercicios con dicha radio y se estima que tiene un alcance de unos 42 km (mucho mayor que el de la radio PR4G v3). Esta radio podría sustituir directamente a la radio PR4G y cualquier otro medio de transmisiones dentro del COAAAS-L y COAAAS-M. No obstante, el periodo entre la adquisición y la implantación de nuevos medios en el ET se realiza de manera lenta y progresiva, amén de disponer de suficientes radios E-Lynx para dotar a todas las unidades de Artillería Antiaérea, ya que podrían asignar las radios a otras Unidades en primer lugar.



El propósito de este TFG es analizar y estudiar la viabilidad de los métodos de enlace alternativos al actual enlace vía radio PR4G v3, en vísperas de la adquisición de la radio E-Lynx, para proporcionar un mayor alcance en el despliegue entre el COAAAS-L de la Batería Mistral de la Brigada XI y el COAAAS-M.

En el entorno operativo 2035 se prevé la vuelta a un posible conflicto convencional contra un enemigo tecnológicamente avanzado en cuanto al dominio del ciberespacio. Este enemigo contará también con superioridad aérea, esto significa que las aeronaves de ala fija (cazas, bombarderos, etc) enemigas podrán realizar acciones de guerra electrónica contra la DAA aliada a una distancia mayor a la que los sistemas de armas propios son capaces de batir estas amenazas. Es por este motivo que se debe extender el alcance de los fuegos antiaéreos propios. [5]

La Batería Mistral, que es el principal sistema de armas de tipo SHORAD en el ET, necesita ser modernizado. Emplear un método alternativo al enlace PR4G v3 entre su FDC (UCE) y su escalón superior (COAAAS-M) brindaría una mayor profundidad en su despliegue.

En esta memoria se estudiarán una a una las opciones que sean posibles implementar en la Batería Mistral de la Brigada XI.

## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 Objetivos y alcance

El objetivo general de esta memoria es analizar distintas alternativas al enlace por radio PR4G para conseguir un mayor alcance en el despliegue del sistema COAAAS-L perteneciente a la Batería Mistral de la Brigada XI y su escalón superior, el COAAAS-M.

Para ello se establecen unos objetivos específicos:

- Estudio de los requisitos de la integración COAAAS-L/COAAAS-M respecto al empleo de la Batería Mistral.
- Estudio de la situación actual del enlace vía radio PR4G v3.
- Estudio de métodos de integración basados en medios radio, satélite y teléfono IP (*Internet Protocol*)
- Análisis individualizado de cada alternativa, sus capacidades y su implementación en el COAAAS-L y COAAAS-M.
- Comparación conjunta de todas las alternativas viables mediante un método de decisión cualitativo.

El alcance de este trabajo se basa, principalmente, en la descripción del procedimiento de integración entre el COAAAS-L y el COAAAS-M con los métodos actualmente en dotación. Para conseguirlo, se deberán identificar:

- Los medios de transmisiones, en dotación en el ET y medios civiles, capaces de sustituir a la radio PR4G v3.
- Los requisitos de software y hardware de cada alternativa y su implementación dentro



de los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M.

- La seguridad en las transmisiones (enlaces de voz y de datos) de cada alternativa propuesta.
- Las técnicas de propagación de señales (para los medios radio) que aseguren la comunicación en distintos escenarios y despliegues.

Se debe tener en cuenta que, la alternativa elegida debe poder implementarse en la Batería Mistral de la Brigada XI, por supuesto. No obstante, el resto de Brigadas del ET también tienen una Batería Mistral cada una en su estructura orgánica y todas funcionan de la misma manera (integración COAAAS-L/COAAAS-M). Por tanto, el procedimiento alternativo propuesto al final de este trabajo debe servir al resto de Baterías Mistral del ET.

## 2.2 Metodología

Se han empleado herramientas cualitativas tales como entrevistas, grupos de discusión, observación de los materiales implicados, revisión documental e investigación.

Las entrevistas se han llevado a cabo con 6 oficiales (3 capitanes destinados en distintas Unidades del ET y 3 tenientes pertenecientes a la Brigada XI), 5 suboficiales (todos pertenecientes a la Brigada XI y, la mayoría, encuadrados en la Batería Mistral) y 1 persona de tropa (perteneciente a la Batería de Plana del GACA XI).

Las entrevistas con los capitanes se realizaron por video llamada, llamada por teléfono y correo electrónico. Se formó un grupo de discusión presencial con los tenientes encuadrados en la Compañía de Transmisiones de la Brigada XI. En un primer momento se obtuvo información acerca del funcionamiento de la radio PR4G y de las posibles alternativas a este medio. En segundo lugar, se discutió con cuales de los medios alternativos sería posible llevar a cabo el enlace entre un escalón y otro, así como las ventajas que ofrecía cada una.

Las entrevistas personales se han llevado a cabo presencialmente con los Suboficiales encuadrados en la Batería Mistral de la Brigada XI, cabe destacar que gran parte de ellos son los operadores del sistema COAAAS-L y operadores de los medios de transmisiones de la propia Batería. Los temas abordados fueron las características y capacidades del sistema COAAAS-L principalmente. Otros Suboficiales, destinados en el 2º Escalón de Mantenimiento<sup>2</sup> de la Brigada XI y que pertenecen al Cuerpo de Especialistas, fueron entrevistados personalmente para obtener información acerca de la implementación de la radio HARRIS en el COAAAS-L.

El listado nominal de las personas entrevistadas y con las que se discutieron las distintas alternativas y la información obtenida se recoge en el Anexo 2.

En cuanto a la revisión documental, se ha analizado información proveniente de publicaciones doctrinales del ET, manuales técnicos del ET, manuales técnicos de la empresa Indra y documentos científicos disponibles en Internet.

En el cuerpo del trabajo se analizan 4 alternativas a la radio PR4G: los terminales satélite TLX-50 y TLB-50, la radio HF HARRIS y el teléfono IP BGAN EXPLORER 727. La idoneidad de

---

<sup>2</sup> Los Escalones de Mantenimiento son Unidades destinadas a la reparación y conservación del armamento y material de una Brigada. Están formados por especialistas de cada área (electrónica, transmisiones, armamento ligero,...).



cada alternativa se aborda mediante un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), estudiado en varias asignaturas del grado. Esta herramienta se utiliza para evaluar y comparar la calidad de distintos productos, en este caso, medios de transmisiones.

Finalmente, tras utilizar los análisis DAFO de cada alternativa propuesta, y con objeto de proporcionar un mecanismo de decisión racionalizado y cuantificar la viabilidad de cada alternativa en la Batería Mistral, se ha aplicado el método matemático AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

## 3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

### 3.1 Antecedentes

El FDC del COAAAS-L debe enlazarse con el escalón superior (COAAAS-M) para su integración en el Sistema de Defensa Aérea (SDA). Ello implica establecer un enlace de fonía y un enlace de datos, ambos punto a punto.

El enlace de fonía permite la comunicación verbal (y, por ende, ejercer el mando por parte del escalón superior) entre un escalón y otro, es decir, el operador de la UCE (COAAAS-L) y el operador de la UCF (COAAAS-M) pueden hablar directamente entre sí.

El enlace de datos es necesario para que el escalón superior pueda enviar información en tiempo real (medidas de control táctico, identificación de trazas, estados de alerta gestión del espacio aéreo, etc) al escalón inferior, ya sea para llevar a cabo el combate antiaéreo o para realizar ejercicios de instrucción. Se trata de un envío de datos de una consola (ordenador) a otra.

El protocolo a seguir para este enlace se denomina protocolo COAAAS<sup>3</sup> y se materializa principalmente mediante la radio PR4G (mallas) y el cable de campaña Link 11B (punto a punto). También se puede utilizar la red telefónica como medio de enlace entre el COAAAS-L y el COAAAS-M, pero solo debe utilizarse para determinados ejercicios de instrucción y adiestramiento, nunca en una situación de combate real.

El cable de campaña Link 11B<sup>4</sup> es la opción que se utiliza para enlazar ambos escalones cuando se encuentran muy cerca físicamente. La integración COAAAS-L/COAAAS-M se materializa a través de dicho cable, que conecta directamente ambos COAAAS (mide unos 20 m de largo). Dicho cable se conecta desde el panel de conexiones externo de la cabina del COAAAS-L al módem V.23 del COAAAS-M.

En el panel exterior del COAAAS-L, el cable se conecta a una entrada “toma de cocodrilo” (esta denominación viene por la forma de este extremo del cable) y en el COAAAS-M, se conectan los 4 hilos (2 para transmisión y 2 para recepción) del otro extremo del cable al módem V.23. Cabe decir que no haría falta usar un cifrador (seguridad en las transmisiones), ya que la conexión es directa. Las fotos del citado cable y de la toma donde se conecta se

---

<sup>3</sup>El protocolo COAAAS es propiedad de la empresa española Indra, la cual fabricó los COAAAS del ET.

<sup>4</sup> Link 11B es un protocolo interoperable entre varios sistemas de armas y equipos de transmisiones. Se utiliza en las Fuerzas Armadas españolas y también es utilizado por otros países del entorno OTAN.



muestran en el Anexo 3.

En determinadas situaciones, como pueden ser ejercicios de instrucción y adiestramiento estáticos, para integrar el COAAAS-L de la Batería Mistral con el COAAAS-M se utiliza la red telefónica. Esto se debe a que la Brigada XI no dispone de un COAAASM en dotación, y se enlaza con el que hay en el Regimiento de Artillería Antiaérea nº 74 (Sevilla). Como es de esperar, se utiliza la red telefónica para salvar esta distancia entre una ciudad y otra.

La integración vía telefónica permite ejecutar ejercicios para instruir al personal de ambas Unidades (Brigada XI y Regimiento de Artillería Antiaérea nº 74) de una manera coordinada donde el escalón superior (COAAAS-M) es el que lleva la conducción de la batalla aérea.

El problema de este enlace es que tanto el COAAAS-L como el COAAAS-M deben estar literalmente al lado de una toma telefónica (cerca de un edificio), no pudiéndose emplear éste enlace si se despliegan ambos escalones en un campo de maniobras, o en un teatro de operaciones en el exterior, pues no hay ninguna certeza de contar con tomas telefónicas.

Otra cuestión a tener en cuenta es la seguridad en las transmisiones que ofrece la red telefónica civil. Se puede utilizar para realizar instrucción en el día a día (aún así, no es lo óptimo, ya que cualquier unidad debe adiestrarse de la misma manera en la que se va a combatir). No se debería utilizar para repeler una amenaza aérea real, ya que no habría seguridad en el enlace más allá de la que proporciona la red telefónica civil. En el Anexo 4 se muestra una foto de la toma telefónica de la Brigada XI.

### 3.2 Estado del arte

El método empleado actualmente para el enlace entre el COAAAS-L de la Batería Mistral de la Brigada XI y el COAAAS-M es el enlace vía radio PR4G v3.

Se debe establecer una malla de fonía (voz) y otra malla de datos entre ambos escalones. Cada malla está formada por dos radios, una en cada escalón, de manera que para materializar estas dos mallas se necesitan cuatro radios en total, dos en cada COAAAS. El total de mallas establecidas en el despliegue de la UDAA son 5 y se muestran en la Figura 6.

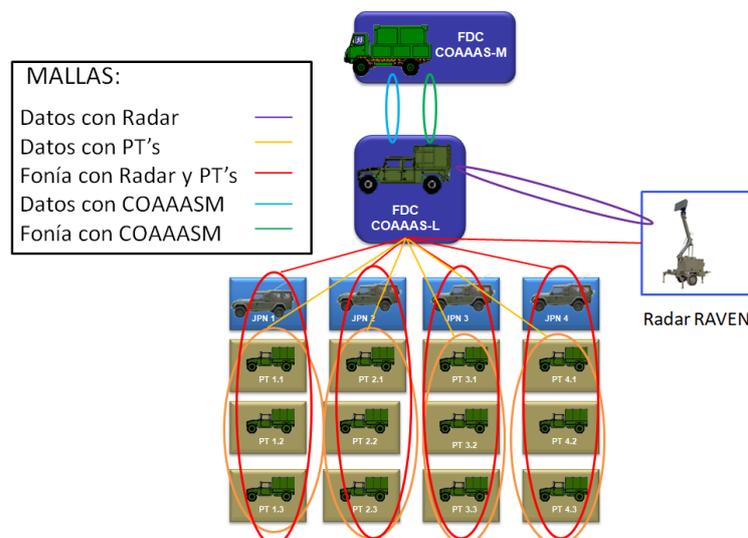


Figura 6. Distribución de las mallas radio (datos/fonía) en la Batería Mistral. Fuente: Elaboración propia.



El estudio de este TFG se centra en el enlace de la malla de datos y la malla de fonía entre COAAAS-L y COAAAS-M (las mallas de color azul claro y verde claro en la Figura 6).

La radio PR4G v3 es una radio que trabaja en banda VHF (*Very High Frequency*), es capaz de transmitir datos y voz a la vez gracias a su modo de operación MUX. Sin embargo, se suelen establecer dos mallas: una malla para enviar datos y otra para hablar (fonía). Esto se debe a que el modo de operación MUX realmente deja de enviar datos cuando la comunicación (fonía) excede los 10 segundos, ya que brinda prioridad a la fonía. Se trata de un fallo en las transmisiones.

Al trabajar en la Banda VHF, el alcance es un factor altamente variable en función de condiciones tales como la potencia de transmisión, el tipo de antenas empleadas, los obstáculos y la vegetación que presenta el terreno, las pérdidas ocasionadas por interfaces propias (apantallamiento), e incluso la climatología.

La radio PR4G permite dos configuraciones posibles, la portátil (en la que el propio combatiente la transporta) y la vehicular (en la que la radio se encuentra instalada en el vehículo táctico). La configuración vehicular es la que permite que la radio emita con mayor potencia, ya que está siendo alimentada por el vehículo, que proporciona mayor voltaje que si estuviese radiando con su pila acoplada (en configuración portátil). Las radios PR4G se integran en los vehículos que transportan las cabinas del COAAAS-L y COAAAS-M y trabajan en configuración vehicular, obteniendo un mayor alcance de enlace.

La antena empleada en la configuración vehicular es la Antena Vehicular 3088VM (ver Anexo 5), ya que se acopla al techo del vehículo y permite el movimiento del mismo sin tener que realizar operaciones adicionales sobre la antena. Con la Antena VHF sobre mástil, se obtiene mayor alcance, pero hay que montarla y desmontarla cada vez que se cambia de asentamiento, esto la hace muy poco útil para una Batería Mistral.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones y emitiendo a máxima potencia (50 W en configuración vehicular) se tiene un alcance teórico [6] de 20-25 km. Sin embargo, la experiencia de los componentes de la Batería Mistral señala que el alcance de la radio suele perderse a partir de los 10 o 12 kilómetros, lo que representa la principal limitación de este sistema de enlace. La solución pasa por buscar un método de enlace alternativo válido para ambos COAAAS que tenga mayor alcance.

Por último, cabe señalar que la cantidad de datos que necesita recibir la UCE (COAAAS-L) desde el COAAAS-M realmente es muy pequeña: 1,2 Kbps si se transmiten en un modo de funcionamiento de datos analógico o 2,4 Kbps si se emplea un modo de funcionamiento de datos digital. Esta información se debe tener en cuenta de cara a la elección de otro método alternativo a la radio PR4G v3.

## 4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

La primera alternativa que se va a estudiar es el empleo de la radio HF HARRIS, pues es similar al actual método empleado (radio PR4G v3) y podría considerarse como la solución continuista. A continuación, se analizará el empleo de terminales satélite como segunda alternativa, y por último la alternativa más innovadora, el uso de un teléfono IP.



## 4.1 Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía radio HARRIS RF-5800-H

La radio HARRIS RF-5800-H (ver Figura 7) es un equipo que forma parte de la familia de sistemas de radios tácticas de la empresa norteamericana HARRIS. Es una radio HF-SSB/VHF-FM avanzada que ofrece comunicaciones tácticas fiables. Trabaja en un rango de frecuencias extendido de 1,6 a 59,9999 Mhz en saltos de 100 Hz, por lo que, además de su funcionamiento normal en la banda HF [7], puede conectarse a mallas en la parte baja de banda VHF<sup>5</sup>. No obstante, en el ámbito de actuación del ET se suele emplear emitiendo en banda HF.



Figura 7. Radio HF HARRIS. Fuente: Elaboración propia.

Las comunicaciones HF, junto con el enlace vía satélite, juegan un papel fundamental en el ámbito del ET para establecer enlaces seguros a larga distancia.

### 4.1.1 Propagación HF y técnica NVIS

La propagación HF se caracteriza principalmente por ser capaz de emitir ondas electromagnéticas con muy poca potencia y por emplear una propagación ionosférica. En este tipo de comunicaciones, el rayo viaja hasta la atmósfera (ionosfera) y se refleja, recorriendo de nuevo otra gran distancia (ver Figura 8). En las comunicaciones VHF, por el contrario, la onda viaja de manera "directa" hacia el horizonte, por lo que el alcance del enlace se ve altamente influido por la forma del terreno, así como los obstáculos que encuentra a su paso.

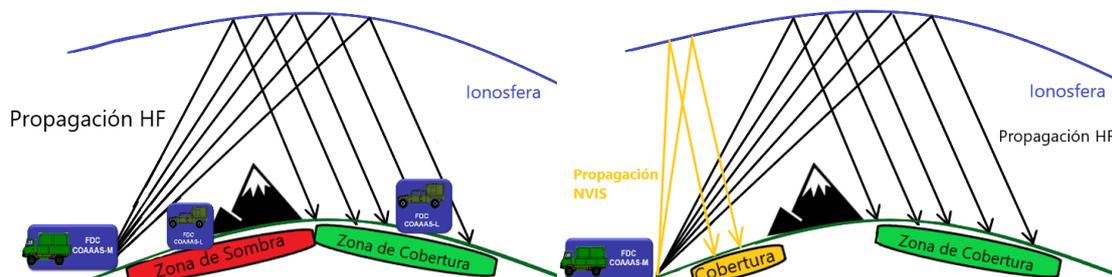


Figura 8. Propagación HF y HF con técnica NVIS aplicada. Fuente: Elaboración propia.

<sup>5</sup>La banda HF comprende las radiofrecuencias emitidas entre 3-30 Mhz y la banda VHF entre 30-300 Mhz.



