



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y análisis de un Centro de Transmisiones Táctico de una Brigada

Autor

C.A.C. Carlos Ruiz Ayala

Directores

Director académico: Profesor D. David Izquierdo Núñez

Director militar: Capitán D. José Javier Belda Morante

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2020

“Las Transmisiones son el medio básico para conseguir el mando y control de las tropas. La pérdida de las transmisiones implica la pérdida del mando y control de las tropas y la pérdida del mando y control de las tropas en el combate conduce inevitablemente a la derrota.”

CIATRANSLEG

Agradecimientos

Seguidamente, me gustaría agradecer a todo el personal que ha hecho posible la realización de este Trabajo Fin de Grado. Gracias a ellos he podido adquirir una valiosa formación técnica y científica a lo largo de estos 5 años en la Academia General Militar.

En primer lugar, agradecer al Capitán de Transmisiones D. José Javier Belda Morante y al profesor del Centro Universitario de la Defensa D. David Izquierdo Núñez como director militar y académico, respectivamente, su completa ayuda y entrega para que mi proyecto fuese realizado.

A todos y cada uno de los miembros de la Compañía de Transmisiones, perteneciente a la Bandera de Cuartel General de la Brigada ‘*Rey Alfonso XIII*’ II de La Legión, por su colaboración e ímpetu en las fases del proyecto. Gracias a todos los miembros de la Compañía he podido aprender en mi periodo de prácticas que un Jefe de Sección del arma de Transmisiones debe de contar y cuenta con el apoyo de sus subordinados, y que su cooperación hará que dicha sección alcance cualquier objetivo que se fije.

Por otro lado, y con una mención especial, al Teniente de Transmisiones D. Germán Pellicer Martínez, por su implicación en el proyecto y su constante preocupación, mostrando una actitud militar ejemplar. Ha sido un completo placer poder realizar mis prácticas en la Compañía de Transmisiones de La Legión, con un personal tan cualificado sin el cual no hubiera sido posible que este proyecto finalizase con buenos resultados.

Y, por último, pero no menos importante, agradecer la ayuda de mis padres, los cuales me han proporcionado apoyo en todo momento, además de consejos y ayuda para poder lograr mis objetivos en la vida.

Resumen

Según los propósitos del concepto “*Brigada 2035*” que indica la forma de actuar de las unidades del Ejército de Tierra en el futuro año 2035, llevándose a cabo su fase de experimentación en la Brigada “*Rey Alfonso XIII*” II de La Legión, me propongo la realización del diseño de un Centro de Transmisiones Táctico que de apoyo a una Brigada. Dicho prototipo se puso a prueba durante las maniobras del día 4 de octubre al 8 de octubre del 2019 en el Campo de Maniobras y Tiro “Álvarez de Sotomayor”, en Almería.

Actualmente el Ejército de tierra cuenta con un limitado nivel logístico y de personal lo que conlleva no poder utilizar de forma simultánea todos los medios disponibles. La solución que en este TFG se propone para evitar dicho problema es el uso de un Centro de Transmisiones que reduzca considerablemente dichas carencias y que de apoyo a la Brigada durante un ejercicio hasta un máximo de 48 horas. Esta limitación temporal se debe a que el Centro de Transmisiones Táctico aquí propuesto va enfocado a maniobras tácticas, en las cuales el asentamiento de la unidad no es fijo y que varía según el propósito y estimación del mando. Analizados los Centros de Transmisiones actuales, sus puntos débiles y sus fortalezas, además de la información aportada por el personal experto con el que cuenta la Compañía de Transmisiones de La Legión, el Centro de Transmisiones Táctico propuesto cuenta con un número menor de estaciones, aumentando su flexibilidad, facilidad de despliegue y repliegue, modularidad, maniobrabilidad y selectividad.

Con objeto de poder dotar a una Compañía de Transmisiones de dicho prototipo, se ha aportado por parte del personal experto toda la información necesaria acerca de las características, facilidades y problemas que aportan las estaciones que actualmente se tienen en dotación con el fin de, tras un estudio de éstas, poder elegir aquellas que se adecuen más a la maniobra. Así mismo, se han analizado los puntos débiles que presentan los Centros de Transmisiones actuales, con el objetivo de, tras un riguroso análisis, poder priorizar su solución y puesta en funcionamiento.

La implementación del Centro de Transmisiones Táctico llevado a cabo en este trabajo, tiene la posibilidad de su implementación en el resto de Brigadas del Ejército de Tierra, ya que se ha realizado con materiales que se encuentran actualmente en dotación, teniendo las pruebas realizadas durante las maniobras un resultado satisfactorio.

Abstract

According to the purposes of the “Brigade 2035” concept that indicates the way of acting of the units of the Army in the future year 2035, carrying out its experimentation phase in the Brigade “Rey Alfonso XIII ”, I propose the realization of the design of a Tactical Signals Center that supports a Brigade. This prototype was put to the test during the maneuvers from October 4 to October 8, 2019 at the “Álvarez de Sotomayor” maneuver and shot field, in Almería.

Currently, the Army has a limited level of logistics and personnel, which means that it cannot use all available means simultaneously. The solution proposed in this final degree project to avoid this problem is the use of a signals center that considerably reduces these deficiencies and that supports the Brigade during an exercise up to a maximum of 48 hours. This temporary limitation is due to the fact that the Tactical signals center proposed here is focused on tactical maneuvers, in which the settlement of the unit is not fixed and varies according to the purpose and estimation of the command. Having analyzed the current signals centers, their weak points and their strengths, in addition to the information provided by the experts of the signals company, the proposed Tactical Signals Center has a smaller number of stations, increasing its flexibility, ease of deployment and folding, modularity, maneuverability and selectivity.

In order to be able to provide a signals company with such a prototype, the expert staff has provided all the necessary information about the characteristics, facilities and problems of the stations that are currently in use so that, after a study of these, they can choose those that are most suitable for the manoeuvre. Likewise, the weak points, presented by the current signals centers, have been analysed after a rigorous study, with the objective of prioritize their solution and put them into operation.

The implementation of the Tactical Signals Center carried out in this work, has the possibility of its implementation in the rest of the Army Brigades, since it has been done with material that is currently endowed, having the tests carried out during the maneuvers a satisfactory result.

Índice

Agradecimientos.....	V
Resumen	VII
Abstract.....	IX
Índice	XI
Índice de ilustraciones	XIII
Índice de abreviaturas.....	XV
Índice de tablas	XVII
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Objetivo y alcance	1
1.2 Metodología y proceso de investigación	2
Capítulo 2. Brigada experimental 2035	5
2.1. Ambientación actual y avances futuros	5
2.2. Concepto Brigada 2035	6
Capítulo 3. Los Centros de Transmisiones.....	7
Capítulo 4. Recopilación de información	9
4.1. Fuentes de información.....	9
4.2 Entrevistas y cuestionarios.....	9
Capítulo 5. Análisis de deficiencias	13
5.1. Carencias técnicas.....	13
5.2. Carencias logísticas.....	14
5.3 Resultados obtenidos	16
Capítulo 6. Propuesta y Estudio del Centro de Transmisiones	17
6.1. Generalidades y características	19
6.2 Evaluación de conectividad con el VET	25
6.3 Posibles escenarios	26
6.4 Pros y contras.....	27
Capítulo 7. Conclusiones y líneas futuras	29
7.1. Principales conclusiones	29
7.2. Líneas futuras.....	30
Bibliografía.....	31
Anexo A. Diagrama Gantt.....	33

Anexo B. Entrevistas realizadas al personal de la Compañía de Transmisiones.	35
Anexo C. Encuesta de satisfacción del actual CT.	37
Anexo D. Prueba realizada en el vehículo VET.	43
Anexo E. Pruebas realizadas durante maniobras del 4 al 8 de octubre de 2019	45
Anexo F. Encuesta de satisfacción del CT Táctico.	50

Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL TFG. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	3
ILUSTRACIÓN 2. MÉTODO GROW. FUENTE: [2].....	3
ILUSTRACIÓN 3. FASES DE DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DEL CONCEPTO BRIGADA 2035. FUENTE: [3]	5
ILUSTRACIÓN 4. CONCEPTO DE MANDO DE LA BRIGADA 2035. FUENTE: [3].....	6
ILUSTRACIÓN 5. ESQUEMA RED RADIO DE COMBATE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	7
ILUSTRACIÓN 6. DESPLIEGUE TÁCTICO DEL CT. FUENTE: [5].....	8
ILUSTRACIÓN 7. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE UN CT. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	10
ILUSTRACIÓN 8. REVISTA AL MATERIAL DE EMPLEO REDUCIDO DE LA BRIGADA DE LA LEGIÓN. FUENTE: [7]	15
ILUSTRACIÓN 9. DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN CT. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	18
ILUSTRACIÓN 10. VEHÍCULO VET. FUENTE: [10].....	19
ILUSTRACIÓN 11. ESTACIÓN TRITON 2000 MONTADA SOBRE VEHÍCULO VAMTAC. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	20
ILUSTRACIÓN 12. ESTACIÓN SIMACET-GU/L-002-S. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	20
ILUSTRACIÓN 13. ESTACIÓN RIOJA IP DURANTE LA REALIZACIÓN DE UN EJERCICIO MILITAR (IZDA.) Y CAMUFLADA (DER.). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	21
ILUSTRACIÓN 14. ESTACIÓN SORIA. FUENTE: [12].....	22
ILUSTRACIÓN 15. DIAGRAMA DE RED DE SISTEMA. FUENTE: [12]	23
ILUSTRACIÓN 16. ESTACIÓN ATQH. FUENTE: [14].....	24
ILUSTRACIÓN 17. RADIO RF-5800H. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	24
ILUSTRACIÓN 18. TABLET CON CAPACIDAD BMS EN ESTACIÓN MERCURIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	25
ILUSTRACIÓN 19. CAC REALIZANDO COMPROBACIÓN DE ENLACE VoIP. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .	43
ILUSTRACIÓN 20. PC MONTADO SOBRE LA CAJA DEL VET. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	44
ILUSTRACIÓN 21. TABLET CON BMS EN ESTACIÓN MERCURIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	45
ILUSTRACIÓN 22. ESTACIÓN MERCURIO EN EL PIRULÍ. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	46
ILUSTRACIÓN 23. ANTENAS UBIQUITI UTILIZADAS EN LAS MANIOBRAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ..	47
ILUSTRACIÓN 24. PC, MERCURIO Y CT UBICADOS RESPECTIVAMENTE EN EL ANTIGUO DISCIPLINARIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	47
ILUSTRACIÓN 25. CONEXIONES BMS DURANTE LA MANIOBRA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	48
ILUSTRACIÓN 26. PUESTO DE MANDO BRIGADA, BATALLÓN Y COMPAÑÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	48

Índice de abreviaturas

ACU	Unidad de control de la antena
ALE	Establecimiento automático del enlace
AMFE	Análisis modal de fallos y efectos
BCG	Bandera de Cuartel General
BMS	Battlefield Management System
BRILEG	Brigada de La Legión
CAC	Subsistema de comprobación, alarma y control
CIS	Sistema de Información y Telecomunicaciones
CITRANSLEG	Compañía de Transmisiones de La Legión
CMT	Campo de maniobras y tiro
CT	Centro de Transmisiones
CTD	Centro de Transmisiones Destacado
CTPC	Centro de Transmisiones de Puesto de Mando
ECCM	Contramedida Electrónica
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas
GESCOM	Gestor de comunicaciones
GPS	Sistema de posicionamiento global
GU	Gran Unidad
HF	High Frequency. Alta frecuencia
IP	Internet Protocol
ITV	Inspección Técnica de Vehículos
MINISDEF	Ministerio de Defensa
NPR	Número de Prioridad de Riesgo
PC	Puesto de Mando
PERMET	Plan Empleo Reducido de los Materiales del Ejército de Tierra
PTP	Comunicación Punto a Punto
PT2P/MPT2P	Comunicación Multipunto-Punto

PU	Pequeña Unidad
RBA	Red Básica de Área
RRC	Red Radio de Combate
RTP	Red Táctica Principal
SATCOM	Comunicaciones por satélite
SCTM	Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares
SECOMSAT	Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite
SIMACET	Sistema de Información para Mando y Control del Ejército de Tierra
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TOD	Time of Day. Hora del día
UHF	Ultra High Frequency
VET	Vehículo específico de transporte
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over IP

Índice de tablas

TABLA 1. PERSONAL DE LA COMPAÑÍA DE TRANSMISIONES QUE HA REALIZADO EL CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DEL ACTUAL CT, ENTREVISTAS Y BRAINSTORMING. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ...	9
TABLA 2. NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL PERSONAL ENCUESTADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	11
TABLA 3. CÁLCULO DEL NPR PARA LAS CARENCIAS PRESENTADAS POR LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	14
TABLA 4. CÁLCULO DEL NPR PARA LAS CARENCIAS LOGÍSTICAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	15
TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO AMFE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	16
TABLA 6. ANÁLISIS CT TÁCTICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	27

Capítulo 1. Introducción

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) ha sido realizado durante el periodo de prácticas externas, las cuales abarcaron desde el 2 de septiembre hasta el 18 de octubre de 2019 en la Compañía de Transmisiones de la Bandera de Cuartel General (BCG) perteneciente a la Brigada “*Rey Alfonso XIII*” II de La Legión.

