

## Trabajo Fin de Grado

# ANÁLISIS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN VHF: LIMITACIONES, CAMBIO EVOLUTIVO E INNOVACIÓN

Autor

Jesús Laguna Argüello

Directores

D. Alejandro Mosteo Chagoyen

D. Javier Codesal Martín

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2016



# Resumen

Las telecomunicaciones se constituyen como un pilar fundamental de la doctrina de nuestro ejército y, principalmente, en su vertiente de transmisión de datos. A lo largo del tiempo, se han ido desarrollando nuevos sistemas y medios para llevar a cabo las comunicaciones a distancia y el sistema de comunicación vía radio siempre ha tenido una importancia crucial en el enlace entre unidades. Es por ello que los distintos sistemas de radio han ido evolucionando con el objetivo de mejorar las capacidades, superando las limitaciones de sistemas previos.

Este trabajo ha sido enfocado al estudio de la transmisión de datos a través del radioteléfono PR4G dentro de la sección de radio de la compañía de transmisiones de la Brigada “Guzmán el Bueno X”. Con este fin, se ha realizado una investigación y un posterior análisis sobre el funcionamiento del sistema empleado para la transmisión de datos, hallando puntos de conflicto que supongan limitaciones en el empleo de este sistema, y proponiendo mejoras que supondrían un aumento de la eficiencia de dicha sección a la hora de llevar a cabo la transmisión de datos vía PR4G.

Como consecuencia del estudio realizado, se ha detectado el retraso en cuanto a los equipos informáticos, y ciertos puntos de conflicto de los modos IP del radioteléfono requieren de una innovación, en función de su relevancia. Pese a ello, el radioteléfono PR4G se constituye como un sistema sólido que permite una transmisión de datos fiable y segura.



# Abstract

Communications are considered a mainstay of our army's doctrine, and primarily in its aspect of data transmission. Over time, new systems and means have been developed to carry out remote communications, and radio communication systems have always been crucial to provide a link between units. That is why the different radio systems have evolved with the aim of improving features, overcoming limitations of previous systems.

This project has been focused on the study of data transmission via the radiotelephone PR4G within the radio platoon, which belongs to the Brigade's "Guzmán el Bueno X" signals company. To this end, an investigation and further analysis on the functioning of the system used for data transmission have been carried out, finding points of conflict involving limitations of this system usage, and proposing improvements that would lead to an increase in efficiency to this platoon when carrying out data transmission via PR4G.

As a result of the study, obsolescence of computer equipment has been detected and some points of conflict, related to IP radiotelephone modes, require innovation, based on their relevance. Nevertheless, the radio PR4G is considered as a solid system that enables reliable and secure data transmission.



# Agradecimientos

Me gustaría empezar agradeciendo a D. Alejandro Mosteo Chagoyen, debido a su implicada labor en la tutorización de mi trabajo, el interés mostrado en el mismo y su ímpetu por guiarme y asesorarme en todo momento.

También me gustaría agradecer al Tte. D. Javier Codesal Martín, jefe accidental de la CIATRANSMZ 10, por haber permanecido siempre interesado en el estado de mi trabajo, aportando al mismo en cuanto a conocimientos tácticos sobre la transmisión de datos, pese al poco tiempo disponible. Asimismo, agradecer al Tte. D. Miguel Santiago Muñoz Gómez, por su aportación en cuanto a conocimientos sobre PR4G V1 y V2.

Al Cabo 1º D. Antonio Marinas Alcaide, por su amplia contribución en cuanto a conocimientos sobre la historia de la transmisión de datos a través de VHF y transmisión de datos a través de datos serie, y la contribución en forma de bibliografía muy apropiada. De igual modo, al Cabo 1º D. Juan Víctor del Pozo Seseña, debido a que me ayudó a entender mejor las diferencias entre las diferentes versiones del radioteléfono PR4G.

Quisiera agradecer también al Sgto. D. Javier Huertas Espinosa, jefe accidental de la sección de radio de la CIATRANSMZ 10, por enseñarme la manera de funcionar de la sección, y por su afán por mostrar siempre disponibilidad y ayuda.

Del mismo modo, me gustaría agradecer al Sgto. D. José Luis Coronado Ramos la predisposición mostrada hacia la proporción de bibliografía para la realización del trabajo, implicándose de manera muy notable a la hora de aclarar conceptos relacionados sobre todo con la transmisión de datos serie a través del RT – 9210.

También me gustaría agradecer al Sgto. D. Javier Huertas Espinosa, al Cabo 1º Juan Víctor del Pozo Seseña y al Cabo 1º D. Antonio Marinas Alcaide su colaboración e implicación, ya que sin su asesoramiento el último capítulo de este trabajo hubiera resultado más complejo de realizar.

Agradecer, de igual modo, a D. Carlos Enrique Cajal Hernando quien, a través de sus amplios conocimientos en el campo de la calidad y las enseñanzas recibidas de su persona, se ha mostrado siempre disponible y me ha asesorado a la hora de emplear la metodología más adecuada para mi trabajo.

Asimismo, dar gracias al Cap. D. Antonio García Matres – Bellod, por contribuir con sus conocimientos sobre redes IP y su experiencia en el empleo del radioteléfono PR4G V3.

Finalmente, aunque no menos importante, agradecer a mi familia su apoyo constante a lo largo de estos años, siempre un sostén incondicional frente a los obstáculos que se han ido presentando y que, gracias a su fuerza, he conseguido superar.

Muchas gracias.



# Índice

<b>Índice de ilustraciones.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de acrónimos .....</b>	<b>xv</b>
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto.....	1
1.2. Alcance y objetivos.....	2
1.3. Estructura de la memoria y metodología empleada.....	3
<b>Capítulo 2. Antecedentes de la transmisión de datos.....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 3. Descripción de los sistemas.....</b>	<b>7</b>
3.1. VHF .....	7
3.2. Familia PR4G .....	8
3.3. Breve descripción de las diferencias entre las versiones de PR4G.....	8
3.3.1. PR4G V1 .....	9
3.3.2. PR4G V2 .....	10
3.3.3. PR4G V3 .....	10
3.4. Transmisión de datos en V3.....	11
3.4.1. Transmisión de datos serie .....	11
3.4.2. Nuevos modos de transmisión de datos.....	13
3.4.3. Empleo efectivo de los nuevos modos de transmisión .....	15
<b>Capítulo 4. Investigación y análisis .....</b>	<b>17</b>
4.1. Funcionamiento de la sección de radio .....	17
4.2. Investigación previa al DAFO .....	18
4.3. Análisis DAFO .....	19
4.4. Propuestas de mejora .....	22
4.4.1. Puntos de conflicto con el PC.....	22
4.4.2. Migración a un nuevo sistema operativo.....	24
4.4.3. Puntos de conflicto con IP/SAP e IP/MUX.....	25
4.4.4. Valoración de las propuestas de mejora .....	26
<b>Capítulo 5. Conclusiones .....</b>	<b>27</b>

<b>Anexos .....</b>	<b>29</b>
Anexo A. Modelos de radioteléfono PR4G .....	31
Anexo B. Necesidades operativas de la familia PR4G .....	33
Anexo C. Tabla resumen de las características de las diferentes versiones de PR4G: V1 – V2 y V3.....	35
Anexo D. Nuevos cables de la versión PR4G V3.....	39
Anexo E. Conectores del radioteléfono PR4G .....	41
Anexo F. Pequeña introducción a la teoría de redes .....	43
Anexo G. Entrevista con expertos sobre el funcionamiento del radioteléfono PR4G V3. ....	45
Anexo H. Encuesta sobre la relevancia de las innovaciones propuestas .....	47
Anexo I. Puntuaciones de la encuesta sobre la relevancia de las innovaciones ....	49
<b>Referencias.....</b>	<b>51</b>

# Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Radioteletipo.....	5
Ilustración 2. Modem radio HARRIS .....	6
Ilustración 3. Espectro electromagnético.....	7
Ilustración 4. Velocidades de TDS .....	12
Ilustración 5. Velocidades de TDA.....	12
Ilustración 6. PC incorporado en Mercurio 2000 .....	13
Ilustración 7. Interconexión de redes LAN mediante el uso de los modos IP .....	14
Ilustración 8. Configuración hardware en transmisión de datos IP/SAP.....	15
Ilustración 9. Configuración vehicular RT - 9210.....	18



# Índice de tablas

Tabla 1. Funcionalidades y nuevas características de las versiones PR4G .....	9
Tabla 2. Análisis DAFO .....	20
Tabla 3. Ventajas y desventajas del empleo de ordenador portátil.....	22
Tabla 4. Ventajas y desventajas de un sistema operativo basado en software libre..	24



# Lista de acrónimos

<i>AGM</i>	Academia General Militar
<i>ARQ</i>	Automatic Repeat – reQuest (Solicitud de Repetición Automática)
<i>BCL</i>	Búsqueda de Canal Libre
<i>bps</i>	Bits por segundo
<i>BRIMZ</i>	Brigada mecanizada
<i>CIATRANSMZ</i>	Compañía de transmisiones mecanizada
<i>CIS</i>	Communication and Information Systems (Sistemas de Telecomunicaciones e Información)
<i>COMSEC</i>	Communication Security (Seguridad en la Comunicación)
<i>CUD</i>	Centro Universitario de la Defensa
<i>DAFO</i>	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
<i>EHF</i>	Extremely High Frequency (Frecuencia Extremadamente Alta)
<i>ET</i>	Ejército de Tierra
<i>EW</i>	Electronic War (Guerra Electrónica)
<i>FD</i>	Frecuencia Digital
<i>FEC</i>	Forward Error Correction (Corrección de Errores hacia Adelante)
<i>FFC</i>	Frecuencia Fija de Canal
<i>FFG</i>	Frecuencia Fija General
<i>FFT</i>	Friendly Force Tracking (Seguimiento de Tropas Amigas)
<i>GPS</i>	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
<i>HF</i>	High Frequency (Alta Frecuencia)
<i>IP</i>	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
<i>KHz</i>	Kilohercio
<i>MHz</i>	Megahercio
<i>PC</i>	Personal Computer (Ordenador Personal)
<i>PPP</i>	Point to Point Protocol (Protocolo Punto a Punto)
<i>PR4G</i>	Programa Radio 4ª Generación
<i>RRC</i>	Red Radio de Combate
<i>RT</i>	Radioteléfono
<i>RTP</i>	Red Táctica Principal
<i>SAP</i>	Servicio de Acceso a Paquetes
<i>SFR</i>	Salto de Frecuencia
<i>SIMACET</i>	Sistema de Información para el Mando y Control del Ejército de Tierra

<i>SO</i>	Sistema Operativo
<i>TCP</i>	Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)
<i>TDA</i>	Transmisión de Datos Asíncronos
<i>TDAV</i>	Terminal de Datos a Alta Velocidad
<i>TDMA</i>	Time Division for Multiple Access (División en el Tiempo para Acceso Múltiple)
<i>TDS</i>	Transmisión de Datos Síncronos
<i>TFG</i>	Trabajo Fin de Grado
<i>TOA</i>	Transporte Oruga Acorazado
<i>TRANSEC</i>	Transmission Security (Seguridad en la Transmisión)
<i>UHF</i>	Ultra High Frequency (Ultra Alta Frecuencia)
<i>VAMTAC</i>	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
<i>VHF</i>	Very High Frequency (Muy Alta Frecuencia)
<i>VLf</i>	Very Low Frequency (Muy Baja Frecuencia)
<i>VOCODER</i>	Voice Coder (Codificador de Voz)
<i>WAN</i>	Wide Area Network (Red de Área Extensa)

# Capítulo 1. Introducción

Lo que a continuación se presenta es la memoria del Trabajo de Fin de Grado (TFG), el cual corresponde al grado de Ingeniería de Organización Industrial. Este grado es impartido en la Academia General Militar (AGM), por medio del Centro Universitario de la Defensa (CUD). En esta memoria quedan plasmados los resultados del trabajo realizado, cuyo título es “Análisis de la transmisión de datos en VHF: limitaciones, cambio evolutivo e innovación”.

## 1.1. Contexto

En toda operación o ejercicio táctico debe existir una perfecta coordinación entre el jefe y sus unidades subordinadas. Para ello, es necesario que se establezca una comunicación entre ambas partes, y que esta no falle. En el momento que el enlace no es posible, queda comprometido el cumplimiento de la misión, puesto que no se pueden transmitir las órdenes pertinentes al perder la posibilidad de comunicación entre partes.

Los sistemas de telecomunicaciones e información (CIS) son [1] un “conjunto de equipos, métodos, procedimientos y personal que permiten el acceso del usuario a la información, así como su transmisión, tratamiento, presentación y almacenamiento”. Por este motivo, los CIS se constituyen como la herramienta principal para facilitar y posibilitar el ejercicio del mando, siendo que aquellos que deben ejercerlo sobre sus unidades subordinadas gozan de unos medios que les permiten llevar a cabo la gestión de sus unidades, facilitándoles la toma de decisiones.