En los enlaces HF que salvan grandes distancias se busca que la antena transmisora emita con el menor ángulo de despegue<sup>6</sup> posible. De esta manera se consigue que el primer punto de refracción (ionosfera) esté lo más alejado posible del origen (hablando en distancia horizontal), consiguiendo así la mayor distancia de enlace.

La gran desventaja que trae esta técnica consigo es que esa gran distancia que recorre la señal hasta que llega a tierra se convierte en una zona de silencio. Es decir, no hay cobertura para enlazar, solo existe la zona de cobertura en el sitio en el que el rayo llega al suelo.

Anteriormente se ha dicho que la distancia entre el COAAAS-L y COAAAS-M es elevada, pero puede darse el caso de que, por motivos tácticos o técnicos, se encuentren más cerca de lo normal. Es por esto, que no podemos permitir que no haya enlace (zona de sombra) entre ambos escalones cuando se encuentren próximos.

Las comunicaciones en banda HF permiten solventar este problema. La herramienta que se utiliza en este caso es la propagación NVIS. Esta técnica consiste en que la antena transmisora emita la señal HF con un ángulo de despegue [8] muy elevado, es decir, con un ángulo muy cercano a la vertical. Esto hará que la señal electromagnética rebote en la ionosfera antes, y con un ángulo de reflexión muy pequeño (ver Figura 8). De esta manera se consigue que la zona de silencio sea menor y se pueda conseguir cobertura para una distancia no tan lejana.

#### 4.1.2 Compatibilidad con los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M

A continuación, se analizará la implementación de la radio HARRIS descrita anteriormente en el sistema COAAAS-L. Para ello, se compararán los requisitos necesarios del sistema COAAAS-L para ejercer sus funciones antiaéreas con las características que ofrece dicha radio.

- **Software.** La radio Harris tiene capacidad para enviar tanto datos como voz, pero de manera no simultánea (al contrario que la radio PR4G gracias a su modo MUX). Esto, sin embargo, realmente no supone una pérdida de funcionalidades. Conviene recordar que la radio PR4G da prioridad al envío de audio sobre los datos, y corta la transmisión de datos cuando se habla por la malla durante unos 10 segundos. Por este motivo, el enlace vía radio PR4G utiliza dos mallas (una para datos y otra voz), y en cada una de ellas dos radios (una en el COAAAS-L y otra en el COAAAS-M). Por otro lado, la radio HARRIS tiene un ancho de banda menor que la radio PR4G v3. Los modos de trabajo de la radio HARRIS permiten enviar datos a 2,4 Kbps o 9,6 Kbps [7]. El enlace de datos entre la UCE y la UCF necesita 1,2 Kbps en analógico y 2,4 Kbps en digital, por lo que el ancho de banda que ofrece la radio HARRIS es suficiente.
- **Hardware.** Atendiendo a los criterios de modularidad y compatibilidad de los equipos que adquiere el ET, la radio HF Harris también se puede conectar físicamente a la UCE del COAAAS-L y al OCU del COAAAS-M. Esto se debe a que la radio utiliza un cable de datos que se conecta desde su panel frontal a un puerto de comunicaciones de un ordenador mediante interfaz de datos RS-232, compatible con la UCE y OCU.

---

<sup>6</sup>El ángulo de despegue es el ángulo, medido sobre la horizontal, con el que la antena transmisora emite la señal al medio de propagación (aire).



- **Soporte físico.** La configuración de la radio para ambos escalones sería del tipo configuración vehicular, ya que de esta manera las radios se pueden alimentar con mayor voltaje y por ende pueden emitir con más potencia, obteniendo así un alcance mayor. El COAAAS-L se monta en un VAMTAC y el COAAAS-M se suele montar en un camión IVECO M250. La configuración vehicular para la radio HARRIS requiere de un amplificador en dotación en el ET y su montaje se ilustra en el Anexo 6. Las dimensiones de la radio HARRIS son menores que las de la radio PR4G, por lo que el espacio físico dentro de cada cabina no es un problema.
- **Soporte para antenas HF.** Las cabinas del COAAAS-L y del COAAAS-M tienen 4 bases de antena ubicadas en su techo (ver Figura 9). Aquí, al igual que empleando la radio PR4G, se colocarían dos de las antenas HF de la radio HARRIS.

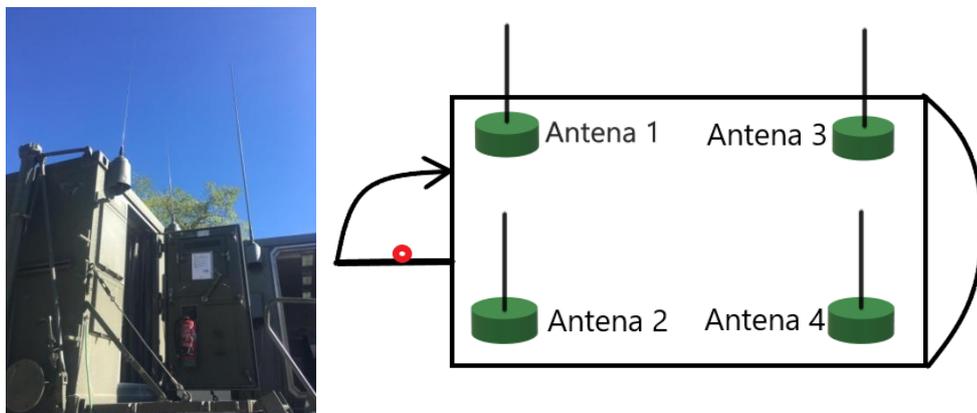


Figura 9. Izquierda: Tomas de antena en la cabina del COAAAS-M. Derecha: Distribución de las antenas en la cabina del COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia.

- **Antenas NVIS.** Existen varias antenas HF en dotación con capacidad NVIS. Dado que, si se opta por el empleo de la radio HARRIS, irá instalada en un vehículo, se debe escoger una antena cuya adaptación vehicular sea posible. Esta opción es la antena RF-3133 CheltonHalf-Loop (ver Figura 10). Se trata de una antena NVIS diseñada para los vehículos que utilicen en su interior un sistema HARRIS con recepción y transmisión HF. El esquema de cómo quedaría instalada dicha antena en un vehículo tipo VAMTAC para el uso de una radio HARRIS RF-5800 H se muestra de manera esquemática en el Anexo 7.



Figura 10. Izquierda: Vehículo VAMTAC con antena Chelton. Centro y derecha: Detalle de la toma de antena Chelton. Fuente: Elaboración propia.



#### 4.1.3 Procedimiento de integración mediante radio HARRIS

Para poder llevar a cabo la integración entre ambos escalones, se deben equipar ambos COAAAS con 2 radios HARRIS cada una, 4 radios en total, ya que cada par de radios formaría una malla y se necesitan 2 mallas (malla de datos y malla de fonía).

La radio HARRIS, en su configuración vehicular, se montaría acoplada a un amplificador vehicular (ver Anexo 6) en la zona de equipos radio, dentro de la cabina del FDC del COAAAS-L. La radio sería alimentada (corriente) por el vehículo VAMTAC y el cable de datos iría conectado directamente de la radio a la UCE. Este procedimiento es el mismo que cuando se utiliza la radio PR4G v3. La segunda radio HARRIS (para fonía) se puede acoplar de la misma manera, ya sea dentro del FDC del COAAAS-L o en la cabina del vehículo VAMTAC (que cuenta con sus propias antenas vehiculares y amplificador vehicular. Para el COAAAS-M, la operación es la misma.

El intercambio de datos entre cada par de radios se realiza mediante el protocolo COAAAS (de igual manera que cuando se emplean las radios PR4G).

#### 4.1.4 Análisis DAFO para la integración mediante radio HARRIS

Se ha realizado un análisis DAFO para estudiar todos los aspectos relacionados y consecuencias de la implementación de la radio HARRIS en los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M. El resumen de dicho análisis se muestra en la Tabla 1 y se discute en detalle a continuación.

*Tabla 1. Análisis DAFO para la integración COAAAS-L/COAAAS-M mediante Radio HARRIS. Fuente: Elaboración propia.*

DEBILIDADES	AMENAZAS
Poca capacidad para enviar datos Influencia de condiciones meteorológicas Instrucción del personal en radio HARRIS Precio radio HARRIS	Aparición de zonas de silencio Poca empleo de radios HARRIS en el ET Futura adquisición de la radio E-Lynx
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Gran alcance (mayor alcance que VHF) Se puede ignorar la atenuación con HF y NVIS Se puede emplear en terrenos montañosos	Posibilidad de instruirse en montaña Aprovechar el material de la Brigada Aprendizaje (instrucción) de nuevos métodos de enlace con radio HARRIS

- **Debilidades.** Por un lado, se debe señalar que la radio HARRIS presenta poca capacidad de envío de datos. No obstante, esto no debería suponer un mayor problema si se utilizan una radio para fonía y otra para datos, ya que la comunicación entre UCE y UCF realmente requiere un ancho de banda de pocos Kilobytes por



segundo. La influencia de las condiciones meteorológicas, y en especial el estado de ionización de la atmósfera, afecta en mayor medida a la propagación HF que a la propagación VHF. Por otro lado, la instrucción del personal en la utilización de la radio HARRIS es baja ya que a día de hoy la radio PR4G v3 es la protagonista en los medios de transmisiones. No obstante, al personal que se encargue de operar la radio PR4G no le costaría mucho tiempo instruirse en la utilización de la radio HARRIS, ya que este es un modelo de radio anterior más simple. Por último, el precio de la radio HARRIS es elevado. Sin embargo, se podrían pedir estas radios a otras unidades que no las utilicen, ya que la radio PR4G ha sustituido esta radio desde su dotación en la mayoría de unidades del ET.

- **Amenazas.** La aparición de zonas de silencio (ver Figura 8) si no se emplea la propagación NVIS es un gran problema ya que se perdería la cobertura en los casos en los que el despliegue (distancia entre COAAAS-L y COAAAS-M) sea muy cercano (pocos kilómetros). El papel secundario de la radio HARRIS frente a la radio PR4G v3 en el ET sería un inconveniente si se decidiese optar por este medio, ya que habría que equipar los distintos núcleos de mando y control de la AAA con radios HARRIS. Además, la futura adquisición de la radio E-Lynx fabricada por la empresa israelí ElbitSystems podría eclipsar el uso de la radio HARRIS definitivamente para el enlace entre ambos escalones. Esta radio podría sustituir directamente a la radio PR4G y cualquier otro medio de transmisiones dentro del COAAAS-L y COAAAS-M. No obstante, el periodo entre la adquisición y la implantación de nuevos medios en el ET se realiza de manera lenta y progresiva, amén de disponer de suficientes radios E-Lynx como para dotar a todas las unidades de Artillería Antiaérea.
- **Fortalezas.** Aprovechando de manera adecuada la propagación HF se consiguen mayores alcances que con la propagación VHF (radio PR4G). Empleando antenas NVIS, se puede ignorar la atenuación debida a masas cubridoras (edificios, arboledas, etc.) interpuestas entre la radio emisora y la radio receptora. Esto causa el efecto de tener más libertad a la hora de emplazar y enmascarar el COAAAS-L y COAAAS-M. Se puede conseguir enlace entre ambos escalones en terrenos montañosos, pues la radio HARRIS se utiliza en unidades de infantería de montaña que van a pie. Esto se debe a que la propagación ionosférica característica de la radio HF HARRIS tiene forma de "pico" (Figura 8), salvando así terrenos montañosos y cotas elevadas.
- **Oportunidades.** Se abre la opción de realizar instrucción de la Batería Mistral en terrenos montañosos, por sí sola, o en colaboración con otras unidades ligeras de montaña. Se aprovecha el material del que dispone la Brigada, ya que la Batería de Plana Mayor del GACA XI, dispone de radios HARRIS. Esto facilita la coordinación con la Batería Mistral para que esta utilice sus radios HARRIS. En caso de emplear la radio HARRIS, el personal de la Batería Mistral aprendería nuevas TTP's (Tácticas, Técnicas y Procedimientos) en cuanto al manejo de nuevos equipos de transmisiones, enriqueciendo su instrucción personal.

## 4.2 Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía terminales satélite

Dos de las alternativas propuestas en esta memoria son terminales satélite en dotación en el ET. En todo enlace satélite debemos distinguir dos partes diferenciadas (ver Figura 11): el segmento terreno, en el que se hallan los equipos transmisores, receptores y la estación de control del satélite (también denominada estación de anclaje, EAN), y el segmento espacial, que es el satélite o sistema satélite en sí. La estación de anclaje se podría definir como el



centro de control encargado del análisis, control y monitorización del satélite. [9]



Figura 11. Esquema de comunicaciones satélite. Fuente: [9]

#### 4.2.1 Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite

*“El Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite (SECOMSAT) es una red de comunicaciones militares a larga distancia vía satélite, de gran capacidad y con alto grado de fiabilidad que permite a las fuerzas desplegadas en la Península y fuera de ella el acceso a sus órganos de mando y de apoyo logístico a través del Sistema de Telecomunicaciones Militares (STM).” [10]*

Los satélites del programa SECOMSAT están destinados a asegurar el flujo de información entre los Puestos de Mando a todos los niveles (político, estratégico, operacional y táctico). [11]

Las comunicaciones a largas distancias como las radiocomunicaciones satélite, radiodifusión, emisiones de TV y ciertos radares utilizan una de las franjas en las que se divide el espectro electromagnético que corresponde a las ondas del tipo microondas. A su vez, dentro de la región microondas, se pueden observar distintas bandas de frecuencia. Algunas de ellas son utilizadas por los Terminales Satélite en dotación en el ET (bandas L, X, Ku, K y Ka), siendo la banda X una de las más utilizadas.

El sistema SECOMSAT [11], [12], [13] está constituido por dos plataformas con órbita geostacionaria, el satélite SPAINSAT y el satélite XTAR-EUR. El satélite SPAINSAT está situado en 30° Oeste, tiene capacidad para transmitir en las bandas<sup>7</sup>X y Ka, y proporciona servicios gubernamentales principalmente al Ministerio de Defensa. El satélite XTAR-EUR está situado en la posición 29° Este, trabaja en la banda X y proporciona servicios a los gobiernos de EE. UU., España y países aliados. En caso de fallo del satélite HISPASAT, se puede solicitar servicio al satélite XTAR-EUR a través del Ministerio de Defensa. La empresa española HIDESAT opera ambos satélites, conjuntamente con la empresa estadounidense LORAL en el caso del satélite XTAR-EUR. La cobertura de ambos satélites, dividida en distintos haces, se muestra en el Anexo 8.

<sup>7</sup>Las ondas del tipo microondas se utilizan principalmente para las telecomunicaciones a largas distancias, radiodifusión, radares, etc. Dentro de la región microondas se pueden observar distintas bandas de frecuencia. Los terminales satélite en dotación del ET operan en bandas específicas de dicho espectro.



Tabla 2. Servicios de las bandas de frecuencias de las comunicaciones satélite. Fuente: [13]

Banda	Rango de frecuencias	Servicios
L	1 - 2 GHz	Servicio móvil por satélite, Sistema GPS y sistema GALILEO. Radares de vigilancia de largo alcance, control tráfico aéreo y radar IFF
S	2-4 GHz	Servicio móvil por satélite, exploración de la tierra, radiodifusión y televisión, navegación. Radar de vigilancia de alcance medio, radares meteorológicos, control de tráfico aéreo.
C	4-8 GHz	Servicio fijo por satélite. Radares de seguimiento de largo alcance.
X	8-12,5 GHz	Servicio fijo y móvil militar por satélite, satélite de meteorología. Radares marinos, seguimiento de corto alcance, guiado de misiles, radares de tráfico.
Ku	12,5-18 GHz	Servicio fijo por satélite, radiodifusión y televisión por satélite. Radares de guiado de misiles, teledetección de alta resolución, telémetros.
K	18-26,5 GHz	Radiodifusión y televisión por satélite. Radares de tráfico y detección de intrusos.
Ka	26,5-40 GHz	Servicios fijos por satélite. Guiado de armas de corto alcance, teledetección de muy alta resolución

#### 4.2.2 Funcionamiento de un Terminal Satélite del ET

Normalmente, las comunicaciones vía satélite involucran señales de datos y voz. Los datos son señales digitales, pero las señales telefónicas pueden ser analógicas o digitales. Las señales analógicas se pueden digitalizar para convertirla posteriormente en una secuencia de bits. Para realizar este proceso se realizan las operaciones de muestreo, cuantificación y codificación. [14]

Para el enlace entre un terminal satélite en tierra y un satélite en órbita, se pueden emplear medios del ET que utilicen lenguaje analógico y transformarlo a digital (ya que el satélite necesita el lenguaje en formato digital para poder recepcionarlo y retransmitirlo), o utilizar medios que ya trabajen en formato digital.

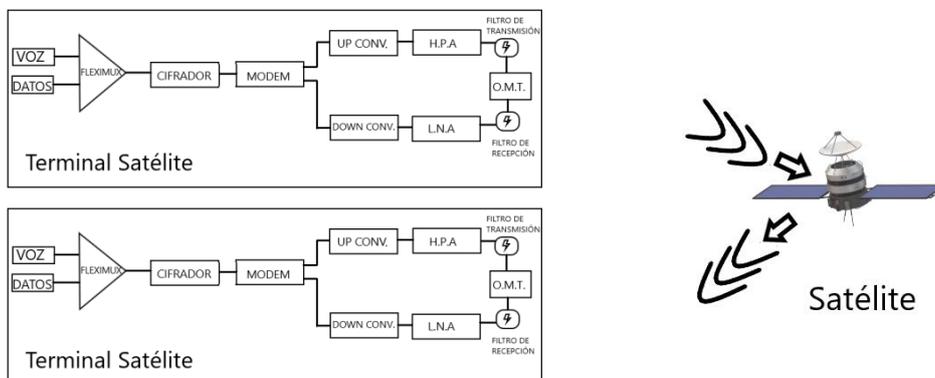


Figura 12. Esquema de los dispositivos internos de un terminal satélite. Fuente: Elaboración propia.

A fin de facilitar el análisis de la integración de los medios satélite bajo estudio, se recoge a continuación la descripción de los equipos de comunicaciones en un terminal satélite (ver



Figura 12). Cuando aparecen, las cifras de frecuencias corresponden al terminal TLB-50.