Los resultados obtenidos en este Trabajo Fin de Grado son aplicables a todas las Compañías de Transmisiones pertenecientes a una Brigada dentro de la estructura que marca el Ejército de Tierra (ET). En este tipo de unidades, tal y como nos indicó el personal experto de la Compañía de Transmisiones en las entrevistas realizadas, la formación e instrucción individual del combatiente es fundamental. Esto implica que para que los operadores y jefes de estaciones de los distintos Centros de Transmisiones (CT) puedan desarrollar sus conocimientos y capacidades, necesitan una cantidad de horas superior a la actualmente dedicada, desatendiendo otras tareas del servicio.

La formación del personal requiere un gran periodo de tiempo tanto por el operador para adquirir y asentar conocimientos, como por el tiempo que no se cuenta con su colaboración en la unidad. Actualmente, en este tipo de unidades no se encuentra todo el personal necesario para operar adecuadamente un CT por lo que la utilización del CT Táctico aquí propuesto reduce considerablemente el número de efectivos necesarios.

Un CT táctico debe adaptarse a la maniobra, optimizando las estaciones que actualmente se emplean y proporcionando siempre los servicios necesarios. La disposición actual de los CT no se adecúa a la maniobra a la que va enfocado este trabajo puesto que el número de estaciones empleadas y el tiempo de la maniobra es mayor. El propósito principal de este proyecto es el de proporcionar a una Compañía de Transmisiones de una Brigada un CT Táctico que se empleará hasta 48 horas siendo capaz de garantizar servicios a toda la Brigada. Deberá tener un fácil despliegue en el terreno además de un rápido desmontaje ya que la maniobra no será estática en su totalidad, siendo clave su adaptación a la maniobra militar. Por otra parte, el diseño de este CT Táctico es objetivo primordial de la “*Brigada Experimental 2035*”, modelo que se está diseñando para la adaptación del Ejército español al entorno operacional que se prevé en el horizonte de ese año [1].

1.1 Objetivo y alcance

El objetivo principal de este TFG es proporcionar un CT Táctico en la cual el jefe de dicha Brigada pueda llevar a cabo la conducción y gestión de las operaciones manteniendo enlace con los otros Puestos de Mando (PC) que se encontrarán situados tanto en la zona de operaciones como en territorio nacional. Así mismo, se realizará un análisis del actual CT que proporcione las deficiencias presentes, así como sus posibles soluciones con el fin de poder implantarlas en el proyecto. Este CT Táctico tendrá como características principales una gran redundancia, protección, huella reducida (que dificulte su detección) y una gran movilidad.

Como se ha nombrado anteriormente, tendrá enlace con el *reachback*¹, donde se realizarán tareas de planeamiento y conducción de las operaciones. En el caso que nos ocupa, la superioridad en estos aspectos nos proporcionará ventajas vitales en el futuro combate.

Además, como objetivos secundarios, se pretende subsanar debilidades como pueden llegar a ser los aspectos logísticos y el déficit de personal, puesto que el CT táctico que se pretende diseñar en este TFG no necesitará tantas estaciones ni personal como actualmente se emplea en periodo de maniobras. Respecto al alcance que tiene este proyecto, se puede aplicar a todos los Órganos de Mando y Unidades de las Brigadas del ET. Cada unidad podría adaptar su propio concepto al definido aquí para el conjunto de la Brigada ya que no todas las Brigadas tienen exactamente el mismo material, pero el modelo a seguir sería el propuesto en este TFG.

1.2 Metodología y proceso de investigación

El proceso de investigación de este proyecto ha sido dividido en tres fases, cada una con su metodología y que se muestran en la Ilustración 1. Dichas fases son:

- **Recopilación de información** y documentación a través de manuales de Doctrina del ET, asesoramiento de los suboficiales de la Compañía de Transmisiones jefes de estación y de información recopilada de páginas web de interés. Conocida dicha información, se conoce a la perfección el objetivo primordial de la Brigada 2035, contexto del TFG y de los Centros de Transmisiones.
- Con dicha información, realizar un estudio para **buscar deficiencias**: mediante un análisis de pros y contras obtenidos a partir de entrevistas y cuestionarios realizados a personal seleccionado.
- Una vez obtenidas dichas deficiencias, realizar una **búsqueda de soluciones**: A través del análisis de modos de fallo y efecto (AMFE) y análisis técnico de viabilidad, con el fin de comprobar el diseño.

Finalmente, la última tarea fue la realización de un análisis de las **conclusiones extraídas** en las pruebas de campo llevadas a cabo, teniendo en cuenta la valoración final de los operadores de las estaciones, con el fin de poder mejorar dicho CT.

Cabe destacar que algunas de las actividades involucradas en cada fase han sido realizadas a la vez y para ilustrarlo en el anexo “A” se incluye un **diagrama de Gantt** con todas estas actividades que se han llevado a cabo durante la realización de este TFG.

¹ Puesto de Mando que despliega en territorio nacional



Ilustración 1. Metodología empleada en el TFG. Fuente: elaboración propia

Con el fin de poder definir claramente los objetivos a tener en cuenta en el proyecto, se ha decidido hacer uso del método **GROW** (Ilustración 2). Dicho método nos permite conseguir una meta, y si esta no se alcanzara, poder analizar el por qué, encontrando el punto de desencuentro. Se aplica en el análisis de los CT actuales y en las conclusiones para nuestro proyecto. Para cada letra tenemos un significado:

- **G: Goal.** Objetivo que pretendemos alcanzar. En este caso, dotar a una Brigada de un CT Táctico con el que se pueda establecer los servicios necesarios.
- **R: Reality.** Analizar la situación actual. Mediante un análisis de deficiencias podremos obtener los fallos actuales que tiene un CT, con el fin de poder subsanarlos.
- **O: Options.** Buscar e identificar alternativas para alcanzar un objetivo. Una vez analizado todas las deficiencias que nos presenta dicho CT, buscar las soluciones oportunas e implantarlas.
- **W: Will What When.** Hacer que suceda el objetivo, puesto que sin voluntad no será posible alcanzarlo. Mediante la implementación del CT Táctico en las maniobras realizadas en el periodo de prácticas se lleva a cabo la evaluación del sistema y demostración de su aportación al ET.

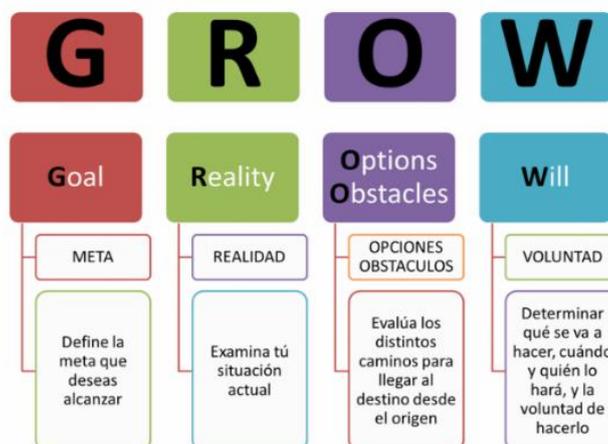


Ilustración 2. Método GROW. Fuente: [2]

Capítulo 2. Brigada experimental 2035

El desarrollo de este TFG se enmarca en uno de los aspectos a implementar dentro del concepto “*Brigada 2035*”. Dicho concepto pretende conseguir que en el año 2035 se disponga de unas fuerzas terrestres tecnológicamente avanzadas y que cuenten con una gran potencia de combate, protección y unas capacidades que permitan operar satisfactoriamente en los futuros escenarios, afectando dicho concepto a todo el ET en su conjunto [3].

2.1. Ambientación actual y avances futuros

El ET en el año 2035 actuará en entornos totalmente impredecibles. Esto, unido a los continuos avances tecnológicos y la gran presencia de comunicaciones en el teatro de operaciones, hace realmente necesario proporcionar a las Fuerzas Armadas (FAS) una serie de mecanismos que permitan evolucionar tratando de poder adaptarse a nuevas situaciones, cumpliendo con la misión encomendada.

A todo ello hay que sumar el actual envejecimiento exponencial de la población [4] que afecta al reclutamiento de jóvenes, por lo que, es necesario buscar una ventaja a través de un impulso tecnológico. Este avance tecnológico debe proporcionar las capacidades necesarias para el cumplimiento de la misión, reduciendo lo máximo posible la necesidad de efectivos tal y como se pretende alcanzar en este TFG.

El proceso de integración de las tecnologías no es lineal, puesto que requiere, entre otras, de una fase de experimentación con el objetivo de ser validadas como se muestra en la Ilustración 3. De esta manera, si se logra el objetivo que ha fijado el Ministerio de Defensa (MINISDEF), se tendrá un Ejército a la altura de las mayores potencias mundiales, lo que garantiza el éxito en los futuros escenarios de conflicto.



Ilustración 3. Fases de desarrollo e implantación del concepto Brigada 2035. Fuente: [3]

2.2. Concepto Brigada 2035

El concepto “*Brigada 2035*” conlleva un aumento de la tecnología a la vez que una disminución de personal. Dichas Brigadas futuras deberán ser interoperables con cada uno de nuestros aliados e integrables en una Fuerza Conjunta².

La fase de experimentación se está llevando a cabo desde inicios de 2019 y finalizará en la segunda mitad de 2033. Toda esta fase tendrá lugar en el “*Campo de Maniobras y Tiro Álvarez de Sotomayor*, próximo al acuartelamiento de la Brigada “*Rey Alfonso XIII*” II de La Legión, en Almería.

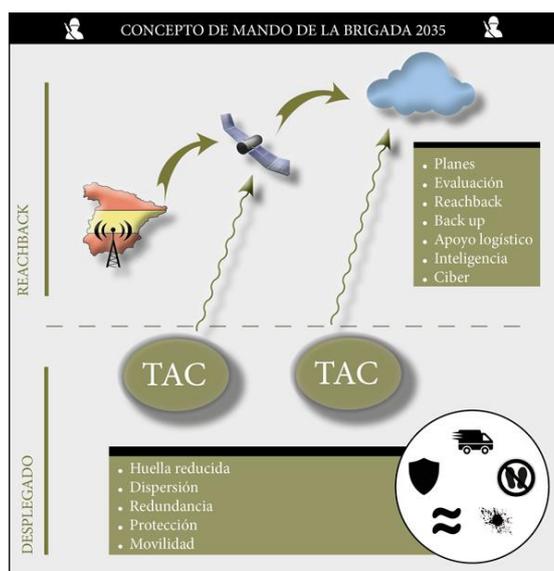


Ilustración 4. Concepto de Mando de la Brigada 2035. Fuente: [3]

El Mando y Control es un concepto clave en el futuro 2035. Nuestros Sistemas de Información y Telecomunicaciones (CIS) presentan vulnerabilidades ante un enemigo cada vez más avanzado tecnológicamente. Por lo que, el futuro concepto de Cuartel General tendrá que modernizarse aumentando operatividad y eficacia, a la vez que disminuye su tamaño. Según la función que desempeñe un CT, puede ser dividido en dos grupos [4]: los CT de **puesto de mando** (CTPC), que dan servicio a los usuarios ubicados en un PC y los CT **destacados** (CTD), que son desplegados con carácter permanente o temporal para proporcionar servicios CIS cuando se requieren medios ajenos a los de dotación. Por motivos de funcionalidad y principalmente seguridad, los centros de transmisiones se despliegan en torno a tres áreas: explotación, herciana y de energía.

El **área de explotación** es donde se encuentran los elementos de mando y medios CIS no radiantes. En el **área herciana** se encuentran los medios radiantes del CT (radio, radioteléfonos, terminales satélites...). Dicha área se encontrará alejada de la zona de explotación puesto que su localización la pondría en riesgo. Por último, el **área de energía** es aquella en la que se ubican los grupos electrógenos que alimentan al CT.

² Conjunto de ejércitos de varios países que cooperan mutuamente.

Capítulo 3. Los Centros de Transmisiones

La articulación actual de los órganos de mando y control de la Brigada se realiza en varios PC, como pueden ser el PC principal, avanzado, alternativo, retrasado, móvil y el de entrada inicial³. El mando de la Brigada necesita establecer enlace con su unidad superior, sus unidades laterales y sus unidades subordinadas. Así, los elementos y la disposición de los CT requieren las siguientes redes, esenciales en el funcionamiento de los CT [5]:

La **red radio de combate (RRC)**, con frecuencias VHF⁴ y HF⁵ y según el esquema de la Ilustración 5, es el soporte principal en las Pequeñas Unidades (PU) con una alta movilidad. Las PU continúan con una RRC jerárquica diseñada para su empleo en fonía en la banda de VHF, con una muy limitada capacidad de transmisión en datos y sin capacidad para manejar información clasificada. Este tipo de redes se basan en radios PR4G, cuyo fabricante es THALES, disponiéndose de los siguientes modelos:

- radios V.1 sin mantenimiento por obsolescencia.
- radios V.2 sin mantenimiento por obsolescencia.
- radios V.3 con mantenimiento y actualizables a SUPERMUX⁶ modificando su hardware interno para alargar su ciclo de vida hasta el año 2030 y mejorar sus capacidades.

