



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE ENLACE EN LAS PEQUEÑAS UNIDADES

Autor

Francisco Legaz Lubian

Director/es

Director académico: Dr. María Vera Cabello

Director militar: Capitán José Rubén Martínez Pérez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022

Agradecimientos

- *Capitán: Don. José Rubén Martínez Pérez.*
- *Teniente: Don. Antonio Torro Laguillo.*
- *Director académico: Dr. María Vera Cabello.*
- *Profesor CUD: Andrés Miguel Cosialls Ubach*

RESUMEN.

El trabajo tiene como finalidad proponer una solución a los problemas de enlace existentes en las unidades de infantería. Para ello y, con el fin de aportar una solución, primero se estudian cuáles son los problemas de enlace a los que se enfrentan las pequeñas unidades, tomando como referencia el Batallón “Legazpi” del Regimiento de infantería nº 67.

Mediante el uso de entrevistas se hace una primera aproximación y se observan tres grandes problemas de enlace. El primero de ellos será el problema de instrucción, el segundo el desconocimiento a la hora de adaptar el medio al entorno en el que se está combatiendo y por último encontramos problemas de escasez de medios. Así, para verificar la existencia del primero, y su validez como posible solución, antes de las maniobras se realizan unas jornadas de instrucción con un simulador creado para tal fin a una de las compañías del batallón. Tras las mismas, se vuelven a hacer entrevistas y, para obtener resultados cuantitativos, además se realizan encuestas, verificando la existencia de los tres problemas anteriormente mencionados y el buen funcionamiento del simulador para solventar algunos de ellos.

Finalmente, teniendo en cuenta todo lo anterior, se trata de dar solución a los principales problemas encontrados. Las soluciones más importantes son la implementación de un nuevo sistema de instrucción basado en el medio de enlace más empleado, la PR4G v3, y en general promover el uso de simuladores de cara a que el personal se instruya en el uso de medios de enlace, para ello, se aporta una ficha de instrucción la cual puede ser introducida de forma directa en las unidades e incluida dentro del plan de instrucción anual. Para el segundo problema se realiza un estudio de los medios de enlace actuales y se extrae información de los manuales originales de los medios de enlace obteniendo una guía a modo de ficha de instrucción donde se detalla de forma práctica que se debe de realizar para poder lograr la comunicación con el medio de enlace y el entorno en el que se está trabajando, del mismo modo se indica que medio se adapta mejor a cada entorno, haciendo especial hincapié en el medio subterráneo debido a ser una gran novedad y donde el radio teléfono Spearnet aporta una importante solución. Respecto a los problemas de disponibilidad de material, se plantea la posibilidad de adquirir la radio Baofeng UV-5R, la cual cumple con las necesidades de las unidades de infantería y, además, proporcionaría enlace en aquellas situaciones donde actualmente no tenemos posibilidad de establecer comunicación. También aparecen otros sistemas vanguardistas como el BNET NANO.

Palabras clave

Simulador, Instrucción, Telecomunicaciones, Enlace Militar.

ABSTRACT

The aim of this work is to propose a solution to the liaison problems existing in infantry units. To this end, and in order to provide a solution, we first study the liaison problems faced by small units, taking the "Legazpi" Battalion of the 67th Infantry Regiment as a reference point.

Using interviews, a first approximation is made and three major liaison problems are observed. The first of these is the problem of training, the second is the lack of knowledge when it comes to adapting the environment to the environment in which they are fighting, and the last problem is the lack of resources. Thus, in order to verify the existence of the first problem and its validity as a possible solution, before the manoeuvres, training sessions were held with a simulator created for this purpose for one of the battalion's companies. After these, interviews are conducted again and, in order to obtain quantitative results, surveys are also carried out, verifying the existence of the three aforementioned problems and the proper functioning of the simulator to solve some of them.

Finally, taking into account all of the above, we try to find solutions to the main problems encountered. The most important solutions are the implementation of a new training system based on the most widely used liaison medium, PR4G v3, and in general to promote the use of simulators so that personnel can be trained in the use of liaison mediums. For the second problem, a study of the current means of liaison is carried out and information is extracted from the original manuals of the means of liaison, obtaining a guide in the form of an instruction sheet detailing in a practical way what must be done to achieve communication with the means of liaison and the environment in which they are working, likewise indicating which means is best suited to each environment, with special emphasis on the underground environment due to it being a great novelty and where the Spearnet radio telephone provides an important solution. With regard to the problems of material availability, the possibility of acquiring the Baofeng UV-5R radio, which meets the needs of infantry units and would also provide a link in those situations where we currently have no possibility of establishing communication, is raised. Other cutting-edge systems such as the BNET NANO are also appearing.

KEYWORDS

Simulator, Instruction, Telecommunications, Military Liaison.



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
1.- INTRODUCCIÓN.....	12
2.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	13
3.- ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)	14
4. - DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	15
4.1. Análisis previo para la identificación de problemas.....	15
4.2. - Entrevistas con personal de la unidad:	19
4.3.- Jornadas de instrucción del medio de enlace PR4G v3	20
4.4.- Análisis posterior a las maniobras para la confirmación de problemas detectados	22
4.4.1. Entrevistas al personal con responsabilidad de enlace.	23
4.4.2. Análisis de las encuestas al personal con responsabilidad de enlace: ..	24
5. Soluciones a los problemas encontrados	29
5.1 Soluciones a los problemas de instrucción.....	29
5.2 Solución a la adecuación al medio de los diferentes radioteléfonos y radios.	30
5.2.1 Enlace terrestre/superficie.....	31
5.2.2 Enlace en el subsuelo.....	32
5.3 Solución a los problemas de disponibilidad	35
5.3.1 Adquisición de Baofeng.....	36
5.3.2 Otras soluciones al mando y control.....	38
5.- CONCLUSIONES.....	39
6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS.....	42

Anexo A. Transcripción de las entrevistas previas a las maniobras acerca del



<i>enlace.</i>	42
<i>Anexo B. Simulador PR4G v3</i>	43
<i>Anexo C. Transcripción de las entrevistas a los problemas de enlace</i>	45
<i>Anexo D. Encuesta realizada para el estudio.</i>	49
<i>Anexo E: Ficha de instrucción I</i>	50
<i>Anexo F: Ficha de instrucción II</i>	61
<i>Anexo G: Ficha de instrucción III.</i>	62



INDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1. Radio teléfono PR4G v3. Fuente: [7]</i>	16
<i>Ilustración 1. Radio teléfono PR4G v3. Fuente: [7]</i>	16
<i>Ilustración 2. Harris ANPRC117F. Fuente: [9].....</i>	17
<i>Ilustración 3. PNR 500. Fuente: [1].....</i>	18
<i>Ilustración 5. Enlace Ad hoc. Fuente: [8]Ilustración 3. PNR 500. Fuente: [1]....</i>	18
<i>Ilustración 5. Enlace Ad hoc. Fuente: [8]</i>	19
<i>Ilustración 4. Radio Teléfono Spearnet. Fuente: [8]Ilustración 5. Enlace Ad hoc. Fuente: [8].....</i>	19
<i>Ilustración 4. Radio Teléfono Spearnet. Fuente: [8].....</i>	19
<i>Ilustración 6. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google FormsIlustración 4. Radio Teléfono Spearnet. Fuente: [8]</i>	19
<i>Ilustración 6. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms</i>	25
<i>Ilustración 7. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.Ilustración 6. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.....</i>	25
<i>Ilustración 7. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.</i>	26
<i>Ilustración 8. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms. Ilustración 7. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.....</i>	26
<i>Ilustración 8. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.</i>	27
<i>Ilustración 9. Imagen del TP6N. Fuente: [1]Ilustración 8. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.....</i>	27
<i>Ilustración 9. Imagen del TP6N. Fuente: [1].....</i>	28
<i>Ilustración 10. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.Ilustración 9. Imagen del TP6N. Fuente: [1].....</i>	28
<i>Ilustración 10. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.</i>	28
<i>Ilustración 11. Ejemplo de cálculo de longitud de antena. Fuente: [13]Ilustración 10. Imagen del cuestionario analizado. Fuente:</i>	



Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms..... 28

Ilustración 11. Ejemplo de cálculo de longitud de antena. Fuente: [13] 31

Ilustración 12. Explicación de comunicación mediante cable TP6N. Fuente: Elaboración propia. Ilustración 11. Ejemplo de cálculo de longitud de antena. Fuente: [13] 31

Ilustración 12. Explicación de comunicación mediante cable TP6N. Fuente: Elaboración propia. 33

Ilustración 13. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” I. Fuente: Elaboración propia. Ilustración 12. Explicación de comunicación mediante cable TP6N. Fuente: Elaboración propia. 33

Ilustración 13. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” I. Fuente: Elaboración propia. 34

Ilustración 14. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” II. Fuente: Elaboración propia. Ilustración 13. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” I. Fuente: Elaboración propia. 34

Ilustración 14. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” II. Fuente: Elaboración propia. 34

Ilustración 15. Explicación de composición de una malla. Fuente: Elaboración propia. Ilustración 14. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” II. Fuente: Elaboración propia. 34

Ilustración 15. Explicación de composición de una malla. Fuente: Elaboración propia. 35

Ilustración 16. Baofeng radio UV5R. Fuente: [2] Ilustración 15. Explicación de composición de una malla. Fuente: Elaboración propia. 35

Ilustración 16. Baofeng radio UV5R. Fuente: [2] 36

Ilustración 17. Accesorio de conexión USB para Baofeng UV5R. Fuente: [2] Ilustración 16. Baofeng radio UV5R. Fuente: [2] 36

Ilustración 17. Accesorio de conexión USB para Baofeng UV5R. Fuente: [2] .. 36

Ilustración 18. PTT para Baofeng UV5R. Fuente: [2] Ilustración 17. Accesorio de conexión USB para Baofeng UV5R. Fuente: [2] 36

Ilustración 18. PTT para Baofeng UV5R. Fuente: [2] 37

Ilustración 19. Harris PRC 163 Fuente: [4] Ilustración 18. PTT para Baofeng UV5R. Fuente: [2] 37

Ilustración 19. Harris PRC 163 Fuente: [4] 37

Ilustración 20 BNET NANO Fuente: [12] Ilustración 19. Harris PRC 163 Fuente: [4] 37



Ilustración 20 BNET NANO Fuente: [12].....	38
Ilustración A.1. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	43
Ilustración A.2. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	43
Ilustración A.3. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	43
Ilustración A.4. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	43
Ilustración A.5. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.6. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.7. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.8. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.9. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.10. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.11. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración A.12. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	45
Ilustración A.13. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia	45
Ilustración D.1. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 1-3. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración D.2. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 4-6. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración D.4. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 10-13. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración D.3. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 7-9. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración D.5. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 14-17. Fuente: Elaboración propia	50
Ilustración D.6. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 18-20. Fuente: Elaboración propia	50



Ilustración D.7. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 21-23. Fuente: Elaboración propia	50
Ilustración E.1. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	51
Ilustración E.2. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	52
Ilustración E.3. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	52
Ilustración E.4. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	52
Ilustración E.5. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	53
Ilustración E.6. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	53
Ilustración E.7. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7].....	54
Ilustración E.8. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	54
Ilustración E.9. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	55
Ilustración E.10. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	56
Ilustración E.11. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	56
Ilustración E.12. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	57
Ilustración E.13. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	58
Ilustración E.14. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	59
Ilustración E.15. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	59
Ilustración E.16. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia	60



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Abreviaturas	Descripción
ACINF	Academia de Infantería
BCL	Búsqueda de Canal Libre
Bon	Batallón
CENAD	Centro Nacional de Adiestramiento
Cia	Compañía
COMSEC	<i>Communication security</i>
CTCSS	Silenciador de recepción y transmisión de tono continuo codificado.
DCS	Silenciador de transmisión digital codificada
DDI	Distribuidor de datos iniciales
DTMF	Tono de transmisión codificada.
FFC	Frecuencia Fija de Canal
FFG	Frecuencia Fija General
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HF	<i>High frequency</i>
IBT	Instrucciones Básicas de Transmisiones.
MADOC	Mando de adiestramiento y doctrina
MCR	Recepción en multicanal
PC BON	Puesto de mando de batallón
PTT	<i>Push to talk</i>
RAU	Unidad de Acceso Remoto
SDR	<i>Software Defined Radio</i>
SFR	Saltos de frecuencia
TACSAT	Antena táctica de 6 paraguas
TDT	Terminal de datos táctico.
TFG	Trabajo Fin de Grado
TRANSEC	<i>Transmission security</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>



1.- INTRODUCCIÓN

El estudio está enfocado a dar solución a los problemas de enlace en pequeñas unidades de infantería dado que, para el mando y control de una unidad de infantería, es un elemento esencial para poder llevar a cabo la misión, tal y como indica la doctrina actual [5][6] en su capítulo tercero.

En este contexto, el presente TFG, tiene dos propósitos: primero, realizará un estudio de identificación de cuáles son los problemas de enlace que sufren las unidades de infantería. Segundo, tratará de dar solución a dichos problemas, intentando sacar el máximo partido a los medios de los que disponen las unidades, para así poder aprovechar todas sus capacidades.

El ámbito de aplicación de este estudio y las conclusiones sacadas en el mismo, serán de útil aplicación para las unidades de infantería, para así resolver los problemas de enlace entre los jefes de sección, jefes de pelotón y los fusileros desembarcados, mediante el empleo de un sistema de comunicación que permita la transmisión de datos y voz.

Como se irá explicando a lo largo del documento, se identificarán tres tipos de problemas: de instrucción, de capacidades de los medios en diferentes entornos y de disponibilidad de material. Por tanto, se alcanzarán tres tipos de soluciones: por un lado, solucionar los problemas que puedan existir en la instrucción. Por otro lado, estudiar de qué forma se pueden emplear los medios de enlace para sacar el máximo partido, en función del entorno en el que nos encontremos. Finalmente, solventar los problemas de existencias proponiendo medios alternativos como posibilidad de adquisición.

El resto del documento se estructura del siguiente modo: la sección segunda recoge el objetivo que se pretende alcanzar y la metodología empleada para ello. La tercera sección contextualiza la importancia del enlace y la situación actual del mismo. Pasando a las siguientes secciones, es decir, al grueso del trabajo, en donde primero se analizan los posibles problemas, antes y después de las maniobras y después se dan posibles soluciones a dichos problemas. Para finalizar se incluye una conclusión de todo el estudio realizado.



2.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El presente Trabajo Fin de Grado, tiene como objetivo principal la identificación y dar solución a los problemas de enlace a los que se enfrentan las unidades de infantería, según su orgánica y medios disponibles, tomando como referencia el Regimiento de infantería nº 67. Aunque el título propuesto habla de la solución, es importante saber a qué problemas se quiere dar respuesta, ya que, sin una correcta identificación de los mismos, se podría estar dando solo una solución parcial.

La realización del estudio y por tanto, la consecución de los objetivos, se ha desarrollado en varias fases. Primero, se realizó un estudio previo a unas maniobras en el CENAD de San Gregorio de 10 días, entrevistando al encargado de transmisiones del Batallón "Legazpi", así como a otras personas, las cuales tienen un alto grado de responsabilidad, con el objetivo de identificar qué problemas de enlace tiene la unidad. Segundo, tras dichas maniobras, se realizaron una serie de entrevistas a todo aquel personal que dispone de una responsabilidad de enlace, para así poder confirmar que, efectivamente, existen los problemas de enlace ya anteriormente detectados. Con ello se confirma que los principales problemas que tiene una unidad de infantería respecto al enlace, son los problemas de instrucción, problemas de no adaptar los medios al entorno en el que se está trabajando y problema de disponibilidad de los medios. El orden de estos problemas hace referencia a la facilidad de solución de los mismos, siendo el problema de instrucción el problema con una solución más sencilla y factible.

Teniendo en cuenta las diferentes fases desarrolladas, se ha empleado tanto metodología cualitativa como cuantitativa. Empezando por la metodología cualitativa, se van a utilizar a las siguientes herramientas: Primero, se han realizado diferentes entrevistas a lo largo del estudio, con el objetivo de conocer de primera mano, seleccionando al personal con responsabilidad de enlace, cuáles consideraban, según su experiencia, cuáles son los principales problemas. Cabe destacar que se ha seguido un método de obtención de datos mediante entrevistas, tomando como referencia el estudio de métodos de recolección de datos de la universidad de Rafael Landívar [14]. Mediante unas preguntas al personal entrevistado, se pretende obtener datos primarios, que son aquellos que pertenecen a una observación directa de los entrevistados ante un problema. En estas entrevistas participaron el encargado de transmisiones del Batallón, los jefes de las cuatro compañías, los jefes de las distintas secciones del batallón y los radio operadores de todo el batallón y cuyas transcripciones, como se explicará más adelante, pueden encontrarse en el Anexo A.

Segundo, la observación ha sido otra herramienta útil en la consecución de los objetivos. Por un lado, se realizó un pequeño inventario, para analizar los medios de enlace de los que dispone la unidad y cuáles son las diferentes configuraciones que utilizan, para trabajar en los diferentes ejercicios. Por otro lado, se realizó una observación de cuáles eran los factores que cada jefe de compañía considera relevantes, de cara a poder tener enlace y por tanto, el modo de trabajo de la unidad, en lo que se refiere al enlace.

Tercero, en las observaciones se identificó, de forma previa a las maniobras, que dentro de los tres problemas detectados como relevantes, el relacionado con la instrucción, era algo que preocupaba a las compañías. Por tanto, de acuerdo a esta preocupación, se trató de establecer como prueba de mejora un método nuevo de instrucción, para comprobar si, mejorando los métodos de enseñanza, se podían eliminar los problemas de instrucción en el uso del medio de enlace más utilizado creando, específicamente para este estudio, un simulador de la PR4G v3. Estas jornadas experimentales de instrucción, como se explicarán con mayor profundidad a lo largo del documento, fueron realizadas únicamente en la segunda



compañía del Batallón Legazpi (grupo de tratamiento), para así poder comparar con el resto de compañías (grupo de control), que no han obtenido esta formación, que problemas de enlace han tenido al finalizar las maniobras y poder obtener resultados referenciados en un estudio que a priori solventará los problemas de instrucción, en el uso de la PR4G v3. El principal problema es el hecho de que los medios de transmisiones tienen carácter criptográfico, por tanto, no son accesibles para que todo el mundo pueda trabajar con ellos de forma individualizada, ya que por un lado hay una limitación, en cuanto al número de medios y por otro lado es un material sensible, que no conviene que sea manipulado por personal que se encuentra en proceso de aprendizaje. Por tanto el simulador propuesto, que se puede utilizar tanto en un *smartphone* como en un ordenador, permite poder manipular la radio siempre que se quiera, realizando cualquier operación sin el peligro de que este sea material criptográfico. En estas jornadas se explicaron los conceptos teóricos básicos de las radios, pasando rápidamente a la práctica, trabajando todos de forma simultánea, cada uno con su *smartphone*, los procedimientos básicos y las operaciones básicas que debe conocer todo radio-operador.

Como método cuantitativo se ha utilizado la encuesta. Tras la realización de las entrevistas, para saber cuáles son los problemas de enlace más comunes, se han realizado diferentes encuestas para conocer si esos problemas eran los más relevantes y/o los únicos para que la información no sea tan subjetiva. Aunque la doctrina marca que todos los integrantes de un batallón deben de ejercer una responsabilidad de enlace, hay determinados puestos tácticos que tienen una mayor influencia en el enlace que otros. Estos son los puestos de radio operador y los puestos de mando, como pueden ser los jefes de compañía, sección y pelotón, por ello las encuestas se han realizado solo a este personal, con mayor responsabilidad en el tema objeto de estudio de este trabajo. Es decir, los jefes de pelotón, sección y compañía deberán disponer y de proporcionar enlace, a través de sus radio-operadores, porque el enlace es algo esencial para el mando y control de cualquier operación, tal y como indica la doctrina del Ejército de Tierra. El propósito de esta encuesta no es otro que determinar de una forma más empírica cuales son los problemas de enlace en una unidad de infantería tipo Batallón. Esta encuestada contaba con 23 preguntas todas ellas relacionadas con los medios de enlace, nivel de responsabilidad de enlace y realizando cuestiones específicas de los medios para poder saber si hay respuestas que han sido contestadas de forma errónea o sin ser completamente sinceros en la respuesta de la encuesta.

3.- ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

Este trabajo tiene como esfuerzo principal el dar solución a los problemas de enlace que encontramos en las pequeñas unidades de infantería, refiriéndose a aquellas unidades de entidad pelotón, sección y compañía. En muchas ocasiones, cuando se disgrega a la unidad o cuando se desembarca la unidad de sus vehículos, se hace latente la necesidad de un medio de enlace que permita mantener la comunicación entre los combatientes, para realizar un correcto desempeño de la operación, ya sea para poder reconducirla a partir de las observaciones sobre el terreno de estos combatientes o, incluso, para anularla. Encontramos casos en la historia, donde el enlace ha sido algo esencial para el desempeño de cualquier operación militar. En ese sentido es destacable el desembarco de Normandía en la Segunda Guerra Mundial, en donde el enlace fue esencial para poder coordinar la acción del personal que iba a desembarcar en las playas, junto con los apoyos navales y aéreos. En cuanto al caso de cancelar alguna operación puede destacarse, cuando durante la Primera Guerra



Mundial los alemanes firmaron su rendición, ya que rápidamente se transmitió la orden vía cable telefónico a todos los puestos de mando y gracias a los medios de enlace existentes, se pudieron cancelar muchas operaciones militares previstas para ese día y, por tanto, se pudo evitar la continuidad de la guerra y muchas pérdidas humanas.

