



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

MEJORA Y OPTIMIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE SIMULACIÓN PARA LA INSTRUCCIÓN DE UNA COMPAÑÍA ANTE UN ENEMIGO HÍBRIDO

Álvaro Jiménez Hernández

Director académico: Don Antonio Otal Germán

Director militar: Teniente José Ángel García-Conde Dañobeitia

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022



Agradecimientos

La mejor manera de empezar esta memoria es dando las gracias a todos aquellos que han hecho posible su realización. Sin ninguna duda, a la Academia General Militar, por habernos brindado cuatro maravillosos años en los que se nos ha inculcado unos valores y formación extraordinarios, permitiéndonos ser los mejores tenientes al servicio de España. La oportunidad que nos ofrece al poder realizar las Prácticas Externas en una unidad es de un valor incalculable para nosotros: es el primer contacto que tiene un alférez con la realidad de una unidad compuesta por militares profesionales.

Por otra parte, estoy ampliamente agradecido al Grupo de Regulares de Ceuta nº 54, unidad que me acogió desde un primer momento como un regular más, haciendo partícipe de sus tradiciones y de su larga historia. Todos los miembros de la unidad, desde el Coronel Jefe Moro Sanjuán al soldado regular más moderno, me hicieron sentir como si llevara toda mi vida con ellos. Agradecer al Capitán Juan Manuel Sevilla García, jefe de la II Compañía del Tabor Tetuán, en la cual tuve el honor de estar encuadrado, por considerarme como un teniente más bajo sus órdenes y preocuparse porque mi estancia en la unidad fuera lo más provechosa para mi formación posible.

Quiero dedicar una especial gratitud al Teniente García-Conde, al que he estado adjunto, y que representa a la perfección el estilo de mando al que me gustaría asemejarme en un futuro. Desde el primer día dejó el mando de su sección en mis manos, confiando plenamente en mí. Me enseñó como encarar y resolver los desafíos de un teniente en el día a día, apoyándose siempre en sus sargentos, y como el hecho de exigir un alto nivel de instrucción a su sección podía ser compatible con un buen ambiente de trabajo, propenso a que sus regulares se vieran siempre bien motivados y fieles a su mando.

Agradecer también al resto de cuadros de mando de “La Indígena”, ya que su labor hacía que la compañía funcionara como un mecanismo bien engrasado. Al Tte. Fernández Vargas, el más antiguo y cuya experiencia ofrecía siempre un punto de vista diferente; al Tte. Sibón Vidal, quien, recién salido de la Academia de Infantería, suponía el mejor ejemplo de cómo adaptarse rápidamente a la idiosincrasia de la unidad; al Sgto. 1º Fontenla, y sargentos Zapata y Lapuente, siempre dispuestos a ofrecer cualquier consejo o ayuda necesaria. Particular mención a los sargentos Guadix y Ruiz, con los que he tenido la suerte de trabajar en la sección, y, ante mi falta de experiencia, han sabido guiarme y orientarme en la toma de decisiones; al frente de sus pelotones y, siempre listos para la instrucción y la espera de órdenes, son un claro ejemplo de fidelidad al mando. Por último, al resto de regulares y cabos, por su constante disposición y ofrecimiento para ayudar en la realización del trabajo, reflejando así la gran unidad que son, de total disponibilidad y muy motivada.

Para concluir, agradecer al director académico Don Antonio Otal Germán, cuya labor para orientarme en la estructuración del trabajo ha sido vital. Su infinita paciencia conmigo y su facilidad para atenderme en cualquier momento han propiciado que la elaboración de la memoria haya sido lo más fluida posible. Sus correcciones siempre han sido beneficiosas y muy útiles, aportándome ideas que, sin su ayuda, no habría sabido ver.





RESUMEN

La presente memoria recoge la investigación llevada a cabo durante mis PEXT en el Grupo de Regulares de Ceuta nº 54. A partir de la importancia que está adquiriendo la simulación en la instrucción de los combatientes, este trabajo estudia los medios de simulación actuales que se emplean en GREG-54 para recrear las posibles situaciones de combate, tanto en combate convencional como en la moderna guerra híbrida, con el objetivo de analizar las debilidades y fortalezas que pueden presentar, así como la realización una propuesta de mejora.

A través de una serie de objetivos específicos y una metodología y herramientas establecidos para alcanzarlos, se ha realizado un análisis del inventario actual de simulación (tanto medios como instalaciones) del Tábor Tetuán, comparando este con el propio del Tercio 2º de La Legión (unidad también ubicada en la plaza de Ceuta, de infantería ligera y con características muy similares a Regulares); por otra parte, se ha propuesto un nuevo medio de simulación para el combate en subsuelo, realizando además un estudio de su viabilidad económica para comprobar si fuera factible llevarlo a cabo.

Para todo ello, me he basado ampliamente en las opiniones y consideraciones del personal de la unidad, quienes son los que están en contacto de primera mano con los medios y materiales de simulación.

Por último, se exponen las conclusiones que se han alcanzado mediante el análisis de los resultados obtenidos de los objetivos específicos.