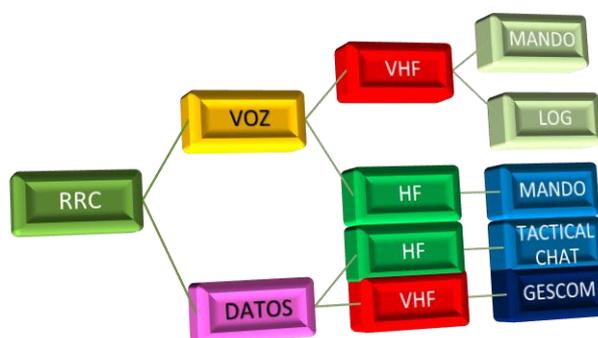


Ilustración 5. Esquema red radio de combate. Fuente: elaboración propia

La segunda red que establece un CT es la **red táctica principal segmento terreno** que proporciona enlace a los PC de las GU y la integración con las PU y otras redes.

La siguiente red es la **red táctica principal segmento satélite**, que es el soporte vital para los sistemas de información y enlace con el sistema conjunto de telecomunicaciones militares (SCTM). Estas comunicaciones vía satélite dan servicios a los PC y son el soporte principal en la Red táctica principal (RTP). Los terminales ATQH, TLB 50 IP y SOTM, cuyos fabricantes son INDRA e HISPASAT respectivamente,

³ Puesto de Mando que se emplea en el comienzo de un ejercicio debido a su rapidez de montaje.

⁴ Very High Frequency. Ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz

⁵ High Frequency. Ocupa el rango de frecuencias de 3 MHz a 30 MHz.

⁶ Posibilidad de disponer tanto de voz como de datos en este modo de trabajo. Hasta la implementación de SUPERMUX, no se podía disponer de voz y datos de manera simultánea.

proporcionan un ancho de banda adecuado para los servicios que actualmente se emplean, pero, en un futuro, siempre y cuando la madurez tecnológica lo permita, deberá aumentarse e incorporar las nuevas capacidades que proporcione SECOMSAT⁷ en un futuro. Aunque actualmente se utilicen todos estos terminales, además de las estaciones Asturias y Ceuta, así como el terminal DAMA TLX5, **para este trabajo nos centraremos únicamente en el terminal ATQH** puesto que es el que proporciona mayor ancho de banda.

Por último, se despliega por parte del PC una **red de mensajeros** que realmente se utilizaba en el pasado y que actualmente solo se utilizaría en caso de que no se consiguiese enlace de ningún tipo.



Ilustración 6. Despliegue táctico del CT. Fuente: [5]

Por otra parte, a día de hoy la **Red Básica de Área (RBA)** se encuentra próxima al final de su vida útil, teniendo que abandonar las FAS su banda de frecuencias a finales del año 2019 y comienzos del año 2020. Se trata de una red estructurada con un sistema de Centros Nodales enlazados entre sí por radioenlace multicanal que enlaza tanto con la red estratégica como con la red radio de combate.

Cabe destacar que el actual Centro de Transmisiones que se emplea en un ejercicio militar consta de todas las estaciones que tiene en dotación una Brigada. En el caso que nos concierne, con el CT Táctico se pretende reducir dichas estaciones a solamente cuatro: **Mercurio, ATQH, SORIA y RIOJA IP**. En función de la entidad que tenga la maniobra y del número de servicios y clientes que se quiera llegar a proporcionar, se realizará una combinación u otra de estas estaciones, como se verá en los capítulos posteriores, teniendo siempre presente la utilización de la estación Mercurio. El empleo de un número menor de estaciones permitirá reducir las necesidades de personal, el cual es un problema vital en todas las maniobras militares. Además, se dispondrá de un mayor número de vehículos de reserva que proporcionen fiabilidad a la maniobra. Por otra parte, se propone la utilización de la estación **TRITON2000** por parte del jefe del CT Táctico que le proporcionará una ubicación exacta donde poder realizar su función, pudiendo gestionar y controlar el CT sin necesidad de tener que montar una tienda modular, con la demora de tiempo que ello conlleva.

⁷ Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite

Capítulo 4. Recopilación de información

4.1. Fuentes de información

Para la propuesta del CT Táctico de una Brigada ha sido necesaria la búsqueda de todas las deficiencias que presentan los actuales CT para así tener más claro cuáles son los aspectos por mejorar. Para ello se han utilizado una serie de análisis y herramientas específicas a través de las cuales se obtienen datos e información relevante. Esta información ha sido recopilada a través del personal de la Compañía de Transmisiones de la Bandera de Cuartel General de la Brigada “*Rey Alfonso XIII*” II de La Legión (Almería).

Se trata de personal experto en la materia debido a que se especializan durante un largo periodo de tiempo en cada área en la que está dividida la Compañía de la Brigada. Además, se ha recabado información del personal perteneciente al Regimiento de Transmisiones 2 (Madrid) con el fin obtener otra valoración y poder comparar y clasificar la información obtenida.

4.2 Entrevistas y cuestionarios

Las entrevistas y cuestionarios se realizaron a cada Jefe de Sección (3) y al Capitán Jefe de la Compañía, como se puede observar en la Tabla 1. Aunque se trata de un número reducido, se ha decidido realizar las entrevistas a dicho personal ya que ostentan un cargo de responsabilidad dentro de la Compañía y son conocedores tanto de las deficiencias que presentan actualmente los CT como de las necesidades que deben cubrir.

PERSONAL DE LA COMPAÑÍA DE TRANSMISIONES		
Empleo/Nombre	Cargo	Unidad
Capitán D. José Javier Belda Morante	Jefe de la Compañía de Transmisiones	BRILEG (Almería)
Teniente D. Germán Pellicer Martínez	Jefe de la Sección Sistemas de Información	
Teniente D. Diego Linares Pulido	Jefe de la Sección Satélite	
Teniente D. Juan Manuel Ayala Ibáñez	Jefe de la Sección Radio	

Tabla 1. Personal de la Compañía de Transmisiones que ha realizado el Cuestionario de satisfacción del actual CT, entrevistas y brainstorming. Fuente: elaboración propia

Las respuestas a las entrevistas se encuentran en el Anexo “B” y gracias a ellas se ha recopilado información acerca de todas las **deficiencias** que han podido observar durante su estancia en el ET, centrándose en problemas relativos al déficit de personal.

Además, se ha utilizado el método llamado *brainstorming*⁸ con el mismo personal, agrupándose y detallando todos los elementos fundamentales con los que debe contar un CT, y que se muestra en la Ilustración 7:

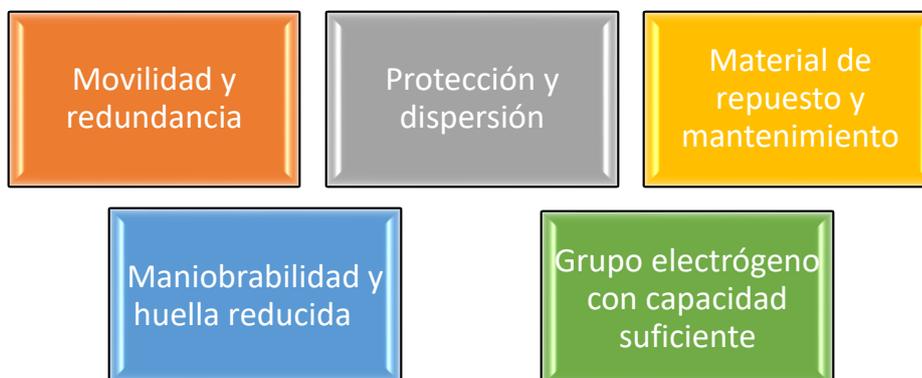


Ilustración 7. Características fundamentales de un CT. Fuente: elaboración propia

Tras analizar las características fundamentales que debe poseer un CT, se diseñó un cuestionario de satisfacción del actual CT (ver Anexo “C”), que fue entregado al personal entrevistado. Atendiendo a las características de las estaciones y a las deficiencias aportadas por el personal experto, se decidió que dentro del muestreo no aleatorio el más acorde a este cuestionario era el muestreo estructural [6].

Con este cuestionario ha sido posible medir el nivel de satisfacción en cada uno de los parámetros extraídos del *brainstorming*, siendo los siguientes: adaptación, autonomía, estaciones empleadas, facilidad de despliegue, facilidad de repliegue, fiabilidad electrónica, flexibilidad, material de mantenimiento, material de repuesto, maniobrabilidad, capacidad de transmisión (velocidad) y nivel de seguridad.

Cada uno de los encuestados ha puntuado entre 1 y 10 su afinidad con el actual CT. Los parámetros sobre los que se mide dicho nivel de satisfacción se basan en función de la utilidad, productividad, ganancia, provecho... y que sirve como base para el futuro CT Táctico.

Cada parámetro cuenta con su propia media aritmética además del cálculo de la desviación estándar. Así, se puede observar cómo el personal ha valorado la actual disposición del CT. El nivel de satisfacción reflejado en la tabla 2 va ordenado de mayor valor numérico a menor valor numérico (ver Tabla 2):

⁸ Conocida como tormenta de ideas, se trata de una herramienta de trabajo en grupos que facilita la creación de ideas acerca de un tema o un problema dado.

PARAMETRO	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
Fiabilidad electrónica	8,37	0,75
Adaptación	8,12	0,85
Capacidad de transmisión	7,25	0,96
Estaciones empleadas	7,12	0,85
Nivel de seguridad	7,00	0,82
Flexibilidad	6,50	1,29
Maniobrabilidad	6,37	1,11
Material de repuesto	6,00	0,82
Material de mantenimiento	5,37	1,11
Facilidad de despliegue	5,25	0,50
Facilidad de repliegue	4,75	0,96
Autonomía	4,25	0,96

Tabla 2. Nivel de satisfacción del personal encuestado. Fuente: elaboración propia

Se puede observar que, tanto la fiabilidad electrónica como la adaptación y la capacidad de transmisión son los aspectos más importantes del actual CT, por lo que se buscará poder mantener dicha valoración en el CT Táctico. Dentro del aspecto negativo, se muestra que la autonomía y el tiempo empleado tanto en desplegar como en replugar son los factores que deben mejorarse en nuestro prototipo. Así mismo, se debe tratar de mejorar la flexibilidad y la maniobrabilidad, puesto que sus valoraciones no han sido del todo satisfactorias. Estas carencias técnicas y logísticas serán analizadas con el fin de poder mejorarlas respecto al actual CT.

El CT Táctico debe de poder subsanar o mejorar en la medida de lo posible los aspectos que han tenido una valoración menor debido a que son los aspectos en los que el personal de la Compañía de Transmisiones ha notado mayor carencia. En cambio, a su vez, debe de poder mantener las virtudes que ya presentan los CT actuales, ya que obtener peores resultados en aspectos como la fiabilidad electrónica, la adaptación o la capacidad de transmisión indicaría que no se ha alcanzado el objetivo inicialmente establecido.

Finalmente, respecto al material de mantenimiento, cabe destacar que será menor en el CT Táctico que en el que se emplea actualmente en el ejército puesto que el número de estaciones se reduce considerablemente, lo que conlleva un menor tiempo de reparación de las estaciones, así como una mayor disponibilidad del personal especialista de las unidades encargadas de su mantenimiento.

Capítulo 5. Análisis de deficiencias

Tras realizar el análisis de las principales carencias del CT actual y necesidades del CT táctico, se va a realizar un análisis de deficiencias de todas ellas. El personal que participó en la evaluación de los diferentes parámetros usados en el análisis de deficiencias fueron los tenientes jefes de Sección y el capitán de la Compañía, así como los Sargentos jefes de Estación. Con el fin de focalizar las carencias de mayor importancia en un CT, se va a aplicar el método **AMFE**. Este método permite evaluar cada una de las deficiencias que nos presenta el CT atendiendo a los valores que les asigne el personal entrevistado, pudiendo clasificarlas según su importancia. Los factores que se estudian en el método AMFE para cada deficiencia son los siguientes:

- Nivel de Gravedad (G): Indica la gravedad o trascendencia que supone para nuestro sistema cada vez que ocurre el error.
- Nivel de Ocurrencia (O): Indica cuántas veces ocurre el error o su probabilidad de aparición.
- Nivel de Detección (D): Indica la probabilidad de que no sea detectado el error.

Todos estos niveles tendrán un valor numérico entre 1 y 10 en función de la afinidad y del criterio que tenga el personal experto sobre las carencias estudiadas. Con estas puntuaciones se calcula el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) que permitirá ordenar y priorizar cada uno de los fallos y que se calcula siguiendo la siguiente expresión:

$$NPR = G \times O \times D$$

Las carencias que se han evaluado se han dividido en dos grupos: carencias técnicas y carencias logísticas. Las primeras están más relacionadas con la operación del propio sistema y son las que pueden conllevar que el sistema no funcione correctamente o no funcione por completo. Mientras que las logísticas se centrarán en aquellas relacionadas con la ejecución del ejercicio en sí, como el despliegue del sistema o las necesidades de personal.

5.1. Carencias técnicas

Dentro de las carencias técnicas destacadas por los expertos, uno de los principales factores a tener en cuenta es la poca fiabilidad eléctrica que presentan algunos grupos electrógenos. Los errores que pueden llegar a producirse si un grupo electrógeno de un CT llega a fallar y no se consigue subsanar o sustituir dicho grupo son fatídicos, puesto que no se podría proporcionar los servicios que exige el ejercicio. Además, en algunos grupos electrógenos no se puede determinar con exactitud la cantidad de combustible que le queda en el depósito ya que el indicador no funciona correctamente, pudiendo llegar a quedarse sin combustible y pararse el generador. Esta carencia actualmente se subsana observando el depósito desde fuera, pero esta solución hace que la exactitud de la medida no sea precisa y tengamos que añadir una tarea adicional al personal.