Con los dos ejemplos anteriores, se puede ver que el enlace es sin duda algo esencial en las unidades militares y, por su puesto en las unidades de maniobra, es decir, de combate, como pueden ser las unidades de infantería.

En este contexto, tal y como nos indica la doctrina, el enlace es algo esencial para poder cumplir las misiones que se nos asignan, además para el mando y control de las unidades el enlace, es algo que es determinante de cara a lograr el éxito en cualquier operación militar, porque el enlace se convierte en algo esencial en cualquier operación [6].

Hasta donde conocemos, no existen antecedentes ni de la identificación de problemas ni de la implementación de soluciones que se incorporaran a lo largo del documento, lo cual quiere decir, que el MADOC, a través de su herramienta de difusión de conocimiento que podemos encontrar en la "Intranet", no ha realizado ninguna publicación que abarque lo que se va a tratar. Pese a que se pueden encontrar multitud de documentos que hacen referencia al enlace, ya que no solo aparecen manuales, sino también pequeños artículos, ninguno abarca una identificación de problemas de enlace ni una solución a esos problemas encontrados. Además, no existe ningún simulador de la PR4G v3 hasta la realización de este estudio, lo cual aporta un nuevo medio o sistema de instrucción a las unidades.

4. - DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Dado que el objetivo de este TFG no es otro que el de encontrar soluciones a los problemas de enlace, el grueso de este proyecto de una forma estructurada, consistirá en analizar cuáles son las causas que los ocasionan, para poder proporcionar una solución real y práctica a todos los problemas que encontramos en dichas unidades de infantería.

El trabajo se va a dividir en tres grandes apartados: el primero de ellos estará enfocado a analizar la situación actual, el material en dotación, en la realización de entrevistas y observación para ver cuáles son los medios más usados por la unidad cuando realizan cualquier maniobra, ejercicio táctico e incluso de su experiencia en zona de operaciones. Gracias a este análisis inicial, se podrá estudiar de una forma más analítica donde buscar esos problemas o carencias de enlace que tiene una unidad de infantería. En segundo lugar, encontramos un apartado que hace referencia a un estudio realizado posteriormente a las maniobras, donde se analiza el resultado de todo aquello que se estudió con anterioridad, ahora ya sabiendo de qué capacidades y limitaciones dispone la unidad. Por último, proporcionaremos solución a los problemas de enlace detectados de forma certera.

4.1. Análisis previo para la identificación de problemas.

Para poder realizar un análisis inicial, lo principal es entender porque una unidad de infantería requiere de enlace para el cumplimiento de sus misiones. Según indica la doctrina del Ejército de Tierra, una sección de infantería a pie puede ocupar en línea un despliegue máximo de 1 kilómetro, por lo tanto, una compañía puede alcanzar los 3 kilómetros, ya solamente con observar esta simple situación de colocar a una compañía en línea, en una



Línea de vigilancia, por ejemplo, observamos que el enlace es algo esencial para poder cumplir la misión que se asigne a dicha unidad, tal y como indican los manuales de tareas individuales comunes I, II y III [5][6][10].

Tal y como se indica en la doctrina que viene contenida en los manuales citados anteriormente el enlace es algo esencial, para poder desempeñar las operaciones militares, dado que el mando y control no sería posible sin un correcto sistema de comunicaciones.

La situación se complica cuando en vez de estar situada de forma estática, la unidad se encuentra en movimiento a pie y se dificulta aún más, cuando la unidad se mueve sobre vehículos, es entonces, donde el enlace es algo esencial para el mando y control.

Una vez comprendido el porqué de la importancia de las comunicaciones militares, deberemos conocer los medios de los que dispone el Ejército de Tierra, para poder hacer enlace en sus unidades. Para ello, el primer subapartado de esta sección, describirá las herramientas de las que se disponen para dicho fin actualmente en dotación en el Ejército de Tierra. Una vez finalizado el análisis de los medios de enlace disponible, se procederá a analizar los principales resultados de las entrevistas realizadas al personal antes de las maniobras. Para concluir esta sección, se describe el desarrollo de las jornadas de formación que se impartieron, con el fin de analizar si, efectivamente la falta de cualificación, es uno de los problemas de enlace.

Medios de enlace en dotación

Radioteléfono PR4G v3



Ilustración 1. Radio teléfono PR4G v3. Fuente: [7]

Toda la información mostrada a continuación, ha sido extraída del manual de instrucción del Radio teléfono PR4G v3 [7].

En las unidades de infantería encontramos que el medio de enlace más empleado es la PR4G v3. El uso de este medio, por la gran mayoría de unidades del ejército, es por su fácil operatividad, ya que no necesita de otros equipos externos para poder manipularse, y por el gran número de medios de este tipo que encontramos en las unidades. La forma que tiene este dispositivo puede observarse en la Ilustración 1.

La PR4G v3 es un medio de enlace que trabaja en VHF, tiene múltiples capacidades de envío de datos y voz y, además, puede actuar de relé. La comunicación mediante la PR4G v3 tiene la posibilidad de poder realizar saltos de frecuencia (SFR) a través de su modo de trabajo *transmission security* (TRANSEC) y también, mediante el modo *communication security* (COMSEC) se realiza un cifrado de las comunicaciones. Gracias a su doble configuración, ligera y en vehículo, encontramos una amplia gama de frecuencias y potencias en las que la PR4G v3 puede trabajar. Concretamente, según su manual [7], se pueden destacar los siguientes alcances de acuerdo a los accesorios que dispone la radio:



Configuración portátil:

Antena de varilla o fleje..... 6-8 km
 Antena VHF sobre mástil HC-30..... 12-15 km

Configuración vehicular:

Antena vehicular 3088VM..... 20-25 km
 Antena VHF sobre mástil HC-30.... 45-50 km

Como podemos ver en la ilustración 1 existen múltiples conexiones, entre las cuales están los conectores de antena, PTT, DDI, Altavoz, antena GPS, toma de tierra, conexión ethernet.

Cabe destacar el hecho de que la antena de fleje tiene un menor alcance que la antena de varilla. Dicha antena se colocará, según indica el manual, en situaciones de difícil penetración, es decir, bosques y zonas urbanas, ya que esta es flexible y más corta en longitud que la antena de varilla. Por tanto la antena de varilla extendida al máximo proporciona un mayor alcance que la antena de fleje, debido a que se puede desplegar a mayor distancia en altura.

Como conclusión se puede observar que este medio proporciona capacidades suficientes para que una unidad de infantería de entidad batallón mantenga el enlace, ya que gracias al uso de relés estas distancias serían incluso mayores.

Harris ANPRC117F



Ilustración 2. Harris ANPRC117F. Fuente: [9].

El segundo medio de enlace en dotación es el que aparece en la Ilustración 2, la Harris ANPRC117F. Este medio de enlace es muy conocido en las unidades de infantería, debido a su alcance, ya que trabaja en frecuencias UHF (*Ultra High Frequency*) a diferencia de la PR4G v3 que lo hace en VHF. Cabe señalar que esta creencia no es del todo correcta, ya que las frecuencias VHF tienen mayor alcance en terreno abiertos porque su señal es muy pequeña y direccional, debido a que no puede atravesar paredes u otros obstáculos naturales como, por ejemplo, la vegetación. Por su parte las frecuencias de las radios UHF tienen ondas más pequeñas que producen un rango más amplio y, por tanto, pueden atravesar más fácilmente los obstáculos naturales, por tanto, para usarse en terrenos ondulados y en terrenos donde las zonas de población sean dominantes lo más conveniente es usar la Harris. El ambiente perfecto en donde usar la VHF sería en comunicaciones oceánicas, donde no encontramos obstáculos naturales de ningún tipo, a excepción de los límites costeros o islas. En este contexto, sería lógico pensar que las radios UHF son más útiles para establecer enlace, pero encontramos varios problemas añadidos. El primero de ellos es el gran consumo de baterías debido al alto número de frecuencia. El segundo sería el uso de las antenas, ya que dispone de varias y, por tanto, el personal debe de estar instruido para poder colocarlas de forma correcta. Además, se añade el problema de que el software de la Harris es mucho más complejo que el de la PR4G v3, por lo que se requiere una mayor instrucción. Aunque, como



podemos ver en la ilustración 2, el display es similar a la PR4G v3. El último problema destacable de este medio no está relacionado con la radio en sí, sino con su escasez, ya que no se dispone de material suficiente en los batallones para poder formar una red radio de combate con este medio.

Como puntos positivos podemos decir que el enlace UHF puede llegar a alcanzar con la Harris los 120 kilómetros de distancia. Además y como factor muy importante, señalar que esta radio puede usar también los modos VHF, por lo tanto, se podría llegar a ahorrar bastante batería, algo que, a nivel logístico, facilita las operaciones. También se puede encontrar un modo satelital con el que colocando una antena TACSAT (antena de 6 paraguas) donde el enlace se puede establecer a una gran distancia con enlaces intercontinentales. [9]

PNR 500:



Ilustración 3. PNR 500. Fuente: [1]

El PNR500 es una radio portátil que se utiliza para las comunicaciones a nivel de pelotón y escuadra. Permite que se hable y se escuche a la vez, full dúplex, del mismo modo que una comunicación telefónica. También permite que en una comunicación existan tres personas enlazadas simultáneamente. Encontramos un medio de enlace que sería muy práctico, pero tenemos tres problemas fundamentales, el primero es su escasa compatibilidad con otros medios como pueden ser la PR4G v3 y la Harris, por otro lado, emite en una baja potencia entregando una frecuencia UHF, lo que hace que dicho medio se encuentre al límite de sus capacidades y por último tiene un consumo de baterías muy elevado. Por tanto, es una radio con un alcance muy disminuido, que podría funcionar en situaciones donde el personal desembarca del vehículo, para realizar cualquier procedimiento fuera del vehículo, pero desde luego, no podría ser empleada como medio de enlace para las unidades de infantería ligera.

Los alcances este medio de enlace son de 800 metros en espacios abiertos, 300 metros en ciudades y 250 metros en selva. Esto se debe a que emite en una potencia de 0,25 W. Debido a trabajar en UHF su batería tiene una duración menor a 12 horas y en caso de uso ininterrumpido de 2 horas.

El punto positivo de este medio es el hecho de que es muy fácil aprender a utilizarlo, ya que dispone de muy pocos botones y no tiene pantalla. [1]

Spearnet:

El radioteléfono Spearnet trabaja en sistema *full-duplex* (UHF) con capacidad de envío de voz, datos y posicionamiento. Los grupos de habla (*Talkgroups*) y los preprogramados permiten organizar a las radios en diferentes mallas creadas. Tiene dos sistemas de voz: Red Radio de Combate, y Llamadas de VozIP (cumple completamente con el protocolo TCP/IPv4, redes IP). Posee un módulo RAU con doble PTT para comunicaciones ascendentes y descendentes. Como podemos ver en la ilustración 4 el display del radioteléfono es muy sencillo.



Teniendo en cuenta que el radio teléfono emite en UHF, su alcance en zonas urbanas es de hasta 250 m. en enlaces punto a punto sin repetidor y más de 1000 m. en campo abierto. El uso de antenas vehiculares permite enlaces punto a punto superiores a 6.000 m.

La característica principal del radio teléfono Spearnet es su capacidad de enlace por proximidad mediante redes “Ad hoc”. Estas redes no necesitan de ninguna infraestructura, son auto gestionables y autorreparables. Al encender el radioteléfono, éste comienza a buscar de forma automática el resto de equipos que componen la red intercambiando de información y calidad de enlaces. Las radios Spearnet crean mallas de comunicaciones entre ellas basadas en la proximidad. Si se interrumpe un enlace punto a punto (salto simple), se puede restablecer la comunicación mediante un radioteléfono intermedio de manera automática, sin que tenga que intervenir el usuario, ya que es invisible para él.

Como podemos observar en la ilustración 5 el radioteléfono A se está comunicando con los radioteléfonos B, C y D. Si el radioteléfono C se aleja fuera del alcance, el A puede hablar todavía con el C mediante el B. [8]

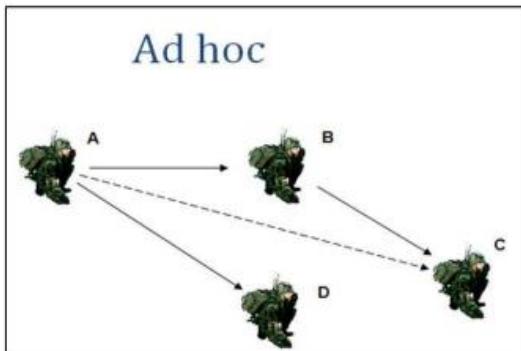


Ilustración 5. Enlace Ad hoc. Fuente: [8]



Ilustración 4. Radio Teléfono Spearnet. Fuente: [8]

4.2. - Entrevistas con personal de la unidad:

Como primera aproximación a los problemas de enlace, se realizó una pequeña entrevista a personal destacado en la unidad con una gran experiencia, para que tratasen de comunicar cuáles son los aspectos más relevantes a la hora de realizar enlace y el hecho de si encuentra algún problema en el enlace. Realizándose dos únicas preguntas que se pueden encontrar en el Anexo A.

Concretamente la entrevista se realizó al encargado de transmisiones del Batallón de Legazpi, al jefe de la Compañía de MAPO, y a los jefes de las tres compañías en las que se divide.

De la entrevista realizada al **encargado de transmisiones del Batallón Legazpi**, se extrae que uno de los problemas de enlace tiene que ver con la disponibilidad de medios, es decir, no se tiene el número de radios necesarias para poder hacer uso del envío de voz y datos. Concretamente, destacaba como problema fundamental el problema del ancho de banda ocasionado por el uso compartido de las radios, cuando se utilizan en doble configuración de voz y datos. Es importante destacar que, cuando queremos hacer uso de una red que tenga un uso compartido de datos y de voz, el ancho de banda de la emisión disminuye, provocando que el envío de información sea mucho más lento que si se hace un uso partitido, es decir, una radio enfocada a la comunicación por voz y otra para el envío de datos. Debido a que en las unidades no hay suficientes radios para realizar una doble configuración se coloca un *switch*, para que, de esta manera, sí que se pueda realizar un uso



compartido del ancho de banda y el propio *switch* alterne entre datos y voz.

El jefe de la Compañía de Mando y Apoyo del Batallón Legazpi comenta en su entrevista que, para poder enlazar con el personal que desembarca, la compañía solventa el problema de no disponer de PNR 500 suficientes con medios que no son de dotación. Estos medios son de tipo *walkie talkie*; el Ejército de Tierra dispone de un medio similar, el PNR 500. El problema es que disponen de muy pocos de estos medios y se necesitaría muchos más para enlazar con el personal desembarcado de los vehículos.

También considera clave la instrucción y sostiene que, al no disponer en las compañías de personal autorizado a manejar material criptográfico, no se pueden realizar tantas prácticas como la instrucción que se requiere para tener soltura en el manejo de los medios de enlace. Al mismo tiempo hay poco personal formado específicamente en el manejo de estos medios en las compañías.

El jefe de la primera compañía del batallón Legazpi considera esencial la instrucción del combatiente, para que así este sepa adecuar los medios al ambiente en el que nos encontramos, pudiendo variar su configuración o el medio de enlace para maximizar las capacidades de estos. Ya que hay diferencias en el tipo de configuración que debemos adoptar si nos encontramos en un ambiente urbano, en un ambiente convencional o en un ambiente híbrido. Por tanto, encuentra problemas en la instrucción.

Por su parte **el jefe de la segunda Compañía** del Batallón Legazpi señala que la escasez de medios es algo que se puede solventar mediante medios que no son de dotación y de adquisición individual. En esta compañía, a excepción del personal del ciclo nuevo de tropa, se ha instruido en el uso de estos medios y en como emplear incluso aquellos medios externos que no están en dotación en el Ejército de Tierra, por tanto, considera que la escasez de medios puede ser paliada mediante la instrucción para poder sacar el máximo provecho a los medios que dispone la compañía.

Finalmente, **el jefe de la tercera Compañía** del Batallón Legazpi considera que hay un grave problema de escasez de medios de enlace. Afirma que con los medios actuales no se puede mantener enlace y que están obsoletos para realizar cualquier tipo de operación.

4.3.- Jornadas de instrucción del medio de enlace PR4G v3

Dado que uno de los problemas detectados parece ser la falta de instrucción y que, por tanto, una de las posibles soluciones debería ir por esa vía, se diseñó un simulador para desarrollar unas jornadas de instrucción previas a las maniobras que permitiese lo siguiente. La instrucción solo la recibiría una compañía del batallón de modo que tendríamos un grupo de tratamiento y el resto del batallón se podría considerar como grupo de control. Se comprobará si los que han recibido la formación han tenido menos problemas que los que no la recibieron. De tal modo que, no solo se podría confirmar que la formación es realmente un problema, sino que, además, ya se tendría una primera solución para paliarlo.

Para el estudio, se seleccionó a la segunda compañía del batallón Legazpi como grupo de tratamiento, debido a que el personal de esta compañía considera muy importante la instrucción del personal en los medios de enlace, para así poder hacer frente a las operaciones que pudieran desempeñar, ya sea en territorio nacional o extranjero, lo cual garantizaba que se tomasen muy enserio la jornada. Además, la compañía, al encontrarse formada por personal de nueva incorporación a la unidad, hace que se pueda contrastar muy fácilmente los resultados obtenidos en este estudio comparativo acerca de si es influyente o no el método de instrucción, a la hora de resolver los problemas de enlace, ya que cuentan con menos experiencia que las otras y por tanto, se puede ver de forma más clara el efecto de la formación sobre la experiencia.



Señalar que, dada la reciente incorporación del personal de la compañía elegida, prácticamente ninguno de ellos había recibido instrucción al respecto de manejar y emplear los medios de transmisiones y más específicamente, el medio de enlace PR4G v3, medio que emplean en la gran mayoría de los casos las unidades de infantería. Esta circunstancia va a permitir, no solo comprobar si el simulador propuesto resuelve los problemas de formación, sino se podrá verificar si lo hace más eficientemente que los medios de instrucción empleados hasta el momento, ya que las demás compañías del batallón sí que han sido instruidas en el uso de este medio, pero mediante otros sistemas diferentes al uso de simuladores.

Como se ha comentado, el sistema de instrucción elegido ha sido mediante la creación de un simulador, ya que permite que todo el personal pueda trabajar de forma simultánea en el aprendizaje y manejo del mismo. Así que, la manera de proceder en estas jornadas experimentales de instrucción, consistió a modo de introducción, en explicar al personal encargado de los medios de enlace, es decir, los radio operadores, como emplear estos medios para sacarles el máximo partido, explicando que los medios VHF, necesitan un enlace casi directo sin obstáculos de por medio, o tratando de tener los mínimos posibles. Tal y como indica la doctrina, el enlace es algo esencial para poder establecer un correcto mando y control de las unidades, fundamentalmente, cuando nos encontramos situaciones en las que la unidad se encuentra desplazada o disgregada, es por ello vital el enlace para poder dar continuidad al mando y que la misión pueda ser desarrollada sin problemas, ya sea para poder dirigir la operación y que los medios de enlace den un soporte a las medidas de coordinación, o bien para reconducir la maniobra, o en el último de los casos para cancelar dicha operación.

De tal manera que los radio operadores deben comprender como se enlazan las radios entre sí, por ello, las zonas ciegas de enlace o como denomina la doctrina, zonas de sombra electromagnética, deben ser evitadas, ya sea cambiando los accesorios de la PR4G v3, variando sus antenas o sus vocoders, es decir, cambiando el modo de datos y de voz, lo que hará que tengamos un mayor alcance, pero disminuya la calidad de la transmisión. En estas jornadas se intentó inculcar que la radio tiene las capacidades suficientes para hacer enlace, pero el combatiente debe facilitar que esta consiga enlazar. Esto es, no tienen que conformarse con no hacer enlace, deben buscarlo, ya sea colocándose en una zona elevada o cambiando las configuraciones de la radio ya citadas anteriormente.

Una vez comprendido como se emplea la radio PR4 v3 en diversos entornos, ya sea en campo abierto, boscosos, urbanos, subsuelo e híbridos, se pasó a aquellos aspectos técnicos de la radio, como son las configuraciones iniciales que se deben realizar en la radio para poder operarla. Todo ello empleando de base el simulador de la PR4G v3 creado para tal jornada y estudio. En el Anexo B pueden verse algunos ejemplos de lo que hace el simulador.

Como parte de dichas jornadas, una vez entendido el procedimiento de encendido de la radio siguiendo el orden de colocación de baterías, antena y micrófono/altavoz para su configuración ligera, también se explicó que conectores adicionales se deben colocar si se quiere realizar una configuración vehicular como puede ser la colocación de la antena GPS y la toma a tierra.