- **Multiplexor.** El multiplexor es el dispositivo que lleva a cabo el multiplexado<sup>8</sup> de las señales. Su función principal es procesar los circuitos de voz y datos que le llegan, digitalizarlos, multiplexarlos y enviarlos al siguiente dispositivo. En los terminales bajo estudio, la multiplexación se realiza por multiplexación por división en el tiempo (*Time Division Multiplexing, TDM*). Esto quiere decir que, teniendo varios canales de entrada de datos digitales y un solo canal transmisor, para poder enviar todos los datos de todos los canales, cada canal se abre durante un breve periodo de tiempo para que circule por el medio transmisor, mientras el resto de canales de datos están cerrados tanto de la voz ya digitalizada, como de los datos. Una vez finalizado este proceso, la señal multiplexada se envía al siguiente dispositivo.
- **Cifrador.** Los cifradores se encargan de ocultar la información a usuarios no autorizados y están presentes en los equipos del Sistema de Telecomunicaciones Militares (STM) tales como pueden ser los medios de transmisiones del ET. En la red táctica principal (Red Básica de Área, RBA) se utilizan los cifradores EP 210 y EP 250.
- **Módem.** El módem es el dispositivo encargado en modular (convertir señales digitales en analógicas) y demodular (convertir señales analógicas en digitales) las señales emitidas y recibidas. Se encarga de modular en transmisión o demodular en recepción la señal que le llega, bien del cifrador en la transmisión, o bien del convertidor descendente (*down converter*) en la recepción. [14]
- **Convertidor ascendente (Up converter).** Es un convertidor de frecuencia en transmisión, permite pasar de la frecuencia que le llega del módem (entre 950 y 1450 Mhz) a la frecuencia en Banda X que se haya autorizado en la Autorización de Acceso al Satélite (AAS).
- **Amplificador de alta potencia (High Power Amplifier, HPA).** Su misión es amplificar la señal de transmisión en 100 W, lo que permite tener una ganancia de 70 dBm. Una vez amplificada la señal en potencia, se envía al siguiente equipo.
- **Filtro de transmisión.** Se trata de un filtro de paso de banda<sup>9</sup> que se encarga de rechazar todas aquellas señales que no se encuentren en la banda de 7900 a 8400 Mhz y que hayan podido generarse en la amplificación de potencia realizada previamente por el HPA. El polarizador, junto con el filtro de transmisión, son los últimos dispositivos por los que pasa la señal antes de salir del terminal satélite.
- **Polarizador (Orthomode Transducer, OMT).** El polarizador hace que la señal de transmisión sea enviada hacia el satélite polarizada a derechas. Esto permitirá que las señales de transmisión y recepción no se crucen, ya que la señal de recepción llegará al reflector del terminal polarizada a izquierdas. Cuando el OMT detecte una señal de recepción que llega polarizada a izquierdas será el encargado de aceptar esa señal y de enviarla hacia el siguiente equipo de la cadena de recepción (filtro de recepción),

---

<sup>8</sup>La multiplexación es un proceso que combina dos señales independientes (analógicas o digitales) para enviarlas como una sola señal por un mismo canal. Las diferencias entre distintos multiplexores se deben principalmente a la técnica, velocidades o protocolos empleados[14].

<sup>9</sup>Un filtro paso banda se encarga de dejar pasar las señales cuyas frecuencias estén acotadas dentro de un rango determinado, por el circuito donde esté integrado.



donde se realizará el último filtro antes de que el terminal satélite recepcione la señal.

- **Filtro de recepción.** Filtro de paso de banda que se encarga de rechazar las señales que no se encuentran en la banda de 7250 a 7750 Mhz y que pueden acompañar a la señal de recepción que espera recibir el terminal.
- **Amplificador de bajo ruido (*Low-Noise Amplifier, LNA*).** Su misión es amplificar la señal que contenga la información y reducir al máximo el ruido que acompaña a esta señal. Para ello tiene la posibilidad de amplificar la señal 35dBm.
- **Convertidor descendente (*Down converter*).** Convertidor de frecuencia en recepción que permite el paso desde la frecuencia del LNA a la frecuencia intermedia del módem. Desde el módem, la señal pasa al cifrador y de este al FLEXIMUX, donde se desmultiplexa en los diferentes servicios (voz y datos).

#### 4.2.3 Terminal Satélite TLX-50

Dentro del sistema español SECOMSAT, el TLX-50 (ver Figura 13) es un terminal satélite ligero que trabaja en la banda X y está diseñado para cubrir un tramo de comunicaciones con una capacidad intermedia (en una señal portadora al satélite de 128 Kbps), lo que lo sitúa entre un terminal táctico de mayor capacidad y un terminal tipo “*manpack*”<sup>10</sup> de menor capacidad. El terminal cuenta con 4 canales de voz y 8 de datos. [15]



Figura 13. TLX-50 desplegado. Fuente: [15].

El sistema está formado por los subsistemas Banda Base (BB), Comprobación, Alarma y Control (CAC), Radio Frecuencia (RF) y Antena (ver Figura 14). Estos subsistemas se almacenan en tres cofres que posibilitan su transporte. Los cofres están diseñados para su colocación sobre un vehículo con sus correspondientes anclajes si se deseara integrarlo en uno. Resultaría muy sencillo adaptarlos a un vehículo ligero todo terreno (tipo Nissan Patrol) o al vehículo VAMTAC que transporta la cabina del COAAAS-L.

---

<sup>10</sup>Un dispositivo se denomina “*manpack*” cuando puede ser portado por un solo usuario.

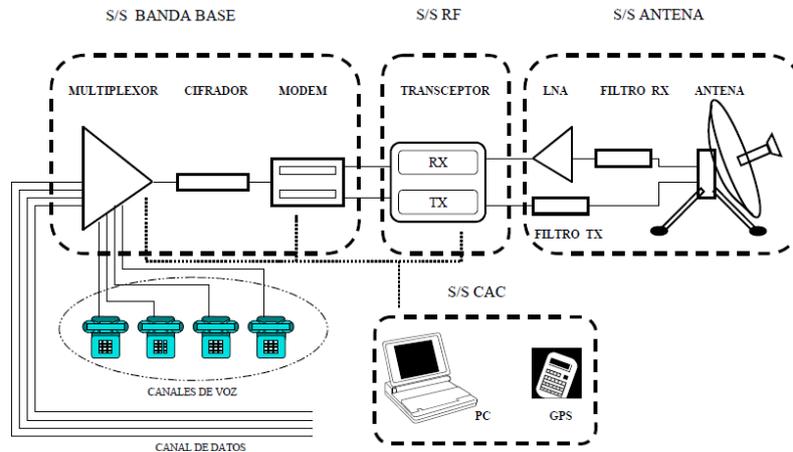


Figura 14. Esquema de los subsistemas de un Terminal TLX-50. Fuente: [15]

- **Subsistema BB.** El subsistema BB se encarga de procesar las señales de voz y datos, preparándolas para poder ser enviadas al subsistema de RF, y posteriormente a la antena del terminal. Este subsistema contiene un FLEXIMUX 3612 de ALCATEL para realizar el multiplexado de voz y datos, un cifrador de bloque y un módem P-300. Todos estos elementos son interoperables con las cadenas de las EAN's. [15]
- **Subsistema CAC.** El subsistema CAC es el encargado de monitorizar y controlar todos los equipos del terminal y de orientar correctamente la antena hacia el satélite, algo que se debe tener en cuenta si queremos utilizar este terminal para la integración de los sistemas COAAS-L y COAAS-M. Este subsistema se compone de un ordenador portátil, dispositivos de interconexión (que conectan los puertos de control remoto de los equipos con el ordenador) y el software CAC (ver Figura 15). [16]

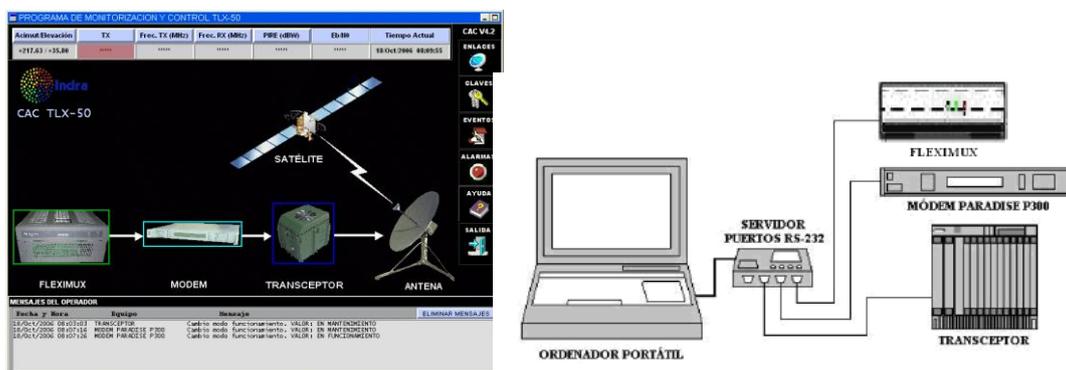


Figura 15. Izquierda: Vista del software CAC. Derecha: Esquema de la composición del subsistema CAC. Fuente: [16]

- **Subsistema RF.** El subsistema RF se encarga de la amplificación de la señal que se va a transmitir antes de enviarla al subsistema de antena, y consiste de un transceptor de radiofrecuencia en banda X que tiene como misión convertir señales en frecuencia, ya sea en Recepción (RX) o en Transmisión (TX).
- **Subsistema Antena.** El subsistema Antena está formado por los elementos necesarios para montar la antena y sus cuatro pétalos sectoriales (ver Figura 13) sobre el terminal satélite.

El montaje, despliegue y operación del Terminal TLX-50 se explica detalladamente en el



Anexo 9. Una vez analizados los componentes del subsistema CAC, se puede deducir que sí sería viable poder utilizarlo dentro del COAAAS-L y COAAAS-M para orientar la antena del terminal hacia el satélite, solo sería necesario un ordenador portátil y un usuario que lo opere.

#### 4.2.4 Integración mediante Terminal Satélite TLX-50

Para el enlace entre los dos COAAAS, se emplearán dos Terminales TLX-50 (dotados con multiplexor FLEXIMUX 3612) en ambos extremos. El multiplexor FLEXIMUX 3612 recibe las señales del usuario (voz y datos), las digitaliza y realiza un multiplexado de las mismas, de modo que en su salida disponemos de una trama digital<sup>11</sup> que posteriormente se envía al cifrador. Para la línea de datos se utiliza la salida de datos a través de módem V.23 (se les denomina así porque utilizan el protocolo de datos analógico "V.23"). El conexionado directo (por cable) de dos módems V.23 se hace con un circuito analógico.

No obstante, el FLEXIMUX de los terminales TLX-50 no dispone de las tarjetas E&M empleadas para prolongar circuitos de voz entre los Megaplex, por lo que no es posible establecer dicho tipo de circuitos de manera directa. Por ello, a pesar de usar la salida de módem V.23 de la UCE del COAAAS-L y una de las salidas de módem V.23 en el COAAAS-M, es necesario puentear ambos módems (ver Figura 16). De esta forma se consigue el enlace entre ambos terminales con un circuito punto a punto digital.

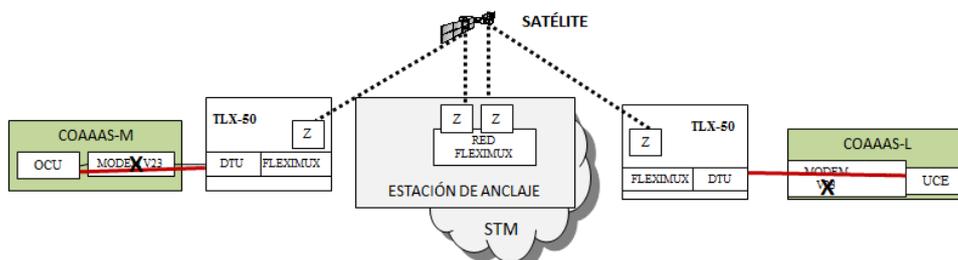


Figura 16. Diagrama de bloques de la propuesta de integración de los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M mediante TLX-50. Fuente: Elaboración propia.

Como se ha dicho anteriormente, el enlace entre COAAAS-M y COAAAS-L debe tener un circuito de datos y otro de fonía, con las siguientes características:

- Circuito de datos: Se trata de un circuito de datos punto a punto digital que transmite datos en tiempo real, es decir, es un circuito ADL (*Automatic Data Link*)<sup>12</sup>. Esta transmisión de datos en tiempo real es necesaria para llevar a cabo el combate antiaéreo y está estructurada sobre el protocolo de enlace de datos Link 11B. El circuito utiliza la modulación "V.24" y normalmente se utilizarán los puertos 14-1, 15-1 o 16-1 de los TLX-50.
- Circuito para fonía: se utiliza un circuito de 2 hilos punto a punto entre los puertos de voz de ambos Terminales Satélite.

<sup>11</sup>Se llama trama al conjunto de bits y datos que son enviados en una transmisión.

<sup>12</sup>ADL es una conexión de intercambio de datos necesaria para llevar el combate antiaéreo en tiempo real. Estos datos llegan de manera simultánea tanto al escalón superior (SDA) como al escalón inferior (COAAAS-M y COAAAS-L).

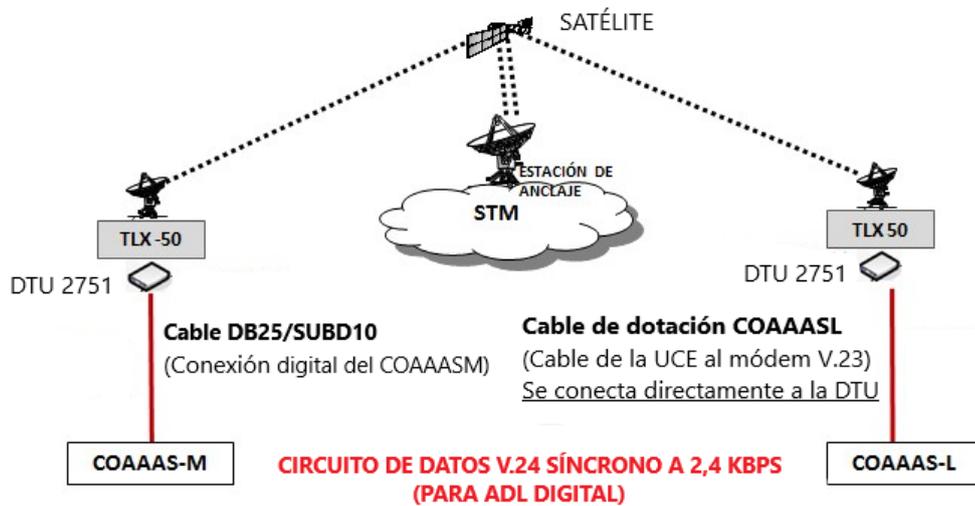


Figura 17. Soporte de comunicaciones para la integración mediante TLX-50. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se analizan en detalle los aspectos más relevantes del método de integración propuesto.

#### 4.2.4.1 Conexionado en COAAAS-M

El circuito del Terminal Satélite descrito en el punto anterior para el ADL Digital se prolonga desde la DTU para V.24 (DTU modelo 2751) del Terminal Satélite hasta el COAAAS-M (ver Figura 18) con un cable específico que no está de dotación en el ET, y que a continuación se describe.

Esto se debe a que los puertos de datos del FLEXIMUX 3612 del TLX-50 son conectores DB25 y terminales DTU modelo 2751 con puertos asíncronos RS-232. Es decir, el extremo del cable (conector) que se conecta a la DTU 2751 es del tipo DB25 (ver Figura 19) y los datos utilizan un protocolo RS-232. La Unidad Terminal de Datos (DTU) es un dispositivo que actúa como interfaz mecánico y eléctrico mediante el cual se conectan los puertos de datos a sus respectivas tarjetas del FLEXIMUX. Es decir, es un dispositivo necesario para hacer pasar nuestro circuito de datos a través del multiplexor FLEXIMUX.

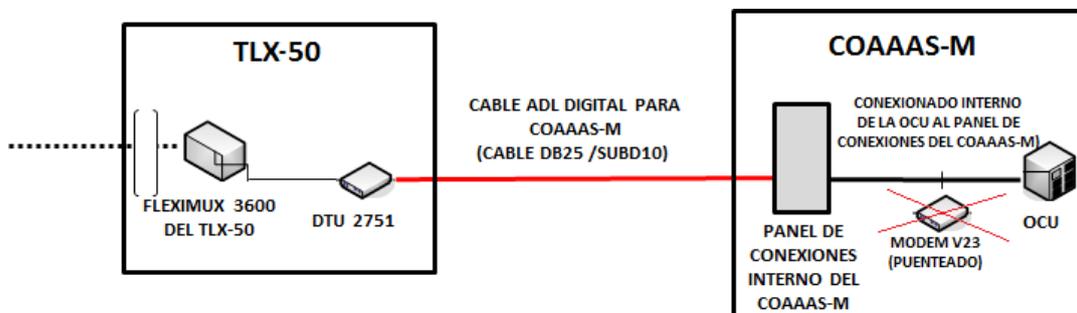


Figura 18. Conexionado en COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia.

- **Cable para ADL digital (cable DB25/SUBD10).** El conector DB25 (ver Figura 19)



tiene 25 pines alineados en 2 hileras y por cada pin circula una señal distinta. El conector SUBD10 tiene 9 pines alineados en forma de círculo. En la Tabla 3 se describen las señales necesarias [17], [18] para el funcionamiento de este cable que conecta la DTU 2751 (TLX-50) con el COAAAS-M, así como su correspondencia entre los pines de ambos conectores. Los colores se utilizan para distinguir los hilos de cobre (cables conductores) que van dentro de la cubierta del cable, es decir, cada pin lleva un hilo de un color distinto que se conecta con el otro extremo del cable DB25/SUBD10). Este cable está fabricado específicamente para la UTMAAA (Unidad de Transmisiones del Mando de Artillería Antiaérea), por ello, habría que “hipotecar” este recurso, o pedirlo para la Brigada.



Figura 19. Izquierda: Conectores del cable DB25/SUBD10. Derecha: Pineado de un conector DB25. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Correspondencia entre las señales y pines de ambos conectores del cable DB25/SUBD10. Fuente: Elaboración propia.