En gran parte de los ejercicios llevados a cabo, los grupos electrógenos no han sido los causantes de que el CT fallase. En cambio, en otras ocasiones, sí ha sido el causante de que el CT no pudiese dar todos los servicios que debería estar dando en la maniobra.

Las consecuencias que generan estos problemas han sido evaluadas con el AMFE y su NPR se muestra en la Tabla 3. Podemos observar que el valor más alto ha sido asignado a la incidencia de no funcionamiento del indicador de combustible, lo que puede llegar a alterar completamente el funcionamiento del CT. También, la detención inmediata de los servicios que proporciona el CT es una de las incidencias más importantes a tener en cuenta, ya que se indica que alguna estación/antena no está funcionando correctamente.

CÁLCULO DEL NPR PARA CARENCIAS TÉCNICAS				
INCIDENCIA	G	O	D	NPR
Error en el funcionamiento del CT	10	1	3	30
Detención inmediata de los servicios que proporciona el CT	10	5	2	100
No funcionamiento del indicador de combustible	6	7	6	252
No funcionamiento del indicador de reserva de combustible	4	5	3	60

Tabla 3. Cálculo del NPR para las carencias presentadas por los grupos electrógenos. Fuente: elaboración propia.

5.2. Carencias logísticas

Otra de las ramas que afecta negativamente y limita un ejercicio a un CT es la falta de vehículos y personal. Respecto a los vehículos, gran parte de ellos se encuentran en el escalón de mantenimiento debido a varias vicisitudes como puede ser tener que pasar la ITV⁹, repuestos que son necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo y no están disponibles... o simplemente se encuentran en PERMET¹⁰, lo que provoca que una vez sea autorizada su utilización, comiencen a dar más problemas de los habituales debido a que suelen estar parados en torno a 1 año. Según los expertos en automoción con los que cuenta en este caso la BRILEG, el poder contar con un sistema automático de diagnóstico de un vehículo sería crucial. Este tipo de sistemas permite conocer al instante los problemas que presenta un vehículo al conectarse a su centralita, facilitando la tarea del personal destinado a encontrar la avería y se aumentaría la eficiencia en las reparaciones.

⁹ Inspección Técnica de Vehículos, por la que deben pasar todos los vehículos de forma periódica para acreditar que son aptos para la circulación.

¹⁰ Plan Empleo Reducido de los Materiales del Ejército de Tierra, por el que se limita el empleo de todos los medios existentes en una Unidad.



Ilustración 8. Revista al Material de Empleo Reducido de la Brigada de La Legión. Fuente: [7]

Por otra parte, la falta de personal en un CT limita gravemente la velocidad de despliegue y la rapidez con la que pueden llegar a darse los servicios a la Brigada. Esta carencia supone un gran problema a la hora de la preparación de los ejercicios o maniobras, pues se necesita un personal mínimo en cada área y muchas veces su asignación es una tarea complicada para el jefe de centro. Esta limitación se espera solucionar con el CT Táctico ya que empleará un número menor de estaciones y reducirá las necesidades de personal.

Analizando la respuesta de los expertos de la unidad y el cálculo del NPR obtenido del AMFE (Tabla 4), podemos observar que la imposibilidad de poder contar con un vehículo operativo limita gravemente una maniobra, puesto que se trata de la plataforma sobre la que se monta una estación de transmisiones. Actualmente en el ET hay una gran cantidad de vehículos que no pueden ser utilizados debido a su falta de mantenimiento, por lo que hace muy dificultosa la opción de poder contar con una estación en un ejercicio.

CÁLCULO DEL NPR PARA CARENCIAS LOGÍSTICAS				
INCIDENCIA	G	O	D	NPR
Imposibilidad de encontrar personal para la realización del ejercicio	9	2	4	72
Imposibilidad de tener un vehículo operativo para la realización del ejercicio	6	7	4	168
Imposibilidad de tener un vehículo de repuesto	8	3	2	48
Falta de personal cualificado debido a no contar con personal suficiente para la maniobra	5	3	2	45

Tabla 4. Cálculo del NPR para las carencias logísticas. Fuente: elaboración propia.

5.3 Resultados obtenidos

Tras realizar el AMFE tanto para las carencias técnicas como para las carencias logísticas, el siguiente paso a realizar es ordenarlas según su relevancia, usando el NPR. Como se ha mencionado anteriormente, esto nos permitirá conocer de una manera más exacta y precisa cuáles son las deficiencias que deben subsanarse con mayor prontitud y que deberá evitar el CT táctico propuesto. En la tabla 5 se muestran las 3 carencias más importantes y que ya han sido comentadas anteriormente.

DEFICIENCIAS MÁS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA
No funcionamiento del indicador de combustible
Imposibilidad de tener un vehículo operativo para la realización del ejercicio
Detención inmediata de los servicios que proporciona el CT

Tabla 5. Resultados obtenidos tras la realización del método AMFE. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se proponen una serie de soluciones que puedan ser implementadas en un breve periodo de tiempo, con el fin de poder mejorar tanto estas deficiencias como los parámetros analizados en la encuesta realizada al personal experto.

En primer lugar, para subsanar el funcionamiento del indicador de combustible, la solución más razonable es la sustitución de dicho indicador por uno nuevo. El segundo escalón, encargado del mantenimiento de los equipos, debe sustituir estos indicadores proporcionando una fiabilidad exacta a los grupos electrógenos, de tal forma que quedaría subsanado el error más grave deducido del método AMFE. En caso de no poder arreglar el indicador, la otra posible solución sería medir cuánto tiempo puede llegar a durar un depósito completo y utilizar cronómetros para su control, no siendo una medida exacta, pero que puede solucionar en parte el problema.

En segundo lugar, según nos indica el Capitán Jefe de la Compañía de Transmisiones, la imposibilidad de tener un vehículo operativo para la realización del ejercicio deriva directamente de los presupuestos generales del Estado. Actualmente el dinero destinado para el Ministerio de Defensa es del 2.3 % del gasto global [8]. En el futuro se pretende que dicho porcentaje se vea incrementado sensiblemente, lo que conllevaría la eliminación del plan PERMET y la completa predisposición de los vehículos, reduciendo drásticamente este problema.

Respecto a la detención inmediata de los servicios, una posible solución es la utilización de máquinas virtuales¹¹ para el SIMACET que reduciría a 2-3 horas el volver a dar servicio frente a las 3-4 horas de los servidores actuales. Durante este tiempo de rearranque de los servidores la maniobra se ve paralizada, lo que afecta directamente al resto de unidades puesto que sin enlace no se puede realizar ningún ejercicio.

¹¹ Software que simula un sistema de computación y que puede ejecutar programas como si fuese un sistema real.

Capítulo 6. Propuesta y Estudio del Centro de Transmisiones

La propuesta que se pretende conseguir en este TFG es el diseño de un CT Táctico para su empleo en una entidad Brigada. El **objetivo primordial** es el de proporcionar enlace entre los PC con una duración entre 24 y 48 horas, como máximo. La finalidad será la de crear una serie de condiciones oportunas en el campo de batalla que conduzcan a una Brigada a una situación deseada, consiguiendo:

- Una integración y mantenimiento del enlace seguro con el escalón superior y adyacentes.
- Alto flujo de información entre las unidades.
- Establecer una arquitectura que sea proporcionada a las operaciones, flexible y que nos permita cambiar de ubicación táctica con la mayor facilidad posible.

Se han atendido las deficiencias que el personal experto de la Compañía de Transmisiones ha transmitido y, con la realización de este TFG, se pretende que sean subsanadas. Uno de los aspectos a mejorar es que, cuando el jefe de la maniobra decida cambiar los asentamientos y la ubicación de sus unidades, ya sea por una amenaza externa o por la finalización del ejercicio, los CT no supongan un lastre. Además, la reducción del personal que sufre actualmente el ET, es el otro aspecto a tener en cuenta. Con este prototipo el número de personal será reducido debido a que este CT Táctico no contará con tantos vehículos ni estaciones ya que se optimizará el número de medios frente a los actuales CT.

Para dicha propuesta se utilizarán como punto de partida estaciones de transmisión en dotación en el ET. Actualmente se emplean un gran número de estaciones durante el periodo de maniobras, pero, debido a la duración que tendrá este centro, se ha decidido emplear el menor número posible de estaciones, aumentando así su flexibilidad y movilidad. El puesto del jefe del CT irá ubicado dentro de un vehículo **TRITON 2000**, y podrá realizar su función sin tener que desplegar en el campo de batalla ni tener que montar expresamente una tienda de campaña Tolpin¹², que conlleva una hora de montaje. La estación **RIOJA IP** proporcionará una comunicación basada en enlaces radio VHF mientras que la estación **SORIA** proporcionará telefonía IP (Internet Protocol) o VoIP (Voice over IP), **SIMACET**¹³ y enlace radio. Además, se utilizará la estación **MERCURIO** para enlace radio HF principalmente y la estación **ATQH** para el segmento satélite.

¹² Tiendas modulares polivalentes que utiliza el Ejército de Tierra.

¹³ Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra.

Los servicios que se van a ofrecer a través del empleo de estas estaciones son: WAN PG¹⁴, a través del cual el usuario podrá tener acceso a Intranet¹⁵; VoIP, teniendo capacidad el usuario de comunicarse con cualquier miembro del PC adyacente o que se encuentre en territorio nacional; SIMACET, teniendo acceso a todas las aplicaciones que la conforman; y BMS, donde el usuario final observará el despliegue de sus unidades [9].

En la Ilustración 9 podemos ver el diagrama final de conexiones que tiene el CT Táctico. Básicamente, se trata de generar las redes LAN¹⁶ que se necesitan en un PC y conectarlas a las redes WAN¹⁷. Los servidores están cableados en el CT del PC, por lo que hacia la red WAN se le puede dar cualquier soporte mediante la estación Rioja IP, por ejemplo. Con el empleo de las estaciones propuestas en este TFG se logra la integración del Nodo BMS, servidor VoIP, servidor WANC2¹⁸ y servidor WANPG¹⁹.

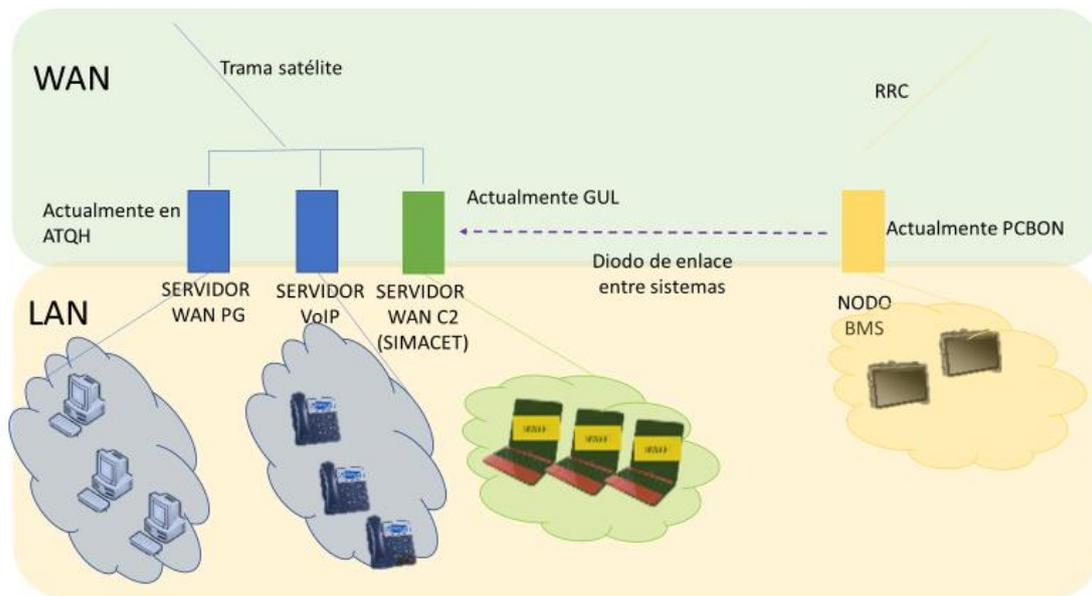


Ilustración 9. Diagrama de conexiones de un CT. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, se realizará una prueba de campo de un PC montado sobre VET (Vehículo específico de transporte) al que llegarán los servicios que proporciona el CT Táctico. Se trata de una prueba de la conectividad entre las distintas emisoras de las distintas estaciones. Este vehículo de ruedas tiene tracción 6x6 e inicialmente fue diseñado y modificado específicamente para remolcar una pieza de Artillería con el fin de abastecer proyectiles. El motivo por el cual se realizará una prueba con el VET como base para el PC es que cuenta con dos cabinas, una para el conductor y el acompañante y otra donde pueden viajar hasta 6 personas, siendo éstas los usuarios destinados a explotar los servicios aportados teniendo espacio suficiente para la realización de sus tareas.

¹⁴ Red de propósito general del Ejército de Tierra.