Posteriormente se pasó a explicar, ya con el simulador en marcha, como cargar frecuencias mediante un DDI, donde vienen cargadas todas las frecuencias de la malla en la cual se va a trabajar. Este dispositivo se encuentra codificado y, por tanto, es material criptográfico, la información en este dispositivo se carga mediante un TDT, que es otro dispositivo que permite pasar la información al DDI para hacerlo portátil y de esa forma el parque de transmisiones pueda cargar mallas en las radios de una forma rápida y eficiente. Posteriormente se explicaron todos los procedimientos básicos de operación de la PR4G v3, como pueden ser el cambiar de modos (BCL, SFR y FFC), como cargar mallas, en caso de no disponer de un DDI, como realizar sincronía, como realizar llamadas selectivas, como cambiar la fonía, como enviar una alerta, como consultar los datos registrados por el DDI, como revisar



que son correctos los datos, como consultar el número de abonado. Repasando todos estos procedimientos a la vez con un simulador, permitió que todo el mundo comprendiera como se realizan estas operaciones básicas y que, por tanto, se adquiera una soltura inicial de cara a que cuando se manipule una radio real no se tenga ningún problema a la hora de enlazar unas radios con otras.

La manera de proceder para poder enseñar a todos los combatientes estos procedimientos básicos, consistía en que todos abrieran el simulador en sus *smartphones* y realizaran al mismo tiempo el procedimiento. Esto sería muy difícil de ejecutar con una radio real, ya que en muchos batallones no se disponen de las PR4G v3 suficientes para que todos los combatientes de una misma compañía puedan realizar estas operaciones básicas de forma simultánea. De hecho, en la segunda compañía disponían de 7 PR4G v3 asignadas, de las cuales dos estaban montadas en vehículos y por tanto solo quedaban 5 para realizar cualquier tipo de práctica. A todo esto, se añade el hecho de que es material criptográfico y, por tanto, la manipulación de dicho material sensible no es recomendable ya que se puede perder toda esa información criptográfica cargada a través de un DDI en la radio, en caso de que, por error, se haga un borrado de emergencia. Además, debido al COVID-19, por medidas higiénico sanitarias no es recomendable que una compañía entera manipule 5 radios en unas mismas jornadas de instrucción.

Ante esta situación, la instrucción a partir de simuladores es algo que ayuda a los ejércitos a instruirse, de hecho, pueden encontrarse multitud de simuladores para facilitar estas labores de instrucción, como pueden ser los sistemas duelo laser, ya sea para la infantería ligera o para simular combates de carros, simuladores de tiro como Victrix y multitud de otros simuladores, incluso de conducción y pilotaje de aeronaves que facilitan la instrucción y ahorran un gran costo de material y, en consecuencia, económico a las unidades del Ejército de Tierra. Por ello se considera importante crear un simulador para este medio de enlace, la PR4G v3, ya que, por ejemplo, para otros medios de enlace como la Harris, el propio fabricante creó uno.

Para finalizar, el simulador se ha desarrollado en *Power Point* con el empleo de macros, existe una versión ejecutable, una versión de navegador y el propio formato de *Power Point* con macros que es compatible en ordenador y *smartphone*. La razón de desarrollar el simulador en *Power Point* no es otro que para simplificar el problema de creación de un simulador y poder mostrar que con una herramienta sencilla se puede dar solución a un problema de instrucción, lo cual intenta motivar a la creación de otros simuladores mediante este sistema y no solo en el área de las comunicaciones militares. Toda la información que se ha requerido para la creación del simulador se ha obtenido del propio manual del radioteléfono a simular [7].

4.4.- Análisis posterior a las maniobras para la confirmación de problemas detectados

Una vez finalizado las maniobras en San Gregorio entre las fechas 26 de septiembre y 3 de octubre, donde este trabajo toma gran parte de su esfuerzo. Se procedió nuevamente a realizar unas entrevistas a todo aquel personal que tal y como indica la doctrina tiene responsabilidad de enlace, es decir, los jefes de compañía, jefes de sección, jefes de pelotón y todos los respectivos operadores de radio, para conocer qué tipos de problemas de enlace tuvieron y si fueron capaces de solucionarlos. Posteriormente, para poder dar una visión más cualitativa a los problemas de enlace, se realizó una encuesta a todos los jefes de pelotón, sección y compañía de la unidad. Para poder así obtener una información general de la situación de estos problemas de enlace y poder realizar una detección de los mismos.



4.4.1. Entrevistas al personal con responsabilidad de enlace.

Las entrevistas se realizaron justo al día siguiente de terminar las maniobras. De esta forma se consiguió que el personal entrevistado no olvide los problemas o los diferentes acontecimientos que se produjeron en las maniobras entorno al enlace.

Estas entrevistas tienen como objetivo obtener información acerca del *feedback* en referencia al enlace en las maniobras, de tal manera que el entrevistado haga un *Debriefing*, informe post misión de cómo ha funcionado el enlace bajo su criterio o punto de vista. Las preguntas y la transcripción la podemos encontrar en el Anexo C.

Análisis de las respuestas a las entrevistas de la primera compañía:

El jefe de compañía al contar con un vehículo tenía la configuración vehicular de la PR4G v3 y, por tanto, al estar conectada la radio a las baterías del coche podía emitir a mayor potencia y tener un mayor alcance. Sin embargo, los medios de enlace, en este caso la PR4G v3, antes de las maniobras pasaron una revista técnica para comprobar su estado y solo se utilizaron en dichas maniobras aquellos medios que habían superado la revista técnica, por ello, los problemas de enlace con la segunda sección no pudieron deberse al estado de las radios. Como podemos observar el radio operador de la primera sección pudo mantener el enlace prácticamente sin cambiar la antena y empleo en la mayor parte del tiempo del ejercicio la antena de fleje (de menor longitud de onda que la antena de varilla), ya que al conocer cómo funciona una radio, supo que en el momento que tomara una altura determinada conseguiría enlace, ya que estaría reduciendo el número de obstáculos que puedan interferir en la comunicación. El problema que comenta de las baterías es algo normal, ya que las baterías desechables entregan una potencia menor que las baterías recargables, esto no es un defecto de fábrica, es algo que ya viene contemplado en los manuales de la PR4G v3. Sin embargo, el radio operador de la segunda sección reporta problemas de enlace con la antena de varilla, como podemos ver, achaca el problema al terreno, pero al no tomar alturas para poder establecer enlace, dificultaba que la radio pudiera tener enlace con la otra sección y con su jefe de compañía. Cabe destacar que la sección de armas de apoyo cuenta con personal que tiene mucha antigüedad en la unidad y que, por tanto, tiene una amplia experiencia en su trabajo, de lo que se presupone, en consecuencia, un amplio conocimiento en el manejo de medios y en este caso de los medios de enlace.

Análisis de las respuestas a las entrevistas de la segunda compañía:

El fallo que reportó el jefe de compañía y su radio operador tuvo lugar a la hora de cargar las mallas a través del DDI en la radio, decían que no fue un fallo cometido por la compañía sino por el parque de transmisiones, se desconoce el fallo de la carga errónea de dichas frecuencias a través del TDT en el DDI, pero no pudieron solventarlo. No tuvieron problema de enlace debido a su configuración vehicular y debido a que el radio operador conocía el manejo de los medios de enlace y conocía cómo funciona el enlace de una radio PR4G v3 ubicándose en posiciones elevadas para poder enlazar. El problema que reporta el jefe de la primera sección acerca del problema de enlace cuando la unidad se disgrega se debe a que el ejército dispone en dotación de medio portátiles tipo *walkie talkie*, pero no hay un gran número de estos elementos de enlace, por lo tanto, los jefes de pelotón y de escuadra, si quieren realizar un buen desempeño de la misión deben de adquirir de forma particular este tipo de medios para poder enlazar entre sí. Ambas secciones reportaron que al haber realizado las jornadas de instrucción sabían cambiar entre los diferentes modos de fonía (*Vocoder*) para aumentar el alcance de la radio y sabían manejar las diferentes antenas para así poder hacer enlace. Debido a que en esta compañía está formada por personal en formación, no dispone de una sección de armas de apoyo ya que estas secciones se suelen conformar con personal



con una cierta experiencia.

Análisis de las respuestas a las entrevistas de la tercera compañía:

Como ya se ha podido observar anteriormente todos los problemas referidos al terreno ondulado tiene que ver con no elevar los medios de enlace para que estos puedan sortear los obstáculos naturales. Se observa también que los medios VHF dan una capacidad portátil mucho mayor que los medios UHF, en principio no serían necesarios otros medios ya que con los actuales se consigue enlazar y cumplen con las prescripciones técnicas que indica el manual. También se observa que sabiendo combinar los modos de funcionamiento de las radios se ha podido establecer enlace, por ello, la sección de armas de apoyo, dotada con personal con mayor experiencia, han podido hacer enlace.

Análisis de las respuestas a las entrevistas de la compañía de mando y apoyo:

Destacar que en esta compañía encontramos a personal muy antiguo y además personal que ha destacado en sus compañías, es decir, encontramos a personal muy cualificado en dicha compañía, es por ello, que podemos observar de forma clara una relación muy clara entre experiencia y problemas de enlace, a mayor experiencia y profesionalidad, menor número de incidencias de enlace. Si es cierto, que esta compañía se mueve en base a vehículo, por tanto, la potencia de sus radios es mayor, pero también es cierto, que todas las secciones de la compañía trabajan de forma separada, por lo que la distancia es mucho mayor. El problema más importante aquí, fue la falta de previsión de baterías para realizar la instrucción, pero fue solventado rápidamente, además, añadir que existe un gran número de baterías desechables, no recargables en las unidades, por lo que no es un problema de disponibilidad el hecho de necesitar emplear muchas baterías. El problema de la sincronía es algo normal, teniendo en cuenta, que, en el procedimiento de sincronía, es la directora la primera que tiene que iniciar el procedimiento, por lo que, si la directora no emite, la sincronía no se puede realizar, por lo tanto, es normal que a medida que se vayan realizando peticiones de sincronía y la radio directora responda a las mismas, se vaya completando el procedimiento de sincronía, siendo la radio directora el puesto de mando.

4.4.2. Análisis de las encuestas al personal con responsabilidad de enlace:

En el anexo D se recogen las 23 preguntas que componen la encuesta, cuyos resultados van a ser examinados a continuación. Dicha encuesta se programó vía Google form, se envió a 52 personas y se obtuvo respuesta de 44 de ellas. Aunque la encuesta no se completó por la totalidad del personal al que fue enviado, se ha podido lograr realizar un análisis completo de la misma y una correcta identificación de los problemas. El hecho de que fuese completada por casi el 85%, es una tasa de respuesta más que razonable. Las principales conclusiones se van a extraer según el orden de las preguntas de la encuesta.

La **primera pregunta** hace referencia a los años de permanencia en el Ejército de Tierra del encuestado. La finalidad es determinar si la instrucción o la permanencia en una unidad y, en definitiva, si la experiencia es un factor influyente o no en las habilidades para el uso de los medios de transmisiones. El resultado que se obtuvo fue que la media de edad es de 5 años y medio, esto es debido a que, al encontrar personal de la compañía de mando y apoyo, suboficiales y oficiales, la media es de un valor elevado, por lo que, por otro lado, era de esperar, dado que esta encuesta iba dirigida a las personas con responsabilidad de enlace. Hay que tener en cuenta que los oficiales y suboficiales hacen que la media de permanencia en el Ejército de Tierra suba bastante. Los oficiales y suboficiales tienen que estudiar y formarse en academias previas a pasar a formar parte de cualquier unidad, lo que tiene como resultado que al llegar dichas unidades ya llevan un cierto bagaje en el Ejército de Tierra.

De la **segunda pregunta** se desprende, que el 41 % del personal que ha respondido a



la encuesta pertenece a la compañía de mando y apoyo, un 20,5 % a la segunda compañía, un 27,3 % a la primera compañía y un 11,2 % de la tercera compañía. Por tanto, dada la importancia del peso de las respuestas por parte del personal de la compañía de mando y apoyo y su amplia experiencia, permitirá obtener conclusiones más precisas gracias a su mayor conocimiento de las radios. Además, la segunda compañía que es, precisamente, a la que se impartió los cursos de formación, también tiene un peso relevante dentro de las personas que han respondido la encuesta. Además, sabemos por información complementaria obtenida en la estancia en la unidad que el jefe de batallón ha decidido organizar a las compañías por antigüedad. Concretamente, la edad media de la tropa de la primera compañía es de 3 años, también los suboficiales tienen más experiencia ya que su edad media es más elevada, 4 años en la unidad. En la segunda compañía hay más personal de recién incorporación al ejército y se encuentra realizando el ciclo de formación para posteriormente pasar a formar parte de la unidad, en este caso la edad media de los soldados no llega al año ni en el ejército ni en la unidad. Pese a esto encontramos que los cabos y sargentos, e incluso los tenientes, llevan mucho tiempo en dicha unidad, para que la calidad de formación del ciclo sea la mejor posible dentro de la misma. En la tercera compañía, por su parte, se encuentra el personal de más reciente incorporación, de hecho, aún no están incorporados en el ciclo, la media de tiempo en la unidad es de 1 año y medio, ya que una sección al completo pertenece al ciclo anterior que se está formando en la segunda compañía. Los suboficiales también tienen muy poco tiempo de pertenencia a la unidad, puede darse el caso de que lleven mucho tiempo en el ejército, pero para clasificar a estas compañías solo se tiene en cuenta el tiempo de pertenencia a la unidad. Encontramos el caso de la compañía de mando y apoyo, donde para pertenecer a dicha compañía se tienen que cumplir dos características, la primera, llevar mucho tiempo en la unidad, normalmente más de 5 años y en segundo lugar es personal que destaca positivamente en el resto de compañías, por tanto, en esta compañía encontramos al personal con mayor experiencia.

En la **tercera pregunta** se quiere observar cuantos de los encuestados son radio-operadores, por tanto, los que tienen una relación más directa con el enlace. Como podemos observar en la ilustración 6, de los 44 encuestados, solo 6 personas eran radio operadores. Esto se debe a que el oficial y suboficial no son radio operadores. Sin embargo, estos últimos deben de instruirse igualmente en el manejo de la radio y tienen una visión más global ya que, al fin y al cabo, son los que tienen la responsabilidad de enlace.

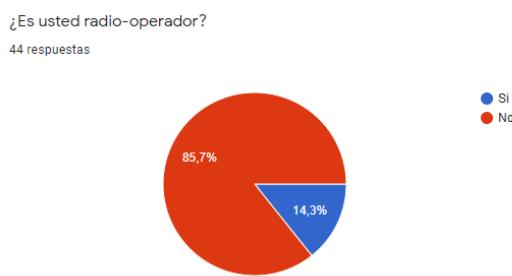


Ilustración 6. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms

En la **cuarta y quinta pregunta** se quiere averiguar si el personal es conocedor del modo de trabajo MUX de la radio PR4G v3, esencial para él envío de voz y datos. Concretamente, la quita pregunta es una cuestión de control para verificar, si todos lo que responden afirmativamente a la pregunta de si conocen el modo MUX, realmente lo entiende. Como resultado, se observa que el 78,6% de los encuestados dicen conocerlo, aumentando a 85,7% las personas que responden correctamente a la quinta pregunta. Por tanto, algunos de los que dicen no conocer dicho modo de trabajo, sí que saben, al menos, cuál es su utilidad.



En la **sexta pregunta** se quiere obtener una media de los problemas de enlace encontrados en las zonas urbanizadas y terrenos ondulados, por ello, se pregunta si han tenido problemas en una zona concreta del campo de maniobras con dichas características. Como respuesta encontramos que el 42,9 % de los encuestados sí que tuvieron problemas de enlace, tal y como podemos ver en la Ilustración 7. Como podemos observar el número de problemas de enlace, confirma que hay un problema en las comunicaciones militares. Ese porcentaje, aunque un poco superior, es similar al número de personas de la primera y la tercera compañía por lo que cabe esperar, por lo observado durante las maniobras, que sean ellos los que mayoritariamente han respondido que si a esta cuestión. Debe tenerse en cuenta que son los de menor experiencia y/o los que no han recibido formación mediante el simulador.

¿Ha tenido problemas de enlace realizando prácticas en las maniobras en la zona de Valdehacer?

44 respuestas

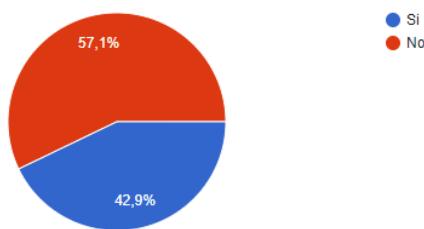


Ilustración 7. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.

En la **pregunta 7** se quiere averiguar si se ha salido de la zona de VIVAC con problemas de enlace. En este caso al disponer del PC BON a una distancia menor de un kilómetro si se tiene problemas de enlace es por desconocimiento de los medios y no por problemas con el alcance. El resultado obtenido es que un 21,4 % ha salido del VIVAC con problemas de enlace, lo cual quiere decir que no ha sabido realizar las configuraciones iniciales o que no le ha interesado tener enlace, en este último caso, es un problema de comprensión de que el enlace es algo esencial para cualquier misión y en el primer caso, es un claro problema de instrucción.

Con las preguntas **8 y 9** se pretende obtener información de los problemas físicos que se pueden encontrar en las radios. En general las respuestas más comunes son el mal estado de conectores, cables y estado general de la radio. Hay que destacar que estos problemas fueron descritos por 14 personas, es decir, un 32 % de los encuestados. El resto de los encuestados no respondieron a esta pregunta, ya sea porque no los detectan o porque no saben describirlos.

De la **pregunta 10** se desprende que un 57% de los encuestados afirma haber tenido problemas de enlace en alguna ocasión en las radios vehiculares, por tanto, habrá que analizar si se debe a un problema de instrucción en el manejo, a un problema del propio medio o, por el contrario, a no saber adecuar el medio de enlace al entorno en el que se está trabajando

La **pregunta 11** va encaminada a analizar la escasez de medios. La respuesta es clara, casi el 80% de los encuestados considera que existe un problema de escasez de medios. Este resultado confirma uno de los tres problemas principales detectados en lo que a enlace se refiere en las unidades de infantería y, además, es relevante porque como ya se ha mencionado anteriormente esta encuesta está siendo respondida por personal con experiencia, en su mayoría oficial y suboficial, por tanto, es personal con responsabilidad de



enlace.

La **pregunta 12** tiene como objeto saber si el personal conoce los medios HF de enlace y si los considera mejores a los más comúnmente empleados como los VHF, es decir, la PR4G v3. Se observa un consenso importante, 71,4%, en que los medios HF solucionarían los problemas de enlace. Sin embargo, como se ha visto esto no es del todo cierto, ya que con los medios en dotación se puede cumplir cualquier misión, lo que implica cierto desconocimiento sobre el tema.

En la **pregunta 13** se quiere analizar el grado de conocimiento del medio Baofeng que, pese a no estar en dotación, se emplean para solventar esa carencia de material. La mitad de los encuestados conoce el envío de datos mediante la Baofeng y el tanto restante no lo conoce tal y como podemos ver en la ilustración 8. Este resultado es importante ya que, si se propone incluir en dotación este medio portátil de enlace, pese a que un 50% conoce su manejo, se deberá de tener en cuenta que una cantidad importante del personal necesitará instrucción para poder manejarlo.

¿Conoce los modos de envío de datos de los medios de enlace tipo Baofeng?
44 respuestas

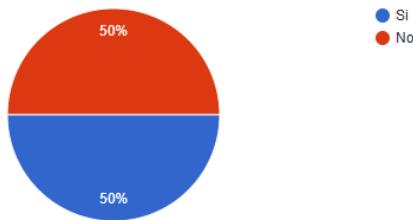


Ilustración 8. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google Forms.

La **pregunta 14** tiene por objeto averiguar si el personal de la unidad considera obsoletos los medios de enlace, ya que doctrina niega esto y considera oportunos los medios de enlace [5]. El resultado obtenido es que un 57,1% si considera dicha obsolescencia, y esto se debe a un problema de instrucción referido al empleo de los medios, ya que, conociendo todas las capacidades de los medios no se tendría este punto de vista, dado que los medios más vanguardistas existentes en el mercado, no disponen de funciones que difieran mucho, tecnológicamente hablando, de los medios que dispone el Ejército de Tierra.

En las **preguntas 15 y 16** se quiere obtener información acerca de cómo se ha instruido el personal encuestado en el uso de los medios de enlace, en concreto, la radio PR4G v3. En la pregunta 15 se pregunta de forma concreta si se ha instruido con el simulador de la PR4G v3 creada para este TFG. Vemos que un 35,7 % si ha empleado el simulador, es decir, 16 personas han empleado el simulador, esto quiere decir que pese a que el ciclo de PR4G v3 solo se dio en la segunda compañía hay personal de otras compañías que ha probado el simulador. En general en la pregunta 16 los encuestados fueron instruidos o con clases teóricas, con una práctica real o han ido aprendiendo con el tiempo. Dentro de estas tres posibilidades la única que se puede comparar con el empleo del simulador es la práctica real.

La **pregunta 17** va dirigida a comprobar si se conoce el material para el combate subterráneo y, por tanto, una forma adicional de ver el conocimiento que se tiene sobre los medios disponibles. La pregunta era de respuesta abierta y, por tanto, se encuentra una amplia variedad de opciones, casi todas ellas incorrectas. Mencionar que cinco encuestados responden que emplearían la Spearnet en combate subterráneo y otras ocho personas que hablan del TP6N (tendido de cable telefónico, tal y como podemos ver en la ilustración 9), esto si es correcto, dado que ambos métodos pueden ser empleados en el medio subterráneo, pero como se verá más adelante el radio teléfono Spearnet es la respuesta más acertada.