Señal	Nombre	Descripción	DB25	SUBD10	Color
TXD	Datos transmitidos	DTE envía datos a DCE <sup>13</sup>	2	1	Blanco
RXD	Datos recibidos	DCE envía datos a DTE	3	2	Marrón
RTS	Petición para enviar	DTE indica al DCE que se prepare para recibir datos	4	3	Naranja
CTS	Borrar para enviar	Indica que DCE está listo para recibir datos de DTE	5	4	Morado
DCD	Detección de Portador de Datos	DCE indica al DTE que está recibiendo datos	8	5	Verde
SCT	Señales para temporización	Realiza funciones similares al pin 5 (CTS)	15	6	Amarillo
SCR	Señales para temporización de la recepción	DCE envía las señales de temporización para la recepción al DTE	17	7	Rojo
DTR	Terminal de datos listos	Este pin confirma que el DTE está listo para iniciar o atender una llamada	20	8	Negro
SGD	Señal de tierra		7	9	Azul

- **Panel de conexiones en COAAAS-M.** La conexión del cable DB25/SUBD10 para

<sup>13</sup>DTE (Equipo Terminal de Datos) hace referencia a los ordenadores, computadoras, impresoras y demás terminales. DCE (Equipo de Comunicación de Datos) hace referencia a los circuitos, conexiones o módems. Los DTE se encuentran conectados entre sí a través de DCE's.



establecer el circuito digital se hace en el panel de conexiones interno del COAAAS-M (ver Figura 20). Se elige y configura una de las líneas disponibles, que va desde el propio OCU hacia una de las salidas de V.23. Se debe tener en cuenta que se utiliza esa entrada de línea puenteando el módem V.23 asociado a esa línea.



Figura 20. Panel de conexiones interno del COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4.2 Conexionado en COAAAS-L

El circuito de datos ADL del terminal satélite TLX-50 descrito en el Apartado 4.2.4 (ver Figura 17) se prolonga desde la DTU de V.24 (DTU modelo 2751) de dicho terminal satélite hasta el panel de conexiones del COAAAS-L. Para ello el operador del terminal satélite prolongará la conexión la DTU, es decir, colocará la DTU dentro del COAAAS-L para que esté más cerca del panel de conexiones.

En el COAAAS-L la conexión entre la DTU y la salida V.23 (panel de conexiones) de la UCE se realizará con el cable de dotación del COAAAS-L (cable que une el panel de conexiones con uno de los módem V.23). Este cable está conectado al módem V.23 de forma habitual, pero al tener que puentear dicho módem, dicho cable se unirá directamente a la DTU 2751 del terminal satélite.

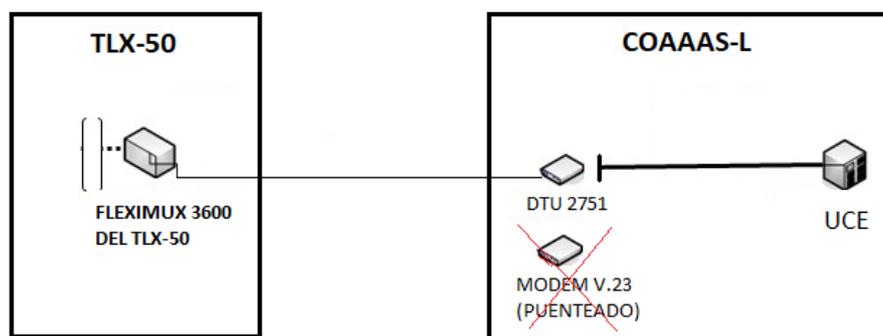


Figura 21. Esquema del conexionado en COAAAS-L. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4.3 Consideraciones adicionales para la integración

En caso de integrar los sistemas COAAAS a través del terminal satélite TLX-50, se deberá realizar una Solicitud de Acceso al Satélite (SAS) y a los posibles servicios CIS no específicos de AAA que se requieran (ver Anexo 10). Esta solicitud la deberá realizar la sección G-6 del



Cuartel General del Mando de Artillería Antiaérea (CGMAAA) con varios días de antelación. Una vez aprobado el acceso al satélite, será la UTMAAA la que proporcione el terminal satélite (TLX-50) que de servicio al COAAAS-M. Finalmente, la Compañía de Transmisiones de la Brigada, o quien les apoye en medios CIS, será la que proporcione el terminal satélite (TLX-50) que de servicio al COAAAS-L.

Estas consideraciones y la propia integración satélite serían puestas en práctica en la Batería Mistral del GACA XI para enlazar con el COAAAS-M ubicado en el RAAA nº74 (Sevilla). Esto se debe a que la Batería Mistral ha realizado anteriormente varias integraciones vía telefónica con dicho Regimiento para la instrucción de su personal y por tanto la integración satélite no sería un procedimiento difícil de aprender para los componentes de ambas unidades.

#### 4.2.5 Terminal Satélite TLB-50

El terminal satélite TLB-50 (ver Figura 22) pertenece a la familia de los terminales satélite ligeros bibanda. Trabaja en la franja SHF (*Super High Frequency*) del espectro electromagnético y proporciona enlace en las bandas X y Ku de forma no simultánea.



Figura 22. Terminal Satélite TLB-50 desplegado. Fuente: [19]

El TLB-50 está diseñado para materializar comunicaciones SECOMSAT trabajando como un terminal táctico o como un terminal de alta capacidad, consta de los mismos subsistemas que el terminal TLX-50 aunque presenta una capacidad portadora mayor (ver Tabla 4). En el Anexo 11 se presentan las interconexiones entre los subsistemas del terminal TLB-50 para emitir tanto en banda X como en banda Ku. El Anexo 12 recoge las características técnicas más importantes del terminal a la vez que un esquema del mismo desplegado.

Tabla 4. Comparación de parámetros entre TLX-50 y TLB-50. Fuente: Elaboración propia.

Características	TLX-50	TLB-50
Número de cofres	3	10
Peso total	135 kg	>145 kg
Diámetro de Antena	1,1 m	1,8 m
Configuraciones	Portátil, integrado en vehículo o blindado o como estación fija	Portátil, integrado en vehículo o blindado o como estación fija
Enlaces	En banda X	En bandas X y Ka, no simultáneamente
Portadora al satélite (Capacidad para enviar voz y datos simultáneamente)	128 kbps	2048 kbps



#### 4.2.6 Integración mediante Terminal Satélite TLB-50

Para saber si el terminal TLB-50 es compatible para la integración entre ambos COAAAS, se debe analizar algunos aspectos de los subsistemas del terminal. En particular, se deben utilizar equipos (dispositivos y conectores) compatibles con los elementos de comunicaciones de los que dispone la UCE (COAAAS-L) y la UCF (COAAAS-M). Este análisis decidirá si se puede llevar a cabo el mismo procedimiento de integración con el TLB-50 que el descrito anteriormente, que utiliza el TLX-50.

El contenido de los cofres más importantes del TLB-50 se desglosa en el Anexo 13. A continuación se analizarán las partes más importantes (Subsistema de Banda Base, Multiplexor y Unidades Terminales de Datos) y que discriminan si el TLB-50 se puede integrar en ambos COAAAS de la misma manera que el TLX-50.

- **Subsistema de Banda Base (BB).** Las señales de voz y datos se conectan a los canales que tiene el multiplexor, que tras digitalizar (y si es necesario comprimir) la voz, realiza el multiplexado y lo agrega, junto con los datos, a una trama agregada. Dicha trama atraviesa un cifrador de bloque (con interfaz físico V.35 o G.703) y después llega hasta el módem (modelo PD25L). Este modem es válido para establecer el circuito de datos digitales entre el terminal satélite y los COAAAS ya que puede funcionar con el protocolo V.35<sup>14</sup>.
- **Multiplexor.** Se utiliza el modelo Fleximux 3600 de Alcatel, que puede trabajar en los protocolos G-707, V-35 e IP. El equipo multiplexor puede proporcionar hasta 4 circuitos de datos RS-232 utilizando 2 DTU modelo 2751. Como se puede apreciar, el TLB-50 utiliza los mismos dispositivos que el TLX-50 para establecer el circuito de datos digital del Apartado 4.2.4.
- **Unidades Terminales de Datos (DTU).** Es un dispositivo que actúa como interfaz mecánico y eléctrico mediante el cual se conectan los puertos de datos a sus respectivas tarjetas del FLEXIMUX. Es decir, es un dispositivo necesario para conectar un circuito de datos exterior al Terminal Satélite TLB-50. El circuito se conecta a la DTU, los datos pasan al FLEXIMUX, y ya pueden ser procesados por el TLX-50 (ver Figura 18).

El TLB-50 utiliza las mismas DTU que el TLX-50, las DTU 2751, haciendo este terminal satélite compatible para integrar ambos COAAAS.

Las DTU pueden ser utilizadas desde el propio cofre o puede alargarse la línea de datos de cualquiera de ellas, mediante dos hilos que irán conectados en la parte trasera del cofre, en aquellos conectores que correspondan con el circuito que se va a montar

#### 4.2.7 Análisis DAFO para la integración mediante terminales satélite

Se ha realizado un análisis DAFO para estudiar la viabilidad de la integración COAAAS-L/COAAAS-M mediante uso de terminales satélite TLX-50 y TLB-50. El resumen de

---

<sup>14</sup>El protocolo V.35 es un protocolo estándar definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para llevar a cabo un intercambio de datos asíncrono en una comunicación que suele ir de un módem (módem PD25L) a un multiplexor (Fleximux 3600).



dicho análisis se muestra en la Tabla 5 y se discute en detalle a continuación.

Tabla 5. Análisis DAFO para la integración mediante terminales satélite. Fuente: Elaboración propia.

DEBILIDADES	AMENAZAS
Dependencia de software CAC Instalación de antena Dependencia de CGMAAA (SAS) Dependencia de Cía. Transmisiones Cable DB25/SUBD10 necesario	Futura adquisición de la radio E-Lynx
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Comunicaciones por satélite Máxima distancia de enlace Medio alternativo robusto y seguro Ideal para muchas situaciones tácticas	Cumplir con el plan MC3 del ET Se liberan 2 radios PR4G de ambos COAAAS Se utiliza el SECOMSAT Aprovechamiento del material de la Brigada Instrucción en nuevos métodos de enlace

- Debilidades.** Podría existir cierta dependencia del software del subsistema CAC para orientar de manera remota la antena del terminal satélite. No obstante, la antena también se puede orientar manualmente. Sería conveniente poder instalar la antena en las cabinas o en los vehículos que transportan el COAAAS-L y COAAAS-M para no perder tiempo en desplegarla manualmente en el terreno del asentamiento. Sin embargo, el hecho de instalarlas en los propios vehículos condicionaría que solo se pudiesen utilizar para transportar estas cabinas. Esto puede ser contraproducente, ya que muchas veces es necesario asignar los distintos vehículos de los que dispone una Unidad para otros cometidos.

Para realizar con éxito el enlace con medios satélite, se debe pedir acceso al satélite al CGMAAA con la debida antelación, y coordinarse con esta unidad. La Compañía de Transmisiones de la Brigada (Unidad que se encarga de apoyar al GACA XI en medios CIS) será la que proporcione el terminal satélite que de servicio al COAAAS-L. Esto resulta en una pequeña dependencia de otra unidad. No obstante, la Compañía de Transmisiones se encuentra físicamente en el mismo edificio que el GACA XI, por lo que esta coordinación resultaría muy sencilla.

Por último, es necesario que la unidad que vaya a operar el COAAAS-M disponga del cable DB25/SUBD10 para poder materializar el circuito de datos digital. Dicho cable es de fabricación específica para este cometido, y la UTMAAA dispone de este medio. Por ello, para garantizar que se pueda realizar el enlace se pueden plantear las siguientes opciones:

- en coordinación con las solicitudes SAS que llegan al CGMAAA, la UTMAAA (que depende orgánicamente del MAAA) prestaría el cable al RAAA 74 cuando vaya a enlazar con el COAAAS-L de la Brigada XI;
- fabricar unidades de estos cables y dotarlos a las unidades que operen el



COAAAS-M. En el caso de la Brigada XI, esta suele realizar ejercicios con el COAAAS-M ubicado en el RAAA 74.

- **Amenazas.** La amenaza que supone la adquisición de la radio E-Lynx queda explicada en el análisis DAFO (ver Tabla 1) del Apartado 4.1.4. Con esto se quiere decir que, una vez adquiridas las radio E-Lynx, no sería tan necesario emplear el enlace vía satélite ya que este método es más laborioso de montar en ambos COAAAS que sustituir la antigua radio PR4G por la nueva radio E-Lynx, que sería algo mucho más sencillo.
- **Fortalezas.** Al utilizar comunicaciones digitales y por satélite, la calidad de la señal no depende de la distancia y esto permite despliegues tan lejanos como se requiera entre ambos escalones, las comunicaciones son resistentes a interferencias y los errores se corrigen de forma rápida ya que los satélites en órbita disponen de equipos mucho más potentes que los medios de transmisión del segmento terreno.

Adicionalmente, se tienen situaciones tácticas en las que el enlace vía medios satélite presenta ventajas competitivas:

- cuando no existe infraestructura previa de telecomunicaciones. Esto resulta en una gran independencia de la geografía y recursos materiales (como es el caso de los campos de maniobras o teatros de Operaciones en el Exterior);
- cuando las condiciones geográficas hacen impracticables otras opciones tradicionales como el enlace vía radio PR4G, o radioenlace con visión directa. La antena del terminal satélite solo tiene que apuntar hacia el satélite (esto es, orientar la antena hacia el cielo con una determinada orientación);
- cuando la situación táctica requiere de un lejano despliegue entre ambos COAAAS. La radio PR4G alcanza 20-25 km teóricos (es decir, en condiciones ideales) en configuración vehicular y con la antena vehicular 3088 VM.
- **Oportunidades.** Al realizar el enlace mediante medios satélite se conseguirá la evolución del concepto C2 (Mando y Control) al concepto C4ISR (Mando, Control, Comunicaciones, Informática, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento), cumpliendo así con el Plan de Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones (MC3) del ET. Esto permitirá que los miembros de la Batería Mistral se instruyan en nuevas Tácticas, Técnicas y Procedimientos (TTP's) relativas al manejo de equipos de transmisión.

Por otro lado, al enlazar los COAAAS vía satélite, se podrían liberar los 2 espacios reservados para las radios PR4G. Esto permitirá utilizar dicho espacio para otros dispositivos, o de utilizar estas 2 radios para establecer 2 mallas adicionales con otra entidad complementaria.

Como se ha dicho anteriormente del SECOMSAT, hay 2 satélites en órbita operativos y para el uso exclusivo del ET, uno principal y otro alternativo. Si se utilizase el satélite principal para ganar mayor alcance entre ambos COAAAS, se estaría siendo eficiente con los materiales actuales en el ET y parte de las nuevas radios E-Lynx se podrían destinar a otras unidades que realmente las necesiten y no tengan otra alternativa para ganar mayores alcances con sus medios. Por ejemplo, una unidad de caballería o infantería acorazada que utilice carros de combate se enlazará también por radio PR4G v3 en configuración vehicular y, dada la naturaleza del combate de estas unidades (movimientos rápidos y bruscos, combate todoterreno, retroceso del cañón ubicado en la torreta, etc.) no se pueden permitir montar un terminal satélite encima.



Esta idea es más apropiada para un vehículo que vaya a estar estático (VAMTAC de COAAAS-L y camión de COAAAS-M).

La última idea consiste en aprovechar el material disponible de la Brigada. La Compañía de Transmisiones de la Brigada XI, dispone de terminales satélite TLX-50 y TLB-50. Se ahorraría dinero si se utilizasen estos medios orgánicos, en vez de tener que comprar radios E-Lynx o un teléfono IP.

### 4.3 Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía teléfono IP

La Red de Área Global de Banda Ancha (*Broadband Global Area Network, BGAN*) es una red satelital de comunicaciones a través de terminales portátiles, vehiculares y estáticos, montada y operada por la empresa británica Inmarsat. Se apoya en una constelación de 14 satélites geoestacionarios que proporcionan una cobertura de casi todo el planeta (exceptuando las zonas polares). Como última alternativa se analiza el enlace entre los sistemas COAAAS mediante tarjeta SIM y teléfono IP. En concreto se estudia el terminal EXPLORER 727.

#### 4.3.1 Red BGAN y terminal vehicular EXPLORER 727

La red BGAN ofrece dos tipos de conexiones de datos con acceso a Internet: la conexión de estándar IP (*Internet Protocol*) y la conexión streaming IP. En la conexión de datos estándar múltiples usuarios pueden compartir su conexión de manera simultánea. Esta conexión tiene una velocidad de hasta 492 kbps y resulta ideal para correo electrónico, transferencia de archivos, descarga de ficheros y acceso a internet e intranet<sup>15</sup>. La conexión de datos streaming añade además una alta prioridad que garantiza la continua transferencia de datos. Su aplicación más apropiada es la de video por IP y tiene una velocidad de transmisión de datos asegurada por tramos de 32, 64, 128 y 256 Kbps. [20]

El terminal EXPLORER 727 (ver Figura 23) es un terminal vehicular que consta de transceptor, teléfono IP y antena. El teléfono permite el envío simultáneo de datos y fonía, permitiendo dos configuraciones de fonía (estándar a 4,0 kbps o alta calidad a 3,1 khz). También permite el envío mensajes de texto vía PC, SMS (de hasta 160 caracteres) y fax (3,1 khz). [20]

---

<sup>15</sup>Red de uso privado.



Figura 23. Antena, transceptor y teléfono IP del terminal EXPLORER 727. Fuente: [20]

#### 4.3.2 Compatibilidad con los sistemas COAAASL y COAAASM

A continuación, se analizará la implementación del terminal BGAN EXPLORER 727 descrito anteriormente en los sistemas COAAAS. Para ello, se compararán los requisitos necesarios de los sistemas COAAAS para ejercer sus funciones antiaéreas con las características que ofrece este medio.

- **Software.** El terminal permite el envío simultáneo de datos y fonía, lo que soluciona las limitaciones del modo MUX de la radio PR4G v3 (donde la transmisión simultánea falla). Además, la capacidad del terminal es muy alta, por lo que las necesidades de datos de la UCE y UCF estarían cubiertas.
- **Hardware.** El terminal contiene todas las interfaces que conectan las comunicaciones entre la antena y el resto de unidades de comunicación (teléfonos, ordenadores, etc). Las comunicaciones entre la antena y el terminal pasan a través de un único cable coaxial. El circuito de datos se montará con un cable Ethernet que conecte una de las entradas LAN del terminal a una de las entradas LAN del módem V23, tanto del COAAASL como del COAAAS-M, ya que dicho módem está conectado a la UCE y UCF, respectivamente. La entrada DC para el terminal está diseñada tanto para 24 V DC como para 12 V DC. Hay que mencionar que con los vehículos usados (VAMTAC o camión IVECO) se puede alimentar este dispositivo, así como con los grupos electrógenos de los que dispone el COAAAS-L y el COAAAS-M.
- **Soporte físico.** La antena permite su montaje en el techo de tres maneras posibles: utilizando los raíles del techo, utilizando un kit magnético que trae consigo, o taladrando el techo. En el caso de instalarlo en el COAAAS.L y COAAAS-M, lo mejor sería descartar la última opción. Además, el sistema dispone de un soporte (con alimentación a través de Ethernet) para el teléfono IP con alimentación a través de Ethernet, lo que permite la conexión a red y alimentación eléctrica mediante un único cable.