¹⁵ Red informática para compartir información dentro del Ejército de Tierra.

¹⁶ Red que conecta diferentes ordenadores de un área pequeña pudiendo los usuarios enviar, compartir y recibir archivos.

¹⁷ Red que une varias redes locales.

¹⁸ WAN para el Mando y Control del Ejército de Tierra.

¹⁹ Red de propósito general del Ejército de Tierra.

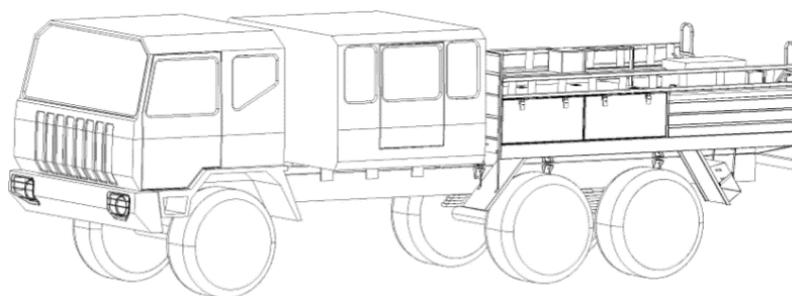


Ilustración 10. Vehículo VET. Fuente: [10]

6.1. Generalidades y características

El CT propuesto es el que se ha considerado más útil para el tipo de maniobra al que irá destinado. Al ser un CT Táctico sus factores más importantes son la maniobrabilidad, una alta flexibilidad y una adaptación total para la maniobra a la que va destinado, una maniobra de una duración no mayor a 48 horas.

Este tipo de CT podrá verse aumentado en función del número de teléfonos que se quieran proporcionar al PC. Así mismo, el número de ordenadores portátiles que se aporten a la maniobra, con sus respectivos servicios, para la explotación por parte del usuario, modificará nuestro planeamiento. En este caso, el CT Táctico será de una duración de 24-48 horas por lo que se necesitará dar servicio a 1-2 teléfonos IP y 1-2 portátiles con SIMACET y WAN-PG, debido a que el usuario que va a utilizar dichos terminales lo hará de una manera puntual, como, por ejemplo, para enviar o recibir una orden de operaciones²⁰ o una FRAGO²¹.

Como se ha nombrado anteriormente, para este CT utilizaremos 3 o 4 estaciones. Un TRITON 2000 (que siempre se utilizará), una estación SORIA, un MERCURIO obligatoriamente y un ATQH, además de poder contar con la posibilidad de utilizar el RIOJA IP. Estas cuatro estaciones han sido seleccionadas por parte del personal experto en la materia debido a que nos aportan enlace radio, satélite y acceso a Intranet, elementales para una maniobra militar. A continuación, se describirán las estaciones aportando datos de su ficha técnica y nombrando sus características principales.

En primer lugar, se encuentra el **TRITON 2000**, Ilustración 11, antigua estación que se utilizaba como centro de mensajería y que actualmente se utiliza para dos aplicaciones distintas. Se puede emplear como vehículo para cargar el equipo del personal, o como en este caso, y gracias a su amplitud, introducir un servidor, un *router* y un cifrador para que sea el vehículo a través del cual el jefe del CT podrá mandar a su personal, además de controlar y gestionar su centro. Además, cuenta con una serie de tomas de corriente lo que permite instalar los portátiles y servidores necesarios, no haciendo falta tener un grupo electrógeno expresamente para este vehículo.

²⁰ Se trata de una serie de instrucciones/ejercicios que se han de llevar a cabo durante las maniobras

²¹ Órdenes fragmentadas.

La estación TRITON 2000 siempre va a estar presente en nuestro organigrama a la hora de realizar unas maniobras con el CT Táctico.



Ilustración 11. Estación TRITON 2000 montada sobre vehículo VAMTAC. Fuente: elaboración propia

Otra opción que se ha evaluado, pero no ha sido seleccionada es la utilización de la estación **SIMACET-GU/L-002-S** (Ilustración 12) que, tras atender las opiniones del personal experto de la Compañía de Transmisiones, que ha utilizado dicho vehículo en numerosas maniobras, se acabó desechando debido a que el sistema de ventilación que presenta el vehículo es bastante anticuado y los servidores que se emplean actualmente se sobrecalientan y no pueden funcionar a pleno rendimiento.



Ilustración 12. Estación SIMACET-GU/L-002-S. Fuente: elaboración propia

La siguiente estación que se puede utilizar en nuestro CT Táctico es la estación **Rioja IP** [11] cuyas comunicaciones están basadas en enlaces, ya sea punto a punto (PTP) o punto a multipunto (PT2P/MPT2P). Además, todas las comunicaciones son estáticas mientras se comunican y requiere sincronización entre estaciones, pudiendo ser de largo alcance o enlaces de gran ancho de banda (hasta 100 Mbps). La radio que se emplea es la GRC-408E, cuyo fabricante es Elby Systems, y que presenta un equipo de relé de radio digital de doble banda de vanguardia, diseñado para un uso dentro de sistemas de comunicación digital, permitiendo operar en dos bandas de frecuencia:

- Banda III (1350 – 2690 MHz), siendo un total de 1340 MHz.
- Banda IV (4400 – 5000 MHz), siendo un total de 600 MHz.

Además, presenta una comunicación full-dúplex, en la que hay que asignar para cada radio un par de frecuencias, una de transmisión y otra de recepción (la otra radio del enlace deberá utilizar las mismas frecuencias, pero invertidas). Para la Banda III se recomienda dejar libre 60 MHz de ancho de banda para velocidades de datos hasta 8448 Kbps o 100 MHz como mínimo para velocidades de datos hasta 100 Mbps. Por otra parte, para la Banda IV es recomendable dejar libres 300 MHz. Por lo tanto, **las funciones que nos presenta esta estación** son la de poder tener una operación simultánea en doble banda, siendo versátil, fácil de operar, con modos multi operacionales, sistemas de control adaptativo y con conexiones seguras.

La estación Rioja IP, sobre plataforma VAMTAC (Ilustración 13), proporciona una gran movilidad puesto que se adapta sin ningún problema a todos los tipos de terreno debido a la tracción a las 4 ruedas, potencia y maniobrabilidad que aporta el vehículo. Además, y si el ambiente táctico del ejercicio lo exige, la estación puede ser camuflada sin perder ninguna de sus características ni viendo afectadas sus capacidades. Esto no permitirá su detección visual por parte del enemigo, dificultando su localización, como se puede observar en la siguiente ilustración:



*Ilustración 13. Estación Rioja IP durante la realización de un ejercicio militar (izda.) y camuflada (der.).
Fuente: elaboración propia*

La otra estación que puede formar parte del CT Táctico es la estación **Soria** (Ilustración 14). Es una estación de comunicaciones satélite y radio sobre plataforma VAMTAC, con posibilidad de funcionamiento en estático o en movimiento gracias a un grupo electrógeno. Debe tenerse en cuenta que la estación Soria **será empleada siempre que se considere que el jefe de la unidad**, en este caso un General de Brigada, **necesite realizar un desplazamiento**. La estación Soria será la encargada de garantizar las comunicaciones entre dicho convoy y los PC, manteniendo el enlace y garantizando una burbuja de red para todos los vehículos que forman el convoy. El jefe de la unidad nunca puede perder el enlace entre sus unidades, puesto que manda directamente sobre ellas.



Ilustración 14. Estación Soria. Fuente: [12]

Dentro del sistema satélite, el terminal Soria, también conocido como **SOTM**, ha sido diseñado para satisfacer las comunicaciones de banda ancha por satélite para vehículos en movimiento de los terminales que trabajen dentro del SECOMSAT. El terminal SOTM se compone de los siguientes subsistemas [12]:

- **Subsistema de Antena:** Destacando el sistema de apuntamiento automático en lazo abierto y seguimiento en lazo cerrado además de la Unidad de control de la antena (ACU). También cuenta con un software de control de antena que permite configurar y apuntar la antena desde el puesto de operador.
- **Subsistema de radiofrecuencia:** Filtros de transmisión y recepción.
- **Subsistema de banda base:** Módem satélite, cifradores IP para las redes de voz y datos de misión. Routers, desglosados en un router de acceso IP y otro de servicios de voz. También cuenta con un switch de voz y un teléfono IP.
- **Subsistema de CAC²²:** Ordenador portátil robustecido desde el que se controlan y configuran los principales equipos que forman el terminal SOTM.
- **Subsistema de alimentación.**
- **Equipamiento auxiliar:** Un analizador de espectros portátil en Banda L²³ para facilitar las labores de operación y mantenimiento, un GPS y una brújula-inclinómetro.

A continuación, se muestra un diagrama de red de sistema de la estación SORIA, en el cual se puede observar la distribución de los medios y la cantidad de enlaces que nos puede llegar a aportar, como puede ser radio en bandas HF, VHF, UHF.

²² Subsistema de comprobación, alarmas y control

²³ Rango de radiofrecuencia la cual utiliza las frecuencias de 1,5 a 2,9 GHz.



Ilustración 16. Estación ATQH. Fuente: [14]

La última estación del CT táctico propuesto y que **debe estar obligatoriamente en todos los despliegues** es la estación **Mercurio**, la cual cuenta con dos radios en la banda VHF y otra radio en la HF. Este enlace radio, Ilustración 20, debe estar siempre presente en unas maniobras de entidad Brigada. El terminal de VHF es la PR4G, que ya ha sido descrito anteriormente, mientras que el terminal HF es la radio Harris RF-5800H, en configuración portátil o vehicular y que, además, se adapta bien al ambiente táctico e incorpora contramedidas de Guerra Electrónica, GPS y protocolos de datos como IP, con el fin de poder crear redes de datos [15]. Además, otras características interesantes son:

- Capacidad de seguridad digital.
- Permite el Establecimiento Automático de Enlace (ALE).
- Soporta la Contramedida Electrónica (ECCM): Realiza salto de frecuencia en HF.
- Proporciona la información precisa para la Hora del Día (TOD).
- Proporciona la ubicación geográfica gracias al Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Soporta la capacidad de interconexión de redes usando PPP o Ethernet.
- Soporta el protocolo de Internet IP para la transferencia de datos.



Ilustración 17. Radio RF-5800H. Fuente: elaboración propia

Cabe destacar que la estación Mercurio puede contar con capacidades **BMS**²⁷ y **GESCOM**²⁸, que le aportan a la estación una mayor utilidad. La capacidad de BMS se proporciona a través de una Tablet (Ilustración 18) que cuenta con la aplicación que permite tener controladas todas las unidades y conocer su ubicación. Así, el General podrá dirigir el ejercicio con mayor facilidad. Actualmente, en la gran mayoría de ejercicios militares el uso del BMS es fundamental debido a que aporta la capacidad de poder maniobrar las unidades con una mayor claridad debido a su sistema de posicionamiento sobre un mapa. Por otra parte, un ordenador con capacidad GESCOM puede controlar los enlaces y las comunicaciones que se lleven a cabo, pudiendo gestionar las frecuencias que se van a utilizar durante las maniobras.



Ilustración 18. Tablet con capacidad BMS en estación Mercurio. Fuente: elaboración propia

6.2 Evaluación de conectividad con el VET

Además, y como prueba a realizar durante las maniobras llevadas a cabo en el CMT, se realizó una prueba de conectividad entre las distintas emisoras de las distintas estaciones que pueden componer el CT táctico propuesto (ver anexo “D”). Como se ha mencionado en el capítulo anterior, y atendiendo a las consideraciones del personal experto, el vehículo seleccionado para realizar la prueba es el VET.

Este vehículo proporcionará una adaptación más fácil de los medios de transmisiones en un ejercicio ya que todos los elementos necesarios se encuentran ubicados en la misma plataforma, no como en la actualidad puesto que hace falta montar una plataforma modular específica para ello. Durante las maniobras llevadas a cabo en Almería, además de poner a prueba el CT Táctico (Anexo “E”), se montó sobre este vehículo los elementos necesarios para que los gestores de las estaciones realizaran su función, observándose que **este vehículo no es el más idóneo para la maniobra**, puesto que el tiempo de montaje y desmontaje de la estación era de 1 hora.

²⁷ Battlefield Management System. Sistema de Mando y Control donde se podrá observar todas las unidades que participan en una maniobra.

²⁸ Gestor de comunicaciones. Sistema Software que facilita la integración de los distintos dispositivos de comunicaciones del Ejército y controla el tráfico de datos de manera coherente [14].

Finalmente, se observa que no se adapta adecuadamente al tipo de maniobra al que va enfocado nuestro CT Táctico. Así mismo, se ha incluido en el Anexo “F” un análisis de satisfacción respecto al CT Táctico.

La no idoneidad de este vehículo se debe a que una vez que el jefe del ejercicio decida cambiar la ubicación de dicho centro por diferentes motivos como puede ser un ataque enemigo o la detección de nuestro centro, el tiempo en el que se realice el cambio de ubicación es crucial. En este caso, todos los elementos ubicados en el camión no pueden estar anclados ni fijos a la plataforma lo que hace que se deba de retirar todo el material de la caja de transporte, aumentando considerablemente el tiempo comparado con que sí se pudiese.

Por todo ello la integración de los medios en este vehículo no es factible. La **alternativa** que se ha considerado más oportuna es la explotación de los medios en las propias estaciones del CT Táctico, ya que esta explotación debe ser algo puntual y breve, como puede ser el enviar un correo, una orden de operaciones o utilizar el medio radio para hablar.