Se espera que los CIS proporcionen ese medio operativo de transmisión tanto de voz como de datos, aunque para este trabajo únicamente se haya realizado un estudio en torno al envío de datos. Por ello es necesario que, al estar operando con datos, la seguridad en las comunicaciones exista, y que sea efectiva.

Los CIS, a pesar de que no son sistemas que destaquen por novedad, han sufrido un gran desarrollo y evolución durante los últimos años [1], dejando a un lado la idea de telecomunicación como un simple intercambio de información entre partes, pasando a un concepto innovador, donde la integración entre dispositivos y redes ha sido alcanzada y teniendo a la información como actor principal en este escenario.

Los CIS pueden emplearse de diversas maneras y en diferentes entornos [1] operativos. En función del tiempo de despliegue de los mismos, podemos dividirlos en permanentes (o de infraestructura) o desplegables (o de campaña). Los permanentes son establecidos en instalaciones fijas, durante grandes períodos temporales y de manera que la zona que cubren es muy amplia. Por su parte, los desplegables están destinados a una rápida proyección en el lugar donde sea necesario, en el menor tiempo requerido, estableciéndose por períodos de tiempo menores. A su vez, la zona cubierta es menor que la de los permanentes. Dentro de los tres niveles operativos (estratégico, operacional y táctico), los CIS de infraestructura pertenecen al nivel estratégico y los de campaña al operacional y táctico.

La red de telecomunicaciones se concibe como el elemento fundamental de un sistema de telecomunicaciones [2]. Está constituida por nodos (dan servicio), enlazados mediante elementos de transmisión, con el objetivo de proporcionar servicios a un determinado número de usuarios. En el ejército español, las dos redes principales que dan servicio son la Red Táctica Principal (RTP) y la Red Radio de Combate (RRC), formando una estructura de telecomunicaciones basada en la integración entre redes.

La RTP [1] se constituye como el pilar fundamental de esta estructura, la cual proporciona enlace y servicios a nivel de gran unidad, trabajando en el nivel estratégico. La transmisión de la información se realiza por medio de radioenlaces o vía satélite. Responde a sistemas de comunicaciones permanentes, con una amplia cobertura. Por su parte, la RRC se presenta como la red que complementa a la anterior red de telecomunicaciones, siendo su objetivo principal el proporcionar servicio y enlace a los usuarios que no están integrados en la RTP (definiéndose como principal medio de telecomunicaciones de las pequeñas unidades). La transmisión de la información se lleva a cabo mediante enlace en alta frecuencia (HF), muy alta frecuencia (VHF) y en ultra alta frecuencia (UHF) [3].

Centrándonos en el funcionamiento de las telecomunicaciones en una Brigada [4], la RRC facilita la función de Mando y Control de la Brigada (principalmente por medio de frecuencias comprendidas en los rangos de HF y VHF). Esta red se encuentra limitada por las circunstancias del terreno o del despliegue, pero es el elemento fundamental de transmisión de la Brigada, pudiendo a su vez integrarse a la RTP. Para los enlaces con VHF, el medio empleado para ello es el radioteléfono (RT) PR4G (Programa Radio de 4ª Generación), objeto de nuestro estudio.

La Compañía de transmisiones [4] tiene, dentro de la estructura de la Brigada, el objetivo de favorecer y permitir la tarea de mando y control de la misma, componiéndose de secciones, entre las que se encuentra la sección de radio, cuyo funcionamiento ha sido estudiado.

Dada la importancia que tiene la RRC dentro de una Brigada y, por ende, el RT PR4G que proporciona el enlace en dicha red para VHF, con este trabajo se ha realizado un recorrido histórico de la transmisión de datos en VHF, hasta llegar a la última versión de la familia PR4G, viendo cómo ha evolucionado la transmisión de datos y las mejoras que han ido apareciendo. En este punto, se ha realizado un estudio, orientado a la sección de radio de la compañía de transmisiones mecanizada (CIATRANSMZ 10) de la Brigada mecanizada X (BRIMZ X), con el objetivo de identificar innovaciones que superen las limitaciones del RT, mejorando la calidad, eficiencia y eficacia del trabajo de esta sección.

## 1.2. Alcance y objetivos

Con la elaboración de este trabajo se ha llevado a cabo un estudio de la evolución histórica de la transmisión de datos con el RT empleado en la unidad, seguido de un análisis de deficiencias y oportunidades en el empleo del modelo actual. Más concretamente:

- Se ha realizado un breve recorrido a través de sistemas empleados en la transmisión de datos hasta nuestros días.
- Se han descrito los sistemas empleados en la transmisión de datos actualmente, prestando especial interés en la familia PR4G, comparando sus versiones, con mayor relevancia en las diferencias relativas a la transmisión de datos.
- Se ha llevado a cabo una descripción de los modos de transmisión de datos a través de la última versión de PR4G, V3.
- Se ha efectuado una investigación y un posterior análisis del funcionamiento del sistema empleado por la sección de radio para la transmisión de datos, con el fin de hallar deficiencias en el empleo de dicho sistema.
- Se han desarrollado diferentes propuestas de mejora con el objetivo de solventar las deficiencias halladas y valorarlas según las necesidades de la sección de radio.

### 1.3. Estructura de la memoria y metodología empleada

En la primera parte de la memoria se presenta un recorrido que muestra cómo ha evolucionado la transmisión de datos, desde el empleo de mensajeros a pie, hasta la aparición del radioteléfono PR4G, para la realización del cual ha sido necesaria la consulta de bibliografía técnica y conocimientos de experto.

Tras los antecedentes, se muestra una descripción de los sistemas empleados para la transmisión de datos actualmente, la familia PR4G, donde se comparan las diferentes versiones de este radioteléfono, quedando patente cómo cada nueva versión incluía mejoras relativas a la transmisión de datos. La consulta de bibliografía técnica diversa ha sido necesaria para la realización de dicha descripción.

Una vez conocida la manera en la cual se lleva a cabo la transmisión de datos actualmente, y los sistemas empleados para ello, se muestra el análisis del funcionamiento del sistema empleado por la sección de radio para la transmisión de datos vía PR4G. Para la realización del mismo ha sido necesaria una investigación previa, a través de consultas bibliográficas, entrevistas con expertos y la realización de una lluvia de ideas. Con los resultados, se ha realizado el análisis del sistema mediante la herramienta DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades). Con los resultados del mismo, se han realizado propuestas de mejora y su valoración en función de las necesidades de la sección de radio.



## Capítulo 2. Antecedentes de la transmisión de datos

Desde siempre en los ejércitos la transmisión de datos ha sido un pilar fundamental, pudiéndonos remontar hasta los mensajeros a pie. Se trata de un sistema que siempre se ha intentado mejorar, y prueba de ello es el uso de palomas mensajeras, capaces de transmitir mensajes a largas distancias en cortos espacios de tiempo (para la época).

La invención del heliógrafo y, posteriormente la radio, supuso un salto adelante en cuanto a capacidad de mando y control, aunque no se superó la capacidad de las palomas de transmitir mapas o bocetos, o simplemente órdenes escritas hasta la creación del radioteletipo, el cual puede verse en la Ilustración 1, en la década de los años 20 del siglo anterior. Hasta casi finales del siglo XX, los radioteletipos fueron el único medio de transmisión vía radio [5].



Ilustración 1. Radioteletipo. Fuente: elaboración propia

El empleo del “código de Baudot” [6], relacionado con las señales morse, posibilitaba el envío de mensajes mediante marcas y espacios, los cuales podían ser recibidos en otra máquina similar y ser impresos automáticamente.

Durante los años 80 y principalmente los años 90, gracias a la introducción de nuevas tecnologías, los ejércitos vieron en la informática una nueva herramienta a desarrollar, capaz de mejorar las viejas capacidades que habían gobernado durante más de 50 años. Se vislumbraba la posibilidad de enviar imágenes, ya no solo documentos.

El objetivo era transformar los datos informáticos en impulsos radio, por ello se desarrollaron dos programas [7]: el TRC (diseñado por AMPER) y el TRADAX (fruto de una idea nacida en la BRIMZ X). Ambos sistemas eran muy similares, y estaban compuestos por una estación de radio analógica tipo PRC/77 o AN VRC/46 vehiculares y un baúl rugerizado<sup>1</sup> de transporte individual compuesto por un ordenador portátil Pentium 133, el programa de comunicación TRC 1.0, una tarjeta de comunicación, un modem radio HARRIS, que puede verse en la Ilustración 2, un modem línea Multi-tech (no incluido en TRADAX) y un fax/impresora LANIER 500. Se basaban en un programa de comunicación que enviaba por multidifusión datos serie con el identificador del

<sup>1</sup> Protegido frente a golpes, caídas, etc.

destinatario codificado en la señal, recibiendo solo ese destinatario los datos finales. Con la posibilidad de realizar envíos tanto síncronos como asíncronos mediante un modem específico desarrollado por la empresa HARRIS, el cual puede emplearse en cualquier banda de frecuencias, el sistema rugerizado adoptó el nombre genérico de TDAV [7] (Terminal de Datos a Alta Velocidad). Era capaz de transmitir mensajes de poca capacidad a una velocidad máxima de 300 Baudios. A finales de los 90, un mensaje de unos 120 kilobytes con unas fotografías en baja resolución incorporadas, como es el mensaje METAR – TAFOR, podía tardar unos 15 minutos en transmitirse, gracias al empleo del protocolo ARQ (Automatic Repeat – reQuest), que evitaba la pérdida del mensaje completo pese a los cortes de transmisión.



**Ilustración 2. Modem radio HARRIS. Fuente: elaboración propia**

Con la llegada de la familia PR4G, cuyas radios contaban con modem incorporado, se torna innecesario el empleo del sistema TDAV. Posteriormente, AMPER desarrolló un programa (una actualización del anterior) que adquirió el nombre genérico de MACs [7]. Se sustituye definitivamente el sistema TDAV por un ordenador con el programa TRC – 3071, el cual se comunica con el radioteléfono mediante un cable CCS – 235 [8]. La primera versión de PR4G funcionaba con este sistema, incorporando un modem interno que permitía la transmisión de datos síncronos y asíncronos, lo cual hizo posible que el modem radio HARRIS no se usara, siendo positivo por el ahorro que supuso y debido a sus bajas capacidades para su época. El nuevo sistema dotaba a la transmisión de velocidades de hasta 2400 bps (bits por segundo), superando los 300 bps del anterior.

Por último, la nueva versión del radioteléfono PR4G (V3) lleva incorporado un protocolo IP (Protocolo de Internet) [9] que permite, por medio de la asignación de direcciones IP tanto a la radio, como al módem y a la antena, crear una red LAN (Red de Área Local) propia entre los diferentes radioteléfonos de la malla, y la posibilidad de intercomunicar diferentes LAN físicas tradicionales por medio de radios como canales de transmisión.

Con el empleo del protocolo IP, tanto en IP/SAP (Servicio de Acceso a Paquetes) como en la variante IP/MUX, se pretende dejar de trabajar con software adicional, al permitir la compartición de carpetas, archivos y documentos de todo tipo en red para su consulta desde cualquier ordenador asociado a la estación radio.

## Capítulo 3. Descripción de los sistemas

En este capítulo se describen los sistemas estudiados en el trabajo, comenzando por sus fundamentos físicos.

### 3.1. VHF

Para explicar qué es VHF, debemos introducir el concepto de espectro radioeléctrico [10]. Se puede definir como la parte del espectro electromagnético<sup>2</sup> que ocupan las ondas de radio, aquellas usadas en las telecomunicaciones. Dentro del espectro radioeléctrico, tenemos frecuencias desde VLF (Muy Baja Frecuencia) hasta EHF (Frecuencia Extremadamente Alta). Esto queda reflejado en la Ilustración 3, que se muestra a continuación.