Ilustración 9. Imagen del TP6N. Fuente: [1]

En las **preguntas 18 y 19** se hace referencia a la instrucción del personal con el radio teléfono Harris. La pregunta 18 hace referencia a si se ha empleado el simulador de la Harris, este simulador ha sido creado por la propia empresa y aun así más de un 64,3 % del personal encuestado no ha empleado el simulador, por tanto, no se conoce la existencia de este simulador o se ha decidido no emplearlo en la instrucción. En la pregunta 19 se obtienen respuestas parecidas a la respuesta 16, los encuestados fueron instruidos o con clases teóricas, con una práctica real o han ido aprendiendo con el tiempo. De igual manera lo único que se puede equiparar al simulador de este medio

de enlace es el propio simulador que entrega la empresa con la compra de cada radio teléfono Harris.

En la pregunta **20** se quiere comprobar los conocimientos de los combatientes acerca de aumentar el alcance mediante el *display* de la PR4G v3. Y resulta que solo un 35,7 % ha respondido de forma correcta, siendo la respuesta correcta “Se aumenta el alcance” tal y como podemos ver en la ilustración 10. Por tanto, encontramos que un 64,3 % desconoce el uso de

¿Qué ocurre al cambiar la fónica de la PR4G v3?

44 respuestas

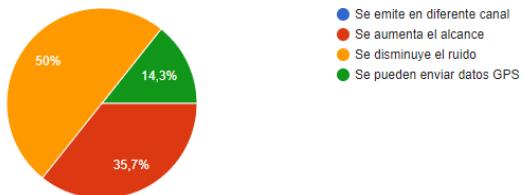


Ilustración 10. Imagen del cuestionario analizado. Fuente: Cuestionario creado para este mismo estudio en Google

este modo de trabajo Hay que destacar que esto se explicó en las jornadas de instrucción previas a las maniobras, por lo que es esperable que sean precisamente los integrantes de la misma los que han respondido correctamente.

En las **preguntas 20, 21 y 22**, van encaminadas a verificar o no posibles problemas de instrucción. Concretamente, son

cuestiones de conocimientos básicos de las IBT y sobre el grado de conocimiento del uso de los indicativos dentro de una malla, así como manejar dichos indicativos. En general se encuentran problemas de instrucción, ya que en la pregunta 20 hay un 42,9 % que no sabe cargar mallas con un DDI, cosa que mediante el simulador se puede practicar. En la pregunta 21 hay un 21,4 % que no sabe interpretar una IBT, cosa preocupante dado que la encuesta ha sido llenada por personal con responsabilidad de enlace y esto es algo esencial para poder organizar una malla.

La última **pregunta, 23**, sirve para comprobar si conocen qué representan el número de abonado. Pese a ser de respuesta libre solo hay un 18,2% de respuestas incorrectas lo cual cuadra con la pregunta 21 donde un 21,4 % dijo que no sabía interpretar una IBT. Esto es, han respondido de forma incorrecta las personas que no saben interpretar una IBT, ya que la IBT está estructurada por números de abonado, si se saben interpretar éstos, se sabe interpretar una IBT. Todo ello, nuevamente, se puede practicar en el simulador.

Por tanto, de todo lo anterior puede deducirse que existen claros problemas de instrucción, parte de los cuales pueden solventarse con el uso del simulador. Además, debe mejorarse el conocimiento de los medios disponibles para adaptarlos a las diferentes necesidades y la disponibilidad de los mismos.



5. Soluciones a los problemas encontrados

De todo el análisis anterior se concluye que las pequeñas unidades de infantería, como la del Batallón “Legazpi”, se enfrentan a tres problemas en lo que respecta al enlace. Concretamente tienen problemas de instrucción, de adecuación de los medios y de disponibilidad de los mismos. Así, como último paso del trabajo, para conseguir los objetivos planteados, se proponen soluciones a cada uno de los problemas detectados.

5.1 Soluciones a los problemas de instrucción.

Una de las formas de verificar que efectivamente existía un problema de formación, fue la realización de unas jornadas de instrucción mediante el uso de un simulador creado para tal fin. Como ya se ha explicado previamente, la jornada solo se impartió a una de las compañías con el propósito de ver si esta se enfrentaba con mayor facilidad a los problemas de enlace que pudieran surgir durante las maniobras. Con este pequeño experimento, no solo se confirmó que existía un problema de formación, sino que, además, se observó que dicho problema fue resuelto mediante el empleo del simulador. Por tanto, se puede deducir que la primera solución va a ir en la línea de utilizar el simulador creado en el desarrollo de este trabajo a la hora de instruir al personal en las operaciones básicas de la radio.

La gran ventaja del empleo de simuladores en las jornadas de instrucción es que se necesita un tiempo mucho menor para poder enseñar a manejar estos medios de enlace, ya que la instrucción puede realizarse con todos a la vez, pues no se necesita una radio por persona.

Antes de detallar como se estructuraría la jornada de formación, cabe destacar se tomará como ejemplo a la PR4G v3, esto podría ser aplicable a cualquier medio de enlace, lo cual quiere decir, que podríamos crear simuladores para otros medios de enlace, como la Spearnet o Harris e impartir la misma jornada de instrucción específica para otro medio.

Estas jornadas se podrían impartir en jornadas de baja actividad, como por ejemplo en verano o en navidad, ya que la actividad en el cuartel se limita a labores de mantenimiento y con el personal que queda, que no está de vacaciones se podría impartir estos ciclos de una duración aproximada de dos horas y se podría llegar a repetir la sesión para afianzar conocimientos e incluso evaluar lo aprendido con radioteléfonos reales. El hecho de hacerlo en períodos de baja actividad facilita el que se empleen menos PR4G v3 por sesión, de esta forma el personal que imparte la sesión puede controlar el material de una forma más sencilla. Además, esto tiene como ventaja que en los períodos de actividad normal no habría que incluir esta actividad porque ya se habría realizado en los períodos de baja actividad. El personal más indicado para impartir estas sesiones sería el de la sección de mando y transmisiones, ya que es personal que más conoce este tipo de medios y existe personal de la especialidad fundamental de transmisiones.

La jornada de instrucción para el medio enlace PR4G v3 constaría de una sesión teórica de media hora, donde se deberían de explicar las características del medio, haciendo énfasis en como este medio consigue el enlace. Esto último es fundamental ya que hará entender a los radios operadores como deben operarla para poder hacer enlace, por ejemplo, los medios VHF como ya hemos visto anteriormente enlazan mejor en zonas despejadas que en zonas donde hay obstáculos, ya que las ondas de radio no tienen la suficiente frecuencia para atravesar los obstáculos. En esta media hora se deberá hacer conocer las conexiones y botones que dispone la radio para su manejo. Esta introducción de media hora de duración debe de servir tanto para conocer las características como para conocer los elementos de la radio que puede manipular un radio operador para que así podamos trabajar directamente con



el simulador de la PR4G v3.

La siguiente sesión tendrá una duración de una hora y media donde se realizarán las operaciones básicas que cualquier radio operador de la radio PR4G v3 debe conocer mediante el uso del simulador.

La ventaja fundamental del empleo de un simulador respecto a ver el procedimiento con fotos o con explicaciones apoyadas en soportes digitales, es que mediante el uso de simuladores el radio operador puede realizar de forma idéntica al *display* de la radio los procedimientos básicos. Estas jornadas de instrucción solventarían los problemas de instrucción relacionados con los problemas de manejo de dichos medios de enlace.

Estos son los conocimientos básicos que debe de tener un radio operador para así poder conocer el manejo de la radio y poder operar con ella según las necesidades de enlace. La ficha de instrucción que se propone para estas dos sesiones se detalla en el ANEXO E. En esta se detalla al máximo el cómo debe ser esa jornada y por tanto es algo de directa aplicación para las unidades.

La principal ventaja de la ficha de instrucción que se propone frente a otras anteriores es que se basa en el empleo de simuladores. Como está establecido hasta el día de hoy es necesario emplear 4 fichas de instrucción recogidas en el AGM-DIAG-207 y suponen 6 horas y 15 minutos de instrucción en el aula. La parte práctica requiere de 1 radio por cada 10 alumnos. Gracias al nuevo método que se plantea se puede prescindir de usar radios reales para la instrucción de los alumnos, y debido a que los simuladores son idénticos a las radios, aumentamos la calidad de la enseñanza pasando de disponer de 1 radio por cada 10 alumnos a una radio por alumno. Efectivamente es preciso disponer de alguna radio real para poder ver físicamente los elementos, pero la dificultad de la radio no radica en donde o de qué forma se colocan los accesorios de la misma, sino su dificultad se encuentra en cómo se utilizan los modos y todas las utilidades que dispone la radio, es decir, en el software.

Dado que la identificación de este problema se ha realizado tomando como referencia el Radioteléfono PR4G v3, la propuesta de solución a los problemas de instrucción solo se ha desarrollado para este medio, ya que faltan datos para determinar si los problemas de enlace asociados a los problemas de instrucción se pueden hacer extensibles a otros medios como puede ser el radioteléfono Spearnet, la radio Harris HF o el PNR-500. Por último, destacar que se ha desarrollado más este medio debido a que este es el más numeroso en las unidades de infantería y que, como se ha comentado antes, si realmente el problema también se observase en otros elementos de enlace, la opción de diseñar un simulador podría ser una buena opción.

5.2 Solución a la adecuación al medio de los diferentes radioteléfonos y radios.

Este apartado da solución a aquellas situaciones en las cuales no se emplea de forma correcta el medio de enlace, dado que la misión puede requerir medios de enlace específicos para el cumplimiento de la misma. La raíz de este problema, como ya hemos podido contrastar en la identificación de problemas, es la falta de información al respecto en las fichas de instrucción, lo que da lugar, por tanto, a la falta de conocimiento de las capacidades de los medios de enlace. Cabe destacar que en los manuales de los medios de enlace sí que aparece dicha información, al igual que las capacidades que tienen estos medios de enlace, pero a la hora de registrar todas aquellas tareas de instrucción a realizar por los alumnos o radio operadores, estas no aparecen reflejadas.



5.2.1 Enlace terrestre/superficie

El principal reto que encontramos cuando hablamos del enlace terrestre en superficie es el alcance, el cual al trabajar en la banda VHF, es un factor altamente variable en función de la potencia de transmisión de los transceptores, el tipo de antenas empleadas, los obstáculos y vegetación que presenta el terreno, las pérdidas ocasionadas por interferencias propias e, incluso, de manera muy notable, la climatología. Sólo se pueden aproximar datos en condiciones ideales o próximas a las mismas; a partir de estos datos se pueden deducir menores alcances en condiciones menos favorables.

Por tanto, tal y como nos indica el Manual del Radioteléfono PR4G v3 [7], encontramos un alcance en configuración portátil de hasta un máximo de 15 kilómetros y en la configuración vehicular encontramos un alcance de hasta 50 kilómetros.

Para poder mejorar la adaptación al medio del radio teléfono PR4G v3 debemos comprender como se produce el enlace VHF.

El enlace VHF se trata de bandas empleadas para comunicaciones terrestres de corta distancia, por lo general usando propagación de alcance visual, entendida como la propagación cuya onda viaja de la antena emisora directamente a la antena receptora. En casos concretos se podría aprovechar la propagación por onda aérea, aunque normalmente la onda atraviesa la atmósfera. Estas bandas se ven poco afectadas por el ruido atmosférico y las interferencias de equipos eléctricos. La frecuencia VHF tiene capacidad de atravesar obstáculos naturales, pero en terrenos muy ondulados deberemos facilitar el enlace visual ya mencionado anteriormente, es decir, lo primero que debemos de comprender es que las ondas de la radio no bordean los obstáculos, si no que los atraviesan.

Por tanto, la primera lección aprendida es que con grandes obstáculos naturales de por medio las ondas de radio no podrán atravesar dicho obstáculo. El poder determinar cuántos obstáculos naturales hacen que nuestro enlace se vea comprometido, es difícil de determinar debido a que cada situación tiene sus peculiaridades. Como norma general, para emplear VHF hay que tratar de tener prácticamente enlace visual para poder tener enlace y a mayor distancia más acentuado y claro tiene que ser ese enlace visual.

Otra característica importante es el hecho de que, a mayor longitud de antena, el alcance aumenta, por tanto, variando la antena de fleje o la antena de varilla podemos aumentar el alcance. Cabe destacar que es preferible la antena de fleje, debido a que esta es más corta y flexible, lo que permite el movimiento a pie por zonas arbóreas, mientras que la antena de varilla es rígida y puede quedar enredada con las masas arbóreas, puertas, etc.

Por tanto, una segunda lección aprendida o cuestión a tener en cuenta es la altura de la antena tal y como podemos ver en la ilustración número 11.

$$l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad \text{Como} \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad \text{y} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$l = n \cdot \frac{150}{f(\text{MHz})} \text{ en metros}$$



Diagrama de radiación de una antena vertical

Ilustración 11. Ejemplo de cálculo de longitud de antena. Fuente: [13]

Tal y como indica el manual del radioteléfono PR4G v3 [7], y debido a las ventajas que



nos proporciona el enlace VHF, este será el elegido como el más óptimo para enlazar en la superficie.

La principal desventaja que nos proporciona este medio es el hecho de que en un ambiente urbano donde existan múltiples obstáculos, el enlace se dificulta, de hecho, en este medio lo más óptimo es emplear un medio UHF, dado que este emite con una mayor frecuencia y, por tanto, tiene una capacidad mayor para atravesar edificios. Esto es, en ambiente urbano el enlace UHF es el idóneo, por lo que disponer de un medio que pudiera emitir en UHF y VHF solventaría este problema. La radio Harris tiene esta capacidad [9] pero debido a su escasa disponibilidad en las unidades de infantería, no se considera como solución a este punto.

De forma generalizada la resolución del problema de adecuar la radio o el radioteléfono al medio, sigue los mismos pasos ya sea en un terreno urbano como por el contrario en un terreno de campo abierto. La primera acción a tomar dado que comprende un menor tiempo en su ejecución, en el caso de la PR4G v3, sería cambiar los *Vocoders*, cambiando la “fonía”, comprometiendo la calidad del enlace a cambio de poder aumentar el alcance. En caso de que mediante este cambio no consigamos enlace, deberemos de cambiar la antena de menor potencia por la de mayor potencia, en el caso de la PR4G v3 instalaremos la antena de varilla, si aun así no somos capaces de conseguir enlazar deberemos de modificar los niveles de los *Vocoders* de nuevo. En última instancia, si aun con todo no se ha podido realizar enlace deberemos de disminuir los obstáculos que interponen la señal de radio con los elementos de la malla de la radio con los que queremos enlazar. Esta última opción interfiere en la maniobra ya que obliga a parar la maniobra y hacer que el radio operador ocupe una altura para poder hacer enlace, es por ello, que será la última que se realizará dado que ocasiona que la maniobra se paralice para que se pueda obtener enlace.

Por tanto, como solución al problema de enlace en lo que refiere a no saber adecuar el dispositivo de enlace al medio en el que se trabaja, tomando como referencia para el estudio el radioteléfono PR4G v3 se propone la una ficha de tarea en el anexo F la cual detalla con exactitud lo que se debe de hacer para solventar este problema de enlace, siendo este anexo la solución propuesta para este problema en lo que refiere a la ficha de instrucción que se debería de incorporar.

5.2.2 Enlace en el subsuelo.

En el combate en subsuelo encontramos un gran desafío debido a que es un escenario nuevo al que las unidades se enfrentan en sus entrenamientos. En este escenario las comunicaciones convencionales se ven dificultadas ya que los medios HF, VHF y UHF no son capaces de trabajar debido a que las paredes del entorno amortiguan dichas ondas impidiendo su propagación. La creencia generalizada es que la mejor forma de enlazar en este tipo de ambientes es mediante cable telefónico TP6-N, pero este sistema tiene un problema y es que el enlace se produce de forma lineal lo cual quiere decir que no se puede enlazar con nadie que no se encuentre en la misma línea de forma directa. Si se quiere enlazar con alguien deberá de existir una central donde deriven nuestra comunicación a esa línea.

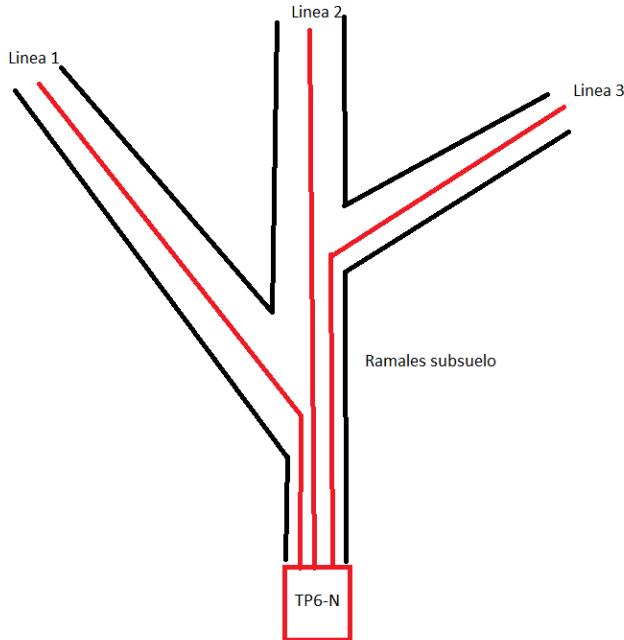


Ilustración 12. Explicación de comunicación mediante cable TP6N. Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la ilustración 12, la arquitectura que requiere un tendido telefónico dificulta mucho la misión en un entorno en subsuelo, y este es el caso de tan solo tres ramales, pero en un sistema de alcantarillado donde encontramos que cada calle es un ramal, la dificultad del problema aumentaría.

Por tanto, la mejor solución ante este problema es la que nos aporta el radioteléfono Spearnet, el cual puede crear redes virtuales de forma automática. Este sistema consigue que mediante la emisión UHF, la cual es la más favorable para atravesar pequeños obstáculos, dado que tiene una alta frecuencia de emisión, y junto a su función de relé, la cual la propia Spearnet denomina sistema de redes por proximidad “Ad Hoc”, podría crear de forma automática y auto gestionable un sistema de comunicación dentro de un entorno de combate subterráneo.

Cuanto mayor número de combatientes dispongan de un radio teléfono Spearnet más amplia podríamos generar la red de comunicación en dicho entorno. Además, esta radio nos permite tanto el envío de voz como el envío de datos. Los radioteléfonos tienen la capacidad de establecer rutas con “distancias” de hasta 5 saltos en voz y hasta 10 saltos de datos, con una pérdida mínima de calidad, antes de llegar a un vehículo de comunicaciones que pueda integrarla o recuperarla y reenviarla a otra zona.

El riesgo en el combate subterráneo es elevado, debido a los espacios reducidos y a las dificultades que presenta frente al impedimento de que la unidad pueda combatir reunida. Por ello, es fundamental que el combatiente vaya dotado de la correspondiente radio con sistema manos libres (auriculares y micro). Todo ello, con el fin de asegurar el enlace, minimizar los ruidos y permitir el manejo del armamento y equipo.

Por estas razones queda descartado el uso del cable telefónico, ya que tendría que existir un combatiente cuya función fuera desplegar el cable, lo cual resta operatividad, ya que como hemos mencionado anteriormente, los enfrentamientos pueden producirse en muchas ocasiones de forma individual.

Por tanto, gracias a estas redes de proximidad, el combatiente no tendrá que emplear



tiempo de combate en generar una red de mando y control, ya que el radioteléfono Spearnet, es autogestionado, de tal forma que una red Spearnet tendría el siguiente aspecto.

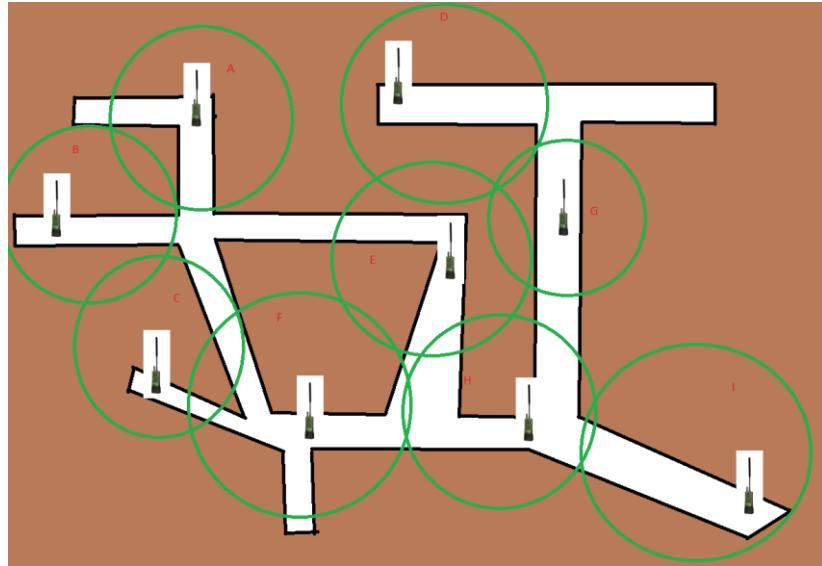


Ilustración 13. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” I.
Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en la ilustración 13 gracias a los alcances y a la creación de esta red virtual se puede establecer un enlace entre todos los miembros de la malla de forma automática. Como puede verse, en ocasiones, el enlace se produce con un único usuario de la malla o, incluso, se puede producir con varios usuarios, lo cual favorece la creación de esa malla virtual. Este enlace en este ejemplo de ramal subterráneo se dificultaría mucho dado que la estructura de unos ramales que se interconectan haría muy complicado el enlace.