Palabras clave

Las palabras claves y que definen la temática fundamental del trabajo son: simulación, medios, instrucción, circuito, transductor.



ABSTRACT

The present report gathers the research carried out during my PEXT in the Group of Regulars of Ceuta nº 54. From the importance that simulation is acquiring in the instruction of combatants, this work studies the current simulation means used in GREG-54 to recreate possible combat situations, both in conventional combat and in modern hybrid warfare, with the aim of analyzing the weaknesses and strengths they may present, as well as the realization of a proposal for improvement.

Through a series of specific objectives and a methodology and tools established to achieve them, an analysis of the current simulation inventory (both means and facilities) of the Tábor Tetuán has been carried out, comparing it with that of the Tercio 2º de La Legión (unit also located in Ceuta, of light infantry and with very similar characteristics to Regulares); on the other hand, a new simulation means for combat in underground has been proposed, also carrying out a study of its economic viability to check if it was feasible to carry it out.

For all this, I have relied extensively on the opinions and considerations of the unit's personnel, who are those who are in first-hand contact with the simulation means and materials.

Finally, the conclusions reached by analyzing the results obtained from the specific objectives are presented.

Keywords

The keywords that define the fundamental theme of the work are: simulation, means, instruction, circuit, transducer.



INDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	<i>I</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>III</i>
Palabras clave.....	III
<i>ABSTRACT</i>	<i>IV</i>
Keywords.....	IV
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>VII</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>VIII</i>
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	<i>IX</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1 Simulación en las Fuerzas Armadas	1
1.2 Sobre el GREG-54.....	2
1.3 Ámbito de aplicación	2
1.4 Estructura de la memoria:	2
<i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	<i>4</i>
2.1 Objetivos y alcance	4
2.2 Metodología	4
<i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i>	<i>6</i>
<i>4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</i>	<i>9</i>
4.1 Departamento de simulación en el Grupo de Regulares 54	9
4.1.1 Análisis del inventario actual y zonas de instrucción	9
4.1.2 Evaluación de los medios actuales	12
4.2 Grupo de Regulares nº 54 y Tercio Duque De Alba 2º de la Legión.....	14



4.2.1 Comparativa entre los simuladores de tiro NOPTEL y BEAMHIT STS	14
4.3 Propuesta de un nuevo sistema de simulación para combate en subsuelo	18
4.3.1 Contexto	18
4.3.2 Propuesta	18
4.3.3. Análisis de la viabilidad económica de la propuesta	23
5 CONCLUSIONES	25
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27



INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Espectro del conflicto.....	6
Ilustración 2: Práctica de Steel Beasts.....	7
Ilustración 3: Cajón de arena.. ..	9
Ilustración 4: Fuerte de Aranguren (Ceuta).....	9
Ilustración 5: Polígono de Combate en Zona Urbanizada de “El Serrallo”	10
Ilustración 6: Equipo completo de protección de CRC.	12
Ilustración 7: Simulador de Tiro Noptel.	15
Ilustración 8: Simulador de Tiro BEAMHIT STS.	17
Ilustración 9: Siluetas Simulador BEAMHIT STS	17
Ilustración 10: Disposición general de los materiales y de un primer circuito en serie elemental que produce que el led emita luz.	21
Ilustración 11: Esquema de conexión de los elementos que forman un transductor electrónico.	21
Ilustración 12: Acoplamiento de una unidad óptica a un rifle y pistola.	31
Ilustración 13: Interfaz de Usuario.....	31



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis DAFO sobre el departamento de simulación.....	13
Tabla 2: Comparativa simuladores NOPTEL y BEAMHIT STS.	17
Tabla 3: Análisis de costes de los materiales.	24
Tabla 4: Organigrama COMGECEU	28
Tabla 5: Organigrama GREG-54.....	29
Tabla 6: Descripción Análisis DAFO	30



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CCZZUU	Combate en Zonas Urbanizadas
Cía	Compañía
CMT	Campo de Maniobras y Tiro
COMGECEU	Comandancia General de Ceuta
CRC	Crowd and Riot Control (control de multitudes y disturbios)
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
DCC	Defensa Contracarro
ET	Ejército de Tierra
FFAS	Fuerzas Armadas
FFCCSE	Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado
GREG-54	Grupo de Regulares de Ceuta nº 54
IED	Improvised Explosive Device (artefacto explosivo improvisado)
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina
PLMM	Plana Mayor de Mando
PEXT	Prácticas Externas
Sc.	Sección
Sgto.	Sargento
Sgto 1º	Sargento Primero
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TTPs	Tácticas, técnicas y procedimientos



1 INTRODUCCIÓN

1.1 Simulación en las Fuerzas Armadas

La mejor manera de instruir cualquier unidad del Ejército de Tierra es conseguir que su personal se crea realmente los ejercicios con los que se instruye y, con ello, lograr verdaderamente una mentalidad de combate. En este punto alcanza gran relevancia el tema a tratar en este Trabajo de Fin de Grado, la simulación. El hecho de simular durante los períodos de instrucción un ambiente hostil, con la presencia de posibles enemigos y situaciones lo más realistas posibles a lo que una unidad va a poder enfrentarse provocarán que el personal se vea mucho más motivado, lo que conllevará finalmente una mejor instrucción del combatiente, que es el objetivo final deseado de cualquier cuadro de mando. Se trata, a fin de cuentas, de fortalecer el factor mental para el devenir de la batalla.