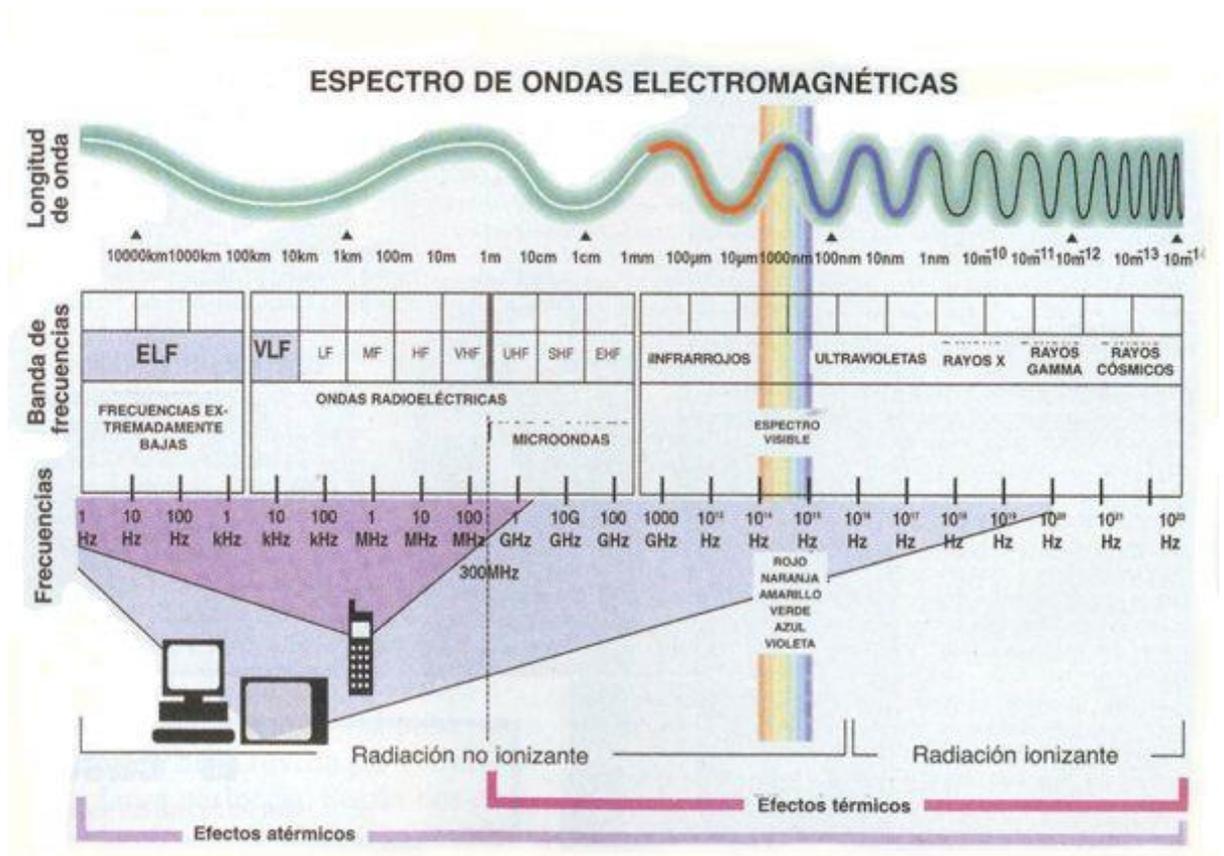


Ilustración 3. Espectro electromagnético. Fuente: [11]

La banda de VHF tiene las siguientes características [3]: longitud de onda de 10m a 1m, el rango de frecuencias va de 30 a 300 megahercios (MHz). La forma en la cual las ondas se transmiten a estas frecuencias es mediante propagación directa, y puede que a veces (muy poco frecuente) se lleve a cabo a través de ondas troposféricas. Como hemos

<sup>2</sup> Conjunto de las radiaciones electromagnéticas existentes.

visto, el empleo de esta banda se da en enlaces de radio en distancias cortas, así como en televisión o en frecuencia modulada.

La banda VHF [3] se caracteriza por su corto alcance, debido a ser ondas con alta frecuencia, traspasándola hacia el espacio exterior. Cuando hablamos de corto alcance nos referimos a unas decenas de kilómetros. Como hemos visto, son enlaces punto a punto (Línea de Visión Directa) muy limitados por las condiciones del terreno y siendo detenidas o reflejadas en los posibles obstáculos que encuentren las ondas a su paso. Es por eso que es preciso colocar la antena a buena altura, así como libre de elementos que dificulten la visibilidad de la misma. La troposfera es la capa más influyente para la comunicación en la banda VHF, debido a sus cambios de clima, los cuales pueden provocar que la señal se debilite o incluso pierda. Al hilo de lo anterior, cualquier condición climatológica adversa, como lluvia o humedad, afectan a la propagación de la onda.

## 3.2. Familia PR4G

Tras realizar un concurso en el año 1992 [9], en el cual se llegó a la conclusión de que el radioteléfono que debía instaurarse como medio táctico de explotación en la banda VHF debía ser el radioteléfono PR4G, se procedió a su distribución por las unidades del Ejército de Tierra (ET). Más adelante se denominó V1 a la primera de estas versiones. Se añadió la letra E: PR4G – E, indicando que se iba a desarrollar para España.

Posteriormente, en 1994, se desarrolló la segunda versión, denominada V2, la cual no suponía mejoras tan significativas como la versión actual. Por último, en el año 2003, se desarrolló la última y actual versión, la V3, la cual incorpora nuevas funcionalidades y un aspecto exterior renovado. Dentro de cada versión, tenemos una serie de modelos, los cuales están desarrollados en el Anexo A. A la hora de hacer uso de este radioteléfono para la transmisión tanto de voz como de datos, se deben tener en cuenta una serie de necesidades operativas para que la seguridad quede garantizada, las cuales se pueden ver en el Anexo B.

## 3.3. Breve descripción de las diferencias entre las versiones de PR4G

En este apartado se ven las nuevas funcionalidades que permitía el radioteléfono PR4G en su primera versión, así como las mejoras más relevantes que presentan las versiones siguientes. Esto queda sintetizado en la Tabla 1, desarrollándose con más detalle a continuación de la misma.

Versiones	Año de desarrollo	Características y nuevas funcionalidades
V1	1992	Frecuencias de uso entre 30 y 87'975 MHz
		Diferentes pasos de salto de frecuencia
		Incorpora distintos modos y servicios de comunicación
		Dotada de diferentes canales de uso
		Gran protección frente a guerra electrónica
		Transmisión de datos síncronos y asíncronos
V2	1994	Mayores potencias de transmisión
		Empleo de VOCODER
		Incorpora TDMA
V3	2003	Mayores potencias y velocidades de transmisión
		Incorpora un receptor de señal GPS
		Nuevos modos de transmisión de datos a través de IP

**Tabla 1. Funcionalidades y nuevas características de las versiones PR4G. Fuente: elaboración propia**

Todas las diferencias entre versiones pueden verse de manera más específica en el Anexo C.

### 3.3.1. PR4G V1

Esta primera versión ofrecía una serie de funcionalidades, las cuales han sido mantenidas en las versiones posteriores, y se pueden ver a continuación [11]:

- El rango de frecuencias que emplea es de 30 a 87'975 MHz. Esto hace posible que se puedan crear y emplearse hasta 2320 canales.
- Dispone de diferentes pasos de salto en frecuencia (25, 50, 100, 200 y 500 kilohercios, KHz). Se elige un paso de salto u otro en función del número de frecuencias que se quieren emplear y de la precisión que se desea alcanzar (a mayor número de frecuencias deseadas, mayores pasos de salto).
- Goza de una serie de servicios, tales como la llamada selectiva, llamada prioritaria, autenticación, transmisión de alertas, borrado de emergencia o envío de coordenadas propias.
- Para realizar la distribución de canales, se organizan en: una malla primaria, una malla secundaria, pasarelas y Frecuencia Fija General (FFG). En la primaria, tenemos el canal 1 y el canal 2. En la secundaria, tenemos el canal 3 y el canal 4, mientras que en las pasarelas encontramos los canales 5, 6 y 0. Por último, tenemos la FFG (que es una frecuencia analógica).

- Presenta una gran protección contra guerra electrónica (EW), mediante las claves COMSEC y TRANSEC-300 saltos/s<sup>3</sup>.
- Gozaba de diferentes modos de operación: Salto de frecuencia (SFR), Búsqueda de canal libre (BCL), MIX (mezcla)<sup>4</sup>, Frecuencia Digital (FD), Frecuencia Fija de Canal (FFC), FFG, siendo estos dos últimos modos analógicos.
- La transmisión de datos síncronos (tanto en claro como en cifrado) se realizaba a diferentes velocidades: 50, 75, 150, 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800 bps con corrección de errores y 16000 bps sin corrección.
- La transmisión de datos asíncronos (tanto en claro como en cifrado) se daba a velocidades de 50 a 4800 bps, mediante el uso de un protocolo específico.

### 3.3.2. PR4G V2

De entre las nuevas características de esta segunda versión, destacan las siguientes [12]:

- Se consigue una transmisión a mayores potencias, siendo estas de 0'5W y 5W frente a los 0'4W y 4W de la V1.
- Voz digital por medio de la utilización de codificador de voz (VOCODER) para proporcionar una resistencia extra al "jamming"<sup>5</sup>.
- Se incorpora un nuevo software al sistema, llamado TDMA (División en el Tiempo para Acceso Múltiple), que consiste en un protocolo que, basado en una técnica de multiplexación, permite un mejor aprovechamiento del medio de transmisión.

### 3.3.3. PR4G V3

Esta versión incluye nuevas funcionalidades, más relevantes que las que supusieron el paso de V1 a V2, siendo las mostradas a continuación las más representativas [8] [13]:

- La transmisión de datos síncronos permite nuevas velocidades: en caso de corrección de errores (utiliza el mecanismo de corrección de errores hacia adelante, FEC<sup>6</sup>), de 9600 a 19200 bps. En caso de no llevar a cabo corrección de errores, de 16000 a 42000 bps. La transmisión de datos asíncronos, también permite nuevas velocidades: 9600, 19200 y 38400 bps, usando protocolo estándar abierto.
- Proporciona una mayor potencia en la versión manpack (espaldera): 10W, además de las posiciones de 0'5 y 5 W que mantiene de la V2.
- Incorpora un pequeño receptor de señal GPS (Sistema de posicionamiento global), el cual no es compatible con las versiones anteriores y que posibilita la obtención

---

<sup>3</sup> Véase Anexo B.

<sup>4</sup> Véase Anexo B.

<sup>5</sup> Guerra Electrónica.

<sup>6</sup> Permite la corrección en el receptor sin retransmisión de la información original.

de la posición, altitud, velocidad o la fecha y la hora a través de un medio fiable. Para explotar dichas funcionalidades se necesita unos cables específicos<sup>7</sup>.

- Incorpora un controlador IP para llevar a cabo la transmisión de datos a través de los nuevos modos IP. Esto se lleva a cabo por medio de dos nuevos interfaces estándar: Ethernet 10 Base T y PPP (Protocolo punto a punto) en interfaz serie. El primero es un interfaz Ethernet y el segundo serie IP, ambos para la transmisión de datos mediante paquetes IP.

En lo que se refiere a modos de trabajo, un radioteléfono PR4G V3 [9] puede sustituir a un radioteléfono PR4G V1, V2. Esto se debe a que mantiene los modos de funcionamiento de las versiones previas: SFR, BCL, MIX, FD, FC y FFG. Del mismo modo [8], en PR4G V3 se mantienen los servicios básicos de las versiones precedentes (llamada prioritaria, sincronismo, señalizador de sonidos, alertas, autenticación, llamada selectiva), añadiendo servicios únicos que no son compatibles con V1 y V2: (GPS, los nuevos modos IP: IP/SAP e IP/MUX, en los cuales el sincronismo no es compatible, ni las alertas, ni la autenticación, ni llamadas selectivas, con radioteléfonos V1 o V2). Las nuevas funcionalidades y servicios que incorpora V3 requiere de la utilización de nuevos cables [9] desarrollados para explotar dichas funcionalidades, los cuales pueden verse en el Anexo D.

### 3.4. Transmisión de datos en V3

El radioteléfono PR4G nos permite tanto la transmisión de voz como de datos, en todas sus versiones. La transmisión de datos es de gran importancia para garantizar el éxito en operaciones, proporcionando servicios destinados a facilitar la función de mando y control en todo momento.

La transmisión de datos por medio del PR4G es posible desde su aparición. Con cada nueva versión se ha ido mejorando este servicio, desde un aumento de las velocidades de transmisión hasta los nuevos modos IP que incorpora el PR4G V3. Esta función puede realizarse de dos maneras: transmisión de datos serie y mediante IP.

#### 3.4.1. Transmisión de datos serie

Este tipo de transmisión de datos se lleva a cabo por medio de un interfaz específico, el cual está localizado en el conector “C” del radioteléfono y es común en V2. En el Anexo E se pueden ver los diferentes conectores de los que dispone el radioteléfono.

Puede ejecutarse de dos formas: datos síncronos (TDS) y datos asíncronos (TDA) [9]. En función del empleo de un modo u otro, las velocidades varían: en caso de emplear TDS, las velocidades en PR4G V2 alcanzan los 4800 bps, mientras que en V3, se alcanzan los 43000 bps. Estas velocidades se visualizan en el interfaz del radioteléfono tal y como se muestra en la Ilustración 4.

---

<sup>7</sup> Véase Anexo D.



Ilustración 4. Velocidades de TDS. Fuente: [9]

En caso de emplear TDA, las velocidades en V2 alcanzan los 9600 bps, mientras que en V3, se alcanzan los 57600 bps. Las velocidades inferiores tanto a 4800 bps en TDS y 9600 bps en TDA no son compatibles con V1. Estas velocidades se visualizan en el interfaz del radioteléfono tal y como se muestra en la Ilustración 5.