#### 4.3.3 Procedimiento de integración mediante terminal EXPLORER 727

En la 25 se muestra la distribución del conexionado de los componentes del terminal EXPLORER 727 para su puesta en funcionamiento. En este caso, la instalación se realizará dentro de la cabina del COAAAS-L y COAAAS-M.

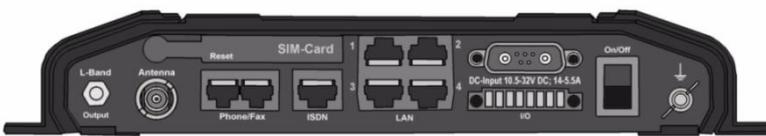
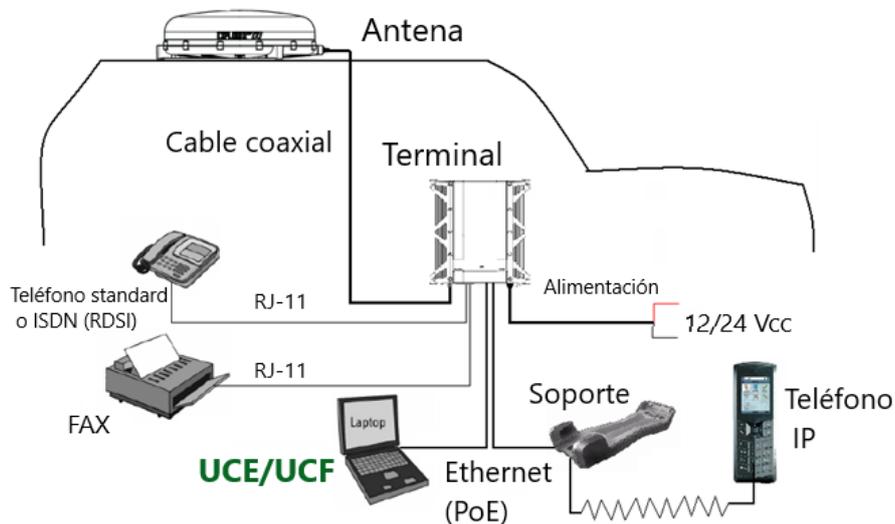


Figura 24. Vista las conexiones del terminal BGAN EXPLORER 727. Fuente: [20]

El propio terminal (ver Figura 24) actuaría como interfaz físico de todas las conexiones necesarias, se colocaría junto a los demás equipos de radio o transmisiones dentro de cada FDC. La alimentación que necesita para funcionar sería suministrada por cada vehículo de cada FDC, es decir, por el VAMTAC o por el camión IVECO M250, ambos vehículos disponen de una toma de 12/24 VCC.

El propio teléfono IP, que reposaría sobre su correspondiente soporte, iría conectado directamente al terminal. El teléfono IP se situaría también, junto a los equipos de transmisiones de cada FDC. La línea de fonía que se utilizara con el teléfono IP sería entre ambos COAAAS. La línea de datos COAAAS-M/COAAAS-L se materializaría en otro cable que, iría conectado directamente desde el terminal a cada consola (UCE en COAAAS-L y UCF en COAAAS-M).

La antena, que se montaría en el techo de la cabina de cada COAAAS, se conecta a través de un cable coaxial. Como ya se ha mencionado en el Apartado 4.3.2 su montaje es muy sencillo. La posibilidad de FAX y teléfono RDSI se podría utilizar llegado el caso, pero no interesa en este ámbito.



25. Distribución del conexionado del terminal EXPLORER 727. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4 Análisis DAFO para la integración mediante radio teléfono IP

Se ha realizado un análisis DAFO para estudiar la viabilidad de la integración de los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M mediante el terminal EXPLORER 727. El resumen de dicho análisis se muestra en la Tabla 6y se discute en detalle a continuación.



Tabla 6. Análisis DAFO para teléfono IP. Fuente: Elaboración propia.

DEBILIDADES	AMENAZAS
Seguridad civil y extranjera en las transmisiones No se aprovecha el SECOMSAT Precio elevado (medio civil no en dotación)	Futura adquisición de la radio E-Lynx
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Cobertura global Gran capacidad de transmisión de voz y datos Instalación fija en FDF, no requiere desplegar elementos en el terreno	Permite realizar ejercicios entre unidades muy distantes Libera 2 espacios adicionales de radio en COAAAS-L y COAAAS-M

- **Debilidades.** Con este sistema, la seguridad en las transmisiones depende de los satélites de la compañía británica Inmarsat. Lo ideal sería que dependiesen de una empresa española. No obstante, Reino Unido siempre ha sido un país aliado y actualmente es miembro de la OTAN. Por otro lado, no se aprovecharía el sistema español SECOMSAT. Al no utilizar un teléfono IP que se conecte a los satélites del sistema HISPASAT, no se utilizarían los medios de los que dispone España, en los que ya se invirtió dinero en su momento. Esta idea va también en detrimento del plan MC3 del ET. Finalmente, la implantación de esta alternativa llevaría asociada una inversión económica apreciable, ya que el precio del producto es elevado. Aunque se quisiera probar este método sería necesario comprar dos unidades como mínimo (una para cada COAAAS).
- **Amenazas.** Al igual que en los casos anteriores, la adquisición de la radio E-Lynx queda explicada en el análisis DAFO (ver Tabla 1) del Apartado 4.1.4.
- **Fortalezas.** Al tratarse de una comunicación por vía telefónica, la distancia de despliegue entre ambos escalones no se ve limitada por el enlace fonía/datos (como ocurre actualmente con la radio PR4G). El terminal telefónico tiene una gran capacidad de enviar datos (mucho mayor de la necesaria) y una excelente calidad de audio. Su instalación sería fija, dentro de la cabina del COAAAS-L y COAAAS-M, y no haría falta desplegar nada en el lugar de asentamiento (como sí ocurre con los terminales satélite). Esto brinda una mayor rapidez de entrada en posición<sup>16</sup> para cada escalón.
- **Oportunidades.** La cobertura global que ofrece el teléfono IP permitiría poder realizar ejercicios entre unidades muy distantes en el mapa. Esta idea va en beneficio del adiestramiento de la Batería Mistral y del resto de unidades con las que se integre. Además, al implementar el teléfono IP dentro del COAAAS-L y COAAAS-M, las dos radios PR4G que materializan la malla de datos y la malla de fonía ya no serían necesarias. Esto provoca que o bien se libere el espacio que ocupaban las radios, o

<sup>16</sup>Se entiende por entrada en posición al acto de desplegar el COAAAS-L o COAAAS-M en un asentamiento, con todos sus sensores y sistemas de armas asociados y estar en condiciones de hacer una acción de fuego.



bien disponer de estados 2 radios para establecer dos enlaces adicionales.

## 5 METODOLOGÍA AHP

A fin de ordenar las distintas alternativas contempladas para el enlace COAAAS-L/COAAAS-M (radio Harris, terminales satélite TLX-50 y TLB-50, y terminal EXPLORER 727) se aplica el método de decisión multicriterio AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Este método es una herramienta matemática de ayuda a la decisión frente a elecciones complejas que ordena las distintas alternativas en función de varios criterios, y si fuese necesario, con sus correspondientes subcriterios. [21]

Para elegir los criterios utilizados en el método AHP se ha tenido en cuenta el problema principal que aborda esta memoria (el enlace vía PR4G v3 tiene un alcance limitado para la integración COAAAS-L/COAAAS-M). También se ha teniendo en cuenta todo lo que conlleva sustituir la radio PR4G v3 por otro dispositivo. En particular, se debe elegir una alternativa que sea viable y se pueda adquirir con los recursos con los que se cuenta en la Brigada XI. También hay que ser capaz de materializar el enlace (los componentes de la Batería Mistral deben saber utilizar los medios disponibles) y se debe mantener la seguridad de todos los enlaces militares.

Se han seleccionado 5 criterios que miden las premisas más importantes y a tener en cuenta para la integración entre COAAAS-L/COAAAS-M en la Batería Mistral.

Cada criterio se ha ponderado (del 0 al 10, siendo 0 la nota más baja y 10 la más alta). Posteriormente, en el método AHP se traducirá esta ponderación (del 0 al 10) a un valor numérico llamado "peso" para cada criterio.

Cada criterio tiene un peso (comparando la importancia de cada criterio con el resto de criterios, se obtiene el valor "peso(w)" para cada uno (ver Figura 27). Más adelante se comparará las posibilidades de cada alternativa nuevamente enfrentándolas una a una

. Los criterios escogidos son los siguientes:

- Alcance de enlace. Distancia máxima a la se mantiene el enlace de fonía y datos entre ambos escalones. Esta característica es de gran importancia, y recibe un valor de 9 puntos.
- Capacidad de enviar datos. La capacidad de la onda portadora determina cuantos kbps se pueden emplear para enviar datos. Hay que tener en cuenta también la cantidad de kbps que necesita el sistema COAAAS-L/COAAAS-M (1,2 o 2,4 kbps), ya que no merece la pena decidirnos por un medio que exceda en demasía las necesidades de ambos escalones. Por este motivo, esta característica recibe un valor de 3 puntos.
- Seguridad en las transmisiones. Algunas alternativas utilizan satélites militares y otras satélites civiles (con las implicaciones que estos últimos conllevan). Esta característica recibe un valor de 7 puntos.
- Dotación/Implementación. Este criterio apunta al coste que tendría adquirir el medio elegido (ningún coste si el medio se encuentra en dotación en el ET). Esta característica recibe un valor de 8 puntos ya que se busca un medio alternativo factible para la Brigada XI.
- Instrucción al personal. Este criterio hace referencia cómo de familiarizados están los miembros de la Batería Mistral con la alternativa (es decir, busca reflejar si lo han



utilizado alguna vez o si les costaría mucho trabajo aprender a manejarlo). Esta característica recibe un valor bajo (1 punto) ya que todos los artilleros de la Batería Mistral son capaces de aprender a utilizar distintos medios de transmisiones con un poco de práctica. Y, en última instancia, aunque fuese más difícil, su deber es instruirse con el material que tienen.

Se ha utilizado el software "Ayuda a la Decisión AHP", facilitado por el Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López, actualmente destinado en el Centro Universitario de la Defensa. Dicho software es un programa informático que realiza todos los cálculos de las matrices del método AHP para finalmente mostrar en pantalla la matriz de decisión.

A continuación, se muestra la metodología AHP empleada, mediante imágenes extraídas del programa "Herramienta Ayuda Decisión". El proceso se divide en 4 etapas:

- En la Etapa 1 (ver Figura 26) se introducen los criterios utilizados y las alternativas bajo estudio.
- En la Etapa 2 (ver Figura 27) se establece la relación de importancia entre los criterios de acuerdo a la escala Saaty, y se obtiene el peso ponderado de cada criterio.
- En la Etapa 3 se lleva a cabo una valoración comparada de cada alternativa para cada uno de los criterios (ver Figura 28 y Figura 29).
- Finalmente, en la Etapa 4 se obtiene la matriz de decisión en la que se jerarquizan numéricamente las alternativas. (ver Figura 30)

Figura 26. Etapa 1 de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia.

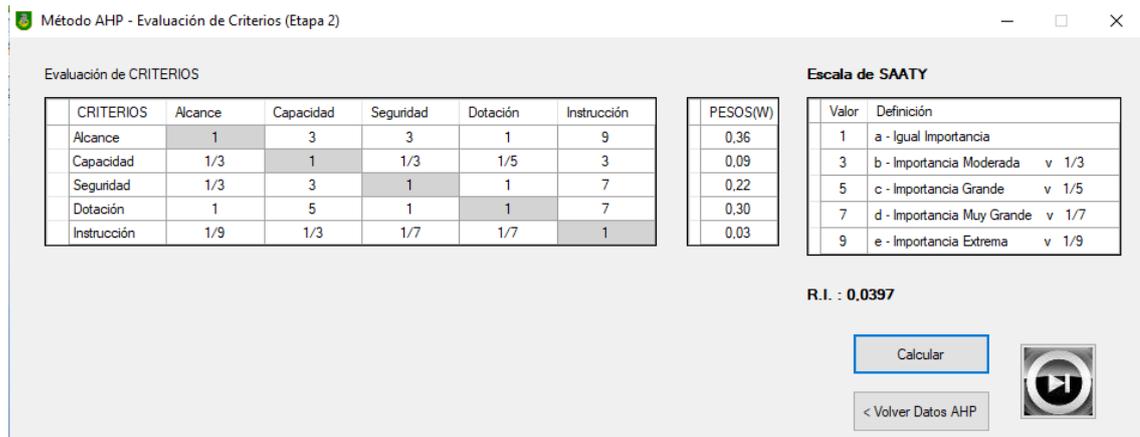


Figura 27. Etapa 2 de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los valores numéricos asignados a cada criterio anteriormente (en una escala del 0 al 10) y habiendo hecho una comparación entre los 5 criterios enfrentados uno a uno, cada criterio debe tener un valor en la columna “PESOS(W)” (ver Figura 27) acorde con el valor asignado del 0 al 10. Esto demostrará que existe correlación entre la evaluación de cada criterio (parte teórica) y su valor “peso” introducido al programa AHP (parte práctica). (ver Tabla 7)

Tabla 7. Correspondencia entre la puntuación asignada y el peso calculado por el programa AHP para todos los criterios del programa AHP. Fuente: Elaboración propia.

CRITERIOS	PUNTUACIÓN	PESO
Alcance del enlace	9 (puntuación más alta)	0,36 (mayor peso)
Dotación/Implementación	8	0,30
Seguridad en las transmisiones	7	0,22
Capacidad de enviar datos	3	0,09
Instrucción	1 (puntuación más baja)	0,03 (menor peso)

Adicionalmente, y como se puede observar en la Figura 28, el índice aleatorio (R.I.) tiene un valor de 0,0397. El R.I. debe ser menor a 0,1 para que este estudio sea válido y consistente. En las demás figuras, el R.I. también tiene un valor menor a 0,1.

En la Etapa 3 se le asigna un valor (peso) a cada criterio de cada alternativa y respecto a las demás alternativas (por comparación). Por ejemplo, para la primera alternativa TLX-50, el criterio “Alcance” aparece en forma de matriz en la parte superior derecha de la Figura 28. Se aprecia que tiene el mismo alcance que la alternativa TLB-50, de ahí el valor 1, pero si se compara con la alternativa HF HARRIS, aparece un 5, ya que el TLX-50 tiene mucho más alcance que la radio HF HARRIS.



CAC Francisco Manuel Morales Gallego

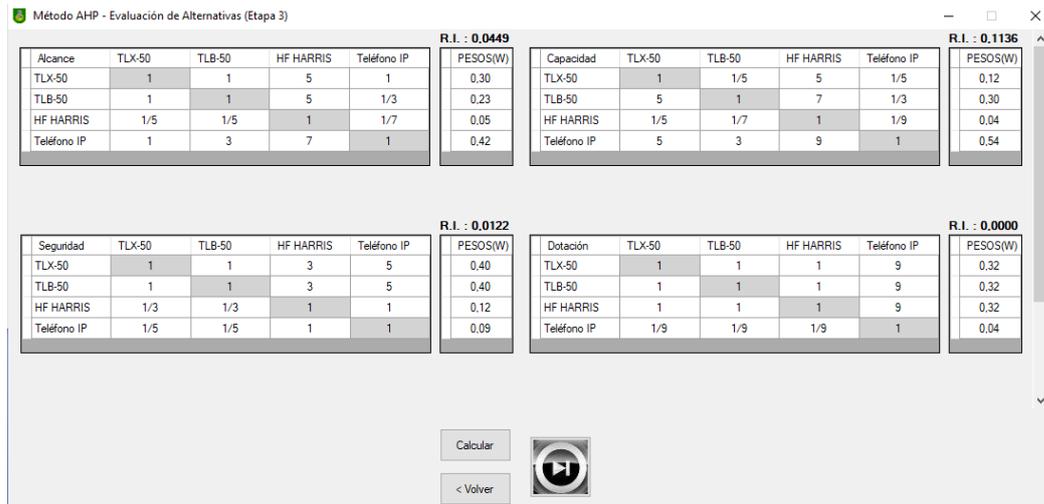


Figura 28. Etapa 3 de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia

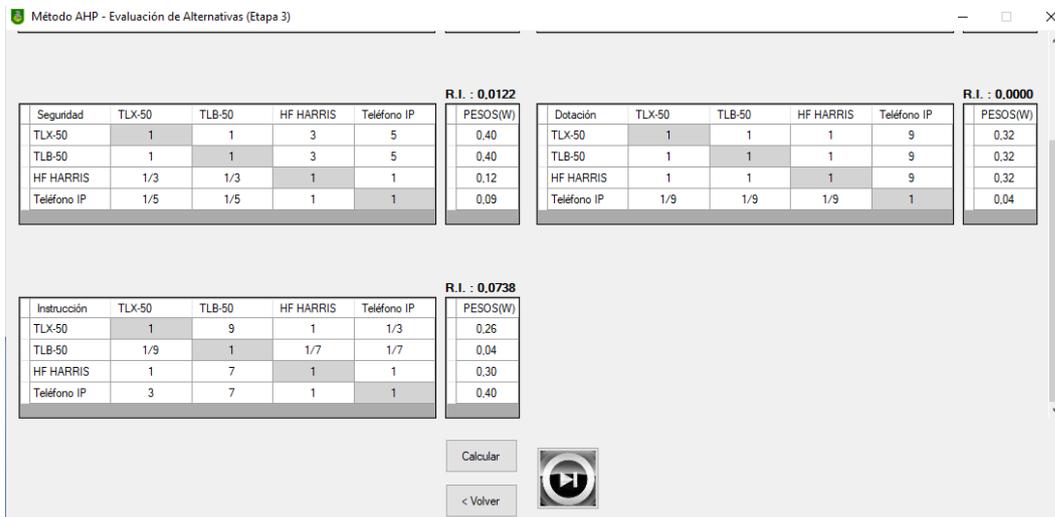


Figura 29. Etapa 3 (criterios restantes) de la metodología AHP. Fuente: Elaboración propia

El resultado final del método AHP se muestra en la matriz de decisión de la Etapa 4 (ver Figura 30). La matriz de decisión final es elaborada por los cálculos matemáticos del programa y en función de los criterios y sus respectivos pesos.