Hoy en día la simulación es uno de los instrumentos más ricos que las Fuerzas Armadas pueden emplear para alcanzar un alto nivel de instrucción. Con el término simulación nos referimos a todo esfuerzo destinado a representar el funcionamiento real de un aparato o dispositivo, o bien recrear las condiciones del entorno que pueden desencadenarse en una determinada situación¹.

Los simuladores de instrucción actuales, algunos de los cuales analizaremos más adelante, están logrando alcanzar un muy alto nivel tecnológico y capacidad para reproducir el mundo real, por lo que el Ministerio de Defensa español lleva años intentando aumentar la implantación de nuevos sistemas de simulación con el doble objetivo de mejorar la eficiencia del personal militar y reducir el impacto económico del entrenamiento.

Este último objetivo, el económico, es el principal y que mayor ventaja puede suponer a las unidades, que en los últimos años han acusado negativamente la falta de presupuesto para salir a los campos de maniobras, convirtiéndose los simuladores en indispensables. Los gastos destinados al mantenimiento de estos se limitan al mantenimiento de las máquinas, la actualización de los programas y las compras de licencias o nuevos productos.

Asimismo, el coronel José Martín Llamas, Jefe de la Sección de Simulación del MADOC², enumeró en abril de 2018, una serie de razones que justifican este aumento de importancia que se le está dando a la simulación³, ya que permite:

- Racionalizar el empleo de los medios, su deterioro y desgaste.
- Incrementar la variedad y el estímulo en el aprendizaje, al poder simular un mayor número de escenarios y situaciones diferentes.
- Incrementar la protección del personal militar, ya que con los simuladores se reduce las probabilidades de accidente.

¹ Ver Bibliografía: Bueno Sevilla, F. *Simulador de combate terrestre*.

² Mando de Adiestramiento y Doctrina, con sede en Granada, es el órgano encargado de dirigir todos los asuntos del Ejército de Tierra concernientes a la Enseñanza, Instrucción y Adiestramiento, Evaluación operativa de las Unidades, Investigación y Doctrina.

³ Ver Bibliografía: Col. Martín Llamas, J. (2018). *Simulación en el ámbito del Ejército de Tierra*.



-Reducir el impacto medioambiental, propósito que ha ido adquiriendo una mayor importancia en estos últimos años.

Una vez comprobada la importancia que está adquiriendo la simulación, se entiende la dedicación que cada vez más se le está dando a los departamentos de simulación en las unidades. He aprovechado mi estancia en el Grupo de Regulares de Ceuta nº 54 para poder ver de qué medios se disponen en este departamento, así como la manera en que trabaja y se moderniza según las necesidades del combate.

1.2 Sobre el GREG-54

El Grupo de Regulares nº 54 pertenece a la Comandancia General de Ceuta⁴. En sus orígenes, las Fuerzas Regulares fueron creadas como fuerza de choque de extrema vanguardia en la Guerra del Rif (también conocida como Segunda Guerra de Marruecos, 1911-1927), convirtiéndose rápidamente en un cuerpo de élite del Ejército Español. Así lo atestiguan las numerosas recompensas con las que han sido premiadas, siendo en la actualidad la unidad más condecorada de nuestras Fuerzas Armadas, con 18 cruces laureadas de San Fernando (colectivas), 61 medallas militares (colectivas), 55 cruces laureadas de San Fernando (individuales) y 208 medallas militares (individuales).

En la actualidad el Grupo se compone de una Plana Mayor de Mando (PLMM) y el Tábor Tetuán nº 1, siendo una unidad de infantería ligera, operativa, moderna, de total disponibilidad y muy motivada. A su vez, el Tábor se compone de tres Cías. de fusiles, una Cía. de Mando y Apoyo y una Cía. de servicios.⁵ El estudio del trabajo y las labores de investigación se han llevado a cabo en la 2º Cía., la "Indígena".

1.3 Ámbito de aplicación

La aplicación de este TFG está orientada a todo departamento de simulación de las unidades de cualquier especialidad fundamental del Ejército de Tierra. El hecho de que muchos de los simuladores de armas sean comunes en las diferentes unidades, independientemente de si pertenecen a Infantería, Caballería o Ingenieros, hacen que las comparaciones y conclusiones obtenidas para la realización de esta memoria sean útiles para todas ellas. De la misma manera, la propuesta sobre un nuevo sistema de simulación que se desarrollará como objetivo final del TFG también puede ser empleada por cualquier unidad.

1.4 Estructura de la memoria:

Para facilitar la comprensión y lógica del discurso, las partes de las que se compone el trabajo son:

⁴ Ver Anexo 1: Organigrama de la Comandancia General de Ceuta

⁵ Ver Anexo 2: Organigrama del Grupo de Regulares de Ceuta nº 54.