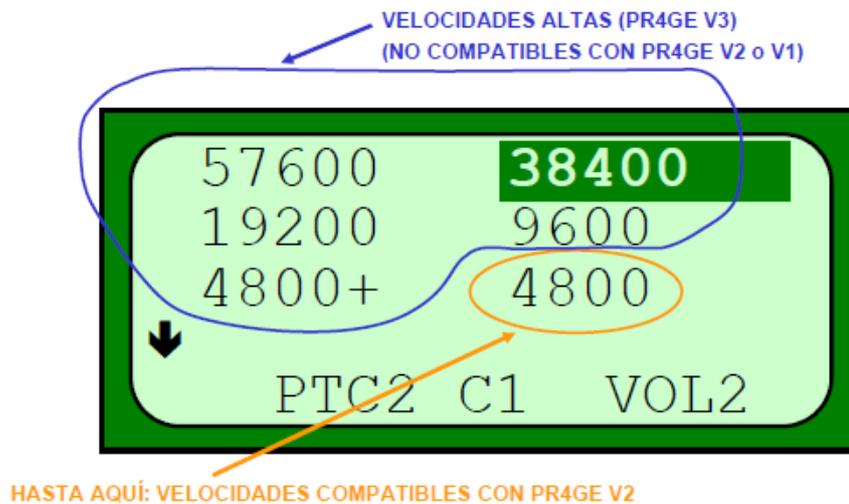


Ilustración 5. Velocidades de TDA. Fuente: [9]

Para la creación de sistemas de comunicaciones con redes que estén conectadas entre sí, cuya finalidad sea la de crear una intranet de voz y datos, se emplea el TRC – 1731A. Se trata de un paquete de aplicaciones (software) que proporciona el control del radioteléfono en cuanto a la transmisión y recepción de mensajes sea cual sea el formato. Este software proporciona servicios como e-mail, transferencia de ficheros y fax entre otros.

La última versión de este software se denomina MACS [9], y nos proporciona tanto la capacidad de enviar y recibir reportes GPS como la posibilidad de ser la herramienta que

gestiona una red de usuarios por medio del programa NCA, el cual nos permite crear ficheros de misión<sup>8</sup>.

La transmisión de datos a través de PR4G requiere de una serie de dispositivos periféricos asociados al radioteléfono. Es necesario resaltar que, a diferencia de otras secciones, la sección de radio realiza las operaciones con el radioteléfono a través de una estación (como se verá más adelante). Por ello, los periféricos necesarios [14] son (además del radioteléfono): PC (Ordenador Personal), Hub e impresora.

- El PC, que se puede observar en la Ilustración 6, se emplea para controlar de forma remota el radioteléfono, transmitiendo y recibiendo mensajes, actuando como elemento visualizador. El ordenador debe tener instalado el software TRC – 1731A. El radioteléfono puede conectarse al PC mediante dos cables: el CCS – 235 por el conector A o el CBF – 305 por el conector C.



Ilustración 6. PC incorporado en Mercurio 2000. Fuente: [15]

- El Hub permite acceder a la red LAN creada.
- La impresora permite imprimir los mensajes que han sido transmitidos.

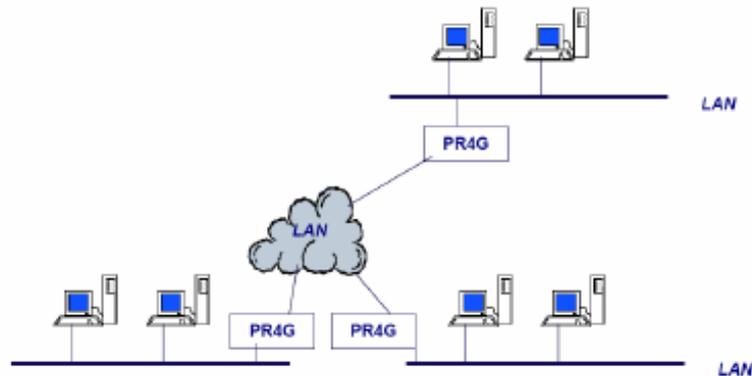
### 3.4.2. Nuevos modos de transmisión de datos

La diferencia fundamental entre la versión V3 y las anteriores versiones es la capacidad de la misma de transmisión de datos mediante paquetes IP, permitiendo la creación de redes de datos y la conexión entre diferentes redes LAN, tal y como se ve en la Ilustración 7. En el Anexo F puede verse una pequeña introducción a la teoría de redes.

Esto se ha logrado mediante la incorporación de dos nuevos modos de trabajo sobre IP: IP/SAP e IP/MUX. A la hora de trabajar en estos modos, resulta necesaria la generación de direcciones IP para cada número de abonado (identificación del usuario), siendo la capacidad máxima de este tipo de red la de 32 abonados [8].

<sup>8</sup> Elemento que permite la configuración de las estaciones de trabajo, así como la distribución de las frecuencias y los números de abonado.

La principal característica del modo IP/SAP frente a IP/MUX es que permite mayores velocidades de transmisión, a costa de que solamente se transmiten datos. IP/MUX permite el envío de datos y voz al mismo tiempo, con menores velocidades.



**Ilustración 7. Interconexión de redes LAN mediante el uso de los modos IP. Fuente: [9]**

### *IP/SAP*

Este modo de transmisión IP está orientado al envío de datos únicamente, trabajando sobre SFR. El fin de este modo es la creación de una red de comunicaciones en base al radioteléfono PR4G, a través de la afiliación de un ordenador a cada radio, mediante la creación de paquetes en el ordenador, pasando a la radio y enviándose a través de esta hacia otra radio. Para ello [8], el RT – 9210 está dotado de un router interno el cual puede emplear tanto el interfaz PPP/IP o el Ethernet/IP. Existe otro interfaz (Radio/IP), el cual se utiliza para conectar redes diferentes entre sí.

Sus características más relevantes son [14]:

- La transmisión de voz es incompatible en este modo.
- En cuanto a la transmisión de datos, las velocidades oscilan entre 2400 y 19200 bps, en función de las condiciones del enlace: el tipo de terreno, meteorología, etc. La velocidad se adapta de forma automática a la calidad del enlace, escogiendo la más adecuada.
- Para llevar a cabo el enlace de manera efectiva, es requisito que una estación de la red actúe a modo de iniciadora, mandando sincronía<sup>9</sup> al resto de estaciones.
- El radioteléfono solo permite enrutamiento estático.

Para llevar a cabo la transmisión en este modo, son necesarios una serie de componentes. De entre todos, los más importantes son los siguientes [14]: sistema operativo Windows XP Pro instalado en el ordenador, aplicación TRC 9721 con módulo IP y el cable CBF – 311 o CBF – 311x<sup>10</sup>. En la Ilustración 8 se puede ver un ejemplo de creación de una malla IP a través de IP/SAP.

<sup>9</sup> La sincronía es importante y necesaria para acceder a determinados servicios digitales como la llamada selectiva, prioritaria o autenticación. Cuando se crea una malla con un determinado número de radios, éstas deben estar sincronizadas. Para ello, cada radio sincroniza su reloj interno con un reloj de referencia (de la radio directora de la malla).

<sup>10</sup> Véase Anexo D.

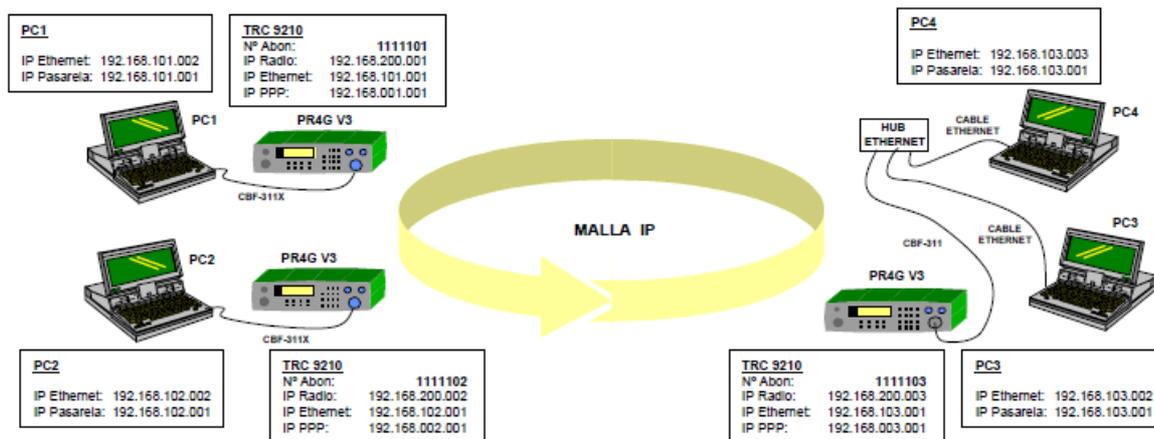


Ilustración 8. Configuración hardware en transmisión de datos IP/SAP. Fuente: [15]

### IP/MUX

Si bien el anterior modo de trabajo únicamente permitía la transmisión de datos, este permite la transmisión paralela de voz y datos. Las características más relevantes de este modo son [9]:

- La transmisión de voz sí que es compatible en este modo, la cual se realiza punto a punto.
- El funcionamiento en este modo requiere de la existencia de una estación directora primaria y una secundaria, con el objetivo de mantener la sincronización de manera muy precisa. En caso de que los paquetes enviados por la primaria no lleguen a su destino, la secundaria actuará en su lugar. La sincronización es tan importante debido a que, si después de 10 minutos no se obtiene sincronización, una estación es expulsada automáticamente de este modo.
- Las velocidades de transmisión de datos oscilan entre los 600 y los 4800 bps, según las condiciones del enlace.

### 3.4.3. Empleo efectivo de los nuevos modos de transmisión

Estos nuevos modos de transmisión de datos explotan su utilidad en el empleo de las nuevas formas de mando y control adoptadas por el ET como son el sistema FFT (Seguimiento de Tropas Amigas), que permite el seguimiento de los vehículos individuales a tiempo real desde un puesto de mando, y el SIMACET [4](Sistema de Información para el Mando y Control del Ejército de Tierra), que proporciona al jefe de una Gran Unidad información acerca del campo de batalla y de las unidades que en él se encuentran, así como acceso a mensajería. Gracias a la tecnología IP estos dos sistemas funcionan a tiempo real, significando un gran avance en relación a la manera de realizar estas acciones previamente, mediante informes, suponiendo esto que las actualizaciones incluían amplios espacios temporales.



## Capítulo 4. Investigación y análisis

Después de conocer las diferentes versiones del radioteléfono PR4G, este capítulo muestra el estudio realizado sobre la sección de radio de la CIATRANSMZ 10 de la BRIMZ X<sup>11</sup>.

Tal y como se ha explicado previamente, el objetivo final del trabajo realizado ha sido el de llevar a cabo un estudio acerca del funcionamiento de dicha sección en relación a la transmisión de datos, conociendo las limitaciones que en ella existen, las cuales afectan a su forma y eficiencia a la hora de trabajar. Por ello, primeramente, se describe el funcionamiento de dicha sección, en lo referente al uso del radioteléfono PR4G (VHF) y la estación sobre la que se opera. Una vez conocido, de manera general, la manera de trabajar de la sección, se ha llevado a cabo el estudio de las limitaciones y deficiencias de los sistemas empleados en la transmisión de datos.

### 4.1. Funcionamiento de la sección de radio

Ubicada dentro de la CIATRANSMZ 10, la sección de radio tiene como objetivo final el proporcionar servicio a la Brigada X en el rango de frecuencias de VHF y HF [4], dando enlace y posibilidad de transmisión tanto de voz como de datos en RRC, posibilitando la función de mando y control.

En este trabajo se ha abarcado el rango de VHF, por lo que se ha realizado el estudio sobre PR4G, sistema que permite proporcionar el enlace y trabajar en esta banda de frecuencias. Este sistema (en el caso de la sección de radio), se opera sobre la base del Mercurio 2000.

El Mercurio 2000 [14] es una estación de transmisiones vía radio, en base a un vehículo. Por ello, incorpora dos radioteléfonos 9210 (V3) que se encuentran incorporados en el vehículo. El hecho de incorporar dos radioteléfonos se entiende por la necesidad de trabajar con una malla de voz y una malla de datos, destinando cada radio a una de las dos mallas. En el caso de la BRIMZ X, al ser una unidad mecanizada, el vehículo sobre el cual se monta la estación de radio puede ser tanto de cadenas como de ruedas. Se usa el vehículo de cadenas denominado TOA (Transporte Oruga Acorazado) o el vehículo de ruedas VAMTAC (Vehículo de Alta Movilidad Táctica). Esta estación incluye los elementos necesarios para la transmisión de datos, como son el PC, los cables requeridos para la conexión entre el PC y la radio, y la impresora.

La transmisión de datos se puede llevar a cabo a través de datos serie o a través de datos por IP, y se emplean unos u otros en función de las capacidades que se quieran explotar (se usa el modo IP a la hora de hacer uso de la funcionalidad GPS o a través de FFT).

A diferencia de las anteriores versiones, la versión V3 no contempla un modelo vehicular, y dado que la sección de radio opera este radioteléfono desde un vehículo, se

---

<sup>11</sup> Siempre que se haga referencia a la sección de radio, se estará haciendo referencia a la sección de radio de la CIATRANSMZ 10 de la BRIMZ X.

emplea una configuración vehicular (compuesta por el RT – 9210 y un amplificador denominado ALA – 126AP, ambos conectados por un cable coaxial modelo CHF - 147<sup>12</sup>) [14], empleando el mismo radioteléfono que se usa de manera portátil y aplicándole esta configuración. Esta configuración puede verse en la Ilustración 9.