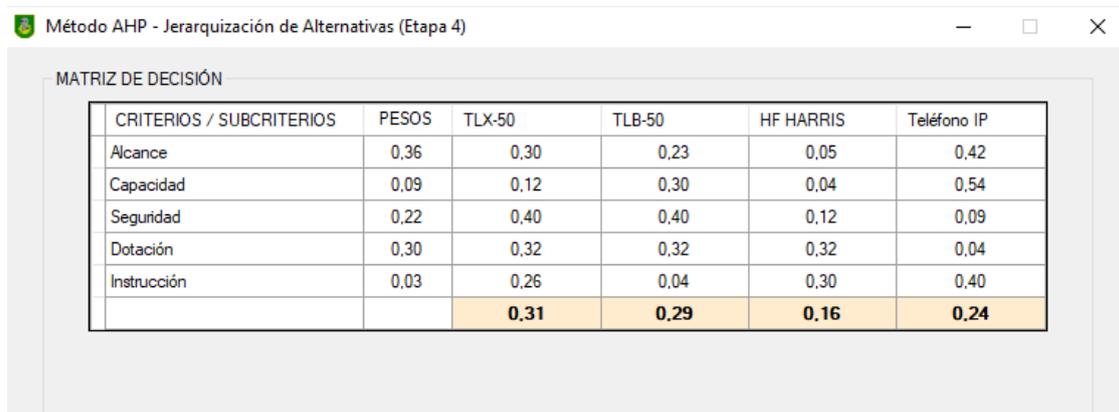


Figura 30. Matriz de decisión construida a partir del software "Ayuda a la Decisión AHP". Fuente: Elaboración propia.



Analizando los valores obtenidos para cada alternativa, se puede apreciar que las dos opciones que han obtenido mayor puntuación son los terminales satélite TLX-50 y TLB-50. El TLX-50 es, por poca diferencia, la mejor alternativa para implantar en la Batería Mistral de la Brigada XI. Esta pequeña diferencia se debe a que, cumpliendo el mismo objetivo, es un dispositivo más sencillo de transportar, utilizar y desplegar. Es cierto que tiene menos capacidad de transmitir datos que el TLB-50, pero realmente no es necesario sacrificar la portabilidad que ofrece el TLX-50 a cambio de tener mayor capacidad, ya que, como se ha visto anteriormente, solo se necesitan 2,4 Kbps para la integración COAAAS-L/COAAAS-M, y el TLX-50 ofrece hasta 128 Kbps.

## 6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

### 6.1 Conclusiones

Hay que recordar que la radio PR4G v3 funciona correctamente para cortas distancias entre escalones, pero la realidad es que el COAAAS-L y el COAAAS-M, en una situación real de combate deben permanecer muy separados.

Las alternativas que se recogieron y se estudiaron a fondo para implantarlas en ambos escalones resolvían el problema de disponer de mayor alcance de enlace, pero cada una tenía sus puntos fuertes y débiles, y se debía buscar la alternativa más idónea para la Batería Mistral. Esta idoneidad se ha estudiado y buscado mediante análisis DAFO y finalmente mediante un análisis AHP.

Dentro de las alternativas propuestas, el Terminal TLX-50, que se encuentra en dotación, tiene un tamaño aceptable, un peso ligero y tiene capacidad de sobra para enviar datos y fonía entre ambos COAAAS. Proporciona un muy elevado alcance al utilizar los satélites del programa SECOMSAT del ET. Es una alternativa muy robusta frente al uso de la radio PR4G v3.

Ya se ha visto que el TLX-50 puede instalarse en ambos escalones. Esto, junto con todo el análisis correspondiente a la alternativa TLX-50 (descripción, procedimiento de integración en COAAAS-L y COAAAS-M, análisis DAFO y su ponderación en el método AHP) demuestra que es una alternativa que soluciona el problema que aborda esta memoria.

El GACA XI de la Brigada XI, en el cual se encuadra la Batería Mistral, dispone de un pelotón de transmisiones encuadrado en la Batería de Plana. Este personal, que es del Arma de Transmisiones, está más que capacitado para resolver cualquier problema que pudiese surgir durante la implantación del TLX-50 en el COAAAS-L. De esta manera se consigue la autosuficiencia del GACA XI para poder emplear medios de transmisiones como el TLX-50.

Por otra parte, si no fuera suficiente con éste pelotón, se puede recurrir al personal de la Compañía de Transmisiones de la Brigada, que para mayor beneficio, se encuentra en el mismo edificio que el GACA XI y sus Baterías.

Hablando en líneas generales, la implantación del Terminal TLX-50 es totalmente viable. Se puede realizar de manera inmediata, ya que la Brigada XI dispone de estos medios, a lo que se suma la ventaja de no tener costes adicionales. Tampoco se corren riesgos ya que se



trata de sustituir un equipo de transmisiones por otro y se cuenta con personal especializado para no cometer errores en cuanto al conexionado de cables.

## 6.2 Líneas futuras

Respecto al uso del terminal TLX-50, cabe destacar que encajaría con las adaptaciones que se deben hacer para combatir en el futuro entorno operativo 2035, en el cual el ET se enfrentaría a un enemigo tecnológicamente más evolucionado. Una posibilidad es que el enemigo fuese capaz de degradar la Red Básica de Área (RBA) y de derribar la arquitectura de medios de radio. No obstante, el uso del terminal satélite TLX-50 no utiliza la RBA y se conecta directamente con los satélites de SECOMSAT, por tanto la Batería Mistral seguiría manteniendo el enlace con su escalón superior (COAAAS-M, que también estaría conectado al satélite).

Respecto a la futura adquisición de la radio E-Lynx, está previsto que se inicie el reparto de 550 radios a mediados de 2021 [22] en el ET, pero la prioridad son los contingentes (unidades) que se encuentran desplegados en misiones en el exterior. Por tanto, es muy probable que tarden mucho más tiempo en llegar a cada Brigada, Regimiento, etc. Es más, puede que lleguen y no haya radios suficientes para todas las unidades. Por ejemplo, se le podría asignar un número concreto de radios E-Lynx a la Brigada XI (contando con que le llegasen a esta Brigada) y a su vez, dentro de esta Brigada, se le dé preferencia a las Unidades de Infantería o Transmisiones, lo que supondría que la Batería Mistral (Artillería Antiaérea) siguiese con el mismo problema de buscar una alternativa a la radio PR4G v3. Para ello se ha desarrollado la integración vía terminal satélite TLX-50 en esta memoria.

Por otro lado, la adquisición de la radio E-Lynx será puramente beneficiosa, ya que, de igual manera que la radio PR4G v3 se ha utilizado en la integración COAAAS-L/COAAAS-M, la radio E-Lynx la podrá sustituir (se puede configurar vehicularmente en ambos escalones, es una radio VHF/UHF más moderna, etc.) y se obtendrá un mayor alcance (del orden de 42 km, frente a los 10 o 12 km reales que ofrece la PR4G).

Si bien es cierto que el TLX-50 al conectarse a un satélite tiene muchísimo más alcance que la radio E-Lynx, ésta última ofrece más alcance que la radio PR4G v3, es decir, se sigue resolviendo el problema planteado en esta memoria.

El uso de medios radio (E-Lynx) o de terminales satélite dependerá de la situación táctica en la que se encuentren involucrados los sistemas COAAAS-L y COAAAS-M y de la tecnología de la que disponga el enemigo, de si es capaz de degradar nuestra arquitectura de medios radio o no. Dado que cada conflicto y cada enemigo (enemigo convencional, enemigo híbrido, enemigo insurgente, etc.) es distinto, es por esto que ambas alternativas pueden coexistir. Cambiar de una a otra solo requiere montar un dispositivo u otro en cada COAAAS antes de salir al teatro de operaciones.



## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ejército de Tierra. (2016) .*Empleo de la Artillería Antiaérea. (Tomo I: Capítulo I)*. PD4-300.
- [2] Modrego López, M. A. (2021). *Sistema de Defensa Aérea*. Visita base aérea de Zaragoza. (Zaragoza) el día 4 de Abril de 2021.
- [3] Mora Rejas, L. (2022) Apuntes de la asignatura Mando y Control de Artillería Antiaérea, *Sesión 4 COAAAS\_M*. Academia de Artillería, Segovia.
- [4] Carrasco, B. (2020) Telefónica suministrará al Ejército español la radio E-Lynx de Elbit. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124331/telefonica-suministrara-ejercito-espanol-radio-e-lynx-elbit>[Consultado: 20-03-2022]
- [5] Martín Moya Fco. José. (2021).Apuntes de la asignatura "Táctica y Logística de Artillería de Campaña". *Marco doctrinal de los apoyos de fuego conjunto en el entorno operativo futuro JEMAD 2035*. Academia de Artillería.
- [6] Ejército de Tierra. (2016).*Radioteléfono PR4G V3 (Capítulo I)*. MI-500.
- [7] Ejército de Tierra. (2018).*Radio HF HARRIS RF-5800-H(Capítulo I)*. MI-506.
- [8] Ismael Pellejero (2008). "Comunicaciones NVIS en HF", pp12-15. Disponible en: <http://www.ipellejero.es/hf/NVIS/index.php> [Consultado: 15-12-2021]
- [9] Apuntes de la asignatura Satélite, Capítulo 1, *Sistemas de Comunicación por Satélite*. (20120) Academia de Ingenieros, Madrid.
- [10] Redacción Infodefensa.com (2021). Defensa contará con 32,4 millones para el sostenimiento de terminales satélite. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/2964763/defensa-contara-324-millones-sostenimiento-terminales-satelitales>[Consultado: 20-03-2022]
- [11] Ejército de Tierra. (2019).*Terminal Satélite SOTM (Capítulo I)*. MI-508.
- [12] Hisdesat. Disponible en: [https://www.hisdesat.es/satelites\\_comunic-spainsat/](https://www.hisdesat.es/satelites_comunic-spainsat/)[Consultado: 20-03-2022]
- [13] Apuntes de la asignatura Satélite, Capítulo 4, *SECOMSAT, Sistema Español de Comunicaciones Satélite*(2019). Academia de Ingenieros, Madrid.
- [14] Sánchez Tapia C. y Ortín Gracia J. (2019). "Apuntes Tecnologías para la Defensa", *Capítulo 3*. Centro Universitario de la Defensa, Zaragoza.
- [15] Ejército de Tierra. (2012). *Terminal Satélite TLX-50*. MI4-505.
- [16] Indra. (2010). Manual de usuario. Terminal Ligerio TLX-50C1. Programa SECOMSAT-2 (*Apartado 1.8 "Interfaces externos del Terminal"*) Madrid.
- [17] Electrónica ARC. (2010). Tutorial RS232 sobreinterfaz de datos y cables. Recuperado 28-07-2011. Disponible en: <https://arcelect.com/rs232.htm> [Consultado: 20-03-2022]
- [18] Bentz. Información sobre electricidad, electrónica y automatización: RS-232 - RS-485 – RS-422. Disponible en: <http://bentz5.blogspot.com/2015/09/rs232-rs485-rs422.html> [Consultado: 20-03-2022]



[19] Ejército de Tierra. (2012). *Terminal Satélite TLB-50*. MI4-506.

[20] Cobham SATCOM. (2015). *Explorer 727 Installation Manual*. Disponible en: <https://sync.cobham.com/satcom/support/downloads/?type=2540&article=9004> [Consultado: 06-10-21]

[21] Ruiz López C. (2021). "Herramienta de Ayuda a la Decisión". Centro Universitario de la Defensa, Zaragoza.

[22] Redacción Infodefensa (2021) "El ejército se forma en el manejo de su nueva radio E-Lynx de Elbit". Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/2964580/ejercito-forma-manejo-nueva-radio-e-lynx-elbit> [Consultado:20-03-2022]

[23] Ejército de Tierra. (2020). *Táctica. Empleo de la Batería Mistral*. PD4-306.



## **ANEXOS**



## Anexo 1. Despliegues de la Batería Mistral

El despliegue de una Batería Mistral, generalmente, obedece a tres cometidos tipo: defensa de zona, defensa de punto y protección de fuerzas.

### - Defensa de zona

La Batería Mistral se encarga de proteger un área determinada. Distribuirá sus pelotones en el terreno de forma que impida al enemigo llevar a cabo operaciones aéreas.

### - Defensa de punto

La Batería Mistral se distribuye alrededor de un elemento crítico de vital importancia para el cumplimiento de la misión como pueden ser nodos de comunicaciones, áreas logísticas o puestos de mando.

### - Protección de fuerzas

La Batería Mistral acompaña y protege de la amenaza aérea el avance de las fuerzas propias.

A su vez, para cada cometido, se pueden adoptar distintos tipos de despliegue: despliegue rectangular, despliegue perimétrico y otros despliegues.

### Despliegue rectangular

La distancia entre cada PT (Puesto de Tiro) es totalmente variable y se procurará no sobrepasar los 3,5 km pues siempre se busca mantener el solape de fuegos.

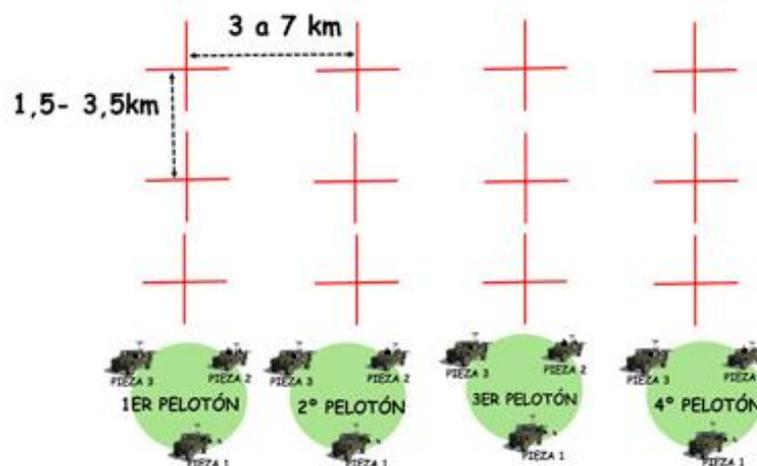


Figura 31. Despliegue rectangular de Batería Mistral. Fuente: [23].

### Despliegue perimétrico

Como su propio nombre indica, este despliegue se adoptará cuando el cometido sea la defensa de un punto vital. Se trazará un radio con centro dicho punto vital, y se distribuirán los 12 PT's en forma de elipse o dodecágono.

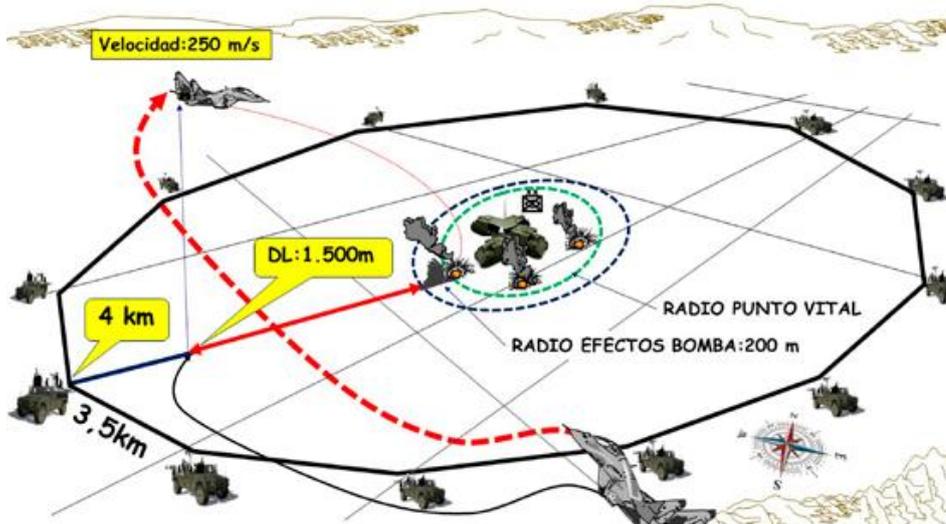


Figura 32. Despliegue periférico de Batería Mistral. Fuente: [23].

**Otros despliegues**

El despliegue de la Batería Mistral es flexible y se puede adaptar a factores como avenidas de aproximación del enemigo. En éste caso, se colocarán más Puestos de Tiro en la dirección probable de ataque del enemigo, es decir, se ponderará la defensa en uno de los sectores de los 360°.

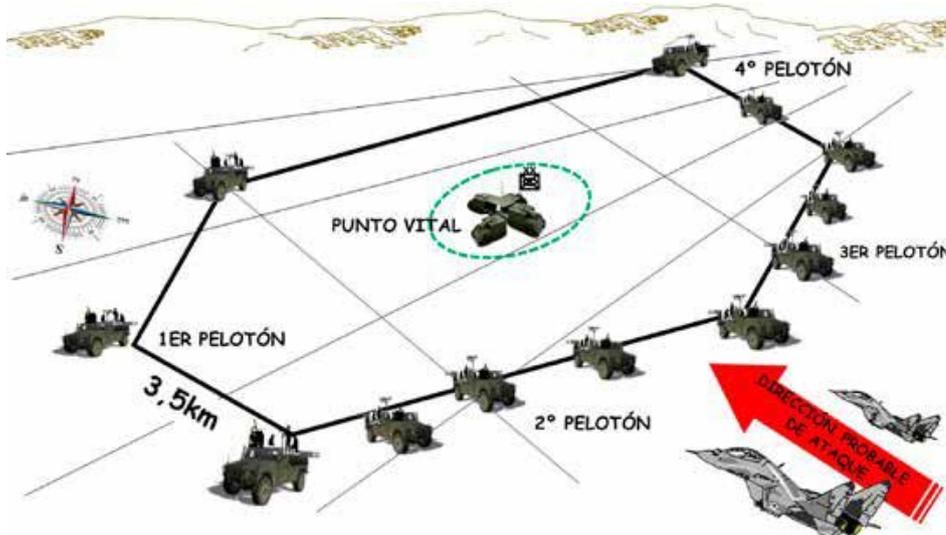


Figura 33. Defensa ponderada de un punto vital. Fuente: [23].