En cambio, si el ejercicio que se va a llevar a cabo permite la utilización estática de este vehículo, o se tiene la certeza de que el CT no va a realizar ningún salto (cambio de ubicación), el VET sí resulta de utilidad. En este caso, el VET lleva la integración de la radiofrecuencia (HF, VHF, UHF), la línea de visión directa (mediante antena Ubiquiti, que proporciona una velocidad de hasta 150 Mbps [16]), elemento satélite y servidores SIMACET. La caja de carga será la ubicación donde irán situados todos los elementos del CT, así como el personal destinado a explotar los medios.

6.3 Posibles escenarios

En función de la entidad que tenga la maniobra, podremos hacer uso de nuestro CT táctico según valoremos qué es lo más adecuado. **Siempre** utilizaremos la estación TRITON 2000 para que el jefe del CT pueda realizar su función. Se podría combinar, por ejemplo, con la estación Soria y Mercurio, o la estación Mercurio con el ATQH o incluso la estación Mercurio con el Rioja IP, todo dependiendo del número de usuarios que se requieran para la maniobra, el número de teléfonos que van a hacer falta y del número de portátiles necesarios. **La estación Mercurio debe estar presente en todo tipo de ejercicio** puesto que una Brigada siempre es mandada a través de la radio, que es lo que nos proporciona la estación Mercurio.

Cabe destacar que no todas las estaciones van a ser utilizadas en un mismo ejercicio militar. Actualmente el Centro de Transmisiones que se emplea es siempre el mismo y proporciona un mayor número de usuarios, teléfonos y capacidad de ancho de banda que el CT Táctico pero su objetivo es claramente distinto. El CT Táctico va enfocado a un ejercicio específico, con una duración corta, mientras que el CT actual puede llegar a estar meses desplegado y en funcionamiento. Lo que se pretende conseguir con este nuevo CT Táctico es la utilización adecuada y proporcional de las estaciones que se tienen en dotación, adecuándolas de la manera más optimizada a la maniobra.

Gracias a la estación Mercurio, se logra la integración con BMS y GESCOM. También, proporciona enlace entre la red radio de combate y los escalones superiores, adyacentes e inferiores de las unidades. La estación Soria será empleada siempre que se tenga en conocimiento que se va a realizar un desplazamiento por parte del jefe de la unidad, ya que debe tener enlace con sus unidades durante el trayecto. La estación Rioja IP se empleará siempre que sepamos que habrá enlaces de larga distancia. Por otra parte, la estación ATQH solamente será empleada cuando el número de usuarios y los servicios sean de una gran cantidad, lo que resulta extraño para este tipo de ejercicio (táctico) aunque fue recomendado por los expertos de la unidad.

6.4 Pros y contras

Recopilada la información necesaria del CT Táctico en las entrevistas realizadas al personal experto de la unidad (Anexo “B”) y, con el objetivo de poder realizar un análisis exhaustivo, se va a realizar un análisis de pros y contras. Estas entrevistas han sido realizadas con el fin de poder conocer la opinión sobre el CT Táctico y los requisitos que estiman oportunos que debe de tener. La entrevista se realizó al Jefe de Compañía y 2 Jefes de Sección. Se realizaron mediante correo electrónico y para ello se fijaron 3 preguntas que habían sido diseñadas previamente.

En dicho análisis diferenciaré aquellos aspectos que afecten al CT Táctico, así se podrán conocer sus debilidades, oportunidades, características y fortalezas. En la tabla 6 se muestra el análisis de pros y contras del CT Táctico de donde se puede extraer una serie de conclusiones relevantes.

ANALISIS CT TACTICO		
PROS	CONTRAS	OPORTUNIDADES
Empleo de un número menor de estaciones. Estático o dinámico.	Antigüedad de los vehículos.	Posibilidad de un CT más moderno e interoperable.
Menor número de personal necesario.	Formación del personal.	Posibilidad de contar con más personal en el CT.
Utilización de menos vehículos.	Fallos en los grupos electrógenos.	Posibilidad de implementar material nuevo en el CT Táctico.
Adaptación al terreno.		
Tiempo montaje y desmontaje menor.		
Protección, movilidad, huella reducida.		

Tabla 6. Análisis CT Táctico. Fuente: elaboración propia

Dentro del aspecto positivo del análisis, el CT Táctico se adapta con facilidad a todos los tipos de ejercicios militares, ya sean estáticos o dinámicos. La adaptación al terreno también es un aspecto positivo a tener en cuenta junto al menor tiempo en montar y desmontar el CT. Por otra parte, como debilidades (contras) del CT, se observa que la limitación/antigüedad de los vehículos debe tener solución por parte de las unidades.

También se debe de tener en cuenta el fallo de los grupos electrógenos y la formación del personal, que debe ser alta. Una estación con cierta antigüedad puede condicionar totalmente unas maniobras militares ya que las unidades suelen desplazarse al “CMT San Gregorio (Zaragoza)” por lo que los vehículos tienen que recorrer grandes distancias, habiendo una gran parte de ellos que no lo toleran. Dentro de las oportunidades, cabe destacar la posibilidad de contar con nuevo material a implementar, más moderno e interoperable.

Capítulo 7. Conclusiones y líneas futuras

Con el objeto de finalizar el TFG, se extraen una serie de conclusiones de todo lo que se ha llevado a cabo. De igual modo, realizar un planteamiento sobre una serie de posibles ideas a llevar a cabo en el futuro más próximo.

7.1. Principales conclusiones

Con la realización de este trabajo se pretendía demostrar que la actual predisposición que tienen los Centros de Transmisiones puede verse reducida, adecuándose a la maniobra y proporcionando los servicios necesarios, facilitando de esta manera la maniobra. Para lograr dicho objetivo, se decidió incluir los elementos satélite, sistemas de información y radio que nos proporcionarán acceso a BMS y GESCOM. Esta reducción de los CT en menos terminales tiene unos objetivos particulares:

- Conseguir el establecimiento y comunicación entre los PC, proporcionando al General jefe de la Brigada poder conducir las operaciones.
- Implantar como características principales una gran movilidad táctica.
- Subsanan debilidades respecto a la movilidad, aspectos logísticos y déficit de personal.

En primer lugar, en el comienzo del trabajo se introdujo el concepto de “*Brigada 2035*”. Dentro de esta experimentación que está realizando el ET se encuentra la utilización de un CT Táctico que dé apoyo a una Brigada no más de 48 horas, con el objetivo de que sea un CT que tenga una gran flexibilidad, movilidad y adaptabilidad. El conocimiento del concepto “*Brigada 2035*” ha sido fundamental para ser conocedor del área que abarca este proyecto. No se trata de una implementación en una unidad del ET, sino un prototipo de actuación por parte de las Compañías de Transmisiones del futuro año 2035.

Posteriormente, se introdujo el concepto de qué es un Centro de Transmisiones, con objeto de conocer los actuales Centros de Transmisiones que actuarán como base del futuro CT Táctico, conociendo las carencias y fortalezas que nos presenta. Así, una vez conocidas las barreras que presenta el actual planteamiento y las limitaciones con las que se cuenta a diario en una unidad del ET, se planteó una opción donde se optimizase el personal necesario para la realización de los ejercicios militares. Por otra parte, y gracias a las entrevistas, informes y colaboraciones con el distinto personal de la CIATRANSLEG²⁹ y junto con todas las conclusiones derivadas del cuestionario llevado a cabo, se pudo conseguir la identificación de cuáles eran los aspectos más importantes de estudio del trabajo (carencias, principalmente). La realización del proyecto no ha resultado sencilla puesto que se debían tener en cuenta muchos aspectos, tanto logísticos como técnicos, además de la dificultad en la elección de los aspectos a estudiar.

²⁹ Compañía de Transmisiones de La Legión.

Aun teniendo en cuenta la complejidad que este proyecto presenta, se ha conseguido extraer las deficiencias más características que presenta el CT, siendo:

- El no funcionamiento del indicador del combustible de algunos de los actuales grupos electrógenos.
- La imposibilidad de tener un vehículo operativo para la realización de unas maniobras.
- La detención inmediata de los servicios que proporciona el CT.

Por otra parte, la utilización del CT Táctico en misiones internacionales debe ser empleado con cierta cautela. Debe utilizarse en aquellas misiones en las que se conozca la duración máxima de la operación o aquellas en las que no haga falta un excesivo número de usuarios. Hay que tener en cuenta que, actualmente, la gran mayoría de carencias que podemos observar en el ET se deben a una falta de presupuesto destinado por el Ministerio de Defensa. Esto se puede ver reflejado tanto en aspectos logísticos y técnicos como en falta de material o falta de personal, todos ellos de alta importancia.

Sin embargo, se ha conseguido realizar un diseño de un CT Táctico que sirva de utilidad al ET. Un CT que utiliza los medios que se tienen actualmente en dotación sin necesidad de realizar ningún tipo de adquisición, adaptándose a los tiempos actuales y teniendo siempre claro el exprimir todas las capacidades de los medios presentes. La estación Mercurio proporciona enlace entre la red radio de combate y los escalones superiores, adyacentes e inferiores de las unidades. La estación Soria será empleada siempre que el jefe de unidad se vaya a desplazar durante un ejercicio, la estación Rioja IP se empleará siempre que sepamos que habrá enlaces de larga distancia y, por otra parte, la estación ATQH solamente será empleada cuando el número de usuarios y los servicios sean de una gran cantidad.

7.2. Líneas futuras

El CT Táctico propuesto en este trabajo tiene una gran utilidad. Se trata de un proyecto que servirá a todas las Compañías de Transmisiones de una Brigada, pero se debe tener en cuenta que los sistemas actuales no se encuentran completamente actualizados.

Debe tenerse en cuenta que la especialidad fundamental de Transmisiones conlleva, y cada vez más, la constante actualización del personal, tanto a nivel teórico como a nivel práctico. Así mismo, la utilización del CT Táctico en lugar del convencional será una facilidad para las unidades debido a que no deben de emplear tanto personal como usualmente emplean, por lo que se utilizará bastante.