Esto genera una gran ventaja, dotando al modelo 9210 de una gran versatilidad y flexibilidad de funcionamiento, tanto portátil como en vehículo. La comunicación con el ALA – 126AP se realiza por medio de un puerto óptico trasero de infrarrojos [13], formado por dos líneas independientes (una para transmisión y otra para recepción).

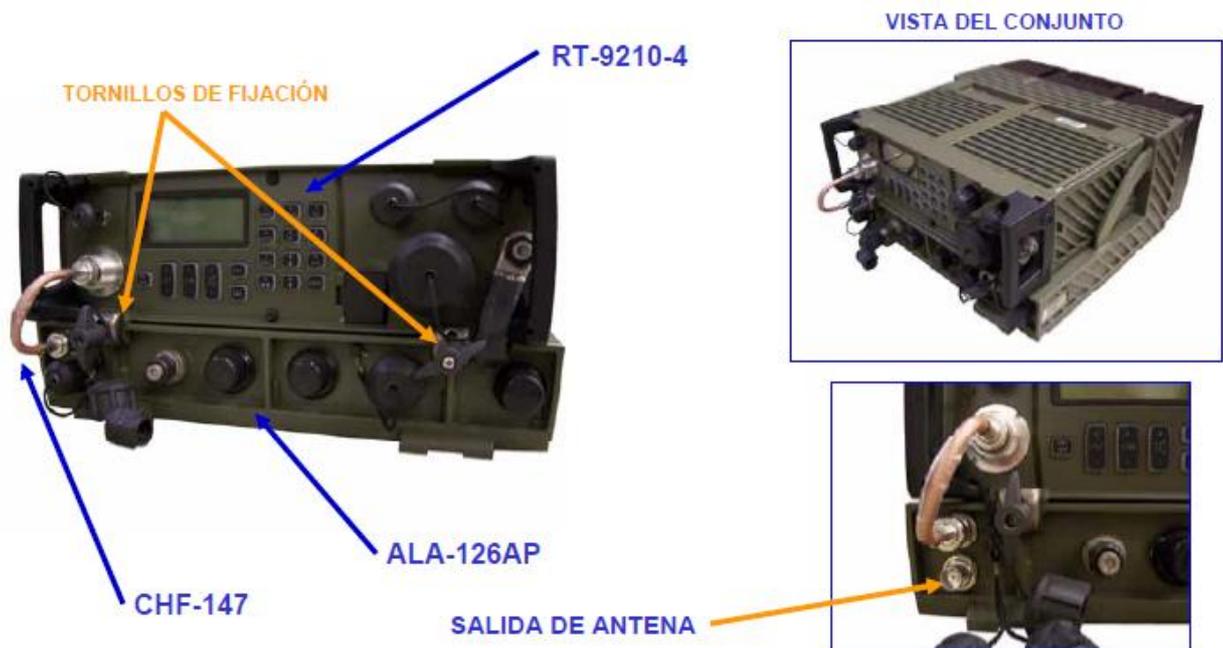


Ilustración 9. Configuración vehicular RT – 9210. Fuente: [9]

Una de las funciones principales de la sección de radio es la de constituirse como punto de acceso a SIMACET, transmitiendo la información a través de los radioteléfonos. Esto se lleva a cabo mediante la conexión física (fibra óptica) entre la estación Mercurio 2000 y el nodo SIMACET. La información que se transmite vía radio, se retransmite a través de la conexión física al nodo, donde se emplea con los fines tácticos establecidos.

Otra función de la sección de radio es la de proporcionar servicio de voz y datos a un puesto de mando durante un ejercicio táctico. Para proveer el servicio de voz se emplean mandos a distancia modelo ES/GRA – 9730 y para facilitar el servicio de datos, se emplean ordenadores para los usuarios, que explotan a través de los servicios que ofrece SIMACET y la información que se recibe vía radio.

## 4.2. Investigación previa al DAFO

Se ha realizado primeramente una lluvia de ideas (brainstorming), que consiste en una herramienta multidisciplinar que permite la aportación de ideas desde diferentes puntos

<sup>12</sup> Véase Anexo D.

de vista, dirigidas hacia un mismo fin. El fin del empleo de esta herramienta ha sido la de contribuir, a través de la experiencia adquirida en el empleo de estos sistemas por parte de los participantes, a localizar deficiencias referentes a la transmisión de datos (incluyendo el radioteléfono, el ordenador empleado o cualquier otro dispositivo involucrado). Para llevarlo a cabo se ha reunido a siete miembros de la sección de radio: el sargento jefe accidental de la sección, dos cabos primeros auxiliares del jefe y cuatro soldados operadores de Mercurio 2000. Los resultados del mismo han sido recopilados y reflejados en los apartados “Debilidades” y “Amenazas” del gráfico.

Para completar la investigación, se ha llevado a cabo una entrevista con expertos<sup>13</sup>, en la cual han sido entrevistados el sargento jefe de la sección, y los dos cabos primeros. En la misma se han elaborado una serie de cuestiones relacionadas con la transmisión de datos y el rendimiento del radioteléfono. Con esta entrevista se han obtenido los puntos fuertes del RT - 9210, transportándolo al gráfico, así como la valoración de las posibilidades que ofrecen (tanto hoy en día como en un futuro cercano) los avances en la tecnología (sobre todo informática). Con esto, se han completado los apartados de “Fortalezas” y “Oportunidades” del DAFO.

### 4.3. Análisis DAFO

El DAFO es una herramienta de calidad [15] que permite analizar el estado del arte de una organización, con el objetivo de proponer mejoras y diseñar una nueva estrategia.

Por una parte, es un análisis interno: se destacan las fortalezas y debilidades de dicha organización en función de su situación actual. Por otra parte, se trata de un análisis externo: se destacan las amenazas que se deben vigilar y oportunidades que brinda el mundo y el mercado exterior.

Este DAFO ha sido realizado sobre el radioteléfono PR4G, con especial atención a la transmisión de datos, incluyendo todos los sistemas y dispositivos empleados para tal fin, en cuanto al empleo que la sección de radio da a estos sistemas.

La representación gráfica del DAFO puede verse en la Tabla 2.

---

<sup>13</sup> Véase Anexo G.

 Debilidades	 Amenazas
Ordenadores incorporados obsoletos Necesidad de ordenadores portátiles SO del ordenador da fallos Entrada retardada de IP/MUX Interfaces poco intuitivos en modos IP	Mejoras en los medios de EW enemigos Retraso respecto al avance tecnológico Obsolescencia de medios de trabajo Pérdida de operatividad en ejercicios tácticos Falta de instrucción en los modos IP
 Fortalezas	 Oportunidades
Fiabilidad en la transmisión de voz y datos Alto grado de seguridad en comunicaciones Envío de datos mediante redes IP Calidad y claridad del enlace	Avance en redes de datos y direccionamiento IP Acceso a nuevos SO libres Evolución continua de la tecnología informática Desarrollo de nuevas funcionalidades

**Tabla 2. Análisis DAFO. Fuente: elaboración propia**

A la hora de analizarlo, es necesario tener claro que existe una relación entre los puntos que conforman el DAFO. Esto significa que, en cuanto a la transmisión de datos a través del RT – 9210 y los periféricos empleados para ello, las debilidades, las fortalezas, las amenazas y las oportunidades están interrelacionadas.

Primeramente, y pese a las debilidades mostradas, el radioteléfono PR4G en su última versión (V3), es un buen sistema. Las fortalezas mostradas son grandes puntos a favor que lo demuestran, debido a la fiabilidad, calidad y seguridad en las comunicaciones.

El radioteléfono PR4G demuestra que se puede depositar la confianza en la transmisión de datos a través de este sistema, ya que se mantiene fiable cuando el resto de medios fallan (sistemas de enlace vía satélite tanto civiles como militares), aunque siempre dentro de las limitaciones que presenta la banda VHF, la cual permite unas velocidades de transmisión y un ancho de banda específicos y particulares del uso de esta banda. Esto conlleva que nunca se podrán alcanzar a través de esta banda velocidades ni anchos de banda a la hora de transmitir datos similares a los de las redes de telefonía, las cuales emplean infraestructuras fijas establecidas y repartidas por todo el territorio nacional, frente a infraestructuras móviles y de combate, empleando radioteléfonos PR4G, que emplea la RRC a la hora de llevar a cabo las comunicaciones.

A pesar de no ofrecer unas capacidades mayores debido a las limitaciones propias de la banda de frecuencias empleada, la calidad de la transmisión roza la perfección, ya que, exceptuando casos en los cuales las características del terreno o la meteorología impiden el normal desarrollo de esta actividad, la información se recibe en el punto de destino de manera fuerte y clara. Y esta es una característica muy importante, debido a la manera en la cual se facilita la función de mando y control, permitiendo que las órdenes lleguen a través de este medio, resultando estas un elemento primordial para la correcta ejecución de un ejercicio táctico.

El RT – 9210 ofrece gran seguridad en la transmisión, tanto de voz como de datos, ante su principal amenaza: la Guerra Electrónica. Gracias a los nuevos modos de operación, como SFR o BCL, así como las claves TRANSEC y COMSEC, se consigue un alto nivel de seguridad en las comunicaciones. Pese a ello, los medios de EW enemigos pueden progresar en cuanto a capacidades hasta superar los medios propios, así que se debe seguir manteniendo este nivel a través del esfuerzo continuo para no reducir tal grado de seguridad.

Debido a la continua evolución de la tecnología, no se debe producir un rezago en relación a los medios empleados para la transmisión, evitando que estos caigan en obsolescencia. De hecho, esta es una de las principales debilidades de la transmisión de datos en la sección de radio analizada, que los equipos con los que trabajan se han tornado obsoletos, y más concretamente los equipos informáticos que intervienen en la transmisión de datos. Si esto no se soluciona, va a seguir existiendo este retraso con respecto al avance en la tecnología. Esto queda evidenciado a través de las capacidades de empleo que ofrecen los dos nuevos modos IP en PR4G V3, ya que los equipos informáticos que la sección posee, no soportan los programas que permiten la transmisión de datos a través de estos modos. La principal ventaja de trabajar sobre este tipo de redes es que la conexión IP, además de la optimización del ancho de banda y la calidad de servicio que ofrece, permite el acceso a toda la red desde cualquier punto con cobertura radio, dicho de otra forma, se puede consultar Internet desde cualquier punto del campo de batalla. La diferencia con la transmisión de datos serie a través de MACS es que este último únicamente permite el envío de mensajería. Una de las causas principales radica en el sistema operativo empleado, que no funciona de manera efectiva y produce fallos, los cuales merman la operatividad de la sección.

Pese a que el empleo de estos modos IP implican un salto adelante en lo relativo a transmisión de datos, no son perfectos y generan problemas. El primero aparece con la entrada retardada en modo IP/MUX, que provoca que la sección pierda operatividad en caso de realizar un ejercicio táctico, dado el tiempo que se desperdicia en solucionar dicho problema. El segundo problema se basa en la carencia de un interfaz más intuitivo, tanto en IP/MUX como en IP/SAP, lo cual provoca que un operador sin experiencia suficiente a la hora de trabajar con estos modos encuentre una complejidad añadida. Además, al hilo de la falta de conocimientos, se dan muchos casos de usuarios finales con instrucción insuficiente para aprovechar las capacidades que ofrece un medio de transmisión como es el PR4G V3. Esto deriva en una infra-explotación del dispositivo, pudiéndose solucionar mediante una instrucción para los usuarios finales.

Las nuevas oportunidades que se presentan, principalmente potenciadas por la progresión en el campo de la tecnología, deben ser explotadas. Las redes IP abren la puerta a nuevas funcionalidades y servicios, así como la tecnología de ordenadores y de sistemas operativos. El objetivo es avanzar en la misma línea de este avance, mejorando los equipos según las necesidades en cuanto a la transmisión de datos se refiere, y explotando las nuevas opciones de innovación.

#### 4.4. Propuestas de mejora

Dentro del estudio de propuestas de mejora realizado, los puntos tratados más importantes han sido:

- La necesidad de dejar atrás los obsoletos PC de la estación Mercurio 2000, los cuales se encuentran incorporados a la estación, “enracados”, valorando la posibilidad de incorporar un ordenador portátil en lugar de uno enracado.
- Estudiar la posibilidad de incorporar a dicho ordenador un sistema operativo libre, o una distribución propia para el Ejército de Tierra, en base a un software libre.
- Proponer soluciones para los puntos de conflicto con IP/SAP e IP/MUX.

##### 4.4.1. Puntos de conflicto con el PC

El principal inconveniente en relación a los ordenadores con los cuales opera la sección es que caen en obsolescencia. Dada la rápida y continua evolución de la tecnología, con gran relevancia en el campo de la informática, es necesaria una renovación de los mismos. La incorporación de los nuevos modos IP dentro de la versión V3 requiere de un salto adelante de los equipos informáticos. El ordenador con el cual se opera actualmente en el Mercurio 2000 soporta el software necesario para la transmisión de datos serie, pero no soporta el software de transmisión de datos a través de IP (TRC – 9721). Dada la importancia de este protocolo de Internet, la innovación de este PC tiene que ir en la línea de una mejora del hardware básico (microprocesadores, placas base...) con el objetivo de soportar Windows XP, el cual es el sistema operativo necesario para poder operar con el programa TRC – 9721. A la hora de trabajar con datos IP, la sección emplea ordenadores portátiles de uso fructo, los cuales dejan de estar operativos a finales de este año.