- **Introducción:** donde se ha reflejado la importancia que tiene en las FFAA el tema del que trata el TFG, la simulación, así como las posibilidades que puede ofrecer en la instrucción. Además, se incluye una breve explicación sobre la unidad de la que he formado parte, el GREG-54, y, por último, el ámbito de aplicación donde puede ser útiles las conclusiones y propuestas que se desarrollan en la memoria.

- **Objetivos y metodología:** se expresa el objetivo general que se pretende alcanzar en el trabajo, así como cada uno de los objetivos específicos en los que se desglosa este y que son necesarios para su consecución. En este apartado se explica también la metodología utilizada para cumplir los objetivos propuestos.

- **Antecedentes y marco teórico:** se incluyen los fundamentos del tema a investigar, es decir, el combate híbrido y su simulación, así como los diferentes tipos de simuladores que existen, con el objetivo de dar a conocer el significado de este concepto antes de entrar en el desarrollo del trabajo.

- **Desarrollo: análisis y resultados.** Es el apartado más extenso, ya que es donde se expone el cuerpo fundamental del trabajo; en epígrafes homogéneos y numerados se presenta el análisis que se ha realizado del departamento de simulación del GREG-54, una comparación entre los medios de Regulares y los de La Legión de Ceuta, la propuesta de un nuevo sistema de simulación en combate en subsuelo y el análisis de la viabilidad económica de su implantación en la unidad.

- **Conclusiones:** se expresa en qué modo se han logrado cada uno de los objetivos específicos, y las conclusiones particulares que se obtiene de cada uno de ellos. Por último, se valora si se ha llegado a alcanzar el objetivo general propuesto en el TFG.

- **Referencias bibliográficas:** Aparecen las fuentes consultadas y utilizadas para la investigación en relación con algún elemento mencionado en el texto, con el fin de garantizar la rigurosidad y el carácter científico de la publicación.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 Objetivos y alcance

El objetivo general de este trabajo será estudiar los medios de simulación actuales de la compañía de fusiles del GREG-54 en la que he estado encuadrado durante mis PEXT y, con ello, plantear un nuevo medio para su mejora y optimización. Para este fin, se han marcado una serie de objetivos específicos:

1. Analizar y evaluar el inventario de medios de simulación actuales, tanto reales como virtuales, con los que cuenta el Tábor Tetuán.

2. Comparar las diferencias que puedan existir en los materiales empleados para la ambientación de los ejercicios tácticos entre la Legión y Regulares, dos unidades de infantería ligeras que operan y trabajan de manera muy similar. De la misma manera, se realizará una comparativa de ventajas e inconvenientes entre el simulador utilizado en Regulares, el NOPTEL, y el de la Legión, el BEAMHIT STS.

3. Proponer un nuevo medio de simulación para combate en subsuelo, que consiste en un IED⁶ simulado, formado por un plato de presión, una batería y un altavoz o linterna. El funcionamiento del circuito y material necesario para su montaje serán explicados con más detalle en el capítulo de desarrollo.

4. Realizar un estudio de la viabilidad económica, calculando el precio estimado de la propuesta. También se tendrá en cuenta la mano de obra requerida de la tropa en la aplicación de los nuevos medios, en detrimento de su tiempo de instrucción.

Por otra parte, el alcance del trabajo será llevar a cabo estos objetivos específicos, por lo que tendrá como hito principal haber podido obtener toda la información y referencias necesarias antes de que finalice mi estancia en Ceuta, ya que de lo contrario será mucho más difícil recopilar los datos. Si esto es posible, se podrán cumplir los objetivos específicos incluso cuando las PEXT hayan finalizado.

En cuanto a las restricciones que ha presentado el proyecto, la más importante ha sido la falta de personal disponible que había en la unidad durante el periodo de prácticas, bien porque se encontraban de vacaciones a principio del mes de septiembre o porque la unidad al completo se marchó a Madrid para el desfile militar del día de las FFAA (12 de octubre). Esto supuso un gran inconveniente, ya que gran parte del trabajo estaba basada en recopilar del personal de la unidad sus opiniones y consideraciones sobre los medios de simulación.

2.1 Metodología

Para la consecución de los objetivos enumerados anteriormente, a continuación, se va a describir los métodos que se han utilizados para recopilar la información y/o datos necesarios:

⁶ Improvised Explosive Device (artefacto explosivo improvisado): dispositivo explosivo usado frecuentemente en la guerra no convencional o guerra asimétrica por fuerzas terroristas o guerrillas.



1. Para lograr el primer objetivo, se visitará los departamentos de simulación de las 3 cías de fusiles y la Cía de MAPO (esta última cuenta en su gran mayoría con medios de simulación virtuales). Por una parte, se reflejará los medios e instalaciones de los que se disponen, y por otra se realizará un análisis para evaluar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de estos.

2. Para el segundo, se acudirá al Tercio «Duque de Alba», 2.º de La Legión, también ubicado en la ciudad de Ceuta, donde se observará el departamento de simulación y se examinará el simulador BEAMHIT STS.