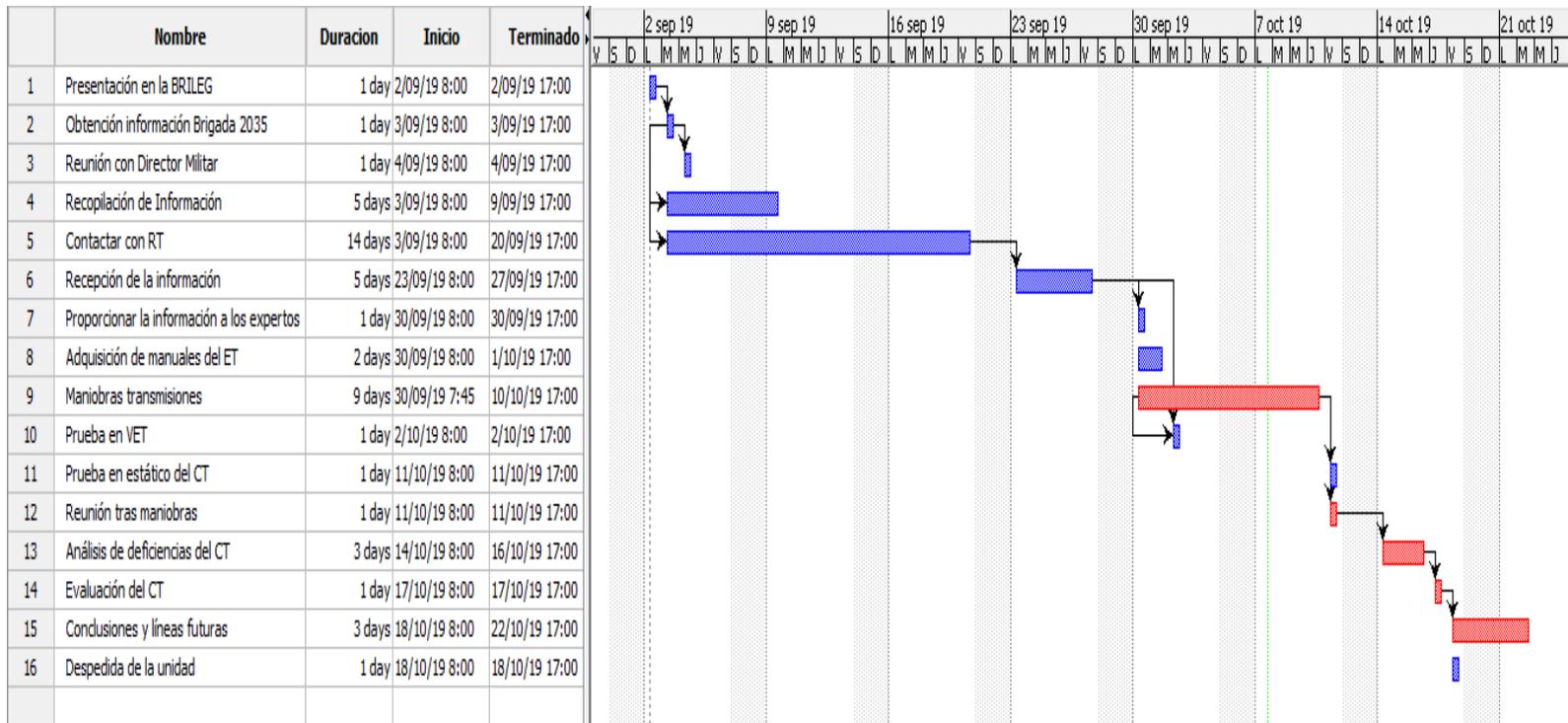
Bibliografía

- [1] Ministerio de Defensa, «Estructura de Ejército de Tierra,» 25 10 2019. [En línea]. Available: http://www.ejercito.mde.es/estructura/briex_2035/index.html.
- [2] M. Rodríguez, «TERCOACHING,» 25 10 2019. [En línea]. Available: <http://tercoachingeuropa.com/coaching-grow-community-manager-marite-rodriguez/>.
- [3] Ministerio de Defensa, «Reportajes de Ejército de Tierra. Un nuevo concepto de mando y control,» 25 10 2019. [En línea]. Available: http://www.ejercito.mde.es/reportajes/2018/70_briex2035.html. [Último acceso: 17 9 2019].
- [4] M. A. P. y. E. R. Valpuesta, «SCIELO,» DIC 2012. [En línea]. Available: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2012000400002. [Último acceso: 05 03 2020].
- [5] AGM-DIAE-452. Mando de Adiestramiento y Doctrina, Introducción a los CIS, 2018.
- [6] A. A. C. y. J. C. Costa, ELABORACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE ENCUESTAS, CUESTIONARIOS Y ESCALAS DE OPINION, ALCOY: Editorial Marfil, S.A., 2006.
- [7] Ministerio de Defensa, «Noticias de Ejército de Tierra,» 25 10 2019. [En línea]. Available: <http://www.ejercito.mde.es/unidades/Almeria/brileg/Noticias/2013/66.html>. [Último acceso: 23 9 2019].
- [8] P. Herráiz, «EL MUNDO,» 25 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.elmundo.es/espana/2019/01/14/5c3c79e5fdddf5d078b45a2.html>. [Último acceso: 26 9 2019].
- [9] Indra, Curso de formación administración BMS-ET, Madrid: Indra , 2017.
- [10] Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, Vehículo Específico de Tracción, 2014.
- [11] Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, GRC 408E Dual Band Oper Manual, 2017.
- [12] Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, Manual de operación de estación SORIA, 2015.
- [13] COMPANY, INDRA, «INDRA SATCOM AT THE QUICK HALT,» 25 10 2019. [En línea]. Available:

https://www.indracompany.com/sites/default/files/indra_satcom_atqh_en_baja.pdf.
[Último acceso: 22 9 2019].

- [14] J. M. N. García, «Defensa,» 14 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.defensa.com/espana/defensa-financia-desarrollo-vamtac-propulsion-hibrida>. [Último acceso: 03 10 2019].
- [15] Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, RADIO HARRIS RF-5800 GUIA DE OPERACION, 2015.
- [16] NEOBYTE, «Ubiquiti nanostation loco M2,» 2019.

Anexo A. Diagrama Gantt.



Anexo B. Entrevistas realizadas al personal de la Compañía de Transmisiones.

A continuación, se recogen todas las preguntas realizadas durante las entrevistas y aquellas respuestas proporcionadas por el personal experto.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuáles considera usted que son las principales ventajas que tiene el CT Táctico propuesto?
2. ¿Cuáles considera usted que son las desventajas que puede llegar a presentar el CT Táctico?
3. ¿Qué oportunidades considera usted que puede llegar a tener el CT Táctico en el futuro?

RESPUESTAS:

CAPITAN BELDA

1. La principal ventaja que creo que tiene el CT Táctico es el empleo de un número menor de estaciones. Esto nos facilitará el empleo de personal, puesto que ya no es necesario un número tan excesivo. Así mismo, el empleo de menos estaciones nos permite no utilizar tantos vehículos, pues como ya sabes, no tenemos de sobra.
2. Como desventajas creo que la antigüedad de los vehículos y el PERMET creo que pueden limitar algo este prototipo, pero al utilizar menos estaciones que en un CT convencional no debería afectarte mucho.
3. Está previsto que el presupuesto del Ministerio de Defensa aumente por lo que se podrían añadir un gran número de materiales actualizados al CT. Se trataría de un CT mucho más moderno e interoperable.

TENIENTE PELLICER

1. La adaptación al terreno es para mí la mayor ventaja que tiene este CT. Debido a su flexibilidad y modularidad podemos emplearlo en ejercicios de todo tipo. Además, el tiempo que se tarda en montar y en desmontar es bastante menor, lo cual es una ventaja.
2. Posiblemente la formación del personal que necesitas. Ten en cuenta que son estaciones muy específicas por lo que necesitas instruir a tu personal lo mejor posible para, una vez en el campo, sacar el ejercicio adelante lo antes posible.
3. Como oportunidades te diría que el número de personal con el que se va a contar el día de mañana en el ejército va a ser mayor por lo que más personal vas a tener a tu disposición para explotar los CT lo mejor posible.

TENIENTE LINARES

1. La protección, la movilidad y la dificultad a la hora de ser detectados. Como ya te comenté, la intención de este CT es la facilidad a la hora de replegar y desplegar y creo que lo has logrado. Debes tener en cuenta que en una Brigada se van a realizar saltos frecuentemente por lo que, este tipo de CT será de gran ayuda. Con este CT conseguimos tanto un establecimiento de enlaces en estático y en dinámico.
2. El problema que tenemos con los grupos electrógenos ya que, si no funciona, no tenemos nada.
3. Si se aumenta el dinero destinado a la compañía y se adquiere material nuevo, podríamos implementarlo en el CT Táctico, por lo que diría que es una oportunidad a tener en cuenta.

Anexo C. Encuesta de satisfacción del actual CT.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL ACTUAL CENTRO DE TRANSMISIONES

Esta encuesta que va a realizar tiene como objetivo principal reunir toda la información posible acerca del actual Centro de Transmisiones que se emplea en los ejercicios militares, con el fin de estudiar su mejora. Su valoración deberá ir desde el valor 0, si no está nada satisfecho, hasta el valor numérico 10, si está completamente satisfecho.

- **NIVEL DE SATISFACCION:**

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento				
Estaciones empleadas				
Material de repuesto				
Fiabilidad electrónica				
Flexibilidad				
Maniobrabilidad				
Capacidad de Trx				
Adaptación				
Facilidad de despliegue				
Facilidad de repliegue				
Autonomía				
Nivel de seguridad				

- **SUGERENCIAS DE MEJORA PARA EL CT:**

- **OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA:**

Así mismo, se incluye la respuesta al cuestionario de cada uno de los miembros encuestados.

CAPITÁN BELDA:

A. NIVEL DE SATISFACCION:

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento	4			
Estaciones empleadas	6			
Material de repuesto	7			
Fiabilidad electrónica	9			
Flexibilidad	6			
Maniobrabilidad	8			
Capacidad de Trx.	6			
Adaptación	8			
Facilidad de despliegue	5			
Facilidad de repliegue	4			
Autonomía	4			
Nivel de seguridad	8			

B. SUGERENCIAS DE MEJORA PARA EL CT:

Aumentar la facilidad de despliegue y repliegue fundamentalmente.

C. OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA:

TENIENTE PELLICER:

A. NIVEL DE SATISFACCION:

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento		5		
Estaciones empleadas		8		
Material de repuesto		6		
Fiabilidad electrónica		8		
Flexibilidad		7		
Maniobrabilidad		6		
Capacidad de Trx.		7		
Adaptación		8.5		
Facilidad de despliegue		6		
Facilidad de repliegue		4		
Autonomía		5		
Nivel de seguridad		6		

B. SUGERENCIAS DE MEJORA PARA EL CT:

Tener en cuenta el material de mantenimiento y la facilidad de repliegue.

C. OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA:

TENIENTE LINARES:

A. NIVEL DE SATISFACCION:

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento			6	
Estaciones empleadas			7	
Material de repuesto			6	
Fiabilidad electrónica			9	
Flexibilidad			5	
Maniobrabilidad			6	
Capacidad de Trx.			8	
Adaptación			7	
Facilidad de despliegue			5	
Facilidad de repliegue			5	
Autonomía			3	
Nivel de seguridad			7	

B. SUGERENCIAS DE MEJORA PARA EL CT:

El número de estaciones que vas a utilizar va a ser menor, por lo que debes de tener en cuenta los medios con los que trabaja cada Brigada, puesto que no son los mismos en cada Brigada.

C. OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA:

Ninguno

TENIENTE AYALA:

A. NIVEL DE SATISFACCION:

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento				6.5
Estaciones empleadas				7.5
Material de repuesto				5
Fiabilidad electrónica				7.5
Flexibilidad				8
Maniobrabilidad				5.5
Capacidad de Trx.				8
Adaptación				9
Facilidad de despliegue				5
Facilidad de repliegue				6
Autonomía				5
Nivel de seguridad				7

B. SUGERENCIAS DE MEJORA PARA EL CT:

El enlace radio siempre tienes que utilizarlo en una Brigada, no lo olvides.

C. OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA:

Anexo D. Prueba realizada en el vehículo VET.

Durante las maniobras llevadas a cabo en el “CMT Álvarez de Sotomayor” con motivo de la futura misión que la BRILEG tiene en el Líbano, se procedió a realizar una prueba de un PC sobre el VET. Cabe destacar que, aunque la duración máxima estimada del CT Táctico sean unas 48 horas podría llegar a alargarse su utilización, aunque con una serie de servicios reducidos. La utilización de este prototipo sería para una serie de misiones muy específicas, aunque, si la duración de la misión aumentase, se podría seguir utilizando dicho Centro, pero sería recomendable proporcionarle más medios. En dicho vehículo el usuario puede explotar los servicios que el CT le aporta.

Inicialmente estaba previsto montar el material necesario para 6 usuarios, pero, una vez que se procedió a equipar la cabina, se observó que es inviable alojar más de 4 usuarios por el limitado espacio. Como se puede comprobar en las ilustraciones 19 y 20 cada usuario contaba con un ordenador portátil, en el cual podrían hacer uso de SIMACET y de WAN PG, además de BMS. De esta forma el usuario puede realizar exactamente el mismo trabajo que realizaría en su oficina, pero en el campo de maniobras donde se realice el ejercicio. Además, cada usuario contaba con un teléfono inalámbrico, con acceso a voz IP para realizar llamadas entre los PC existentes e incluso, si la proximidad lo permite, al cuartel en cuestión.



Ilustración 19. CAC realizando comprobación de enlace VoIP. Fuente: elaboración propia

Para la conexión de los distintos equipos se utilizó un *switch* de 12 puertos en el que los 4 primeros puertos fueron utilizados para la WAN PG y voz-IP, los 4 puertos siguientes para SIMACET y los 4 siguientes se dejaron en reserva.



Ilustración 20. PC montado sobre la caja del VET. Fuente: elaboración propia

El VET contaba con un mástil ubicado en el exterior del vehículo con una antena Ubiquiti que iba conectada al *rack* de comunicación y se conectaba directamente al *switch* configurando las siguientes redes VLAN:

- VLAN 1 para los servicios de voz-IP.
- VLAN 2 para los servicios de SIMACET.
- VLAN 3 para los servicios de WAN PG.

Aunque también se podrían integrar en la misma VLAN la voz-IP y la WAN PG.

La prueba de conectividad fue satisfactoria, aunque, una vez montado y desmontado todo el material con el personal asignado para ello, se comprobó que el tiempo de repliegue era bastante superior al que se exige en unas maniobras tácticas por lo que se concluyó que el PC sobre VET es adecuado para maniobras estáticas. En el momento en el que el jefe del ejercicio decidiese cambiar de asentamiento, estimamos que serían necesarios entre 60-75 minutos para replegar y guardar todo el material, puesto que el VET debe viajar completamente vacío al no tener anclajes.

Por último, debo agradecer a todo el personal que ayudó en todo momento al montaje del PC ya que se realizó durante el periodo de maniobras, teniendo poco tiempo para ello. Aun así, ayudaron en todo momento teniendo otras responsabilidades que cumplir.

Anexo E. Pruebas realizadas durante maniobras del 4 al 8 de octubre de 2019

Las maniobras que se realizaron del 4 al 8 de octubre de 2019 tuvieron como motivo la futura misión que realizará La Legión en Líbano. En dichas maniobras se llevó a cabo un simulacro de lo que será la misión respecto a los Centros de Transmisiones y a los Puestos de Mando. Cada componente que desplegará en dicha área contaba ya aquí con su puesto de trabajo con el fin de ser evaluados por una Unidad del ET que pueda comprobar que el personal tenía las capacidades necesarias para poder ir de misión. En dichas maniobras se empleó el diseño del CT táctico propuesto pudiendo evaluarlo y extraer las conclusiones pertinentes.

Respecto al ámbito que nos concierne, las Transmisiones fueron un elemento esencial en la evaluación. Se decidió montar un CT táctico acorde al propuesto en este TFG. En la posición más alta del CMT, llamada Pirulí, se decidió ubicar la estación Mercurio, como elemento central de la maniobra, para replicar BMS utilizando el mástil de la antena HC, colocando en ella las antenas Ubiquiti que proporcionaban BMS, telefonía IP y WAN PG. Respecto a BMS, se tuvo que trabajar con dos nubes: una de ellas en la que se encontraba las Task Force³⁰ Alpha, compuesta por el Grupo de Caballería y otra en la que se encontraba el resto de unidades de la Brigada. Así, en el puesto de mando donde se encontraba la unidad evaluadora podían observar todas las unidades.