En este punto, se presenta la duda entre la instalación de un nuevo ordenador de sobremesa (enracado), o un nuevo ordenador portátil. Se ha realizado un análisis, con la ayuda de la opinión y conocimiento de expertos de la sección de radio, en el cual se presentan las ventajas y desventajas que suponen el empleo de portátil en vez de sobremesa, viendo cuál de los dos merece más la pena. Estas ventajas y desventajas pueden visualizarse en la Tabla 3 y están desarrolladas a continuación de la misma.

<b>Ventajas empleo de portátil</b>	<b>Desventajas empleo de portátil</b>
Flexibilidad	Mayor complejidad de actualización
Mayor protección	
Ahorro de espacio	Mayor posibilidad de pérdida
Reducción de dispositivos	

**Tabla 3. Ventajas y desventajas del empleo de ordenador portátil. Fuente: elaboración propia**

Las ventajas de incorporar un ordenador portátil son:

- Flexibilidad a la hora de operar, pudiendo trabajar fuera del vehículo si fuera necesario, ya que el portátil puede ser trasladado a cualquier punto de interés.
- Al no ir incorporado al vehículo, se pueden evitar daños debidos al transporte de la estación de un punto a otro. El ordenador de sobremesa, que sí que va incorporado, sufre daños debido a las vibraciones al moverse el vehículo sobre todo tipo de terreno irregular. Estos daños se notan principalmente en los discos duros. Durante desplazamientos, el portátil se puede transportar dentro de un maletín rugerizado.
- Ahorra espacio de trabajo, al emplear menos espacio que un ordenador de sobremesa.
- Se reducen los ordenadores a emplear en ejercicios tácticos. El Mercurio 2000 lleva un ordenador incorporado, junto con dos radios. Estas dos radios, pese a que están preparadas para ser usadas una para una malla de voz y otra para una malla de datos, en la realidad no se configuran así. A la hora de realizar un ejercicio táctico, tenemos un número determinado de radios (dentro de su respectivo Mercurio 2000), solamente se utiliza una para datos y el resto para fonía<sup>14</sup>. El uso de un ordenador portátil permite que se pueda prescindir de un ordenador en cada Mercurio 2000 que configure cada una de esas radios, siendo el portátil el medio móvil empleado en dicha configuración. Se podría emplear un portátil por cada 3 estaciones Mercurio 2000, en vez de uno de sobremesa en cada una.

Las desventajas de incorporar un ordenador portátil son:

- Es más sencillo actualizar un ordenador de sobremesa, debido a su capacidad de ampliación, que un portátil.
- Tiene más posibilidades de pérdida o sustracción que un ordenador de sobremesa, el cual está siempre dentro del rac del Mercurio 2000, así como mayor debilidad en cuanto a golpes, caídas, durante su uso.

Ante las ventajas y desventajas que suponen la incorporación de un ordenador portátil, existen dos soluciones viables. La primera solución es la de no trabajar con portátil, y seguir en la línea de un ordenador de sobremesa, el cual goce de mayor protección frente a las vibraciones de los transportes. Debido a que, al fin y al cabo, ese ordenador no es exclusivo del Ejército de Tierra, sino que se trata de un sistema civil empleado para un uso militar, se debería mejorar su protección. Esto se puede conseguir si el ordenador puede ser introducido y extraído de su ubicación de manera sencilla. Con eso, se evitaría que sufriese los daños debidos a las vibraciones de los vehículos. La segunda solución es la de incorporar un ordenador portátil, el cual se pudiera proteger dentro de un maletín rugerizado, que pudiese transportarse según la voluntad del operador y las necesidades de maniobra. La mayor ventaja que supone el portátil es la de reducir considerablemente el número de equipos asociados a las radios, como queda reflejado en la última de las ventajas. Para ganar en seguridad, ante posibles pérdidas o roturas, se podría trabajar con dos portátiles, usando el segundo en caso de deterioro del primero en un ejercicio táctico.

---

<sup>14</sup> Audio, voz.

#### 4.4.2. Migración a un nuevo sistema operativo

Dada la importancia de trabajar con un buen sistema operativo (SO), el cual permita la ejecución de los programas necesarios para la transmisión de datos de una manera cómoda y efectiva, se plantea la idea de un lavado de cara del sistema operativo empleado en los ordenadores del Mercurio 2000: Windows.

Una buena forma de llevarlo a cabo es la de introducir en la sección el software libre Linux, el cual se usa en zona de operaciones y tiene una serie de ventajas y desventajas en relación a Windows, las cuales se pueden ver en la Tabla 4 y han sido desarrolladas a continuación de la misma.

<b>Ventajas software libre</b>	<b>Desventajas software libre</b>
No requiere licencia	Necesidad de nuevo aprendizaje
Fiabilidad	
Permite completa configuración	Mayor complejidad de empleo
Mayor protección frente a virus	

**Tabla 4. Ventajas y desventajas de un sistema operativo basado en software libre. Fuente: elaboración propia**

Las ventajas más relevantes son las siguientes:

- Al tratarse de un software libre no requiere de la adquisición de licencia, a diferencia de Windows, donde es necesario el pago por las licencias para su uso.
- Se trata de un sistema operativo muy fiable, ya que puede permanecer durante largos periodos de tiempo sin reiniciar ni apagar el equipo, y si falla una aplicación no se bloquea el equipo. En caso de Windows, se bloquea más fácilmente al realizar operaciones aparentemente sencillas y hay que reiniciar el equipo, así como también a la hora de cambiar la configuración.
- Se puede realizar una configuración completa del sistema operativo, algo que en Windows está más restringido.
- Presenta una protección mayor que Windows frente a virus.

Las principales desventajas de incorporar Linux son las siguientes:

- Necesidad de instruir a los operadores radio en este software libre, siendo en este caso un proceso de aprendizaje más lento que Windows.
- Más complejo de utilizar que Windows.

Ante estas ventajas y desventajas en lo referente al uso de Linux, la pregunta es si realmente merece la pena cambiar a Linux, ya que el dinero que se ahorraría en licencias de Windows, debería destinarse ahora a cursos de formación de operadores con Linux y,

al tratarse de un sistema operativo complejo que permite su configuración total, se invertiría mucho tiempo y dinero en ello.

Ya que se debe tener en cuenta la gran cantidad de dinero que el Ministerio de Defensa destina a la adquisición de las licencias de Windows, así como las capacidades que proporciona Linux, una solución a tener en cuenta es la de desarrollar una distribución propia, para empleo exclusivo del ET, en base a los sistemas operativos que funcionan bajo Linux. Se trata de seleccionar una serie de requisitos, como un determinado código de encriptación, determinar las compatibilidades con los formatos de audio, vídeo que se deseen, etc. El fin último es modificar un sistema operativo que ya existe, adaptándolo a las necesidades del Ejército de Tierra, consiguiendo un sistema operativo que permita realizar operaciones como la transmisión de datos de manera fluida, sin que el ordenador se bloquee, ganando en robustez y fiabilidad. En cuanto a las mejoras que se pudieran incorporar, el desarrollar una distribución propia en base a otros sistemas operativos ya creados nos permitiría añadir determinadas funcionalidades a medida que van saliendo al mercado, sin necesidad de cambiar un sistema operativo completamente.

El dinero que se emplea en licencias de Windows se emplearía en el desarrollo de esta distribución exclusiva del ET, incurriendo en gastos de becas a ingenieros informáticos, equipos e instalaciones que hagan posible la creación de dicha distribución.

#### 4.4.3. Puntos de conflicto con IP/SAP e IP/MUX

Los nuevos modos IP que incorpora la versión V3 de PR4G funcionan de manera correcta, aunque presentan alguna debilidad a la hora de trabajar con ellos. A pesar de que IP/SAP funciona mejor que IP/MUX (algo lógico al tener todo el canal de transmisión dedicado a datos), IP/MUX es también empleado en caso de necesitar transmitir de manera simultánea voz y datos, aunque genera más fallos debido a que el ancho de banda se reparte entre voz y datos (frecuentemente se usa IP/MUX con FFT, aunque es considerable emplearlo con IP/SAP, que proporciona más ancho de banda para los datos).

A la hora de trabajar con IP/MUX, existe un problema en caso de entrada retardada en malla<sup>15</sup>. En el momento en que la directora entra en modo IP/MUX, no es posible mandar sincronía a las radios que se encuentran fuera de la malla de esa directora. Por ello, en caso de querer incorporarse una radio a la malla tras mandar sincronía la directora, es necesario que se salga del modo IP/MUX, se repita la operación de sincronización y, posteriormente, volver a entrar las radios en modo IP/MUX.

Este problema puede suponer una gran dificultad en cuanto a la realización de ejercicios tácticos u operaciones de alta relevancia, por ello, una posible solución sería una implementación a nivel software que permita el envío de una señal de sincronía cada cierto tiempo, sin necesidad de salirse del modo IP/MUX y tener que volver a enviar sincronía a todas las radios. Otra solución sería que la radio mantuviera la señal de sincronía previa, en caso de encontrarse la radio que quiere acceder de forma tardía dentro de la malla, y que no se cambiara la señal de sincronía debido a entrar en un nuevo modo

---

<sup>15</sup> Incorporación de la estación dentro de una malla, debido a algún problema, después de que la estación directora haya mandado sincronía a todas las subordinadas para poder entrar en la malla.

de trabajo. A la hora de usar FFT a través de IP/MUX esto supone un inconveniente mayor, ya que se está privando de continuidad a un sistema que permite la visualización en tiempo real de vehículos propios, dificultando la maniobra. La solución en este caso se basa en emplear IP/SAP en vez de IP/MUX con FFT ya que, pese a que con IP/SAP no se proporciona la posibilidad de transmitir órdenes a través de la voz como sí es posible con IP/MUX, pueden emplearse dos radioteléfonos: uno dedicado exclusivamente a la malla de voz, por donde se transmitirían las órdenes y otro de dedicación exclusiva a la malla de datos, empleado en la transmisión de datos para el FFT.

En cuanto a los interfaces de IP/SAP e IP/MUX, se trata de interfaces poco intuitivos, a través de los cuales el operar sobre estos modos de trabajo puede ser complejo. A la hora de navegar por el menú de ambos modos, no se explota la pantalla del radioteléfono (que gana dos líneas en relación a las versiones anteriores), siendo común que, a la hora de seleccionar diferentes opciones dentro de estos modos, como el uso del multiplexor, se selecciona SI/NO y luego activado SI/NO, sin quedar claro si la opción elegida es la deseada.

Se trata en este caso de un problema menor, el cual realmente no merma las capacidades que permite explotar el radioteléfono PR4G, sino que únicamente dificulta el manejo de ambos modos en caso de poseer poca experiencia o conocimientos acerca de ambos modos. Con el nuevo menú de PR4G V3, el interfaz tanto de IP/SAP como IP/MUX debería explotar la pantalla completamente, facilitando el trabajo de los operadores radio. En vez de aparecer las diferentes opciones una tras otra, deberían aparecer juntas en la pantalla, e ir pasando de una a otra hasta finalizar la configuración.

#### 4.4.4. Valoración de las propuestas de mejora

Con el objetivo de cuantificar las propuestas analizadas previamente, se ha realizado una encuesta, la cual puede verse en el Anexo H, en la cual han participado los mismos miembros de la sección de radio que participaron en la realización del brainstorming. El fin de dicha encuesta ha sido el de que, al cuantificar dichas propuestas a través de un sondeo entre expertos, se tengan en cuenta las valoraciones otorgadas por los miembros participantes de la sección, en relación a la necesidad de implantación de las mejoras. Los resultados de la misma se pueden ver en el Anexo I. La mejora más urgente es la renovación de los equipos informáticos, seguida esta de la incorporación de ordenadores portátiles, la siguiente es la migración a un software libre, dejando en un segundo plano los puntos conflictivos de los modos IP: la entrada retardada de IP/MUX y el interfaz poco intuitivo de ambos modos, en último lugar.

## Capítulo 5. Conclusiones

Debido a la relevancia de la transmisión de datos a través de PR4G, que permite tanto el envío de órdenes escritas, documentos o mapas que facilitan la función de mando y control para la correcta ejecución de ejercicios tácticos, este trabajo es útil para comprender el modo en el que se realiza esta acción y conocer los sistemas que en ella intervienen.