3. Tercero, se contactará con el personal experto en IEDs del Tábor, para recoger información sobre los últimos artefactos explosivos encontrados en áreas de operaciones y su funcionamiento.

4. Cuarto, se consultará en una tienda en la que se puedan adquirir los materiales necesarios para la realización de la propuesta (por ejemplo, una ferretería de la zona) sobre su precio estimado, y una vez obtenido el total, se consultará al capitán jefe de la cía. si es viable económicamente el proyecto con los recursos propios.

Los métodos empleados para la consecución de los cuatro objetivos son en su gran mayoría cualitativos, mediante entrevistas con personal encargado y conocedor de los temas a investigar, observación directa de los medios y estudio de los diarios de campo.



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

El título del Trabajo hace referencia a la instrucción ante un enemigo híbrido, y dado que este término puede suscitar dudas a quien no esté familiarizado, en este apartado se intentará aclarar su significado.

El combate híbrido hace referencia a una forma de confrontación donde se combinan acciones militares convencionales (enfrentamiento abierto entre fuerzas regulares) con combate irregular (combate en zonas urbanizadas, combate en subsuelo, etc.). Este modo de hacer la guerra suele ser consecuencia de una relación asimétrica entre los actores que se enfrentan, gozando a priori uno de ellos de una ventaja militar convencional superior, por lo que el otro actor procurará evitar un choque directo (Col. Gutiérrez De León, 2019).

El enemigo híbrido también se caracteriza por llevar a cabo acciones no militares basadas en una estrategia de desestabilización del adversario, con el objetivo de debilitar, además del poder militar, el poder diplomático, económico y social. Para ello, tratará de influir en la población (opinión pública) y en las decisiones políticas del adversario.

Por otra parte, es necesario mencionar que la amenaza híbrida está presente en todas las regiones del espectro del conflicto⁷, entendiéndose este como un guion de cuando se realizan los diferentes tipos de operaciones⁸ según el grado de violencia del conflicto: paz, crisis, conflicto armado y, por último, guerra (ver Ilustración 1).

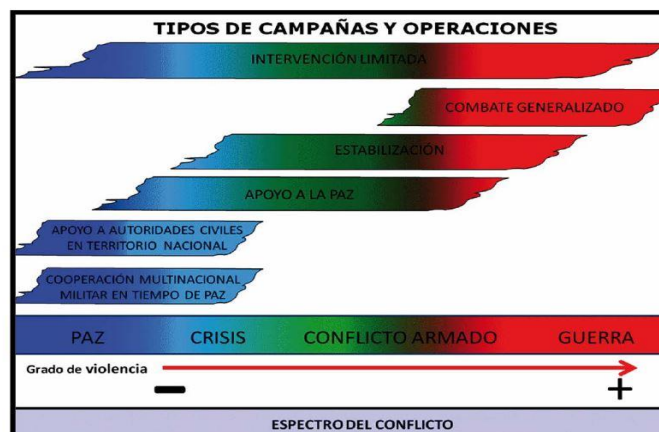


Ilustración 1: Espectro del conflicto. Fuente: Manual AGM-CM-004.

Asimismo, la aparición de este nuevo tipo de conflicto armado ha hecho necesario que las diferentes unidades del Ejército de Tierra innoven nuevos medios de simulación que no solo logren ambientar el clásico combate convencional, sino también la lucha contra la insurgencia (construcción de edificaciones para poder practicar combate en zonas urbanizadas, instrucción para la realización de checkpoints, etc.).

⁷ Ver Bibliografía: AGM-CM-004. Táctica y Logística III. Espectro del conflicto.

⁸ Existen seis tipos de operaciones: Combate generalizado, Estabilización, Apoyo a la paz, Intervención limitada, Apoyo a autoridades civiles en territorio nacional, Cooperación multinacional militar en tiempo de paz. AGM-CM-004. Táctica y Logística III.



En relación con la simulación, y antes de entrar de lleno en el cuerpo fundamental del trabajo, es importante dejar clara la diferencia entre los tipos de simuladores que existen según su naturaleza⁹:

-Simuladores reales o en vivo: Se opera con los sistemas de armas reales, y se simulan los resultados de los enfrentamientos. Dentro de este ámbito también se incluye todos los materiales de ambientación que se pueden utilizar en un ejercicio táctico. Algunos ejemplos pueden ser los simuladores de tiro Noptel, Victrix o el Beamhit STS, de los que he aprovechado mi estancia en la unidad para realizar una comparativa entre ellos, que se mostrará en el apartado de desarrollo de la memoria.

-Simuladores virtuales: Los usuarios operan sistemas de armas simulados. Entre ellos podemos encontrar los simuladores virtuales de helicópteros, de carros y vehículos de combate, o los de artillería y misiles. La Sc. de Defensa Contracarro (DCC) del Grupo de Regulares nº 54 en la que he estado integrado empleaba para su instrucción los simuladores de misiles SPIKE IDT, ODT Y MT, que pertenecerían a esta categoría.