Para poder ver un ejemplo de cómo se produciría este enlace, podemos observar en la ilustración 14 cómo enlazaría H con D o como enlazaría A por H.

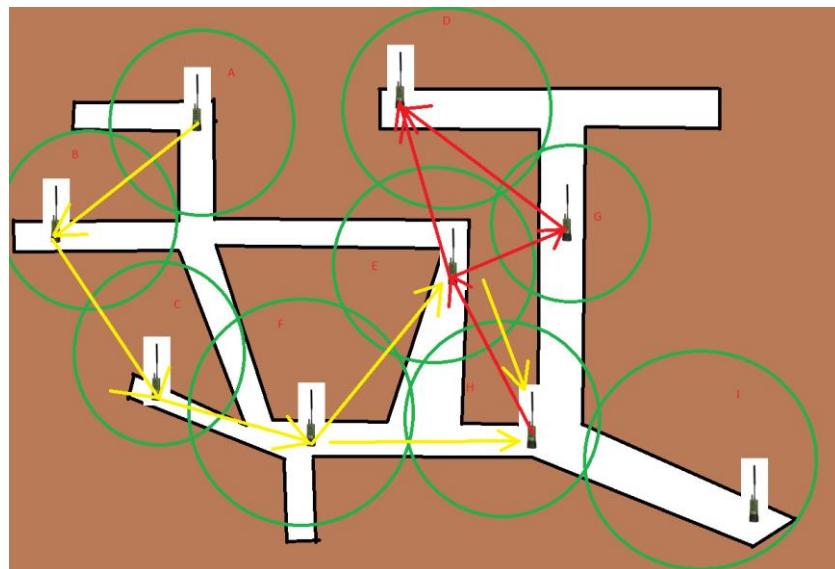


Ilustración 14. Explicación de comunicación mediante el radio teléfono Spearnet mediante una red “Ad hoc” II.
Fuente: Elaboración propia.



Como podemos ver en la ilustración 14 de esta forma es como se crean las redes virtuales de salto simple. Otra ventaja que podemos observar frente al tendido telefónico es el hecho de que desconocemos cuantas líneas telefónicas se van a necesitar para cubrir toda el área donde se va a desarrollar el combate.

En definitiva, la solución al problema de enlace en combate de subsuelo es el empleo del radioteléfono Spearnet gracias a su sistema de red “Ad hoc” [1]. Por tanto y para solventar este problema de enlace en el entorno de subsuelo se propone la ficha de instrucción que podemos encontrar en el Anexo G.

5.3 Solución a los problemas de disponibilidad

Como ya hemos podido observar con los medios disponibles en las unidades de infantería del Ejército de Tierra se pueden realizar todos los cometidos y todas las misiones que se les asignan, muchas veces adaptando la maniobra a los medios que se disponen.

Tal y como comentaba en una entrevista el encargado de transmisiones del batallón Legazpi encontramos una falta de medios a la hora de enviar datos en formato foto o video, ya que se comparte el ancho de banda para el envío de voz, fotos y videos. Esto provoca que el envío de datos se haga muy lento debido al escaso ancho de banda, por lo que la solución principal que se puede ofrecer a este problema es la adquisición de más medios de enlace PR4G v3, dado que este medio es el más empleado para el envío de datos.

Adicionalmente se ha visto que enlace entre jefes de pelotón, jefes de sección y jefes de compañía está totalmente cubierto con los medios existentes tal y como podemos ver en la ilustración 15, donde se muestra la composición de una malla de mando.

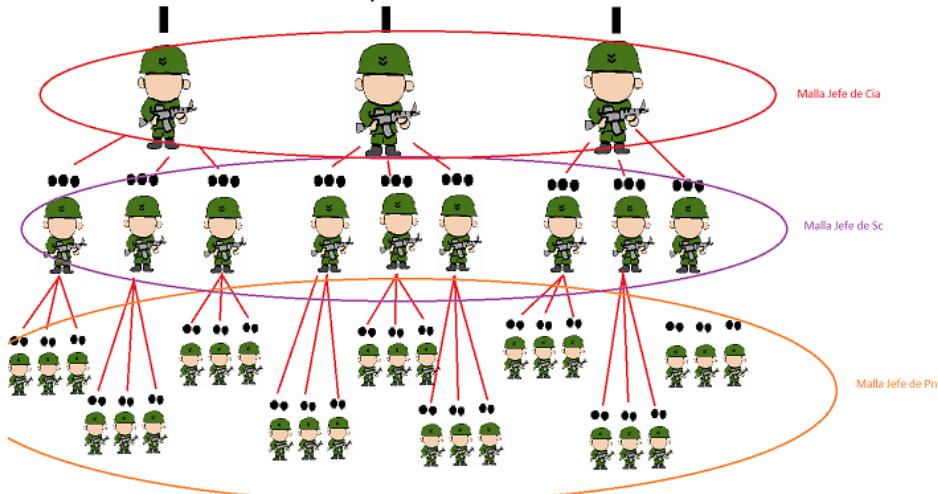


Ilustración 15. Explicación de composición de una malla. Fuente: Elaboración propia.

Debido a los nuevos escenarios donde la unidad puede encontrarse en la situación de no combatir reunida, como puede ser el entorno en subsuelo o personal desembarcado, surge la necesidad de disponer de algún dispositivo que permita enlazar con todos los combatientes. Actualmente y de forma voluntaria muchos de ellos adquieren un medio de enlace tipo Baofeng, el cual soluciona en gran medida los principales problemas de enlace detectados, donde todo el mundo necesita disponer de una estación de enlace, debido a que, para el correcto desempeño de las operaciones, se precisa de que toda la unidad pueda disponer de



una malla interna de escuadra o de pelotón entre los combatientes. Esta malla no tiene por qué estar integrada dentro de la malla de mando, sino que lo correcto sería que existieran dos, una malla de mando como ya hemos mostrado en la ilustración 15 y una malla de combate donde están los combatientes de cada pelotón o escuadra para aportar información relativa al combate.

Para este tipo de enlace ya existe el radioteléfono PNR 500, pero debido a que ya no se produce y que está desapareciendo de las unidades es una opción que se debería de descartar, la propuesta más acertada sería ir sustituyéndole por la adquisición de otros medios que permitan a los combatientes cubrir estas necesidades.

Como conclusión en este apartado se propondrá la adquisición de material de enlace con el propósito de cubrir la necesidad de combate de aquellas situaciones en las que la unidad no puede combatir de forma reunida.

5.3.1 Adquisición de Baofeng.



*Ilustración 16.
Baofeng radio UV5R.
Fuente: [2]*

El Baofeng puede ser una buena propuesta de medio a adquirir por el Ejército de Tierra, ya que está muy trabajado dentro de sus unidades de infantería y, por tanto, la integración se podría realizar de una forma muy rápida. [2]

El modelo a adquirir sería el Baofeng UV-5R, el cual es un transceptor portátil de doble-banda con menú de funciones de visualización en la pantalla "LCD" y posee una codificación DTMF. Incorpora 105 códigos "DCS" y 50 códigos de privacidad «CTCSS» programables.

También encontramos la Función «VOX» (transmisión activada por voz). Dispone de una memoria de hasta 128 canales. Contiene la posibilidad de seleccionar Banda Ancha (Wide) o Estrecha (Narrow), así como emitir en UHF y VHF. Puede realizar escucha dual/ recepción dual y la posibilidad de seleccionar alta potencia o baja potencia de transmisión (5W/ 1W).

Una función importante es que es programable por PC, donde se puede configurar todo lo anterior mediante un cable de conexión USB. Además, permite selección saltos de frecuencia de 2.5/5/6.25/10/12.5/25 kHz.

Y también encontramos otras funciones como: función "OFFSET" (desplazamiento de la frecuencia de acceso del repetidor), función de ahorro de batería "SAVE", tiempo de transmisión "TOT" programable, selección de Modo Escáner, escáner de recepción CTCSS/ DCS integrado.

Para cubrir la necesidad se debería de adquirir una estación de enlace Baofeng UV-5R, un sistema de comunicación que cumpla con el requisito de que el combatiente no



Ilustración 17. Accesorio de conexión USB para Baofeng UV5R. Fuente: [2]



Ilustración 18. PTT para Baofeng UV5R. Fuente: [2]

tenga que dejar de realizar tareas del combate por mantener el enlace, será preciso de que disponga de unos auriculares cuyo modelo exacto son los “elite II” y además para poder realizar todas las funciones programables con un ordenador se deberá de adquirir los cables de conexión USB. Todo ello tendría un coste de 65 euros por equipo. [2]

Por tanto, suponiendo que todos los jefes de escuadra cuenten con un equipo Baofeng para establecer una malla de combate y teniendo en cuenta que un pelotón cuenta con dos jefes de escuadra habría que adquirir para un batallón de infantería 72 equipos Baofeng para poder así dotar a todos los jefes de escuadra. Lo cual tendría un coste de adquisición de 4680 €. [2]

La razón fundamental por la cual adquirir este sistema es el hecho de su reducido coste frente a otros sistemas similares que se han planteado como posible adquisición, por ejemplo, la Harris PRC 163 la cual ofrece unas prestaciones similares para los requerimientos de enlace a muy corta distancia entre combatientes de un mismo pelotón y la cual tiene un precio de 250 euros por unidad. Una razón para comprar este medio sería su fácil compatibilización con el medio Harris que ya posee el Ejército de Tierra, pero al disponer de un número muy reducido del radioteléfono Harris, no merece la pena adquirir el PRC 163 por dicha razón.

Por ello, el medio Baofeng cumple con las necesidades de nuestras unidades de infantería, dado que, aunque realicen un combate de forma individualizada como puede ser el combate subterráneo, rara vez se encontrarán a más de 200 metros del resto de combatientes de su escuadra, es por ello que esta radio que dispone de un alcance en UHF de 3 kilómetros cumple perfectamente con los requisitos necesarios para poder combatir en todos los entornos. Cabe destacar que debido a su potencia el medio que mejor cumple con los requisitos para crear una red virtual en el entorno subterráneo es la Spearnet debido a su potencia.

Para finalizar habría que probar si en unidades mecanizadas tienen estos mismos problemas de enlace ya que son unidades donde sus desplazamientos se realizan sobre vehículo, por lo que siempre tienen la posibilidad de llevar antenas vehiculares, las cuales poseen mayor potencia. También sería interesante analizar si este material sería útil para las unidades acorazadas ya que estas no desembarcan del vehículo, lo cual elimina la necesidad de enlace con personal propio desembarcado.

Como conclusión, este material propuesto sería de gran utilidad para unidades de infantería ligera, motorizada y ligero-protégida.



*Ilustración 19.
Harris PRC 163
Fuente: [4]*



5.3.2 Otras soluciones al mando y control.



Ilustración 20 BNET NANO
Fuente: [12]

La intención de mostrar este sistema alternativo frente a los propuestos y/o mostrados a lo largo del TFG, no es otro que tener en cuenta la tendencia que está siguiendo la tecnología en cuanto a las comunicaciones militares. El Ejército de Tierra dispone de un medio parecido al BNET NANO, el radioteléfono Spearnet. Esta nueva tecnología podría cubrir una necesidad de enlace, como puede ser la del personal desembarcado de vehículos o la necesidad de enlace en el combate subterráneo.

Señalar que, el BNET NANO acaba de terminar la fase de desarrollo, por lo que habrá que esperar y ver cómo es su desempeño real. La idea de crear una única red con muchos servicios integrados como el de GPS daría muchas posibilidades a las comunicaciones militares.

Por tener una idea más global, el BNET NANO ha sido desarrollado por la empresa israelí RAFAEL y se trata de un sistema más vanguardista y avanzado que integra a todos los combatientes dentro de una misma malla, que es autogestionada. Este sistema está basado en la revolucionaria tecnología de recepción multicanal (MCR) de Rafael, capacidad de red sin precedentes en términos de velocidades de datos y número de usuarios, retraso mínimo y soporte para redes "planas" con cientos de miembros. La radio funciona en áreas sin GPS, pero proporciona un sistema de posicionamiento basado en la red formada entre combatientes. Permite estar vinculados con medios RPAS (drones) que de forma automática son gestionados por el sistema, para poder dar enlace en todo momento a todos los combatientes.

BNET es una unidad de radio muy ligera que permite una topología de punto a punto y de punto a multipunto y una red de malla "ad hoc", como la Spearnet y tiene una conectividad de área de operación de brigada completa con un diseño SDR de IP completo único. Además, esta radio permite la comunicación en "*full duplex*" lo que quiere decir que la comunicación se podría establecer como una llamada telefónica, con la diferencia de que esta comunicación dispondrá de un cifrado de extremo a extremo. BNET NANO también puede conectarse de forma satelital, lo cual hace que se aumenten los alcances de comunicación.

Como se puede observar este sistema pretende unificar todos los medios de enlace en uno solo. Esto es una clara ventaja respecto a otros medios, ya que permite que la instrucción únicamente se centre en el manejo de un único medio, así como la cadena logística de repuestos y reparaciones solo tendría que fijar su atención en este medio. Todo ello, proporcionaría una ventaja en las comunicaciones militares del Ejército de Tierra. La solución aportada en este campo sigue la misma línea que BNET NANO. Se debe de abarcar una solución sencilla, sin intentar compatibilizar muchos medios, si no, con medios que puedan crear una única red de combate.



5.- CONCLUSIONES

El presente TFG trata de dar respuesta a los problemas de enlace detectados en las pequeñas unidades, tomando como referencia el Regimiento de Infantería nº67. Para llevar a cabo esta tarea es necesario tener, primero, una correcta identificación de los problemas existentes. Así el trabajo, mediante entrevistas, llega a una primera aproximación con tres problemas de enlace detectados como principales que son: de instrucción, de adecuación de los medios y de escasez de los mismos. Así antes de continuar investigando, dado que uno de los problemas localizados es la formación, se crea un simulador de radio y se realizan unas jornadas para ver su adecuación. Tras las mismas se vuelve a entrevistar al personal y se hacen unas encuestas verificando, tanto las primeras impresiones, como el buen funcionamiento de las jornadas.

En lo que respecta al primer problema, instrucción, se propone el uso de simuladores, como el que se desarrolló para la PR4G v3 en este TFG, ya que mediante el mismo se pueden realizar todos los procedimientos que ofrece el software del radioteléfono. Este sistema de instrucción demostró ser efectivo, ya que la compañía que recibió dicha formación experimentó menos problemas de enlace que las otras dos. Además, para hacer efectivo el uso del simulador en las unidades y que pueda ser incluido en los planes anuales de instrucción y en los ciclos de adiestramiento, se aportan unas fichas de instrucción preparadas para ser introducidas en las unidades.

En definitiva, se promueve el hecho de que gran parte de la instrucción se puede realizar con simuladores y así todos los alumnos pueden disponer de un radio teléfono para que puedan practicar los procedimientos del software, la forma de combatir avanza y, por tanto, se hace más tecnológica. Todo ello, da lugar a una formación más técnica y, por ello, al igual que para este estudio se creó un simulador del radioteléfono PR4G v3 se podrían crear otros como por ejemplo para el radio teléfono Spearnet. Finalmente, el hecho de que estos simuladores puedan ser ejecutados desde cualquier *smartphone*, permite que cualquier combatiente pueda reproducirlo y practicar cuando quiera.

El segundo problema, también ligado con la instrucción, es el hecho de adecuar los medios de enlace al entorno en él se está combatiendo. Es decir, para el combate en campo abierto, cómo se puede actuar en caso de que se pierda el enlace. En este trabajo se aporta una ficha de instrucción estableciendo un procedimiento elaborado con información extraída de la biblioteca del MADOC. De tal forma que mediante esta ficha se pueden solventar gran parte de los problemas de enlace que nos encontramos en las unidades. Además, hace frente a un problema, que, aunque sea un ambiente de combate en el que muchas unidades aun no tienen un plan de instrucción, de forma anticipada se quiere presentar cual es, según lo que se determina en el estudio, la mejor manera de establecer enlace con los medios que dispone el Ejército de Tierra. Lo que se quiere hacer ver en este apartado, para la adquisición de medios en un futuro, es que más que el estudio de las características del medio, se debe bajar a los niveles más prácticos de cómo hacer enlace, ya que la gran mayoría de fichas de instrucción existentes no bajan a este nivel y se quedan en lo que es capaz de hacer este medio, pero sin explicar el cómo hacerlo.

Finalmente, para el tercer problema, la escasez de medios de enlace, se propone la adquisición del medio Baofeng UV-5R por varios motivos. Primero, debido a que cumple con lo que necesita el Ejército de Tierra. Segundo, porque actualmente no está cubierta la necesidad de enlace de unidades tipo escuadra. Tercero, ya que tiene multitud de capacidades entre las que podemos destacar su compatibilidad, alcance y ligereza. Además, se ha elegido este medio porque ya se emplea en las unidades de infantería, ya



que hay personal que lo adquiere de forma particular, por lo que muchos de sus integrantes ya conocen su manejo. También se oferta la adquisición de otro medio, BNEN NANO, el cual permite crear una red parecida a la que se puede crear con la SpearNet, pero esto permite incorporar toda la red radio de combate en un único sistema, siendo la gran ventaja de este medio. En caso de adquirir este tipo de medios sería interesante crear planes de instrucción adaptados a directamente explicar cómo hacer enlace, ya que, si se sabe manejar, se saben las características y el cómo funciona. Esto ya se hace con otros medios, como puede ser el armamento o los vehículos, donde la parte práctica predomina a la parte teórica, por ello, en los medios de enlace el aprendizaje se debe realizar de igual manera y preferiblemente empleando simuladores, ya que los medios de enlace, es un tipo de material sensible y por su carácter criptográfico sería preferible ese tipo de instrucción.



6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Academia de infantería, 2011. *TELECOMUNICACIONES A-224*. s.l.:DPTO. SISTEMAS DE ARMAS.
- [2] Baofeng, s.f. *Baofeng radio UV5R*. Available at: <https://baofeng.es/> [Consultado por última vez: 07/01/2022]
- [3] Francia, E. d. T. d., 2012. *MANUEL D'EMPLOI DES SYSTEMES RADIO HF ET VHF*, s.l.: s.n.
- [4] Harris, s.f. *Harris PRC 163*. Available at: <https://www.l3harris.com/all-capabilities/an-prc-163-multi-channel-handheld-radio> [Consultado por última vez: 07/01/2022]
- [5] MADOC, 2015. *Tareas individuales comunes II*. s.l.:s.n.
- [6] MADOC, 2015. *Tareas individuales comunes III*. s.l.:s.n.
- [7] MADOC, 2016. *MANUAL DE INSTRUCCIÓN : RADIOTELÉFONO PR4G V3*. s.l.:s.n.
- [8] MADOC, 2016. *MANUAL DE INSTRUCCIÓN: Radio Telefono Spearnet (MI-502)*. s.l.:s.n.
- [9]MADOC, 2018. *MANUAL DE INSTRUCCIÓN: RADIO HF HARRIS RF-5800-H*. s.l.:s.n.
- [10] MADOC, s.f. *Tareas individuales comunes I*. 2015 ed. s.l.:s.n.
- [11] MINISTERIO DE ENERGÍA, TURISMO Y AGENDA DIGITAL, Viernes 27 de octubre de 2017. *BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO // Nº 259 // Sec. III. Pág. 103115*. s.l.:s.n.
- [12] RAFAEL, s.f. *BNET NANO-RAFAEL*.Available at: <https://www.rafael.co.il/> [Consultado por última vez: 07/01/2022]
- [13] Rico-Secades, M., 2002. Antenas en la comunicacion. *Universidad de Oviedo*.
- [14] Universidad Rafael Landivar, s.f. *Metodos de recoleccion de datos para una investigacion*, s.l.: s.n.



ANEXOS

Anexo A. Transcripción de las entrevistas previas a las maniobras acerca del enlace.

Encargado de transmisiones del Batallón Legazpi:

¿Cuáles son los aspectos más importantes a la hora de hacer enlace?

Disponer de una doble configuración para las radios vehiculares. Al emplear una radio para él envío de datos y voz se disminuye mucho el ancho de banda. Esto provoca que no se puedan enviar datos pesados, como videos, a una velocidad elevada. La solución sería de disponer de una doble configuración, una radio para voz y otra para datos. De esta forma, al switch se le podría sacar más partido.

¿Cuáles son los problemas de enlace?

La escasez de medios, es el problema fundamental. Ya que como he comentado anteriormente, se requiere de una configuración vehicular y no se dispone de medios para ello. Otro problema es que, aun siendo escaso, el medio que más numeroso es de los radioteléfonos PR4G v3.

Jefe de la Compañía de Mando y Apoyo:

¿Cuáles son los aspectos más importantes a la hora de hacer enlace?

Disponer de medios portátiles y ligeros para todo aquel personal que se encuentra desembarcado o para aquel personal que se tiene que disgrigar de la unidad. La instrucción es algo clave, ya que por muy avanzados tecnológicamente que sean los medios, si no se sabe cómo emplearlos no sirve de mucho.