Otro posible despliegue puede ser la defensa de un pasillo de penetración. Para defenderlo, los pelotones toman intervalos y se escalonan en profundidad a lo largo de una dirección de ataque.



Figura 34. Defensa de un pasillo de penetración. Fuente: [23].



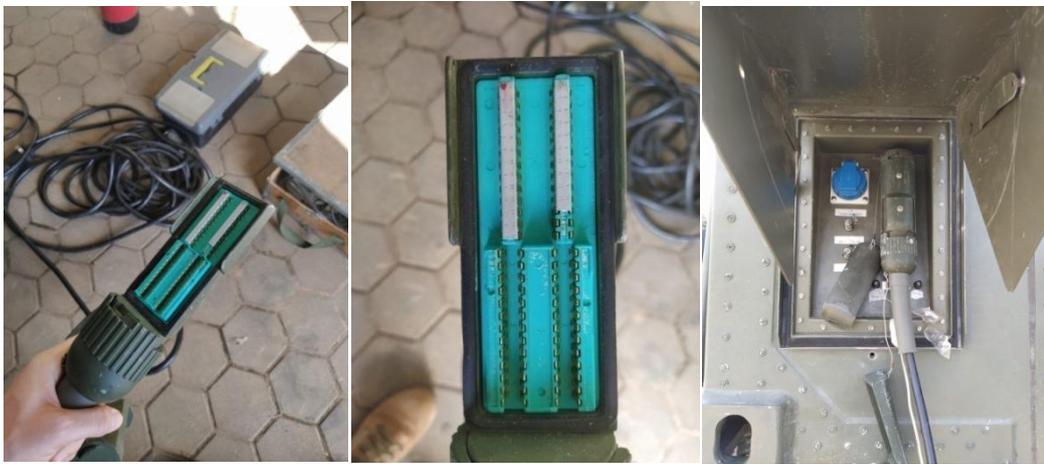
## Anexo 2. Listado nominal del personal entrevistado

Persona y empleo	Unidad	Información obtenida
Capitán Rubén Alonso Jauregui	AGM (II Bon.)	Nociones básicas de procedimientos alternativos para la integración COAAAS-L/COAAAS-M.
Capitán Miguel Ángel Modrego López	ARS (GRUNOMAC)	SDA (Sistema de Defensa Aérea), Sistema ARS e integración de las UDAA's en el SDA.
Capitán Llorente Rubio	UTMAAA	Procedimiento de integración con TLX-50, información del cableado necesario.
Teniente Grimalt	Compañía de Transmisiones del BCG de la Brigada XI	Terminales Satélites y teléfono IP (tarjeta SIM).
Teniente Peña	Compañía de Transmisiones del BCG de la Brigada XI	Terminales Satélite y funcionamiento de radio PR4G v3.
Teniente Mena	Compañía de Transmisiones del BCG de la Brigada XI	Estado de los Terminales Satélite de la Brigada. Requisitos SAS.
Brigada Aranda	2º Escalón de Mantenimiento del GACA XI	Comunicaciones del Sistema COAAAS-L y COAAAS-M.
Brigada Segundo	Batería Mistral del GACA XI	Comunicaciones en el Sistema COAAAS-L y COAAAS-M, funcionamiento de Radio PR4G(método actual) y funcionamiento de Radio HF.
Sargento Coca	Batería Mistral del GACA XI	Procedimiento de enlace entre ambos COAAAS vía telefónica y vía cable Link 11-B.
Sargento Torres	Batería Mistral del GACA XI	Funcionamiento de radio PR4G y conexiones internas en UCE.
Sargento Mondría	Batería Mistral del GACA XI	Vehículo VAMTAC (tomas de antena).
Cabo 1º Mata	Batería de Plana del GACA XI	Comunicaciones Satélite y Terminales Satélite. Empleo de radio HF HARRIS, empleo de antenas NVIS.



### Anexo 3. Enlace COAAS-L/COAAS-M vía cable Link 11B

Para integrar ambos COAAS cuando se encuentran juntos en el terreno se puede utilizar el cable Link 11B. Como se explica en el apartado “3.1 Antecedentes ” dicho cable se conecta desde el panel de conexiones externo de la cabina del COAAS-L al módem V.23 del COAAS-M. En el panel exterior del COAAS-L, el cable se conecta a una entrada “toma de cocodrilo” (ésta denominación viene por la forma de éste extremo del cable, que se muestra a continuación) y en el COAAS-M, se conectan los 4 hilos (2 para transmisión y 2 para recepción) del otro extremo del cable al módem V.23. Cabe decir que no haría falta usar un cifrador (seguridad en las transmisiones), ya que la conexión es directa.



*Figura 35. Izquierda y Centro: Foto del extremo del cable Link 11B. Derecha: Cable Link 11B conectado a panel de conexiones externo de la cabina del COAAS-L. Fuente: Elaboración propia.*



## Anexo 4. Enlace COAAAS-L/COAAAS-M vía telefónica

La integración vía telefónica permite ejecutar ejercicios para instruir al personal de ambas Unidades (Brigada XI y Regimiento de Artillería Antiaérea n° 74) de una manera coordinada donde el escalón superior (COAAAS-M) es el que lleva la conducción de la batalla aérea.

La toma telefónica de la Brigada XI que se utiliza para esta integración está ubicada en uno de los edificios pertenecientes al 2º Escalón de Mantenimiento de la Brigada.



*Figura 36. Toma telefónica de la Brigada XI, utilizada para la integración COAAAS-L/COAAAS-M. Fuente: Elaboración propia.*

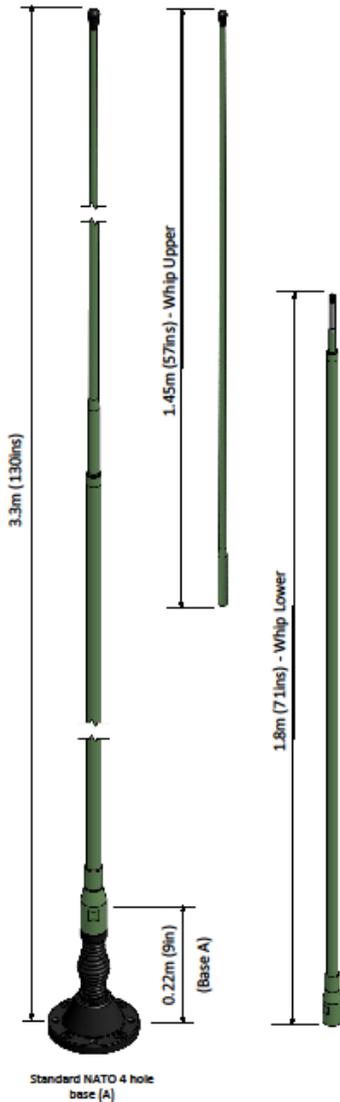


## Anexo 5. Características de la Antena VHF 3088VM



### VHF3088VM

VHF Dipole Antenna, Vehicle, Mast & Fixed Mount  
Base options including L1 & L1/L2 GPS



#### Application

The VHF3088VM is a broadband VHF antenna designed for use on all modern in-service military platforms, including armoured or soft skin, metal chassis or composite, wheeled or tracked. Rigid versions are available for shipboard and fixed station applications. Brackets are also available for masts and pole mounting.

Bases are available for vehicle, mast and fixed mounting with optional L1 & L1/L2 GPS.

The antenna is a dipole design so does not require a ground plane to operate.

#### Electrical Specification

Frequency range	30 - 88 MHz
VSWR	See diagram
Nominal impedance	50 ohm
Power rating	100 W
Gain	See diagram
Radiation pattern	Azimuth: Omnidirectional Elevation: See overleaf
Polarisation	Vertical
Connector	BNC Female, others on request

#### Mechanical specifications

Design	Centre fed dipole. Radiating elements completely enclosed in epoxy/fibreglass laminate. Metal parts are plated brass and stainless steel.
Length*	Total: 3.3 m (130 in) Lower Whip: 1.8 m (71 in) Upper Whip: 1.45 m (57 in) Base (Option A): 0.22 m (9 in)
Weight	Whips - 1.65 kg (3.6 lbs) Complete - 3.4 kg (7.5 lbs)*
Wind rating	55 m/s = 125 mph
Finish	Polyurethane lacquer.
Colour	Customer Specified
Installation	See base option table
Temperature range	-55 °C, +71 °C; -67 °F, +160 °F

\* Weight with standard NATO 4 hole vehicle base. Base options specified overleaf.  
# Nominal dimensions subject to manufacturing tolerances.

Figura 37. Datos de la Antena VHF3088VM. Fuente: [www.comrod.com](http://www.comrod.com)



## Anexo 6. Configuración vehicular de la Radio HARRIS

Para integrar la radio HARRIS en el vehículo se utiliza un amplificador que permite a esta emitir a su máxima potencia de salida.

Las conexiones entre la radio (RF-5800H) y el amplificador (RF-5833H) son las siguientes:

1. Conexión de AUDIO desde J1 de RF-5800H a J6 de RF-5833H.
2. Conexión de ANTENA desde J7 de RF-5800H a J1 de RF-5833H.
3. Conexión de ALIMENTACION desde J8 ACCESSORY del RF-5800H al J2 PA CONTROL del RF-5833H.
4. Conector de AUDIO para micro teléfono desde el amplificador RF-5833H PA.

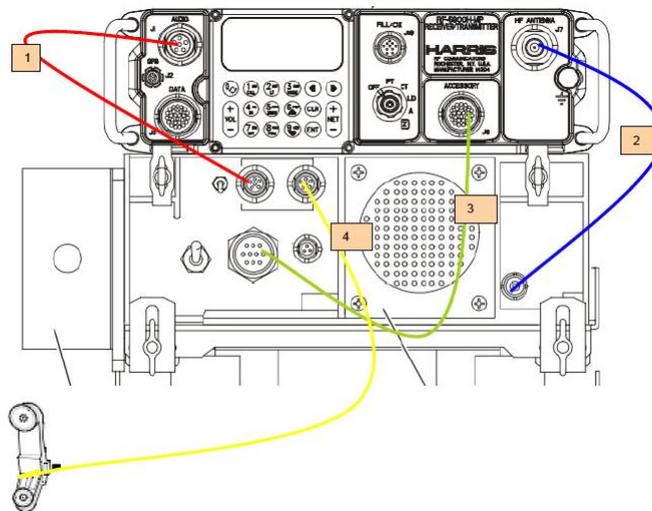


Figura 38. Conexiones entre radio RF-5800H y amplificador RF-5833H. Fuente: [7].



Figura 39. Foto de radio RF-5800H conectada a amplificador vehicular RF-5833H. Fuente: [7].



## Anexo 7. Esquema de la Antena Chelton sobre vehículo VAMTAC.

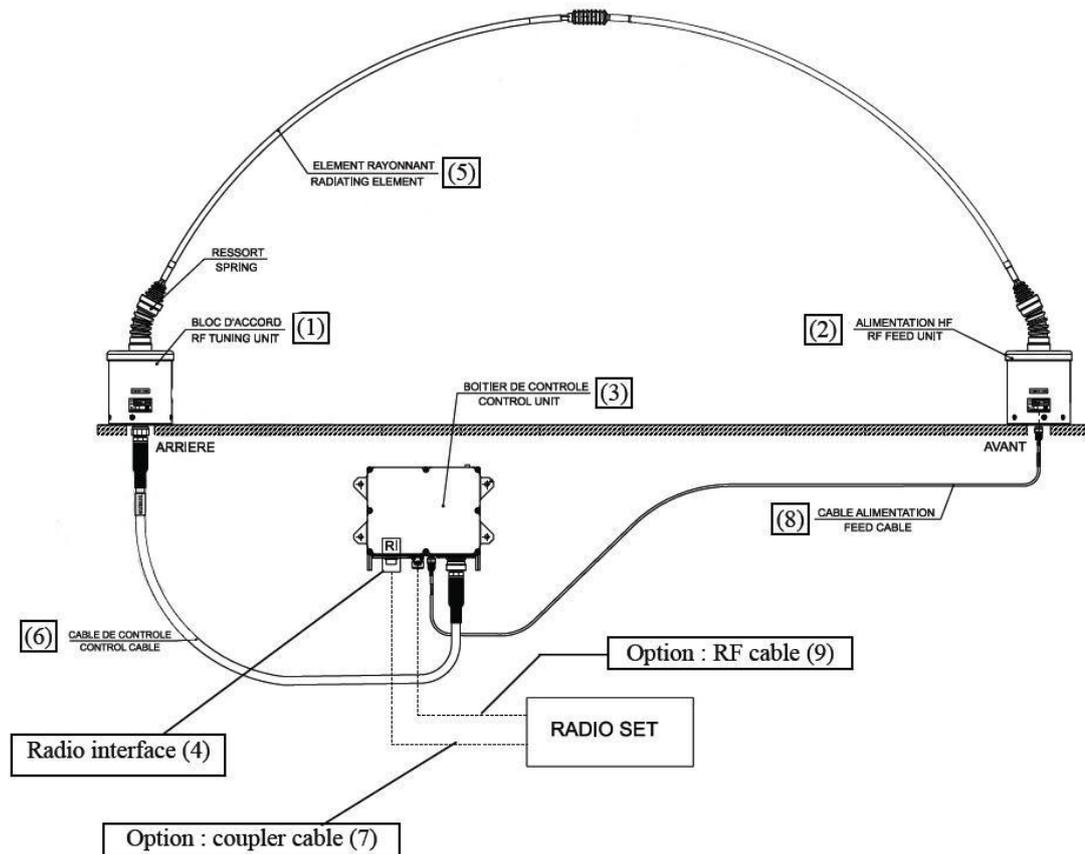


Figura 40. Esquema de la Antena Chelton. Fuente: Chelton Antennas.



## Anexo 8. Cobertura de SECOMSAT

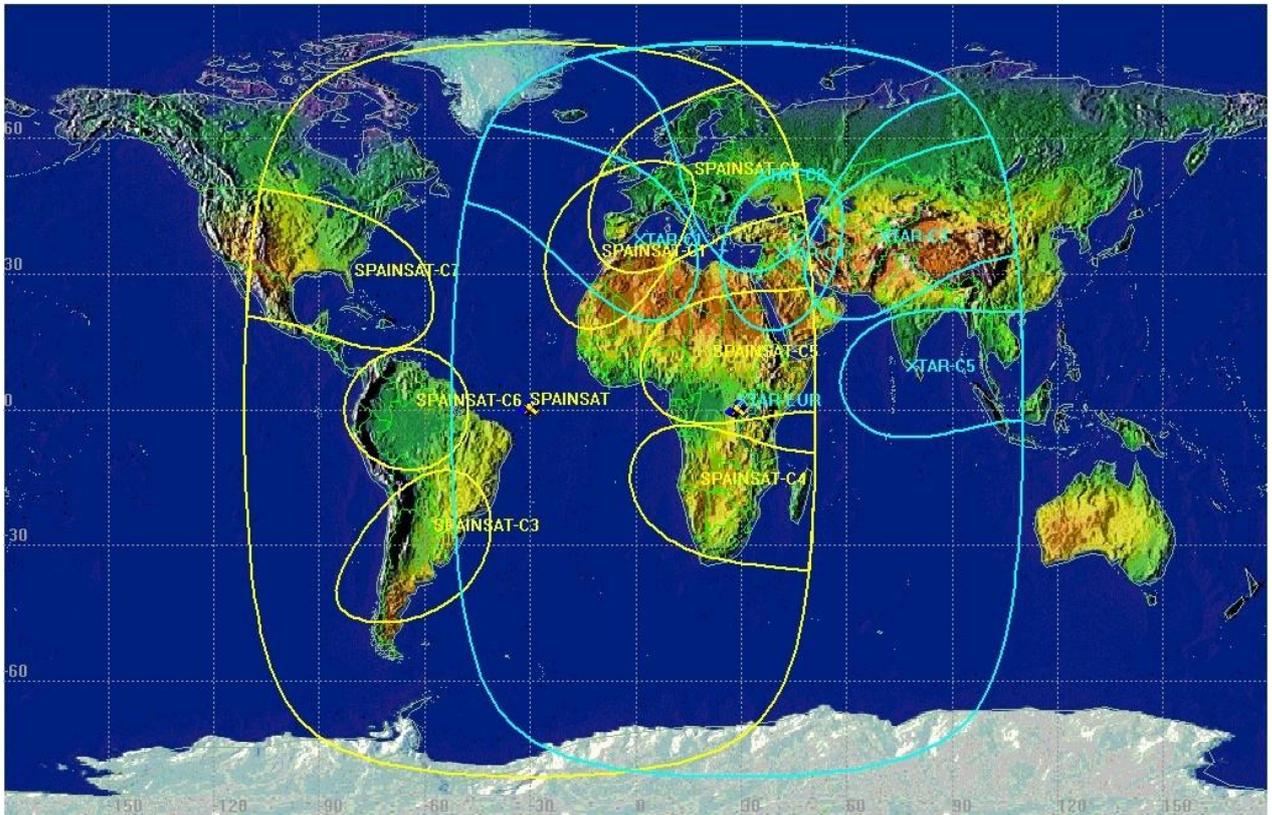


Figura 41. Cobertura de las plataformas SPAINSAT y XTAR-EUR. Fuente: [12].

Los 5 transpondedores en Banda X asignados al MINISDEF de SPAINSAT proporcionan las coberturas denominadas C1, C2, C3 y G1.

- Haz C1: Haz fijo ( $4,5^\circ$ ) en Recepción (Rx) y Transmisión (Tx), ilumina territorio nacional y zonas de interés estratégico.
- Haces C2 y C3: Haces orientables ( $4^\circ$ ) en Recepción (Rx) y Transmisión (Tx) sobre cualquier punto visible desde el segmento especial.
- Haz G1: Haz global, en Rx y Tx, sobre cualquier punto visible desde el segmento especial.

Los demás haces de cobertura no están asignados como tal al MINISDEF, no obstante, será oportuno tenerlos en cuenta, ya que, si hiciese falta utilizarlos por a un conflicto armado, el Gobierno podría ponerlos al servicio del MINISDEF.

- Haces C4, C5 y C6: Orientables ( $4,5^\circ$ ) en Rx y TX sobre cualquier punto visible desde el segmento especial.
- Haz C7: Haz fijo, ( $4^\circ$ ) en Rx y Tx, sobre el este de EE.UU.