-Serious games: Se trata de juegos comerciales adaptados a las necesidades militares y apoyado en un hardware comercial. El ejemplo más claro es el Steel Beasts (ver Ilustración 2), el cual he tenido la oportunidad de ver su funcionamiento en el Regimiento de Caballería nº 3 de Ceuta. Este videojuego es capaz de crear un entorno virtual, con una entidad virtual y ofrecernos cualquier medio (apoyo aéreo, apoyo blindado, apoyo de transporte, etc.) o cartografía deseada (campo de maniobras de San Gregorio, de Alijares o incluso la ruta Lithium de Afganistán).



Ilustración 2: Práctica de Steel Beasts. Fuente: www.ejercito.mde.es

-Simuladores constructivos: Unidades simuladas operan sobre teatros simulados. El Simulador Constructivo del Ejército (SICONET) ofrece capacidades desde guerra convencional hasta operaciones de mantenimiento de paz. Su mayor ventaja es su capacidad de conexión con otros simuladores y otros sistemas de mando y control.

⁹ Col. Martín Llamas, J. (2018). *La simulación en el ámbito del Ejército de Tierra*.



Al conocer ya el concepto de guerra híbrida y los diferentes tipos de simulación existentes, se puede iniciar la presentación de los datos más relevantes que se han obtenido del proceso de estudio para la realización del trabajo, así como la argumentación de las ideas principales y secundarias del mismo.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Departamento de simulación en el Grupo de Regulares 54

4.1.1 Análisis del inventario actual y zonas de instrucción

La amplia variedad de ejercicios en los que se instruye un soldado regular en Ceuta hace necesario que los departamentos de simulación de dicha unidad ofrezcan medios de lo más diverso posible. Tras haber visitado estos departamentos con los encargados de simulación de las compañías que forman el Tábor (siendo este el primer objetivo específico), a continuación, se presentan las áreas a las que los regulares dedican especial atención, primeramente explicando los materiales y simuladores de los que está compuesta y posteriormente las zonas donde se realiza:

-Combate convencional: para simular las posiciones defensivas que se suelen atacar en este tipo de conflicto, el Tábor cuenta con alambradas de espino, sacos terreros, picos y palas, paneles de colores y, por último, cintas de balizar para representar los ramales (comúnmente conocidas como trincheras) que conectan los pozos en una posición defensiva. Asimismo, se tiene a disposición un arcón con materiales para la realización de un cajón de arena. Esta es una herramienta utilizada por las unidades militares (ya desde tiempos del imperio romano) para simular las operaciones y estrategias que posteriormente se han de llevar a cabo sobre el teatro de operaciones; se trata de una simulación tridimensional a pequeña escala, y a la vez mucho más realista que un mapa o un plano, que permite recrear la orografía del terreno, las posiciones propias, las enemigas, los medios disponibles y el despliegue a ejecutar, facilitando al mando la explicación de las órdenes y los conceptos de operación de una forma práctica (ver Ilustración 3). Por otra parte, en cuanto a las zonas de instrucción, al no contar Ceuta con un campo de maniobras propiamente dicho, la instrucción se realiza en las zonas boscosas y montañosas con las que cuenta la ciudad, aprovechando cualquier posibilidad que ofrezca el terreno y el entorno. Un ejemplo es la utilización de los fuertes neomedievales¹⁰ que rodean Ceuta para realizar los asaltos y defensas de las POSDEF (ver Ilustración 4).



Ilustración 3: Cajón de arena.
Fuente: www.ejercito.mde.es



Ilustración 4: Fuerte de Aranguren (Ceuta).
Fuente: Google Images

¹⁰ Los Fuertes Neomedievales son un complejo de fortificaciones situados en la zona montañosa que cierra la península de Ceuta en su frontera con Marruecos.



-Instrucción de tiro: entre los materiales se pueden encontrar corchos sobre los que colocar los blancos, siluetas de diversos tipos (a modo de diana circular o de figura humana) y globos de varios colores para poder realizar incidencias; cabe destacar que, a modo de pies para sujetar los corchos, los regulares reciclan las cajas de munición gastadas, lo que es realmente efectivo ya que alarga su vida útil. Respecto a los simuladores de tiro, se puede hacer uso de los simuladores Noptel, Victrix o el Beamhit STS. En relación con las zonas para la realización del tiro, el GREG-54 puede demostrar su alto grado de instrucción en los ejercicios de tiro instintivo o de precisión con el fusil de asalto HK 5,56 mm en hasta 3 campos de tiro distintos en todo Ceuta (campo de tiro de “El Serrallo”¹¹, campo de tiro del Regimiento de Ingenieros nº 7 de Ceuta y campo de tiro de “El Renegado”). A pesar de pertenecer a distintas unidades, estas instalaciones pueden ser utilizadas por cualquier unidad de la plaza, previa solicitud a la COMGECEU. Este uso común es bastante frecuente, y fomenta que todas las unidades de Ceuta se instruyan en los diversos medios y simuladores existentes, al igual que con las instalaciones de instrucción en CCZZUU, subsuelo y campos de tiro con los que cuenta Ceuta.