¿Cuáles son los problemas de enlace?

El principal problema es que el medio ligero y portátil para ese personal que tiene que trabajar alejado del resto de la unidad, no cubre la necesidad ya que hay una elevada escasez del mismo y me estoy refiriendo al PNR 500. Este medio serio perfecto para cubrir esta necesidad, lo cual obliga al personal a adquirir de forma propia medios ajenos a los que proporciona el ejército de tierra.

Otro problema añadido es la falta de personal específicamente formado en trasmisiones y el hecho de que las radios al considerarse material criptográfico no pueden ser tratados de forma libre, sino que tienen que ser tratados por personal con la capacidad de manejo de dicho material. Esto no sería un problema si no fuera porque no hay suficiente personal con capacidad de manejo de material criptográfico.

Jefe de la primera compañía:

¿Cuáles son los aspectos más importantes a la hora de hacer enlace?

Es importante que la gente sepa emplear las radios en función del entorno en el que se está trabajando, no es lo mismo mantener el enlace en el CENAD "San Gregorio" que aquí en País Vasco que hay muchísimos árboles y el enlace se puede ver interrumpido por la vegetación.

¿Cuáles son los problemas de enlace?

El principal problema que se percibe en las unidades es la falta de instrucción en los medios de enlace, en la primera compañía se insiste mucho, aunque no sean muy atractivos y parezcan algo muy lejano para una unidad de infantería, los medios de enlace son algo esencial para el cumplimiento de la misión.

Jefe de la segunda Compañía:



¿Cuáles son los aspectos más importantes a la hora de hacer enlace?

Saber conjugar todos los medios para poder enlazar con ellos y cumplir la misión. La misión no es enlazar, pero el enlace nos ayuda a cumplir la misión. Por ello, en nuestra compañía insistimos mucho en que todos los combatientes deben de conocer cómo manejar sus medios de enlace.

¿Cuáles son los problemas de enlace?

El principal problema es la escasez de medios y los problemas de instrucción, se deben de invertir muchas horas de instrucción en que la gente sepa cómo manejar estos medios.

Jefe de la tercera Compañía:

¿Cuáles son los aspectos más importantes a la hora de hacer enlace?

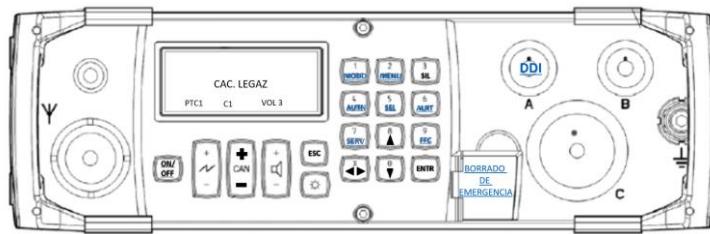
Disponer de otro tipo de medios a los actuales, en concreto medios HF. Siempre hay que intentar contar con el máximo número de Harris posibles para ello

¿Cuáles son los problemas de enlace?

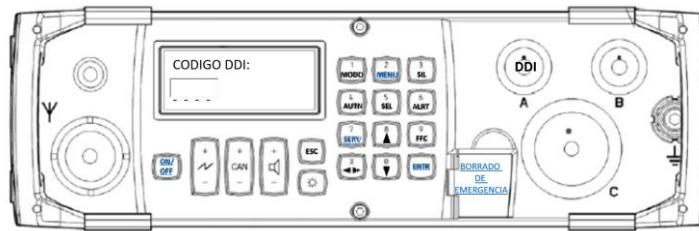
Hay una escasez de medios HF que impide poder mantener enlace. Por ello, se hace imposible tener enlace con los medios actuales.

Anexo B. Simulador PR4G v3

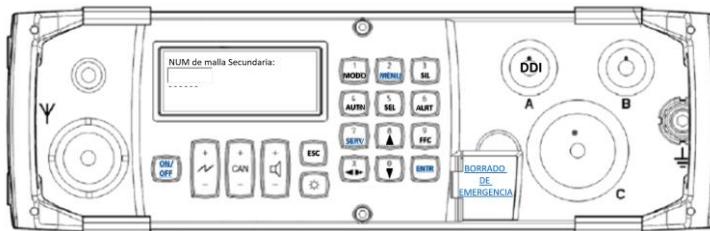
Ejemplo de procedimiento de Conexión del DDI y configuración inicial:



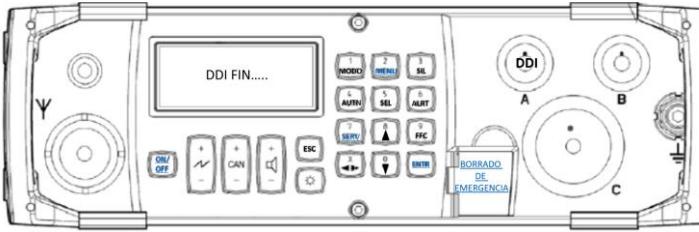
Encendido de la radio pulsando el botón ON/OFF



Pulsando en el conector del DDI se accede al submenú de configuración del DDI

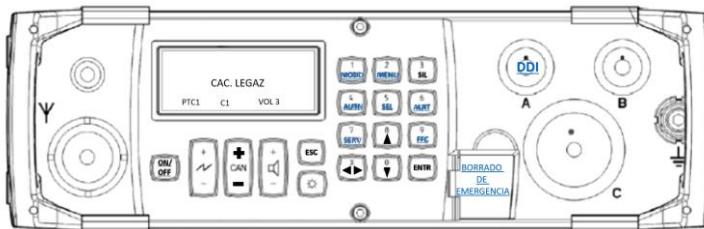


Introducir valor y ENTR



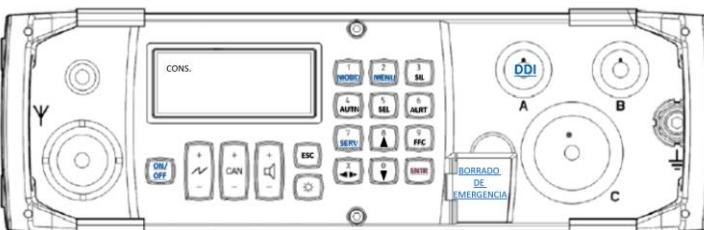
ENTR

Ilustración A.4. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



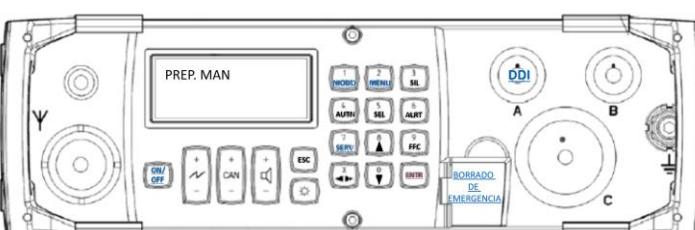
Pulsamos la tecla Menú

Ilustración A.5. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



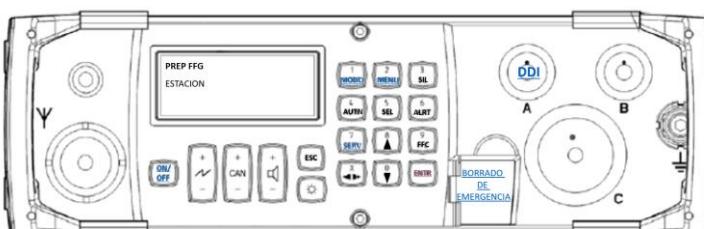
ENTR

Ilustración A.6. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



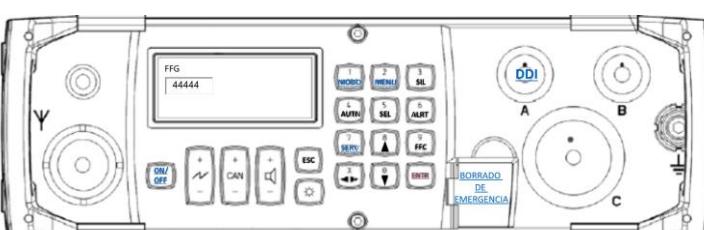
Puedes pulsar ENTR o menú, no es obvio, hay que saberlo, pero para poder seguir con el procedimiento que estamos haciendo pulsamos ENTR

Ilustración A.7. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



Seleccionar opción y ENTR

Ilustración A.8. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



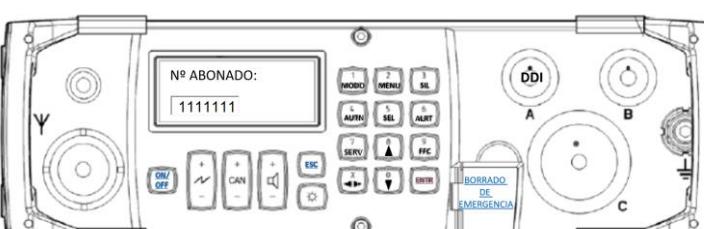
Introducir valor y ENTR

Ilustración A.9. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



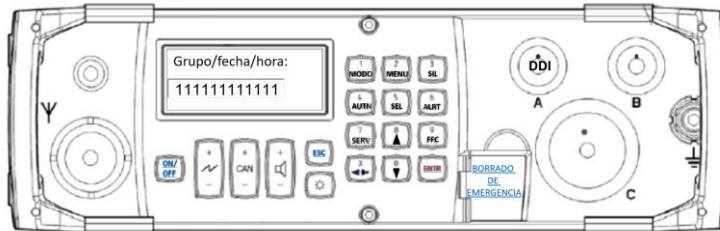
Seleccionar opción y ENTR

Ilustración A1.0. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



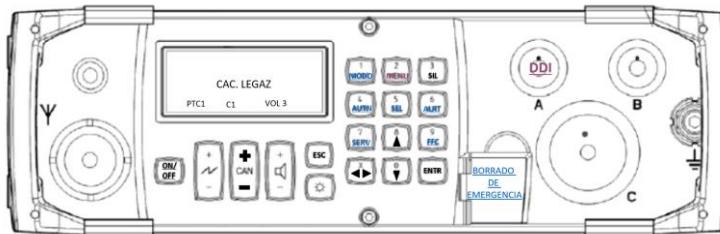
Introducir valor y ENTR

Ilustración A1.1. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



Introducir valor y ENTR

Ilustración A1.2. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia



Radio preparada y fin del proceso

Ilustración A1.3. Captura de pantalla del simulador PR4G v3. Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Transcripción de las entrevistas a los problemas de enlace.

En las siguientes entrevistas al personal se realizaron las siguientes preguntas: “¿Qué problemas de enlace ha tenido?, ¿A qué cree que se deben estos problemas? y ¿Ha conseguido solventar estos problemas de enlace?

1º Compañía.

Jefe de compañía y su radio operador:

1º Pregunta: No tuvieron problemas de enlace con el puesto de mando y con sus dos jefes de sección tuvo problemas de enlace con la segunda sección, con la primera sección de su compañía y con la sección de armas de apoyo no tuvo ningún tipo de problema de enlace.

2º Pregunta: Desconoce el hecho de tener problemas de enlace con la segunda sección, cree que puede ser la instrucción de ese radio operador y también contempla la posibilidad de que los medios de enlace no estuvieran en las condiciones óptimas para poder hacer enlace.

3º Pregunta: No consiguió solventar los problemas de enlace con la segunda sección pese a que su radio operador, que era al mismo tiempo el conductor del vehículo, ya que la radio del capitán jefe de compañía era vehicular, colocaba el vehículo en zonas elevadas para poder hacer posible el enlace con la segunda sección.

Jefe de la primera sección y su radio operador:

1º Pregunta: No tuvo problemas de enlace salvando situaciones en las que debido al terreno ondulado no conseguía hacer enlace o en zonas donde se encontraban edificaciones de por medio o incluso masas arbóreas. Destaco problemas de enlace con la segunda sección.

2º Pregunta: Cree que se deben a la ondulación del terreno, a la posible vegetación que pudiera encontrar y a las edificaciones. También afirma encontrar problemas al usar baterías no recargables la potencia que entregan es menor y por tanto esto suponía un impedimento y una reducción del alcance de las radios.

3º Pregunta: Consiguió solventar todos los problemas de enlace, al subirse a las cotas conseguía enlace. Solo empleo la antena de fleje, solo utilizo la de varilla (más alcance) en casos puntuales para enlazar con la segunda sección. En algunas ocasiones antes de cambiar la antena variaba los vocoders (cambiar el modo de “fonía”) para perder calidad de voz, pero



ganar en alcance.

Jefe de la segunda sección y su radio operador:

1º Pregunta: Ha reportado muchos problemas de enlace para enlazar tanto con la primera sección como el jefe de la primera compañía. Con la antena de varilla no conseguía enlace a más de 600 metros. Tuvo problemas con las conexiones de las radios, es decir, problemas a la hora de conectar los accesorios como altavoz y antena.

2º Pregunta: Cree que estos problemas se deben al mal estado de las radios y que las radios se encuentran obsoletas para los cometidos que debe realizar una unidad de infantería.

3º Pregunta: No pudo solventar estos problemas de enlace y no cree que la solución sea subirse a las cotas o a posiciones elevadas para hacer enlace, ya que el problema radica en el mal estado de las radios y en lo obsoletas que se encuentran de cara a los cometidos que debe realizar el ejército de Tierra.

Jefe de la sección de armas de apoyo y su radiooperador:

1º Pregunta: No tuvo ningún problema de enlace, solo tenían que enlazar con el capitán jefe de compañía, ya que eran los apoyos de fuegos de la compañía, este apoyo de fuegos se realizaba mediante el mortero.

2º Pregunta: Al no tener problemas de enlace, no reportaron ninguna pega del material al respecto.

3º Pregunta: En caso de no tener enlace en casos puntuales, empleaban diferentes "fonías" hasta conseguir enlace, cambiando los vocoders.

2º Compañía.

Jefe de la compañía y su radio operador:

1º Pregunta: Reporta que tuvo problemas a la hora de cargar las mallas a través del DDI en la radio vehicular. En general no tuvo ningún problema de enlace, salvando situaciones en la que debidas al terreno ondulado

2º Pregunta: A que ese DDI no se cargó de forma correcta en el TDT. Los problemas de enlace se ven asociados al terreno.

3º Pregunta: Pudo resolver el problema, ya que se le volvieron a cargar las mallas en el DDI en el parque de transmisiones. Los problemas de enlace en aquellas situaciones en las que el terreno era ondulado pudieron resolverse situándose en posiciones elevadas para poder facilitar el enlace.

Jefe de la primera sección y su radio operador:

1º Pregunta: Afirma no haber tenido ningún problema de enlace, salvo los propios del terreno ondulado. En un tema táctico llevado a cabo en Casas Altas en el CENAD "San Gregorio" donde se encuentra un polígono de combate urbano, indica que habría sido de provecho tener más medios portátiles ya que su unidad debido al terreno urbano tuvo que disgregarse y por lo que no disponían de medios de enlace suficientes para poder enlazar con todos los combatientes.

2º Pregunta: Indica que se debieron al terreno ondulado. Los problemas que reportaron del polígono de combate en población se debieron a la escasez de medios portátiles.

3º Pregunta: Los problemas de enlace debidos al terreno ondulado fueron resueltos mediante el enlace desde posiciones elevadas. Los problemas de enlace debidos a la escasez de medios fueron paliados mediante medios ajenos a los medios que tiene el ejército en dotación, en concreto se solventaron mediante medios tipo Baofeng, donde todos los jefes de pelotón y escuadra disponían de uno para poder establecer una malla interna de pelotón y



poder controlar al personal.

Jefe de la segunda sección y su radio operador:

1º Pregunta: Reportó dos problemas de enlace, el primero era que tuvo un problema puntual a la hora de hacer sincronía y problemas en cuanto a que no disponían de antenas vehiculares de la radio v3.

2º El primer problema fue provocado por la ondulación del terreno y el segundo problema debido a la escasez de accesorios de las radios.

3º Fueron resueltos ambos problemas, el primero de ellos gracias a las prácticas mediante el simulador, ya que en ellas se explicó el procedimiento de hacer sincronía, por lo que repitió el procedimiento desde un punto elevado y pudo obtener sincronía. El segundo problema se pudo resolver gracias a que el radio operador conocía que las antenas de la PR4G v2 son compatibles con las antenas de la PR4G v3.

3º Compañía:

Jefe de la compañía junto con su radio operador:

1º Pregunta: Reportó problemas de enlace en múltiples situaciones cuando las secciones trabajan de forma aislada, también reportó muchos problemas de enlace en terrenos ondulados. Afirma no haber podido enlazar a más de 800 metros. Tuvo problemas a la hora de enlazar con las radios vehiculares y también a la hora de hacer sincronía con sus vehículos.

2º Pregunta: Cree que se deben a los medios de enlace, los medios no cumplen en características con las misiones que tiene que realizar el ejército de Tierra. Afirma que con medios UHF estas situaciones no sucederían y solicita medios de enlace más portátiles ya que los equipos actuales son muy pesados.

3º Pregunta: No pudo solventar ningún problema de enlace.

Jefe de la primera sección y su radio operador:

1º Pregunta: No pudo enlazar en múltiples ocasiones ni con el puesto de mando ni con su jefe de compañía y en muy raras ocasiones con la otra sección de la compañía. En un tema táctico donde la compañía tuvo que montar una línea de vigilancia, tuvo la necesidad de que cada puesto de escucha tuviera un medio de enlace para hacer posible el enlace entre todos los puestos para comunicar cualquier incidencia.

2º Pregunta: En cuanto al primer problema achaca a que los medios de enlace se encuentran en malas condiciones y al mal estado de los accesorios. En cuanto al segundo problema hace referencia a la escasez de medios.

3º No pudo resolver ninguno de los problemas de enlace planteados, en el caso del segundo problema, no todos los jefes de pelotón tenían medios ajenos al ejército de tierra, walkie talkies tipo Baofeng para poder hacer enlace.

Jefe de la segunda sección y su radio operador:

1º Pregunta: Presentó problemas de enlace a la hora de intentar comunicarse con el jefe de compañía y con la otra sección de la compañía en los temas tácticos, por lo que, en muchas ocasiones se vio obligado a enviar a un soldado a decir de forma verbal a la otra sección las instrucciones necesarias.

2º Pregunta: A que las radios no cumplen con lo idea con la que fueron diseñadas e implementadas en las unidades, esto se solucionaría si los medios de enlace fueran UHF y no VHF.

3º Pregunta: No se pudo resolver el problema ya que en las radios no cumplen con su PPT.



Jefe de la sección de armas de apoyo y su radio operador:

1º Pregunta: No tuvieron excesivos problemas de enlace, salvando determinadas situaciones.

2º Pregunta: A la ondulación del terreno por las que se movían las secciones.

3º Pregunta: Al colocarse en posiciones elevadas y cambiando los modos de fonía se pudo enlazar con aquellas secciones que se movían por un terreno ondulado.

Compañía de Mando y Apoyo:

Jefe de la sección de morteros y su radio operador:

1º Pregunta: Ningún problema de enlace, el único problema que se tuvo fue que en uno de los días de instrucción se quedaron sin batería las radios portátiles.

2º Pregunta: Debido al uso continuado de la misma, ya que la instrucción del mortero requiere el uso continuo de la misma para enviar a línea de piezas los datos de tiro.

3º Pregunta: Se solventó en los siguientes días llevando a la instrucción más baterías desechables.

Jefe de la sección de reconocimiento y su radio operador:

1º Pregunta: Ningún problema de enlace, salvo un fallo de enlace puntual previo a un ejercicio de tiro.

2º Pregunta: Debido a la distancia, ya que la unidad se encontraba a 20 kilómetros en distancia reducida, es decir, en línea recta, del puesto de mando

3º Pregunta: Ese problema de enlace se solventó tomando con el vehículo una posición elevada del campo de tiro.

Jefe de la sección de defensa contra carro y su radio operador:

1º Pregunta: Ningún problema de enlace, salvo problemas puntuales de sincronía a la hora de iniciar movimiento hacia la zona de VIVAC.

2º Pregunta: Debido al terreno ondulado y a la distancia.

3º Pregunta: Al iniciar movimiento y tomar posiciones elevadas a la vez que trataba de hacer sincronía se acababa haciendo sincronía al poco de iniciar movimiento.



Anexo D. Encuesta realizada para el estudio.

La encuesta fue realizada en Google forms y consta de 23 preguntas.

¿Cuántos años lleva en el Ejercito de Tierra? *

Texto de respuesta corta

¿A que compañía pertenece? *

- 1º Cia
- 2º Cia
- 3º Cia
- Cia MAPO

¿Es usted radio-operador? *

- Si
- No

*Ilustración D.1. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs.
Preguntas 1-3. Fuente: Elaboración propia*

¿Conoce el modo Mux? *

- Si
- No

El modo mux permite el envío de.... *

- Datos y voz
- Imágenes y voz
- Documento, video, voz, imagen, pdf, etc.
- voz y video

¿Ha tenido problemas de enlace realizando prácticas en las maniobras en la zona de Valdehacer? *

- Si
- No

*Ilustración D.2. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs.
Preguntas 4-6. Fuente: Elaboración propia*

¿Ha tenido problemas de enlace en la zona de vivac antes de salir a realizar cualquier maniobra? *

- Si
- No

¿Cree que estos problemas de enlace se deben al estado de las radios? *

- Si
- No

¿Qué defectos físicos encuentra en las radios portátiles que ha usado? *

Texto de respuesta larga

Ilustración D.3. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 7-9. Fuente: Elaboración propia

¿Ha tenido problemas de enlace con las radios vehiculares? *

- Si
- No

¿Cree que existe un problema de escasez de medios en cuanto al enlace? *

- Si
- No

¿Cree que los medios HF solucionarían los problemas de enlace? *

- Si
- No

¿Conoce los modos de envío de datos den los medios de enlace tipo Baofeng? *

- Si
- No

*Ilustración D.4. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs.
Preguntas 10-13. Fuente: Elaboración propia*



¿Cree que los medios de enlace en dotación del Ejército de Tierra se encuentran obsoletos para * el cumplimiento de las misiones actuales?