Por otro lado, y en color azul, se muestra la cobertura proporcionada por el sistema XTAR-EUR, dividida en haces de cobertura también:

- Haz C1: Haz fijo ( $4,5^\circ$ ) en Rx y Tx, ilumina territorio nacional y zonas de interés estratégico.
- Haz C2: Haz orientable ( $4,5^\circ$ ) en Rx y Tx, sobre cualquier punto visible desde el segmento especial
- Haz G1: Haz global, en Rx y Tx, sobre cualquier punto visible desde el segmento especial.



## Anexo 9. Guía de montaje y operación del Terminal TLX-50

### DESPLIEGUE DEL TERMINAL

1. Desplegar y montar la antena en el lugar adecuado, teniendo en cuenta que tiene que estar libre de obstáculos.
2. Instalar el cofre del transceptor y conectar el cableado a la antena.
3. Instalar el cofre de Banda Base en el lugar desde el que se vaya a operar el terminal y conectar el cableado al transceptor(máxima distancia 20metros).
4. Asegurarse de que las tomas de tierra están conectadas y de que cada cable está conectado en su correspondiente conector.

(Cada uno de los cables del terminal tiene una numeración.)

### SECUENCIA DE ENCENDIDO

1. Previamente al encendido se comprobará que el voltaje que le llega al equipo es de 220V.
2. Encender el conmutador del Cofre de Banda Base. En este momento todos los equipos que componen el cofre deben de encenderse. Si no fuera así se tendría que comprobar si los interruptores de encendido que tienen en la parte trasera están en ON. El módem no dispone de este interruptor, por lo que tendríamos que comprobar únicamente que el cable de alimentación está conectado.
3. Encender el PC.
4. Encender el Transceptor.

### OPERACIONES PREVIAS EN EL SUBSISTEMA CAC

1. Hacer doble click sobre el Transceptor y comprobar que:

- MUTE TX.....ACTIVO
- MUTE RX.....ACTIVO

Si alguno de ellos estuviera en MUTE INACTIVO, debemos pasarlo antes de seguir a modo ACTIVO.

2. Editar un nuevo enlace

- Pulsar sobre el icono de [ENLACES]                      [ NUEVO]            [ EDITAR]

Introducir los valores de cada uno de los parámetros tal y como viene en la autorización de acceso a satélite (SAS).

- Pulsar [SALVAR], introducir un nombre de archivo para la configuración.
- Pulsar [SALIR].

### OPERACIÓN DEL TERMINAL

1. *Ejecución del enlace.*



Pulsar doble click sobre el icono ENLACES, buscar el enlace que se ha creado anteriormente, hacer click sobre él y pulsar EJECUTAR. En este momento es cuando comienzan a configurarse todos los parámetros que se han definido en el enlace.

Finalizada la configuración de los parámetros de todos los equipos, pulsamos dos veces sobre el mímico del TRANSCEPTOR, pedirá la clave de acceso, pulsar [ENTER], colocar el MUTE RX en INACTIVO, el MUTE TX debe continuar ACTIVO. Con esta operación se evita estar transmitiendo sin que la antena esté orientada.

## 2. *Orientación de la antena.*

- Orientar la antena hasta que se obtenga en el voltímetro el mayor número de voltios posible. Los parámetros de orientación los da la AAS o el CAC al introducirle la posición.
- Comprobar la señal Eb/N0 en el CAC o en el MODEM.
- Comprobar que el led RX OK del módem esta ENCENDIDO.
- Las pruebas anteriores indican que se está recibiendo la portadora de la EAN.

## 3. *Activar la transmisión.*

- Dentro del programa CAC, hacer doble click sobre el dibujo del Transceptor.
- Poner la opción de MUTE TX en MUTE INACTIVO
- En la parte superior del CAC hacer click sobre el botón TX y pulsar la opción de ENCENDIDA.
- Comprobar que el recuadro del dibujo del Módem se vuelve de color VERDE.
- Cuando el cifrador haya enganchado con la estación de anclaje, el recuadro del dibujo del MUX se pondrá de color verde y se encenderá el led SYN del frontal del MUX.
- En este momento hay que llamar a la EAN para comunicarle que se ha activado la transmisión; la EAN pedirá que se nivele la potencia para una optima recepción de la señal, del mismo modo pedirá el nivel de señal (Eb/No) para regular su potencia de transmisión.

## 4. *Carga del Mapa.*

- Desde un teléfono llamaremos a la estación de anclaje (BERMEJA o TORREJON) y se le pedirá que cargue el mapa y la configuración de los puertos.
- Una vez que han cargado el mapa desde la EAN, se pondrá de color verde y se encenderá el led SYN del frontal del MUX; en este momento es cuando los dos multiplexores están sincronizados con la misma configuración de mapa.
- Comprobaremos que esta configuración coincide con la que viene en la SAS. Para ello se accederá al multiplexor haciendo doble clic en el icono correspondiente del CAC.
- Comprobar también la configuración de los puertos de voz y de datos, y activar aquellos que se necesiten.

## 5. *Conexión de los puertos de voz*



El TLX-50 proporciona 4 puertos de voz (V1-V4) de los cuales los cuatro primeros, siempre y cuando estén configurados a 2 hilos, se podrán sacar de dos formas:

- A través de las tomas RJ-11 del frontal del cofre de Banda Base.
- A través de los pares de bornes de la parte trasera del mismo cofre.

#### *6. Conexión de los puertos de datos*

● Conectar la manguera de los puertos de datos en el conector DAT A de la parte trasera del cofre de BB.

- En la parte delantera, esa manguera tiene 4 conectores RS-232.

Una vez llegado a este punto, lo único que queda por hacer es conectar los servicios de usuario que tengamos asignados (Teléfonos de dos hilos, central telefónica o equipos de datos).

#### SECUENCIA DE APAGADO.

● Llamar a la EAN para comunicarles que se va a desactivar la transmisión, indicándoles si va a ser un corte temporal o permanente.

- Desde el programa CAC:

○ Pulsar sobre el botón TX y elegir la opción APAGADA.

○ Hacer doble click sobre el Transceptor y pone MUTE ACTIVO tanto en el MUTE TX como el MUTE RX.

- Apagar el Transceptor. Botón de apagado esta en el cofre de RF (Cofre 2).

● Salir del programa CAC y apagar el PC.

- Apagar el cofre de BB.



## Anexo 10. Requisitos y elaboración de Solicitud de Acceso al Satélite (SAS)

Para poder trabajar con los equipos de acceso satélite es necesario realizar un documento llamado Solicitud de Acceso al Satélite (SAS) con los datos del servicio requerido. En el caso de estaciones nacionales se debe solicitar con 15 días de antelación.

La autorización de un acceso satélite, no implica que se concedan todos los servicios requeridos.

Los parámetros requeridos son los siguientes:

- Nombre y número del Terminal Satélite (Ej: TLX 50 N°. 44)
- Entidad, autoridad y número de contacto de solicitante del acceso.
- Nombre del ejercicio por el que se solicita
- Motivo (ejercicios de instrucción, cursos de formación, colaboraciones con otras unidades,...)
- Fechas de inicio y finalización del acceso en la hora ZULU.
- Nombre y coordenadas del lugar a desplegar el Terminal.
- POC (*Person of Contact*) más caracterizado que usará dicho Terminal.
- Denominación del Terminal, tamaño de antena y Banda de uso (Ej: TLB 50, 1,8m, Banda X)
- Servicios de voz y datos requeridos.
- Información adicional.

Una vez tramitada la SAS, ésta debe ser contestada con otro documento como respuesta, denominado Autorización de Acceso al Satélite (AAS) en el cual se especificará qué servicios se conceden para dicha SAS.



## Anexo 11. Interconexión de Subsistemas del Terminal Satélite TLB-50

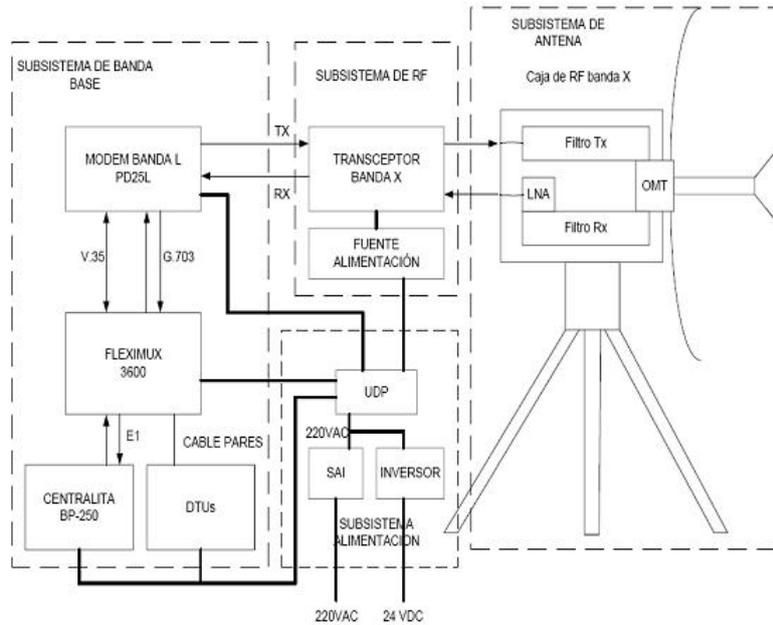


Figura 42. Interconexión de Subsistemas del Terminal Satélite TLB-50 en configuración de Banda X. Fuente: [19].

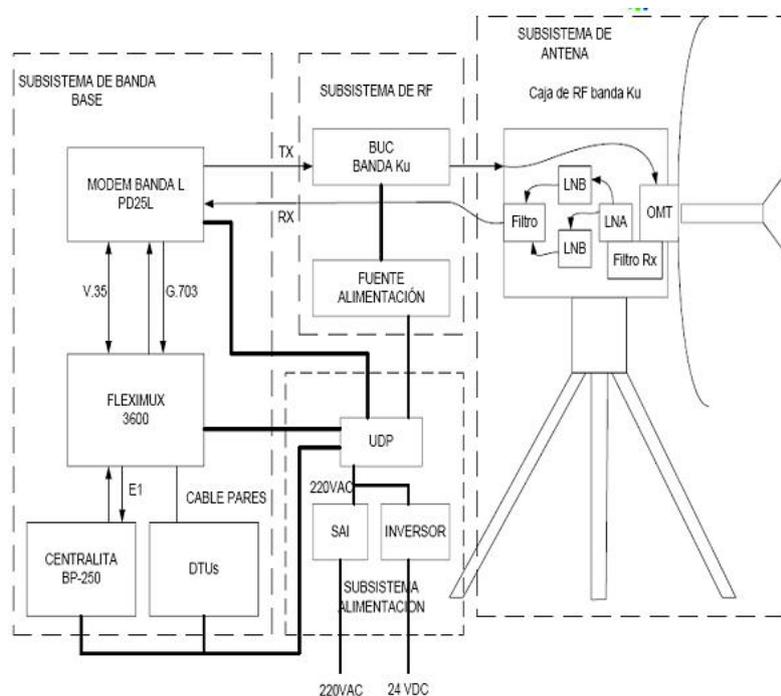


Figura 43. Interconexión de Subsistemas del Terminal Satélite TLB-50 en configuración de Banda Ku. Fuente: [19].



## Anexo 12. Esquema del Terminal Satélite TLB-50 desplegado

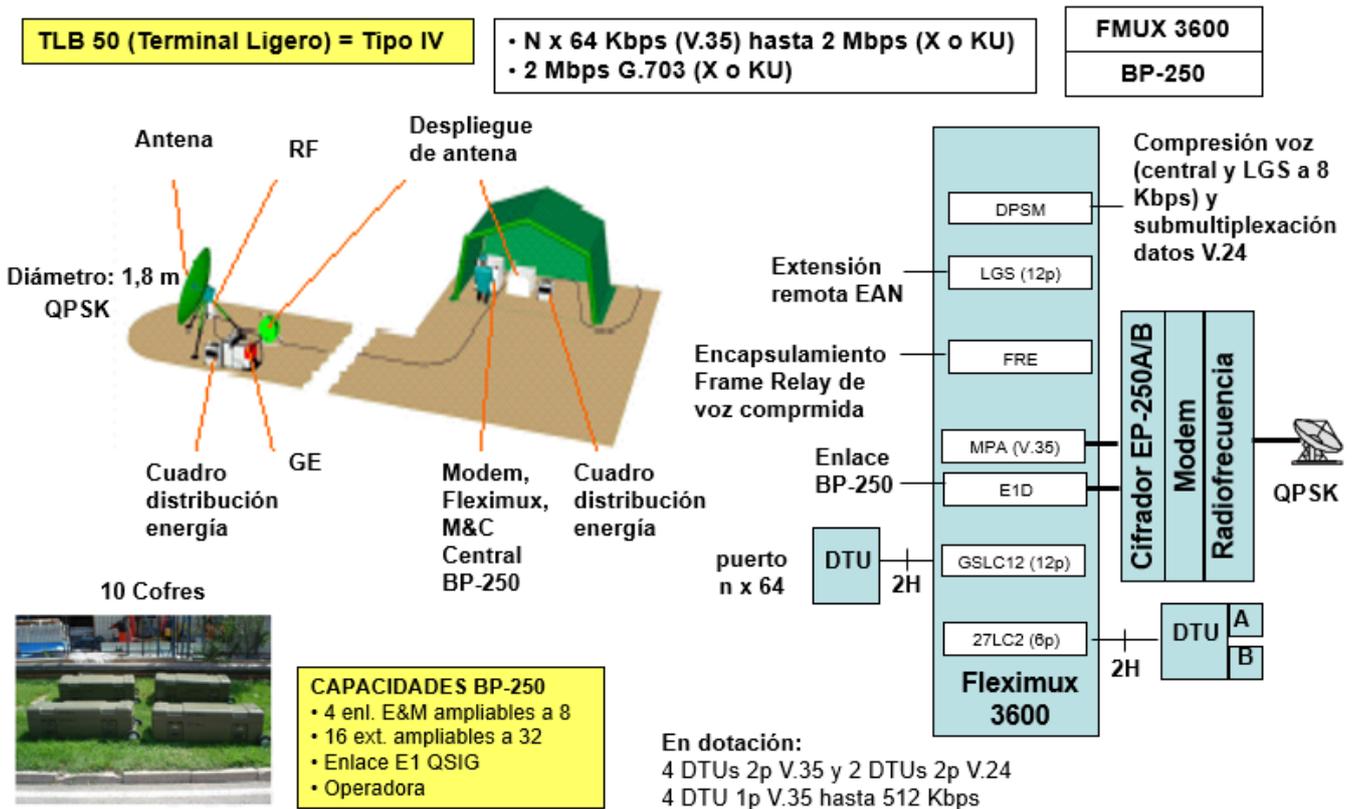


Figura 44. Esquema y características del Terminal Satélite TLB-50. Fuente: [9].



## Anexo 13. Contenido de los cofres E, F y U del Terminal Satélite TLB-50

Para saber si el Terminal TLB-50 es compatible para la integración entre ambos COAAAS, se debe analizar el contenido de algunos de los cofres que conforman el Terminal:

- Cofre E: Contiene todos los equipos que forman el subsistema BB, junto con el subsistema CAC.
- Cofre E: Contiene el Fleximux
- Cofre U: Contiene las DTU's.

Estos equipos deben ser compatibles con los elementos de comunicaciones de los que dispone la UCE (COAAAS-L) y UCF (COAAAS-M).

### Cofre E

Está compuesto por:

- Módem satelital PD25L de Banda L
- Cifradores de bloque (V.35 y G.703)
- PC portátil para CAC (ubicado en la tapa del cofre)
- Switch LAN (para el subsistema de CAC)
- Conversores de puertos RS-232 y RS-485 a LAN (para el subsistema de CAC)
- Panel de interconexión
- Unidad de distribución de potencia.

El módem es modelo PD25L, a través de él se obtendrá la comunicación por protocolo V.35, G-703 o IP (*Internet Protocol*). Se trata de un módem que trabaja en Banda L (950 a 1450 Mhz).

Este módem es válido para establecer el circuito de datos digitales entre terminales satélite y COAAASL/COAAASM. Esto se debe a que puede funcionar con el protocolo V.35. El protocolo V.35 es un protocolo estándar definido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) para llevar a cabo un intercambio de datos asíncrono en una comunicación que suele ir desde un módem PD25L a un multiplexor (Fleximux 3600).

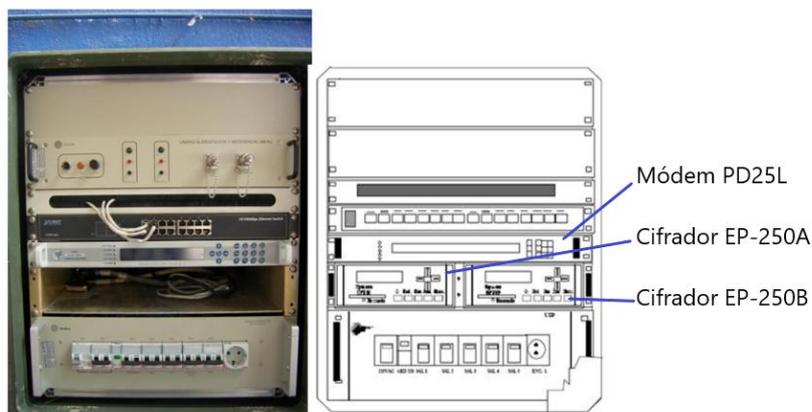


Figura 45. Vista frontal del cofre E junto a un dibujo de su contenido. Fuente: Elaboración propia.



### Cofre F

En el cofre F está ubicado el multiplexor de voz y datos modelo Fleximux 3600 de Alcatel.



Figura 46. Cofre F de TLB-50. Fuente: Elaboración propia.

El Fleximux 3600 puede trabajar en los siguientes protocolos:

- G-703: Cuando la suma de los circuitos sea igual a 2 Mbps.
- V.35: Cuando la suma de los circuitos es menor a 2 Mbps.
- IP: Debido a que el módem PD25L tiene una pastilla IP. No hay cifra exacta.

### Cofre U

Por último, el cofre U aloja las Unidades Terminales de Datos (DTU) del Fleximux necesarias para el tendido de los circuitos de datos.



Figura 47. Derecha: Vista frontal del cofre U. Izquierda: Vista trasera del cofre U. Fuente: Elaboración propia.