-Combate en zonas urbanizadas: mochila de herramientas con hacha, cizalla y halligan¹², gancho araña, ariete, escalera telescópica y manjo de paineles (para indicar por donde progresa nuestro avance o la ubicación de un herido, entre otras funciones). En cuanto a instalaciones, el GREG-54 suele realizar la instrucción en combate en zona urbanizada en ambiente asimétrico en el Polígono de Combate en Zona Urbanizada de “El Serrallo” (ver Ilustración 5). Este consta de una amplia zona de edificios, a modo similar a las estructuras encontradas en las actuales misiones internacionales, con un total de 33 viviendas, una zona de mercado, una glorieta, un parking y una casa de goma¹³. Además, existe la posibilidad de que el Regimiento de Ingenieros de Ceuta continúe con la ampliación de la urbe.



Ilustración 5: Polígono de Combate en Zona Urbanizada de “El Serrallo”. Fuente: www.ejercito.mde.es

¹¹ El Acuartelamiento Serrallo-Recarga pertenece al Tercio Duque De Alba 2º de la Legión.

¹² Halligan es una herramienta especial usada por los bomberos y fuerzas policiales. Consiste en una garra, una hoja y un pico, que es especialmente útil para la apertura rápida de diversos tipos de puertas.

¹³ Edificación para realizar CCZZUU, con la peculiaridad de que cuenta con paneles móviles que se pueden modificar en su interior para generar diferentes situaciones en combate.



-Checkpoint: se trata de un puesto de registro militar que permite controlar el tráfico, en busca de cualquier sospechoso o posible amenaza. Los materiales disponibles para su simulación son señales de límites de velocidad, conos de diferentes tamaños, linternas señalizadoras, chalecos reflectantes, espejos telescópicos (para revisar los bajos del vehículo) y cadena de pinchos anti-huída. La instrucción en checkpoints es esencial para las unidades, ya que es un cometido que se lleva bastante a cabo cuando se está desplegado en misiones en el exterior.

-Orientación y topografía: dado que, como se ha mencionado anteriormente, no existe campo de maniobras como tal, no se suelen realizar recorridos topográficos, sino que los cuadros de mando preparan carreras de orientación para la instrucción en topografía. Estas son pruebas a contrarreloj en las que hay que llegar a la meta pasando por una serie de controles o balizas. Los únicos elementos permitidos son un mapa y una brújula, y no existe un trazado marcado de principio a fin, sino que cada corredor diseña su propio recorrido. Con ello, se pretende estimular la inteligencia, así como la orientación y la forma física. Para su organización, el GREG-54 dispone de una amplia cantidad de balizas, con sus respectivos punzones para marcar el código, y grapadoras para fijar dichas balizas al elemento del terreno deseado.

-CRC¹⁴: Debido a la cercanía con la frontera con Marruecos y los recientes asaltos masivos a la valla de Ceuta, adquiere gran relevancia para las unidades ubicadas en la plaza ceutí conocer y ejecutar los procedimientos de CRC, consistentes en ejercicios de control de masas en apoyo a las FFCCSE. Sin ir más lejos, en el asalto a la valla del pasado mes de mayo que provocó la entrada masiva de unas 8000 personas, tanto Regulares como la Legión fueron desplegadas en el espigón fronterizo del Tarajal y Benzú, realizando una labor vital para las labores de control de las calles de la ciudad.¹⁵

En cuanto a medios, el Grupo de Regulares 54 cuenta con la totalidad de equipos de protección de CRC de la Comandancia (100 en total), pudiendo hacer uso de ellos cualquier unidad de Ceuta que lo solicite. Un equipo de protección cuenta con: casco, chaleco, coderas, guantes, espinilleras, escudo, defensa (comúnmente conocido como porra) y esposas. En caso de ser el fusilero encargado de lanzar las pelotas de goma, también llevará la bocacha especializada para ello (ver Ilustración 6).

¹⁴ Crowd and Riot Control (Control de multitudes y disturbios).

¹⁵ Martín, M y Varo, L. (18 de mayo de 2021). El ejército se despliega para controlar Ceuta tras la entrada de más de 8000 inmigrantes. *El País*.



Ilustración 6: Equipo completo de protección de CRC. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2 Evaluación de los medios actuales

A través de entrevistas al personal encargado de simulación del GREG-54, se ha recopilado las opiniones que estos tienen sobre el estado de los medios actuales, así como las ideas que se pueden implantar para su mejora, dando lugar a un análisis DAFO (ver Anexo 3). Con ello se recogen las debilidades, amenazas, fortalezas y posibles oportunidades del departamento de simulación, tanto de los medios, simuladores e instalaciones que se emplean para la instrucción.