Si
 No

¿Ha empleado algun simulador de la PR4G v3? *

Si
 No

En caso negativo, ¿Cómo se ha instruido en el uso de este medio?

Texto de respuesta larga

¿Qué medio o medios de enlace utilizaría en combate subterráneo? *

Texto de respuesta corta

¿Ha empleado el simulador de la Harris? *

Si
 No

En caso negativo, ¿Cómo se ha instruido en el uso de este medio?

Texto de respuesta larga

¿Qué ocurre al cambiar la fónica de la PR4G v3? *

Se emite en diferente canal
 se aumenta el alcance
 Se disminuye el ruido
 Se pueden enviar datos GPS

Ilustración D.5. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 14-17. Fuente: Elaboración propia

Ilustración D.6. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 18-20. Fuente: Elaboración propia

¿Sabe cargar mallas en el DDI? *

Si
 No

¿Sabe interpretar una IBT? *

Si
 No

¿Qué significan los dos últimos dígitos del número de abonado? *

Texto de respuesta larga

Ilustración D.7. Captura de pantalla de la encuesta de Google Docs. Preguntas 21-23. Fuente: Elaboración propia

Anexo E: Ficha de instrucción I

Ficha de tarea 1: 1-MBC-TP07-TRA

1. Código: 102-104-666
2. Descripción: Empleo básico radio operadores PR4G v3.

3. Identificación: Instrucción básica combatiente	4. Lugar: Aula o campo de instrucción	5. Duración: Teoría: 30 minutos Práctica: 90 minutos
6. Ayudas a la instrucción: Pizarra, proyector, ordenador, los alumnos deben de portar los máximos smartphones u ordenadores posibles para la práctica y PR4G v3 y sus accesorios, simulador de la PR4G v3.		
7. Bibliografía: TFG: Soluciones a los problemas de enlace en las pequeñas unidades.		



8. Condiciones de ejecución:

Partiendo de un nivel cero de conocimiento se busca que todos los componentes de la unidad conozcan el manejo básico de la radio PR4G v3 para así poder desempeñar en el futuro labores como radio operador.

9. Requisitos a alcanzar:

El alumno deberá ser capaz de montar el equipo PR4G RT-9210 v3, conocer sus modos de funcionamiento y saber seleccionarlos conforme se establezca en la IBCIS.

10. Desarrollo teórico del contenido.

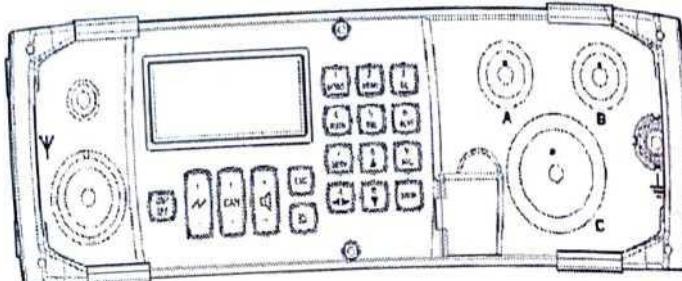


Ilustración E.1. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]

10.1. Conectores:

- Conectores de antena.
 - o Base de conexión de antena de 50 Ohm. Para un equipo portátil o vehicular.
 - o Antena GPS, la cual debemos colocar en un lugar despejado y con línea directa de visión hacia los supuestos satélites con los que deberá contactar.
- Conector A: Micro teléfono de explotación C-9750, mando a distancia 9730, DDI KY-9724, TDT ES/PSU-9710.
- Conector B: Micro teléfono COT- 207TA, Altavoz LS-111-14, Altavoz LS-108-14, Cable Relé CX-209, Vocoder externo.
- Conector C: Conectar para transmisión de datos síncronos o asíncronos, Interfaz IP-Ethernet, Puerto Serie IP/PPP.
- Conectores de toma de tierra: A la derecha podemos observar un borne de masa para crear una toma de tierra en caso de funcionamiento continuado. Siempre es aconsejable en funcionamiento radio usar toma de tierra, ya que el ambiente radioeléctrico puede crear descargas que pongan en peligro a los equipos e incluso al operador.

10.2. Accesorios:

Para una configuración portátil los accesorios necesarios son:

- E/RTRC-9210
- ANT-210 antena corta de fleje
- ANT-211 antena de varilla
- Micro teléfono COT 207TA
- Batería AL1143 de lón-Li
- Atalaje de transporte espaldera POR 150

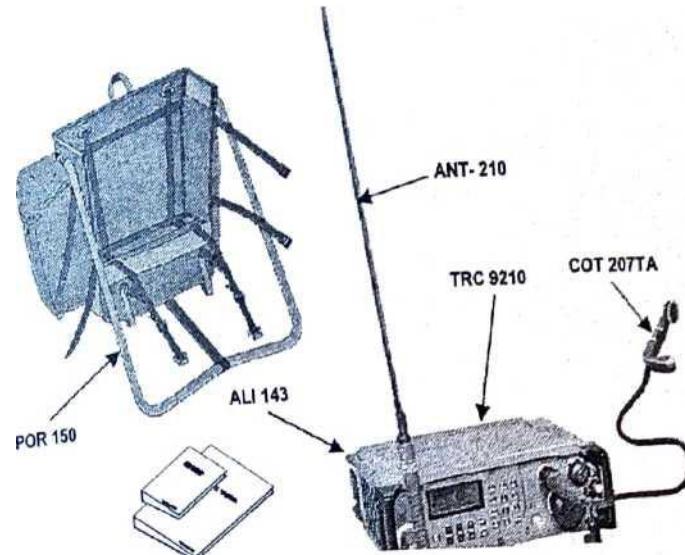


Ilustración E.2. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]

Para una configuración vehicular los accesorios que necesita el equipo cambian necesitando este el uso de un amplificador de potencia ALA-126AP (ver figura abajo) y del micro teléfono COT 207TA.

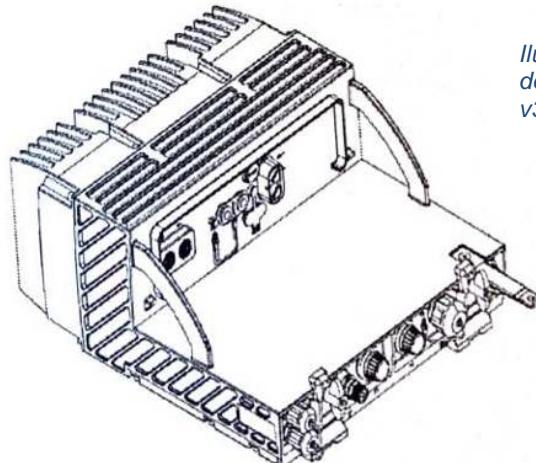


Ilustración E.3. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]

- Una base de conexión “H” para la alimentación de la estación RT-9210V3
- Una base de conexión “D” para la entrada de señal RF proveniente del E/R
- Una base de conexión “E” para la salida de señal de RF hacia la antena vehicular.
- Unos bornes de conexión “N” para alimentar el E/R.

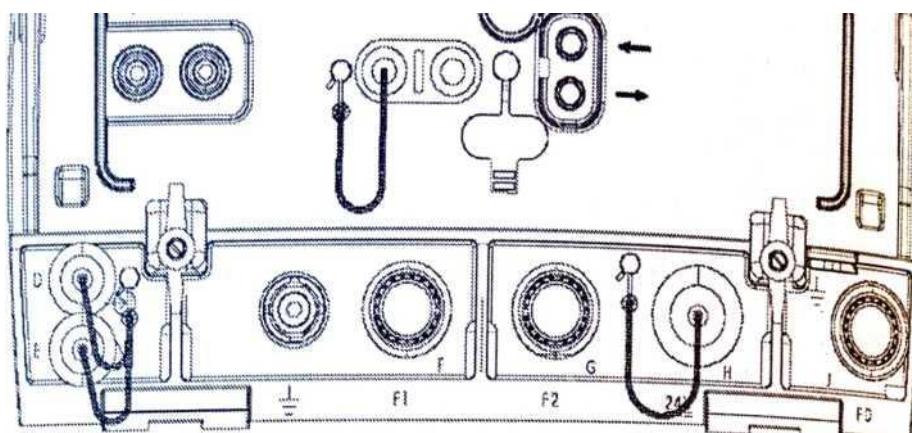


Ilustración E.4. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]



- Un interfaz de infrarrojos "Q" para la transferencia de información entre el RT-9210V3 y el ALA-126AP.
- Un Terminal de masa "W".

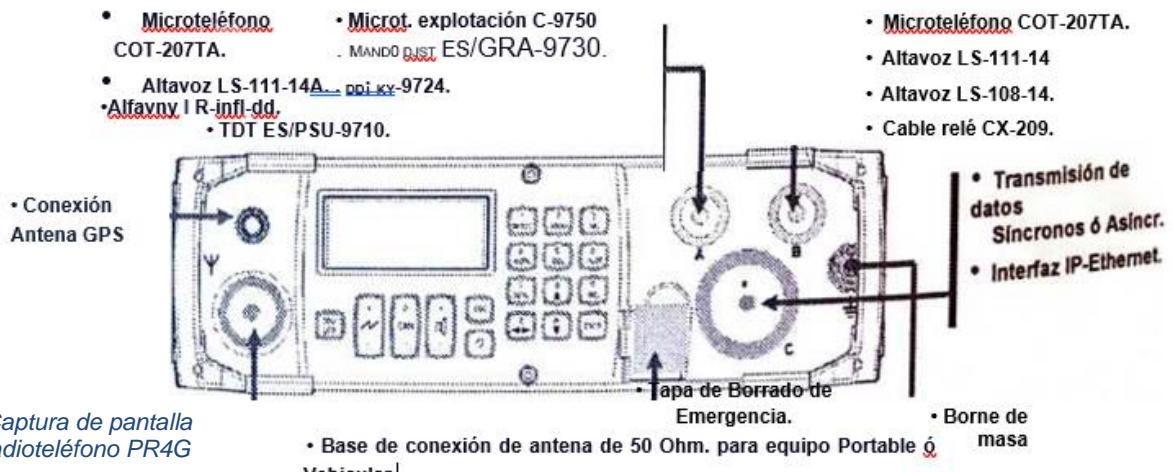


Ilustración E.5. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]

10.3. Funciones del teclado de la radio:

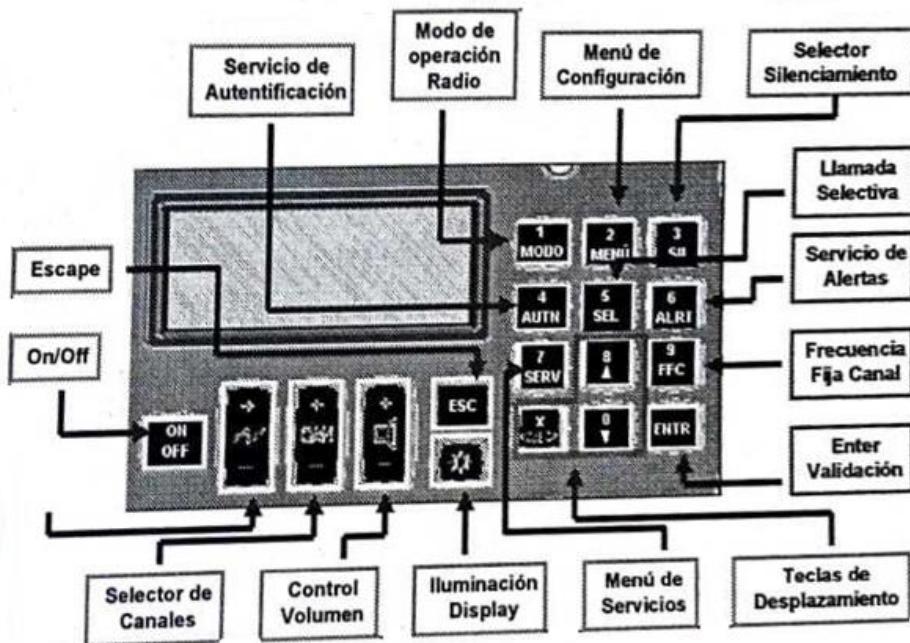


Ilustración E.6. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]

10.4. Conexión del Distribuidor de Datos Iniciales KY-9724 (DDI).

Conexión:

- Retirar el tapón de protección de la base de conexión "A".
- Poner el conector del DDI sobre la base de conexión "A".
- Enfrentar las guías del conector del DDI con las de la base de conexión.
- Colocar y empujar el distribuidor.



- Tirar del distribuidor para desconectararlo.

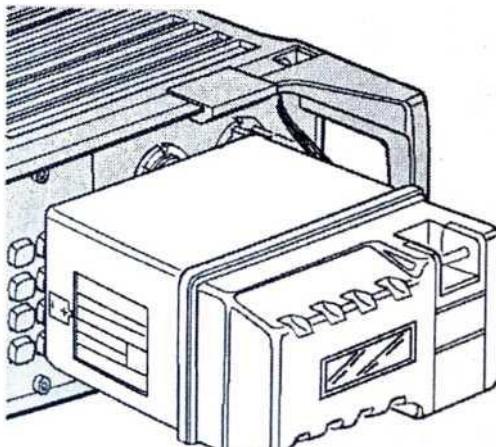


Ilustración E.7. Captura de pantalla del manual del radioteléfono PR4G v3. Fuente: [7]

10.5. Mediante el empleo del simulador:

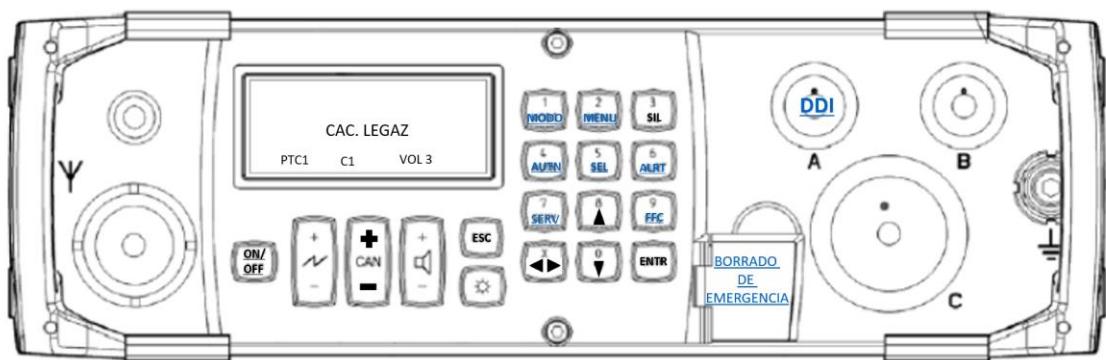


Ilustración E.8. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3. Fuente: Elaboración propia

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

10.5.1. Inicialización del RT-9210 (PR4G v3):

Para poder empezar a trabajar con los equipos, debemos introducir una serie de datos, los cuales son imprescindibles para la carga posterior de los diferentes parámetros de los canales, dichos datos son los parámetros iniciales, formador por:

Número de Abonado: número formado por 7 cifras, de las cuales, las 5 primeras identifican a la red, y las dos últimas determinan el orden de la radio en la malla.

GFH: Conjunto formado por hora, mes, día y año. Por defecto nos aparecerá siempre el 01/01/90 00:00:00. Con más de un minuto de diferencia las emisoras iniciales de la malla pierden muchas posibilidades de sincronización rápida.

Selección de juego de claves: Se selecciona con cuál de los dos juegos de claves empezaremos a trabajar.

10.5.2. Carga de parámetros:

Para el trabajo del transceptor en modo digital, se debe cargar una serie de parámetros (se verá en sesiones posteriores) en cada uno de los diferentes canales.



Existen diferentes formas para la carga de estos parámetros:

Carga manual

Carga a través de un KY-9724, distribuidor de datos iniciales (DDI)

Hay que introducir el código del DDI (4 cifras), una vez introducido pulse enter

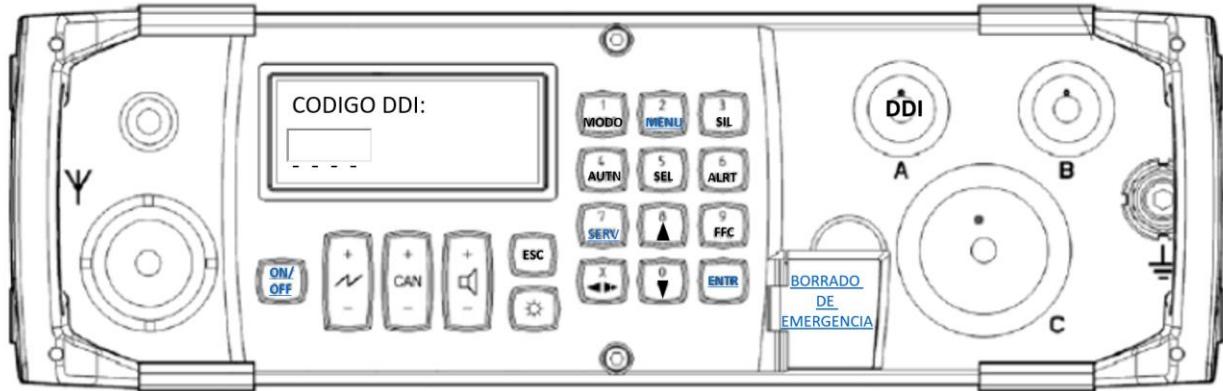


Ilustración E.9. Captura de pantalla
del simulador de la PR4G v3 Fuente:
Elaboración propia

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

10.5.3. Parámetros iniciales comunes a todos los canales:

- Número de Abonado.

Es el número que identifica al abonado dentro de la malla.

- Fecha y Hora.

Para una mejor sincronización de los equipos, conviene que la fecha y hora introducida en los mismos sea lo más ajustada posible (diferencia menor de 1 minuto con respecto a la directora). Por defecto toma el valor: 01/01/90 y 00:00:00

- Selección del conjunto de claves.

Es el conjunto de claves que usará la radio para cifrar la información cuando está trabajando en los modos digitales. Se puede seleccionar entre CRIPTO 1 y CRIPTO 2.

10.5.4. Modos de trabajo:

- o Salto de frecuencia (SFR, 300 saltos/seg.)
- o Búsqueda de Canal Libre (BCL)
- o Modo MIXTO auto adaptativo (elección automática entre SFR y BCL)
- o Frecuencia Digital (FD)

Con protección COMSEC

- o Frecuencia Fija Analógica (FFC y FFG)

Sin protección COMSEC

- o Modos temporales ORTHO y BUSQUEDA.



Importante que cuando apaguemos la radio y la volvamos a encender estará el modo que se haya cargado en el DDI

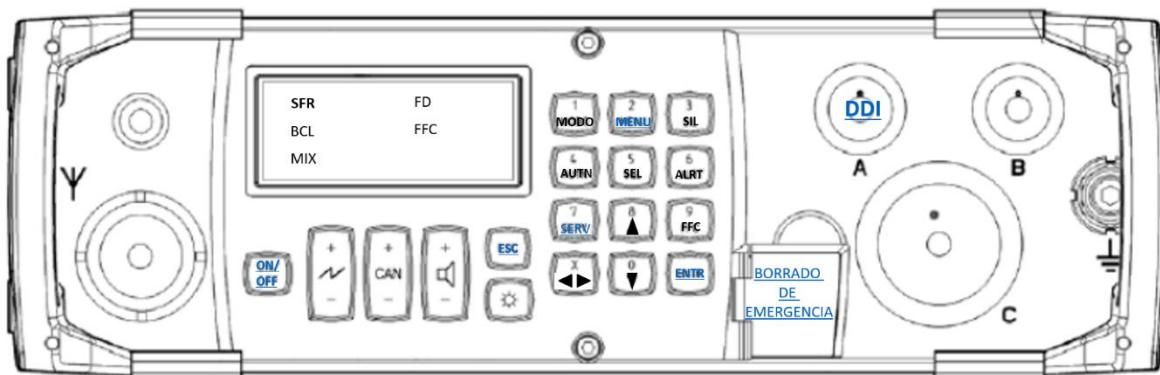


Ilustración E.10. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

10.5.5. Llamada selectiva:

Este servicio sólo funciona en los modos digitales (SFR, BCL, MIX, ORTO, FD),

Dentro de una malla establecida, cualquier radio puede realizar una llamada selectiva a otro abonado. Si dicho abonado acepta la llamada selectiva, las dos radios podrán comunicarse entre sí, utilizando el mismo plan de frecuencias del canal en que están, sin que el resto de las emisoras de la callan siguen trabajando normalmente ajenas a dicha comunicación.