Tras la investigación realizada, y el análisis elaborado con la información recabada, se puede concluir que el radioteléfono cumple con las expectativas para las que fue desarrollado: garantiza una gran calidad de enlace (fundamental a la hora de transmitir la información con la mayor precisión posible), fiabilidad en la transmisión tanto de voz como de datos (la transmisión a través de VHF, pese a no permitir enlaces a grandes distancias y con altas velocidades como pueden permitir los enlaces vía satélite, cumple su misión como sistema básico y fiable de transmisión), posee un alto grado de seguridad en las comunicaciones (primordial a la hora de evitar la EW enemiga) y la posibilidad que ofrece de transmitir datos a través de redes IP (suponiendo un avance frente a la transmisión a través de datos serie). A pesar de ello, la sección de radio cuenta con unos sistemas obsoletos de transmisión de datos, ya que los PC que se emplean no están dotados ni de un hardware adecuado ni un sistema operativo fiable para que se puedan emplear los programas pertinentes a la transmisión de datos por IP y existen puntos de conflicto con los modos IP.

Con el fin de innovar los sistemas empleados y viendo cómo avanza la informática y las aplicaciones que nos brinda el software libre, que puede ser modificado para satisfacer las necesidades del usuario, el estar anclados en un sistema operativo comercial doméstico, por el que se pagan unas licencias anuales que lastran además los presupuestos del ejército, es un atraso. Un software libre, gratuito y además con la posibilidad de ser encriptado y protegido es una opción que debería ser tenida en cuenta, puesto que además se podría sacar mejor rendimiento a equipos obsoletos como los que se disponen sin necesidad de actualizar el hardware, siempre y cuando se den los cursos oportunos, ya que no todo el mundo sabe manejarse en un sistema operativo como puede ser Linux.

Las mejoras deben ser consecuentes con las necesidades, y el ordenador integrado en el Mercurio 2000 necesita una actualización del hardware, que ya está desactualizado a día de hoy, y mejorar las conexiones (civiles a nivel usuario doméstico), que no están preparadas para aguantar un vehículo táctico y sus movimientos. La otra solución viable es la de trabajar a través de un ordenador portátil, debido a las ventajas que su uso aporta frente al ordenador incorporado en el vehículo.

En relación a los puntos conflictivos de los modos IP, no requieren de una actuación tan inmediata como la renovación de los sistemas informáticos, puesto que, aunque dificultan el trabajo en estos modos, no impiden el mismo.

De entre todas las innovaciones propuestas, no todas presentan la misma relevancia. A la hora de actuar para hacerlas realidad, la renovación de los ordenadores, barajando el cambio a portátiles, se presenta como la más necesaria, seguida de la incorporación de un software libre. Los puntos de conflicto de los modos IP son menos relevantes: dado que no impide la transmisión de datos, no requieren de la misma necesidad. Por ello, tras la

concienciación sobre dichas limitaciones, es necesaria la actuación para mantener y mejorar la operatividad de la sección de radio.

# Anexos



## Anexo A. Modelos de radioteléfono PR4G

Dentro de cada versión de radioteléfono PR4G, existen diferentes modelos. Cada uno de ellos se ha desarrollado para un fin determinado, tal y como se ve a continuación [12] [9]:

- Modelo RT – 9100: desarrollado para versiones V1 y V2. Empleado para uso portátil.
- Modelo RT – 9200: desarrollado para versiones V1 y V2. Empleado para uso portátil.
- Modelo RT – 9500: desarrollado para versiones V1 y V2. Empleado para uso vehicular.
- Modelo RT – 9600: desarrollado para versión V2. Empleado para uso sobre plataforma aérea.
- Modelo RT – 9210: desarrollado para versión V3. Empleado para uso tanto portátil como vehicular (a través de configuración vehicular).



## Anexo B. Necesidades operativas de la familia PR4G

A la hora de emplear el RT PR4G en ejercicios tácticos es necesario satisfacer una serie de necesidades tanto de transmisión como relativas a la seguridad. Las diferentes necesidades de transmisión [2] son las siguientes:

- Debe quedar previamente establecida la forma en la cual van a quedar estructuradas las mallas, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de la comunicación.
- La situación táctica de la maniobra y las unidades debe ser tenida en cuenta, así como las circunstancias relativas al terreno. Por ello, a veces puede hacer falta que un medio actúe a modo de repetidor radioeléctrico.
- La última necesidad de transmisión que debe quedar satisfecha es la del uso eficiente del espectro radioeléctrico del que se dispone.

Con respecto a las necesidades de seguridad, se dan las siguientes [17]:

- Se deben crear y establecer las claves de tráfico relativas a la seguridad en la transmisión (TRANSEC) y a la seguridad en la comunicación (COMSEC). El objetivo es que no sea fácil descifrar la información que se transmite, a la vez que los saltos de frecuencia sean imprevisibles. Gracias a la clave TRANSEC, no se desarrolla una firma electrónica, lo cual permite que la emisión se realice de manera imprevisible, siendo más difícil de detectar para el enemigo. Por otra parte, la clave COMSEC hace posible que la manera de codificar el mensaje no sea la típica empleada, por lo cual se mejora la capacidad para impedir que el enemigo pueda descifrar el mensaje enviado.
- Se debe llevar a cabo la eliminación de material clasificado, siempre y cuando exista un proceso fiable que asegure la completa destrucción. Cada unidad debe gozar de un programa dedicado a ello, que siga unas pautas de relevancia de documentación clasificada a eliminar, aumentando así la seguridad en las telecomunicaciones.
- El modo de proceder con la radio debe estar también orientada a evitar la guerra electrónica por parte del enemigo. Para llevar a cabo esta acción, existen varias medidas efectivas:
  - El RT PR4G permite trabajar en diferentes modos: SFR, mediante el cual se evita que el enemigo localice la frecuencia en la que se está operando, pasando de una frecuencia a otra, BCL, que permite moverse por los canales de una misma frecuencia en busca del que no esté siendo perturbado o el modo mezcla (MIX auto – adaptativo, que alterna automáticamente entre SFR y BCL).
  - Las claves TRANSEC y COMSEC previamente vistas también se emplean en contra de la EW.



Anexo C. Tabla resumen de las características de las diferentes versiones de PR4G: V1 – V2 y V3.

Fuente: [11]

Características	V1	V2	V3
Rango de frecuencias: 30 a 87.975 MHz.	*	*	*
Número de canales: 2320 en pasos de 25 kHz.	*	*	*
Modos de operación: Frecuencia Fija Analógica (FFA) Frecuencia Fija Digital (FD) Salto de Frecuencia (SFR) Búsqueda de Canal Libre (BCL) Modo Mixto (MIX).	*	*	*
Número de canales programables: 7 + 1 de monitorización de la Frecuencia Fija General.	*	*	*
Velocidad de salto en modo Salto de Frecuencia: 300 saltos/s.	*	*	*
Posibilidad de programar hasta 16 sub-bandas de salto en cada canal.	*	*	*
Tres niveles de sincronización: Inicial, por PTT y entrada tardía.	*	*	*
Alta protección ECCM.	*	*	*
Transmisión de voz en claro o cifrada.	*	*	*
Transmisión de datos síncronos TD16K en claro o cifrado (velocidad de 16000 bits/s) usando un interfaz con protocolo libre (Conector C).	16000	16000	
Transmisión de datos síncronos en claro o cifrado (velocidades de 50 a 43000 bits/s) usando un interfaz con protocolo libre (Conector C).	4800	4800	43000
Transmisión de datos asíncronos en claro o cifrado (velocidades de 50 a 57.600 bits/s) usando un interfaz con protocolo libre (Conector C).		9.600	57.600
Transmisión de datos asíncronos en claro o cifrada usando un interfaz de control remoto (SYCOMORE) (Conector A).	4800	4800	4800
Diversos servicios: Llamada prioritaria, alarmas, llamada selectiva, autenticación, vigilancia de canal, prueba de enlace.	*	*	*
Medidas adicionales de seguridad: sistema anti-intrusión, carga de elementos iniciales vía radio.	*	*	*
Posibilidad de conexión de un cifrador externo (VINSON).	*	*	
Posibilidad de conexión de un vocoder externo.			*
BIT interno.	*	*	*
Concepción modular y ergonómica.	*	*	*
Características mecánicas y ambientales conforme a la norma MIL STD-810E.	*	*	*
Características electromagnéticas conforme a las normas MIL STD 461-C y 461-D.	*	*	*
Bip's si/no		*	*
Identificación origen test de enlace		*	*
Identificación origen de alerta		*	*
Gestión PTT de la estación de un PAR		*	*
Carga de software en memoria "flash EPROM"		*	*
Vocoder		*	*

Características	V1	V2	V3
Ampliación de memoria		*	*
Modo "Búsqueda"		*	*
Salto de frecuencia ortogonal		*	*
Transmisión de datos asíncronos		*	*
TDMA		*	*
GPS			*
Potencia de transmisión ampliada (0,5, 5, 10 y 50 vatios según modelo)		*	*
TCP/IP			*
MUX			*

**Bip's si/no**

El operador puede seleccionar el escuchar o no los avisos de atención sobre el display.

**Quién envía el test de enlace**

El operador lee en el display el número de abonado de quién ha enviado el test de enlace.

**Quién envía una alerta**

En el display aparece el número de abonado de quien envía la alerta.

**Modificación de la gestión del PTT**

Esta modificación permite un control automático del PTT de la estación de un PAR (Punto Acceso Radio) por la estación móvil para la función CNRI.

**Implementación del software de aplicación en memoria "flash eeprom"**

El cambio de software se realiza sin abrir el equipo, conectando directamente un ordenador.

**Incremento de capacidad de memoria**

En el Hardware V2 se puede introducir el software CNR con todas sus mejoras, el TDMA, el Packet Radio y queda capacidad para futuras mejoras o evoluciones.

**Modo Búsqueda**

Es un nuevo modo de trabajo que puede programarse en cualquiera de los siete canales y permite realizar una búsqueda sobre las 8 frecuencias de vigilancia (las 7 de canal y la general).

**Modo Salto de Frecuencia Ortogonal**

Permite constituir una nueva malla haciendo uso de un único canal, incluso en el caso de que sea necesaria una estación relé.

**Transmisión de datos asíncronos con protocolo abierto**

Dispone de otro interfaz de transmisión de datos asíncronos adicional, con protocolo abierto.

**TDMA (opcional)**

Este modo tiene como objetivo realizar aplicaciones de redes de transmisión de datos que permitan:

- Controlar el encaminamiento de los mensajes y la organización de las comunicaciones.
- Optimizar los tiempos de encaminamiento de mensajes cortos.
- Administrar más usuarios comunicándose muy frecuentemente y evitando las colisiones de mensajes.
- Asegurar un ciclo temporal corto que permita más accesos por segundo.
- Proteger los enlaces contra la guerra electrónica.

Por todo ello resulta muy apropiado para sistemas de armas, mando y control, navegación...

Las aplicaciones exteriores a la radio no están incluidas.

**Potencia y consumo**

Las potencias de emisión son 0,5 W, 5 W, 10 W (V3) y 0,5 W, 5 W y 50 W (V2), según configuraciones. Como consecuencia de la mayor potencia de salida y la inclusión del vocoder, los consumos han crecido algo en relación a los de la V1.

**Otras funcionalidades no incluidas en la V1**

El incremento de memoria realizado en la versión V2 admite el software del Packet Radio, que permite realizar aplicaciones de transmisión de Datos por Paquetes vía radio, aprovechando al máximo todas las características de la radio.

**GPS**

La inclusión de un módulo receptor GPS permite obtener la posición exacta del transceptor así como la fecha y hora actual.

**TCP/IP**

Esta opción permite integrar la radio en una red TCP/IP y dotar al usuario de un acceso a Internet o redes locales.

**MUX**

Esta nueva funcionalidad aprovecha el servicio TDMA integrado para realizar una transmisión de voz y datos casi simultánea.



## Anexo D. Nuevos cables de la versión PR4G V3

Fuente: Tanto la información como las imágenes han sido obtenidas de [9] [11].

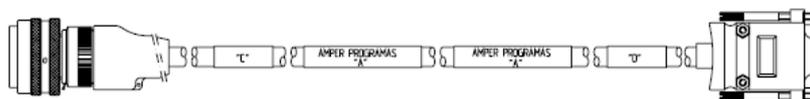
- CHF – 147: se trata de un cable coaxial que conecta el radioteléfono con el amplificador ALA – 126 AP, por medio de la entrada de RF del mismo, en configuración vehicular.



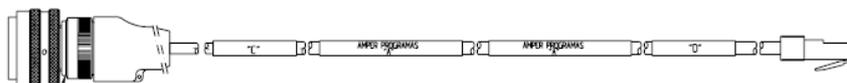
- CBF – 295: posibilita la función relé, tanto analógica como digital.



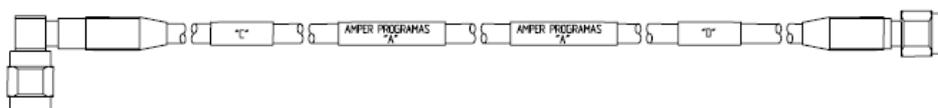
- CBF – 305: conectado al conector C, permite la transmisión de datos asíncronos a altas velocidades.



- CBF – 311: cable no cruzado que posibilita la conexión a un ordenador para, mediante un hub o router, acceder a una red LAN.  
CBF – 311x: cable cruzado que posibilita la conexión a un ordenador para, mediante una tarjeta de red instalada en el ordenador, acceder a una red LAN.