Ilustración 21. Tablet con BMS en estación Mercurio. Fuente: elaboración propia

En el PC, ubicado en el antiguo disciplinario de la base, se situó un Mercurio que recibía toda la información del mercurio mencionado anteriormente. Es decir, este Mercurio recibía toda la información tanto RRC como BMS, como se muestra en la Ilustración 21.

³⁰ Fuerza operativa formada por el Grupo de Caballería Ligero Acorazado “Reyes Católicos” II de La Legión

Además, en el Pirulí se ubicó un satélite TLB50IP (no se pudo utilizar el ATQH debido a que se encontraba en reparación) que aportaba capacidades WAN PG y telefonía IP, ilustración 22.



Ilustración 22. Estación Mercurio en el Pirulí. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, había dos asentamientos en el campo de maniobras para el resto de armas de la Brigada en las cuales se ubicaron dos antenas Ubiquiti, ilustración 23, una en cada asentamiento y a través de la cual se les proporcionaba los distintos servicios. Estos asentamientos también contaban con información BMS y enlace radio. Es decir, estos asentamientos podían comunicarse directamente con el personal ubicado en el PC, y viceversa.



Ilustración 23. Antenas Ubiquiti utilizadas en las maniobras. Fuente: elaboración propia



Ilustración 24. PC, Mercurio y CT ubicados respectivamente en el antiguo disciplinario. Fuente: elaboración propia

En la ilustración 25 se puede observar el diagrama de conexiones del CT que se llevó a cabo durante la maniobra, facilitando así su comprensión y pudiendo observar los medios utilizados para ello.

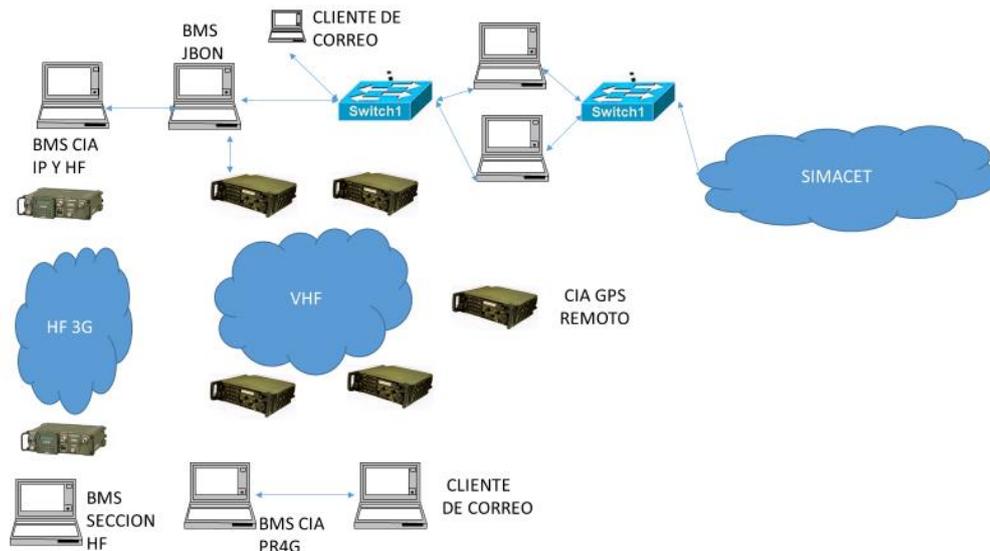


Ilustración 25. Conexiones BMS durante la maniobra. Fuente: elaboración propia

Respecto a los resultados obtenidos, finalmente se consiguió la integración del BMS, aunque al comienzo del ejercicio el establecimiento del enlace no era del todo óptimo, consiguiéndose subsanar con la mayor rapidez posible. Igualmente, el enlace radio y los servicios aportados a través del enlace satélite tuvieron un resultado satisfactorio. El haber podido estar con un jefe de centro durante todas las maniobras me ha facilitado bastante el conocimiento acerca de las tareas que debe de cumplir un oficial, así como las responsabilidades que tiene.

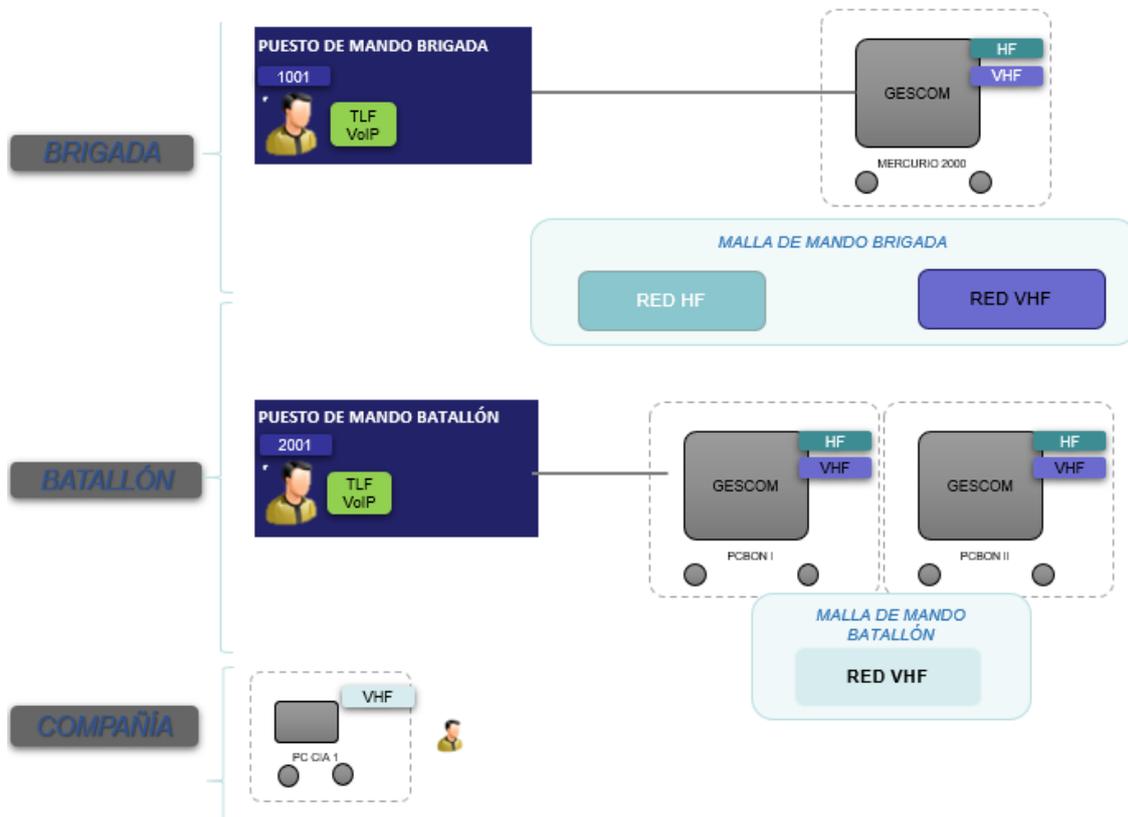


Ilustración 26. Puesto de mando Brigada, batallón y compañía. Fuente: elaboración propia

La malla de mando de la Brigada contaba con enlace HF y VHF, así como la malla de mando del batallón contaba únicamente con enlace VHF a través de PR4G, ilustración 26. Ambos enlaces fueron aportados por la estación Mercurio, la cual cabe recordar que consta de 2 enlaces en VHF y 1 enlace en HF. Respecto a BMS, se consiguió que el jefe de sección de las compañías involucradas tuviera acceso a BMS con objeto de poder identificar su sección y así saber su despliegue en todo momento, siendo propósito del mando su visualización. Todas las secciones, compañías y batallones tenían acceso a RRC, siendo elemento fundamental de enlace entre las distintas unidades.

Cabe destacar que la utilización del CT actual es debido a la duración que tienen algunas maniobras como puede llegar a ser 2-3 semanas. En este caso, sí es cierto que la utilización del prototipo es ideal puesto que en estas maniobras el personal debe de trabajar como si en la Unidad estuviese. Es decir, deben utilizar su correo y una serie de aplicaciones (SIMACET, WANPG...) las cuales puede proporcionar el CT Táctico, aunque la duración del ejercicio fue mayor a 48 horas.

Pudo observarse que el ancho de banda y los servicios que es capaz de aportar el CT Táctico es algo limitado comparado con el CT que se emplea normalmente pero sí conseguía finalmente proporcionar los mismo servicios. Como ventajas de este, debo destacar que el montaje y desmontaje de todo el CT Táctico tuvo unos buenos resultados y es perfecto para un tipo de maniobra donde los asentamientos van a cambiar.

Anexo F. Encuesta de satisfacción del CT Táctico.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL CENTRO DE TRANSMISIONES TACTICO PROPUESTO

Esta encuesta que va a realizar tiene como objetivo principal conocer su valoración acerca del Centro de Transmisiones Táctico que ha realizado el CAC Carlos Ruiz Ayala con el fin de estudiar su implementación en la Unidad. Su valoración deberá ir desde el valor 0, si no está nada satisfecho, hasta el valor numérico 10, si está completamente satisfecho.

- **NIVEL DE SATISFACCION:**

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento				
Estaciones empleadas				
Material de repuesto				
Fiabilidad electrónica				
Flexibilidad				
Maniobrabilidad				
Capacidad de Trx				
Adaptación				
Facilidad de despliegue				
Facilidad de repliegue				
Autonomía				
Nivel de seguridad				

CAPITÁN BELDA:

• **NIVEL DE SATISFACCION:**

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento	5			
Estaciones empleadas	8			
Material de repuesto	7			
Fiabilidad electrónica	9			
Flexibilidad	8			
Maniobrabilidad	9.5			
Capacidad de Trx.	6.5			
Adaptación	9			
Facilidad de despliegue	8			
Facilidad de repliegue	8			
Autonomía	6			
Nivel de seguridad	8.5			

TENIENTE PELLICER:

• **NIVEL DE SATISFACCION:**

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento		5.5		
Estaciones empleadas		9		
Material de repuesto		6		
Fiabilidad electrónica		9		
Flexibilidad		8		
Maniobrabilidad		9		
Capacidad de Trx.		8		
Adaptación		9		
Facilidad de despliegue		8		
Facilidad de repliegue		7		
Autonomía		6		
Nivel de seguridad		6		

TENIENTE LINARES:

- **NIVEL DE SATISFACCION:**

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento			6	
Estaciones empleadas			8	
Material de repuesto			6	
Fiabilidad electrónica			9	
Flexibilidad			7	
Maniobrabilidad			7	
Capacidad de Trx.			9	
Adaptación			8	
Facilidad de despliegue			6	
Facilidad de repliegue			8	
Autonomía			5	
Nivel de seguridad			7	

TENIENTE AYALA:

- **NIVEL DE SATISFACCION:**

ASPECTO	NIVEL DE SATISFACCION			
	CAP	TTE 1	TTE 2	TTE 3
Material de mantenimiento				6.5
Estaciones empleadas				8
Material de repuesto				5
Fiabilidad electrónica				8
Flexibilidad				9
Maniobrabilidad				6
Capacidad de Trx.				9
Adaptación				9.5
Facilidad de despliegue				8
Facilidad de repliegue				7
Autonomía				6
Nivel de seguridad				7

A continuación, incluyo los parámetros ordenados de mayor a menor como en el anterior cuestionario, pudiendo comparar las diferentes valoraciones.

PARAMETRO	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
Adaptación	8,88	0,63
Fiabilidad electrónica	8,75	0,50
Estaciones empleadas	8,25	0,50
Capacidad de transmisión	8,13	1,18
Flexibilidad	8,00	0,82
Maniobrabilidad	7,88	1,65
Facilidad de despliegue	7,50	1,00
Facilidad de repliegue	7,50	0,58
Nivel de seguridad	7,13	1,03
Material de repuesto	6,00	0,82
Material de mantenimiento	5,75	0,65
Autonomía	5,75	0,50

Tras analizar los valores asignados a los parámetros de la encuesta realizada sobre el CT Táctico podemos observar que parámetros como la adaptación, la fiabilidad electrónica o la capacidad de transmisión ha aumentado. Comparando este análisis con el realizado sobre el CT actual, podemos observar que la media de los parámetros “Facilidad de despliegue” y “Facilidad de repliegue” han aumentado 2,25 y 2,75 puntos respectivamente. Esto indica que uno de los objetivos principales del proyecto ha sido cumplido satisfactoriamente.

La “Maniobrabilidad” también es un valor que ha aumentado considerablemente junto con el parámetro “Flexibilidad” los cuales son elementales en nuestro proyecto. Si es cierto que parámetros como son la autonomía o el material de mantenimiento no se ven prácticamente alterados respecto al anterior análisis y esto es debido a que la utilización de los medios en ambos CT, el actual y el táctico, son parecidos. Aunque en el CT Táctico no se emplea todas las estaciones de los CT actuales, si es cierto que el material de mantenimiento con el que cuentan las unidades es exactamente el mismo.