NUMERO DE ABONADO DEL QUE QUEREMOS LLAMAR, AL OTRO LE APARECERA EN PANTALLA: >>>SEL
PARA CONTESTAR A LA LLAMADA APARECERA: SEL BIEN

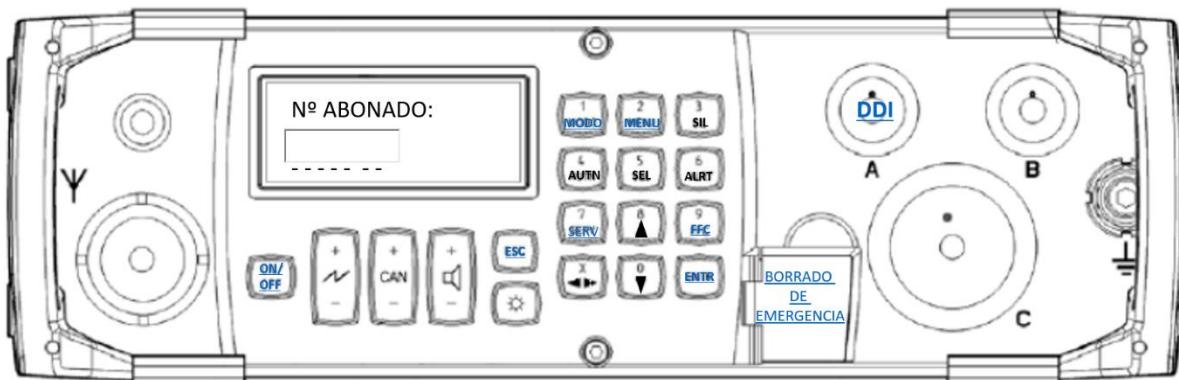


Ilustración E.11. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3



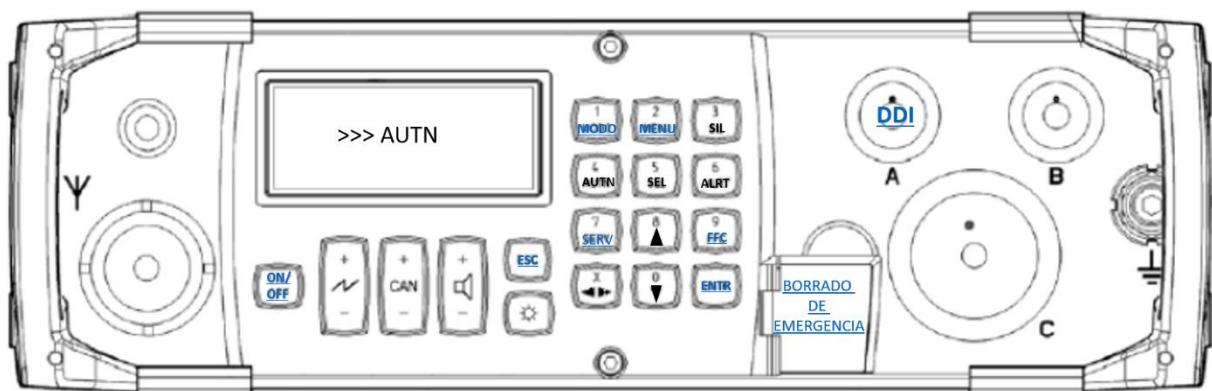
10.5.6. Llamada prioritaria:

Es una función sólo válida en los modos digitales (SFR, BOL, MIX, ORTO, FD). Se trata de que en la situación en que una estación subordinada está utilizando el espectro porque está haciendo en ese momento una comunicación, la estación directora de la malla puede cortar la emisión de la estación subordinada y hacer ella uso del espectro radioeléctrico durante el tiempo que necesite, ya que su información está establecida que es de mayor importancia. Una subordinada solo puede cortar la comunicación de una directora a través del envío de una alerta.

10.5.7. Autentificación:

Función utilizadle en los modos digitales (SFR, BCL, MIX, ORTO, FD) el operador de una radio puede pedirá al operador de otra que se “autentifique” a lo que dicho operador debe responder con un código de 4 cifras.

Dicho código no está contenido en el interior de la radio, y son los operadores de las radios de la malla quienes deben de conocer los códigos de los distintos abonados para poder saber que el operador de la radio con el que estamos comunicando es el que nosotros creemos que es.



*Ilustración E.12. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente:
Elaboración propia*

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

10.5.8. Vigilancia de la Frecuencia Fija de Canal (FFC):

Cuando la radio está trabajando en cualquiera de los modos digitales (SFR, BCL, MIX, ORTO, FD), al mismo tiempo, realiza una vigilancia de la Frecuencia Fija establecida en dicho canal. A esta función se accede a través de la tecla “SERV”.

Cuando dicha función está habilitada, si se realiza una comunicación en esa frecuencia, la radio informa al operador que se está produciendo una comunicación sobre dicha frecuencia. El operador tiene la potestad de pasar escuchar la comunicación o continuar en el modo en que estaba hasta ese momento.



10.5.9. Vigilancia de la Frecuencia Fija de General (FFG):

Independientemente del canal en que se esté trabajando y del modo seleccionado en cualquiera de los canales (incluido FFC), la radio realiza una vigilancia cíclica y constante de una Frecuencia Fija General establecida en el plan de frecuencias general.

Cuando dicha función está habilitada, si se realiza una comunicación en esa frecuencia, la radio informa al operador que se está produciendo una comunicación sobre dicha frecuencia. El operador tiene la potestad de pasar a escuchar la comunicación o continuar en el modo en que estaba hasta ese momento.

10.5.10. Función Vocoder:

Un Vocoder es un dispositivo electrónico (hardware y software) que digitaliza voz y reduce el tamaño de la información útil a transmitir y el espacio que ha quedado libre al “comprimir” la información se utiliza para repetir la información que se transmite. Con esta tecnología se consigue que, aunque se produzcan errores en la transmisión de la información al repetir vanas veces dicha información, la señal se pueda recuperar sin demasiados errores en el otro extremo.

Este sistema lleva consigo una pérdida reconocida de la calidad de la voz que recupera mientras más pequeña sea la velocidad a la que se digitaliza la señal (muestreo) mayor será la pérdida de calidad de la voz.

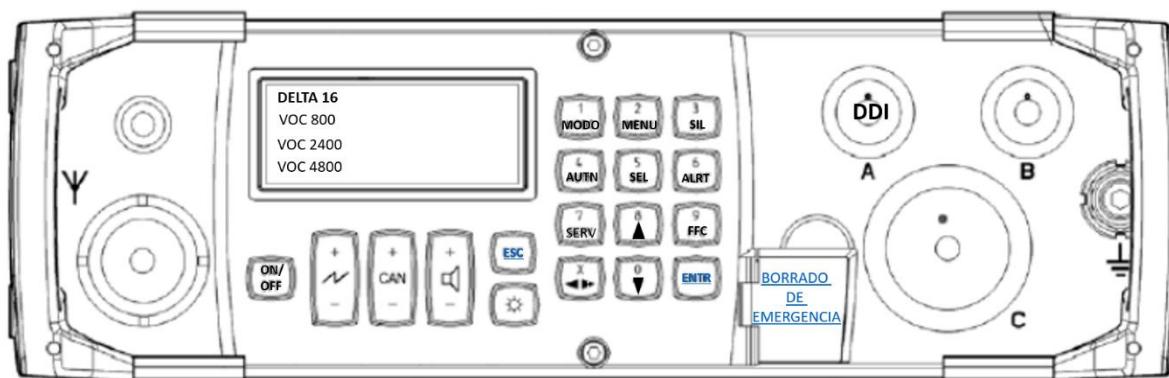


Ilustración E.13. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente: Elaboración propia

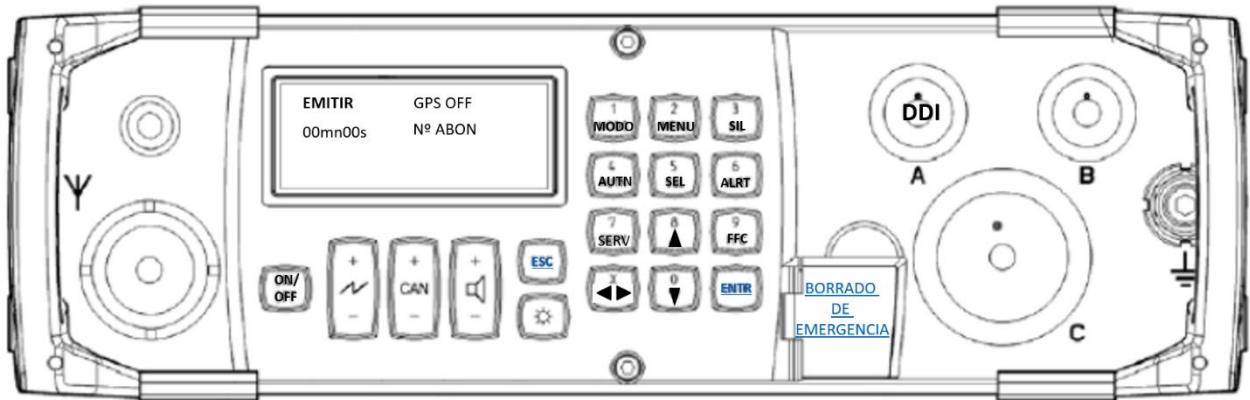
CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

10.5.11. Función GPS:

El RT-9210V3 lleva incorporado un pequeño módulo receptor GPS que permite capturar la señal de los distintos satélites GPS y obtener así la información correspondiente a su posición, altitud y velocidad, de la misma manera que una fecha y hora precisas y fiables para cualquier aplicación asociada. Esta información capturada



puede enviarse a otros transceptores de la misma malla.



*Ilustración E.14. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente:
Elaboración propia*

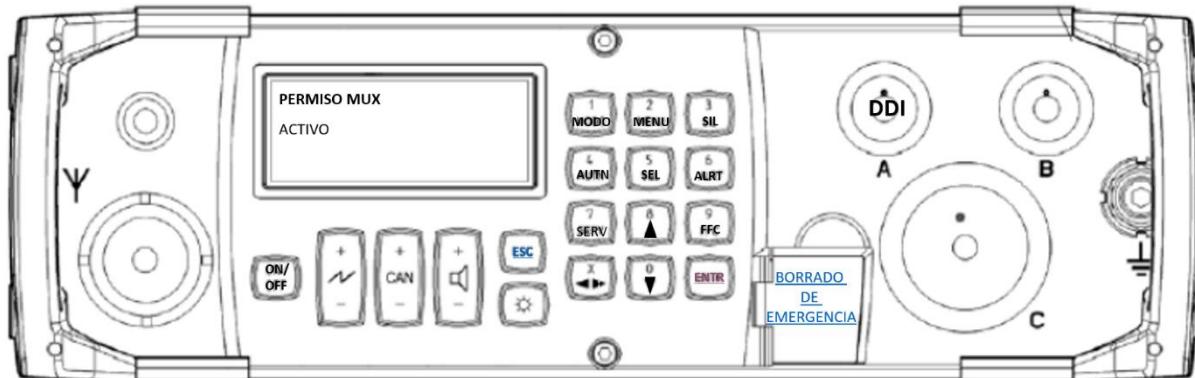
CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

10.5.12. Función TCP/IP:

Esta nueva función permite integrar al operador de la radio dentro de una red TCP/IP, sólo transmisión de datos hasta una velocidad de 19200 b/seg accediendo a una gran cantidad de servicios con un ordenador asociado al E/R.

10.5.13. Función MUX:

Es una nueva función que permite, utilizando un entorno TDMA interno, la transmisión "simultánea" (en "porciones" de tiempo independientes) de voz y datos, dentro de una misma malla.



*Ilustración E.15. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3 Fuente:
Elaboración propia*

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3



10.5.14. Borrado de emergencia:

Los E/R de la familia PR4G necesitan una serie de Elementos Iniciales (datos y parámetros que hay que introducir a la radio para poder explotar todas sus funcionalidades en todos sus modos de trabajo) sensibles de que sean analizados por personas no autorizadas. En caso de riesgo de que la radio pueda caer en manos enemigas, la radio dispone de un botón de borrado de emergencia que borra las memorias internas de la misma y la deja sin Elementos Iniciales.

10.5.15. Transmisión de alertas:

Una alerta es un aviso sonoro y visual que una radio transmite hacia el resto de las radios que componen la malla o incluso a mallas de nivel superior (según se haya configurado en el Centro de Gestión que crea los planes de frecuencias), cuando estamos trabajando en los modos digitales (SFR, BCL, MIX, ORTO o FD).

Los modos de trabajo Búsqueda (BUS) y Ortogonal (ORTO) no son considerados modos de trabajo propiamente dichos, sino variantes de alguno de los modos anteriores, por lo que no son opciones válidas en la selección del modo de trabajo.



Ilustración E.16. Captura de pantalla del simulador de la PR4G v3
Fuente:
Elaboración propia

CAC LEGAZ / Simulador PR4G V3

11. Resumen:

Este equipo tiene la capacidad de ser instalado tanto en modo portable como en modo vehicular.

- PORTABLE: Configuración portable de corto y medio alcance (8 Km.). (1 RT- 9210V3).
- VEHICULAR: Configuración vehicular de corto, medio y largo alcance (1 RT-9210V3 +1 ALA 126 AP).
- El RT-9210 V3 es un equipo de transmisión/recepción que trabaja la banda de VHF con un margen de trabajo de 30 a 87'975 MHz.
- Los periféricos que utiliza la radio para poder transmitir voz son la antena y el micro teléfono.



- Para realizar la carga de datos automática se utiliza un DDI o un TDT que debe ir conectado al conector A.

- El micro teléfono debe ir conectado al conector A o B.

Para que el equipo funcione de modo vehicular, el transceptor debe estar Perfectamente unido al amplificador ALA-126AP.

- Inicializar la radio: Número de abonado + GFH + Juego de claves.
- Modos de carga: manual (BCL, SFR, MIX, FD, FFG, BUSQUEDA y ORTOGONAL) y DDI.
- La transmisión de alertas es un aviso sonoro que llega al transceptor de otro transceptor de la malla.
- La llamada prioritaria es aquella que realiza la directora de una malla y que corta a la emisión de una estación subordinada.
- La llamada selectiva es una comunicación punto a punto entre 2 estaciones de una malla.
- Autenticación en un servicio que nos sirve para identificar al operador de otra estación de nuestra malla.
- Con el borrado de emergencia se consigue eliminar los elementos iniciales y los planes de frecuencias introducidas al transceptor.
- El objetivo de realizar un borrado de emergencia es el ocultar al enemigo la visualización de los planes de frecuencia que tiene introducido el transceptor.
- La función GPS nos permite obtener la posición exacta de nuestro transceptor.

12. Bibliografía:

- Academia de infantería, 2011. TELECOMUNICACIONES A-224. s.l.: DPTO. SISTEMAS DE ARMAS.
- MADOC, 2016. MANUAL DE INSTRUCCIÓN: RADIOTELÉFONO PR4G V3. s.l.:s.n.

Anexo F: Ficha de instrucción II

1. Código: 002-204-002

2. Descripción: Procedimiento de obtención de enlace en superficie en un entorno terrestre.

<p>3. Identificación:</p> <p>Nivel I. Común Individual.</p>		
4. Tipo: Teórico-práctica	5. Lugar: Campo de instrucción	6. Duración: Teoría: 20 minutos Práctica: 40 minutos
<p>7. Ayuda a la instrucción:</p> <p>Simulador de la PR4G v3 Disponer de una PR4G v3</p>		
<p>8. Bibliografía:</p> <p>MT6-605. Radioteléfono PR4G. Descripción y mantenimiento orgánico</p>		

9. Condiciones de ejecución:

Se deberá montar y poner en funcionamiento mediante el simulador el radio teléfono



PR4G v3, RT-9200, para así practicar un enlace que se vea dificultado por la ondulación del terreno o por los obstáculos que puedan aparecer en el mismo.

10. Requisitos a alcanzar:

El alumno o radio operador deberá de conocer como cambiar los vocoders, el uso de las diferentes antenas y cómo funciona el enlace entre los radios teléfonos PR4G v3 en VHF.

11. Desarrollo teórico del contenido:

11.1. Funcionamiento del enlace VHF en el radioteléfono.

Las emisiones en VHF se establecen sólo en línea de señales a la vista, es decir, cualquier obstáculo como montañas, edificaciones o masas de tierra dificultan la conexión entre dos estaciones VHF. Por lo que será favorable en este tipo de emisión, VHF, disponer de antenas más elevadas y de encontrarnos en zonas despejadas para poder tener suficiente alcance de enlace.

11.2. Tipos de antenas

En este radioteléfono encontramos que existen dos configuraciones, portátil y vehicular.

En la configuración portátil encontramos la antena de fleje la cual tiene un alcance de aproximadamente 3 kilómetros, el siguiente escalón en cuanto a alcance sería la antena de varilla desplegada al máximo la cual tendría un alcance de 8 kilómetros.

El siguiente factor que determina el alcance de una radio es la potencia a la que se emite, por ello en su configuración vehicular encontramos que sobre una antena vehicular 3088VM encontramos alcances de hasta 25 kilómetros.

12. Practicas:

- Cambiar las antenas y desplegarlas al completo.
- Enlazar desde posiciones elevadas.
- Cambiar vocoders.
- Probar a enlazar sin cambiar nada y solamente ocupando las alturas.
- Realizar el procedimiento: Vocoder, Cambio de antena, Vocoder, tomar alturas.

Anexo G: Ficha de instrucción III.

Ficha de tarea 1-FMB-TP97-TRA

1. CODIGO: 102-104-666

2. DESCRIPCION: Uso Spearnet en Subsuelo.

IDENTIFICACION: Nivel I. Común individual.		
TIPO Teórico/práctico	LUGAR Campo de instrucción.	Duración Teoría: 30 minutos Práctica: 60 minutos

**AYUDAS A LA INSTRUCCIÓN:**

Un radio teléfono Spearnet por binomio.

Trabajar en grupos tipo pelotón.

Disponer de un campo de entrenamiento con ramales similar al subsuelo en caso de no disponer de un campo de entrenamiento de combate en subsuelo.

BIBLIOGRAFIA:

Manual de instrucción: RADIOTELEFONO SPEARNET (MI-502)

9. CONDICIONES DE EJECUCION:

Cada binomio tendrá a su disposición para la práctica un radioteléfono Spearnet, Cada operador deberá realizar las conexiones necesarias en el radioteléfono para su operación manual. Una vez finalizadas dichas operaciones, el operador llevará a cabo la desconexión de cada uno de sus elementos alojándolos dentro de la

Mochila de Transporte. Por tanto, cada operador deberá realizar el montaje y puesta en funcionamiento del equipo. Por tanto, para poder realizar esta práctica los alumnos deberán de ser capaces de configurar el Radioteléfono en su totalidad mediante el uso del menú vocal.

10. REQUISITOS A ALCANZAR:

Los alumnos deberán de ser capaces de crear una red “AD HOC”, es decir, una red virtual en la que puedan enlazar entre todos los componentes de la malla. Para ello realizaran una llamada de conferencia en la que todos estén integrados en la misma mediante el uso de VoIP/SIP.

11. Desarrollo teórico:

Las llamadas de conferencia, red virtual creada mediante llamadas VoIP, estas son las llamadas fuera de la RRC, mediante Voz sobre IP

(VoIP). Utiliza el protocolo SIP, el cual es configurable en cada una de las radios, mediante un sistema de llamadas el cual integra la Red Spearnet con otras redes.

Los radioteléfonos poseen el servicio telefónico VoIP/SIP, la cual puede configurarse a través del menú telefónico permitiendo comunicarse a través de VoIP a todos los miembros de una red previamente configurada. Mediante el uso de VoIP/SIP el usuario puede contestar, establecer conferencias y finalizar una llamada VoIP/SIP.

Para activar una llamada de conferencia se seguirán los siguientes pasos:

1. Al enunciarse “Pulsar MENÚ levemente para establecer conferencia, mantener MENÚ oprimido para finalizar llamada”, pulsar el botón MENÚ para establecer la llamada de conferencia.

2. Al enunciarse “Los PTT’s seleccionan la red”, utilice los PTT’s para realizar una conferencia.

3. Pulsar el botón PTT1 para activar una llamada de conferencia mediante la red de voz del PTT1, o el botón PTT2 para activar una llamada de conferencia mediante la red de voz del PTT2 o los botones PTT1 y PTT2 simultáneamente para activar una llamada de conferencia mediante la red de voz para llamada prioritaria.

Para salir de la llamada de conferencia deberemos de pulsar el botón MENÚ. Esto sirve



para salirse de la llamada de conferencia actual.

Si queremos volver a activar la llamada de conferencia deberemos de:

1. Pulsar el botón MENÚ. Esto sirve para activar otra llamada de conferencia.
2. A enunciarse “Pulsar MENÚ levemente para activar llamadas de conferencia mantener MENÚ oprimido para finalizar llamada”, pulsar el botón MENÚ para activar llamadas de conferencia.

12. Resumen:

El alumno en un entorno subterráneo deberá de saber crear de forma automática una red virtual.

13. Práctica:

En la práctica realizada por binomios en una entidad de pelotón, el alumno deberá de emplear el radioteléfono Spearnet para poder realizar funcionalidades VoIP/SIP contestando a una llamada, activando una llamada de conferencia y saliendo de una llamada de conferencia.