- GPS SMA/SMA: cable coaxial que hace posible la funcionalidad GPS del radioteléfono en la configuración vehicular.



- ANTENA GPS: receptor con cable que posibilita la funcionalidad GPS en la configuración portátil.





## Anexo E. Conectores del radioteléfono PR4G

Existen tres conectores en PR4G (A, B y C), donde cada uno de ellos garantiza una serie de funcionalidades. A continuación, se explican los conectores de forma general, sin entrar en detalle, viendo las modificaciones según las versiones del radioteléfono [14]:

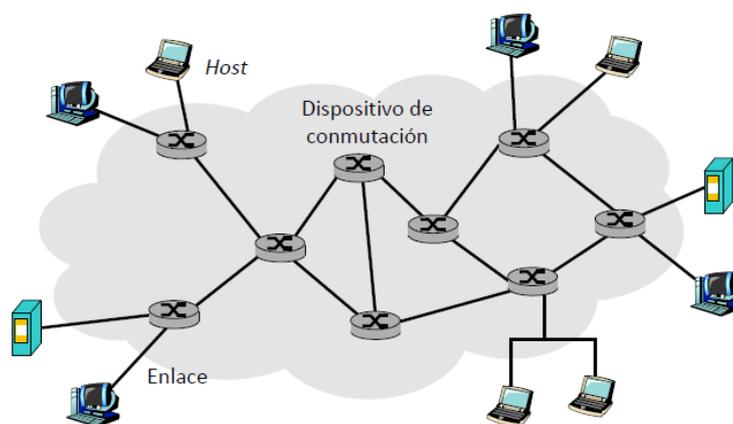
- El conector A permite las siguientes funcionalidades: audio, telealimentación, telecomando, telecarga (alimentación, control y carga a distancia). En V3, las funcionalidades se mantienen.
- El conector B otorga las siguientes funcionalidades: audio, relé (repetidor analógico o digital, necesitando un cable del tipo CBF - 295), telealimentación, GPS. En este caso, se han mantenido las funcionalidades de V2, y se han ampliado otras como el relé digital o el GPS.
- El conector C otorga las siguientes funcionalidades: transferencia de datos. También actúa como un puerto serie IP interfaz IEEE 802.3 (Fast Ethernet) 10 Base T. Las mejoras de V3 están orientadas a la mejoría en la velocidad de transmisión de datos (hasta 57'6 kbps), además, el puerto IP es del tipo. Tanto el interfaz IEEE 802.3 10 Base T como el interfaz serie IP/PPP son dos nuevos interfaces propios de la V3.



## Anexo F. Pequeña introducción a la teoría de redes

Cuando hablamos de red, nos referimos a una serie de dispositivos conectados, como ordenadores o radioteléfonos, tal y como se puede ver en la figura. Una red de comunicaciones está compuesta por tres elementos imprescindibles [16]:

- Equipos terminales (hosts): elementos que permiten al usuario el acceso a la red (por ejemplo, un ordenador).
- Dispositivos de conmutación: elementos que, localizados en puntos a lo largo de toda la red, reenvían los paquetes hasta su destino (de un host a otro host). Por ejemplo: router, hub, switch.
- Enlace: unión de host y dispositivos de conmutación entre sí. Puede ser punto a punto (enlace directo entre hosts) o de difusión (enlace entre diferentes hosts).



Estructura de una red de comunicaciones genérica. Fuente [16].

Dentro de las redes, en función de su radio de cobertura, tenemos dos tipos importantes [16]:

- LAN: Red de Área Local. Se trata de una red con una extensión de menos de 1 kilómetro, con altas velocidades.
- WAN: Red de Área Extensa. Abarcan extensiones mayores, usándose para conectar ciudades o países.

La transmisión de la información en estas redes se lleva a cabo mediante la arquitectura de protocolos TCP/IP. La información se transmite en forma de paquetes IP, de un punto a otro, pasando a través de los diferentes dispositivos de conmutación. Estos paquetes tienen un encapsulamiento [9], el cual posee toda la información necesaria para llegar a su destino. El protocolo TCP (Protocolo de Control de Transmisión) garantiza que estos paquetes lleguen a su destino en orden y sin errores, permitiendo una comunicación fiable.

A la hora de transmitir un paquete, el origen debe indicar en el mismo cuál es la dirección de destino (direccionamiento), y los dispositivos de conmutación son los encargados de llevarlo hasta él, mediante la elección del mejor camino posible a través de la red (enrutamiento).

A la hora de trabajar con TCP/IP, cada elemento de la red debe tener asignada una dirección IP propia y única.



## Anexo G. Entrevista con expertos sobre el funcionamiento del radioteléfono PR4G V3.

A continuación, se muestran las notas tomadas durante la entrevista realizada al personal que se relaciona: Sgto. D. Javier Huertas Espinosa, Cabo 1º D. Juan Víctor del Pozo Seseña, Cabo 1º D. Antonio Marinas Alcaide:

1) *¿Qué es lo que hace falta para llevar a cabo la transmisión de datos mediante RT – 9210?*

Para transmitir datos a través del RT – 9210 es fundamental el uso de un elemento que permita la visualización del contenido, como es el caso del PC que integra el Mercurio 2000, un cable que conecte el radioteléfono con el mismo y el radioteléfono a través de su configuración vehicular. Si fuera posible, está muy bien contar con una impresora para poder obtener en formato físico las órdenes que se transmiten, mapas de posición, coordenadas, etc. En caso de nuestra sección, el equipo informático se encuentra en estado de obsolescencia, y sería adecuada una innovación, barajando la posibilidad de incorporar ordenadores portátiles.

2) *¿Cómo funcionan IP/SAP e IP/MUX?*

En general, si analizamos estos dos nuevos modos de V3, vemos que el modo IP/ SAP demuestra un mejor funcionamiento frente al modo IP/MUX, siendo este último más bien un modo de empleo en situaciones de circunstancia. Esto se debe a su escasa capacidad de transmisión de datos. La razón es simple: si tienes un canal de transmisión estrecho y lo divides más todavía, no permites la explotación de las capacidades.

3) *¿Cómo veis el RT – 9219 en relación a los radioteléfonos de otros ejércitos?*

Tampoco conocemos mucho de otras radios, y si conocemos es de analógico, aunque de digitales hemos visto una radio italiana: la Marconi, que en relación al diseño exterior dejaba que desear en relación a la nuestra, ya no sabemos acerca de las especificaciones técnicas. Pero la radio a nivel internacional es decente, cumple con los requisitos de transmisión en VHF, lo cual no hay que olvidar, que se transmite en VHF, y nunca se van a lograr velocidades como en las redes de telefonía o el Internet de casa. La radio, como radio de combate es buena radio, para darle el uso que se le requiere. La gente está acostumbrada a servicios más potentes, pero la radio de combate no tiene esas infraestructuras. Al fin y al cabo, es la última cosa que falla, después de cualquier medio civil (satélite).

4) *Indicar el grado de satisfacción en relación a:*

Envío de voz: Alto

Envío de datos: Medio

GPS: Alto

FFT: Alto

General: Alto



## Anexo H. Encuesta sobre la relevancia de las innovaciones propuestas

Tras la realización de una lluvia de ideas (brainstorming) con los componentes de la sección de radio de la CIATRANSMZ 10 de la BRIMZ X, cuya intención ha sido la de poner en común el conocimiento y experiencia propios de cada uno con el objetivo de hallar deficiencias y limitaciones del radioteléfono PR4G V3, así como sus sistemas periféricos y la estación sobre la cual se opera (en relación a las transmisiones), se procede a realizar este cuestionario.

El objetivo del mismo es que cada uno de los componentes de la sección que llevaron a cabo el brainstorming valoren, sobre una escala del 1 al 10, la relevancia que otorgan a cada una de las innovaciones que se han propuesto.

El objetivo final del cuestionario es reflejar qué carencias se erigen como las más importantes y necesarias, según la opinión de los operadores.

El cuestionario comienza aquí:

1. Instalación de ordenadores portátiles.
2. Renovar los equipos informáticos.
3. Migración hacia un software libre.
4. Renovar el interfaz de IP/MUX, IP/SAP (hacia uno más intuitivo).
5. Solucionar el problema de la entrada retardada de IP/MUX.

Una vez finalizado el cuestionario, se pueden aportar nuevas ideas que no hayan sido aportadas previamente durante el brainstorming.

Muchas gracias por su colaboración.



## Anexo I. Puntuaciones de la encuesta sobre la relevancia de las innovaciones

PARTICIPANTES	MOTIVO DE PARTICIPACIÓN	PUNTUACIONES	
		INSTALACIÓN DE ORDENADORES PORTÁTILES	RENOVAR LOS EQUIPOS INFORMÁTICOS
SGTO. D. JAVIER HUERTAS ESPINOSA	Al ser jefe accidental de la sección, representa a la misma y sus intereses, y conoce sus necesidades.	10	9
CABO 1º D. JUAN VÍCTOR DEL POZO SESEÑA	Posee un amplio conocimiento acerca de tecnología informática, reflejado en un gran criterio de selección de innovaciones informáticas.	10	10
CABO 1º D. ANTONIO MARINAS ALCAIDE	Al ser el miembro más antiguo de la sección, ha conocido sistemas previos y actuales, entendiendo la filosofía seguir en las innovaciones.	3	8
SDO. D. ANTONIO ARES ARROYO	Operador más antiguo de la estación Mercurio 2000.	6	8
SDO. D. ANTONIO JESÚS VARGAS CUBERO	Incorporado recientemente a la sección, procede del batallón II, perteneciente al regimiento nº 1 de Burgos, aporta conocimientos y experiencias nuevas.	9	9
SDO.D. FRANCISCO MANUEL CARMONA MORA	Operador de la estación Mercurio 2000.	10	9
SDO. D. PEDRO LOPERA RUIZ	Operador de la estación Mercurio 2000.	10	10
<b>MEDIAS</b>		8,29	9

PUNTUACIONES		
MIGRACIÓN HACIA UN SOFTWARE LIBRE	RENOVAR EL INTERFAZ DE IP/SAP E IP/MUX	SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LA ENTRADA RETARDADA DE IP/MUX
10	7	7
10	7	8
10	9	10
5	6	8
5	8	9
9	7	8
8	5	5
8,14	7	7,86

## Referencias

- [1] Sistemas de Telecomunicaciones e Información (CIS). OR3-501 (Orientaciones), Mando de Adiestramiento y Doctrina. Ejército de Tierra, España, Fecha de entrada en vigor: 2-11-2007.
- [2] Reglamento de empleo del PR4G. RE6-501 (Reglamento de empleo), Estado Mayor del Ejército. Ejército de Tierra, España, Fecha de entrada en vigor: julio 2002.
- [3] Propagación Radio., Academia de Ingenieros del Ejército. Departamento de Telecomunicaciones y Sistemas de Armas. España, 2007.
- [4] Empleo de la compañía de transmisiones de la brigada. PD4-502 (Publicación Doctrinal), Mando de Adiestramiento y Doctrina. Ejército de Tierra, España, Fecha de entrada en vigor: 30-3-2016.
- [5] C. L. Ramos, Historia Militar de las Transmisiones, Madrid, 1981.
- [6] J. M. Romeo, Libro del museo de telecomunicaciones, Escuela universitaria de Ingeniería técnica de telecomunicaciones, EUIT Telecomunicación, 2005.
- [7] A. M. Alcaide, «Breve historia de la transmisión de datos a través de VHF,» Córdoba, 2016.
- [8] Radioteléfono PR4G V3. MI-500 (Manual de instrucción), Mando de Adiestramiento y Doctrina. Ejército de Tierra, España, Fecha de entrada en vigor: 30-3-2016.
- [9] AMPER, *Curso de operación y mantenimiento de 1º y 2º escalón de los radioteléfonos de VHF*, 2007.
- [10] GSMA, The GSMA spectrum primer series. Introducing radio spectrum, 2014.
- [11] APEC, Manual de operación y mantenimiento orgánico de 1º y 2º escalón de las configuraciones dotadas con el RT - 9210 V3, Ejército de Tierra, España, Fecha de entrada en vigor: 10-11-2005.
- [12] Sistema PR4G RT - 9200 V2. Red Radio de Combate (RRC), Academia De Ingenieros Del Ejército, España, 2005.
- [13] *PR4G V3. Ayudas a la instrucción*. [Película]. Mando de Adiestramiento y Doctrina. Dirección de enseñanza, 2015.
- [14] Mercurio 2000. MI4-503 (Manual de Instrucción), Mando de Adiestramiento y Doctrina. Ejército de Tierra, España, Fecha de entrada en vigor: 3-1-2011.
- [15] Gobierno de España. Ministerio de Industria, Economía y Turismo. Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, «Herramienta DAFO,» [En línea]. Available: <http://dafo.ipyme.org/Paginas/Home.aspx>.
- [16] J. Ortín, «Apuntes de la asignatura Redes y servicios de comunicaciones,» Zaragoza, 2015/16.
- [17] T. Scout, «Diario de un radioaficionado,» [En línea]. Available: <https://radioaficionado.wordpress.com>.