El resultado del proceso se recoge en la siguiente tabla:

Debilidades	Amenazas
<p>D-1) El dinero destinado al departamento de simulación es siempre escaso, por lo que muchos de los medios se encuentran ya desgastados y deteriorados (un ejemplo son los maltrechos corchos para el tiro o las linternas señalizadoras del checkpoint fracturadas).</p> <p>D-2) Al no poseer campo de maniobras, no existen posiciones defensivas ya edificadas donde realizar combate en ramales, y su simulación mediante cintas de balizar es bastante pobre, ya que no permite ocultar los pozos enemigos, negando la sorpresa.</p>	<p>A-1) El buen funcionamiento del departamento depende de la implicación e interés de sus miembros, por lo que existe la amenaza de que alguno de ellos simplemente se limite a hacer lo mínimo e indispensable, perjudicando al departamento.</p> <p>A-2) La obligación de que se utilicen solo materiales de dotación proporcionados por el Ejército, negando los medios de iniciativa propia.</p>
Fortalezas	Oportunidades



<p>F-1) El hecho de que los medios, simuladores e instalaciones se compartan entre las unidades de la Comandancia supone la mayor fortaleza con la que cuenta el GREG-54.</p> <p>F-2) Como se ha comprobado en el apartado anterior, los regulares se instruyen en una amplia diversidad de ejercicios, lo que permite una gran variedad de materiales y medios.</p>	<p>O-1) El equipo de tiradores de la unidad acudirá próximamente a una competición de su disciplina a nivel nacional¹⁶, completamente civil, que permitirá que se aporten nuevas ideas de simulación de blancos para la instrucción del tiro.</p> <p>O-2) Que todo el personal que lo desee se implique en la mejora y creación de nuevos materiales de simulación, potenciando el interés en la instrucción, así como en el cuidado y mantenimiento de los medios.</p>
--	--

Tabla 1: Análisis DAFO sobre el departamento de simulación. Elaboración propia.

Haciendo balance sobre la anterior tabla, se llega a la conclusión que el peso de las fortalezas y oportunidades es mucho mayor que el de las debilidades y amenazas, y a continuación pasa a explicarse las razones:

Con respecto a las debilidades, D-1 (*El dinero destinado al departamento de simulación es siempre escaso*) hace referencia a una cuestión económica que se escapa a nuestro alcance, siendo España uno de los países de la OTAN con menor gasto en defensa¹⁷. Por otra parte, D-2 (*simulación de ramales mediante cintas de balizar*) es un método que todavía sigue dejando mucho que desear y que, a pesar de existen propuestas de nuevos sistemas¹⁸, se sigue empleando en la mayoría de las unidades.

En cuanto a las amenazas, A-1 (*amenaza por posible falta de implicación e interés de sus miembros*) presenta una probabilidad muy baja, ya que el nivel de motivación y profesionalidad del personal del GREG-54 es muy elevado, dedicándole mucho empeño al departamento de simulación. Para A-2 (*La obligación de que se utilicen solo materiales de dotación proporcionados por el Ejército*), también su probabilidad es escasa, ya que en las Unidades se suele potenciar la utilización de material y equipos propios.

Acerca de las fortalezas, F-1 (*compartición de medios e instalaciones en la COMGECEU*), es una ventaja de que no todas las unidades pueden gozar (esto es habitual únicamente en las Comandancias Generales) y que supone que Regulares pueda disfrutar de gran variedad de posibilidades. Sobre F-2 (*amplia diversidad de medios*), ofrece a los cuadros de mando de la unidad poder realizar cualquier tipo de ejercicio sobre el que se pretenda hacer instrucción.

En relación con las oportunidades, O-1 (*participación en una competición civil de tiradores de precisión*) es una ocasión magnífica para observar los medios de simulación que se emplean en un ámbito completamente diferente como es el civil. Respecto a O-2

¹⁶ PRS ESPAÑA: Precision Rifle Series Spain.

¹⁷ Martínez, S. (16 de marzo de 2021). España mejora en gasto militar, pero sigue a la cola de los países de la OTAN. *El Periódico*.

¹⁸ García-Conde Dañobeitia, J.A. (2019). *Estudio de la viabilidad de la implantación de nuevos métodos de simulación en una compañía de fusiles*. Trabajo. Centro Universitario de la Defensa.



(Que todo el personal que lo desee se implique en la mejora y creación de nuevos materiales de simulación), se trata de una oportunidad idónea que, dada las características del personal de Regulares, se debe aprovechar lo máximo posible.

Tras estos resultados del análisis de los de medios actuales, queda concluido el primer objetivo específico que se había propuesto.

4.2 Grupo de Regulares nº 54 y Tercio Duque De Alba 2º de la Legión

El segundo objetivo consistía en comparar las diferencias que puedan existir en los materiales empleados para la simulación entre la Legión y Regulares. Ambas son unidades de infantería ligera que constituyen los núcleos principales de la defensa inmediata de la zona de Ceuta. Del mismo modo, están preparadas para operar en todo tipo de terrenos (zonas desérticas, boscosas, urbanizadas, combate convencional) y pueden ser enviadas a cualquier teatro de operaciones en un corto plazo de tiempo, como garantía de disuasión o en acciones de seguridad colectiva o humanitarias (acciones CRC) tanto a nivel nacional como en el marco de una acción internacional.

Es por ello que, la manera de instruirse es muy similar entre ellas, haciendo uso compartido de las mismas instalaciones, zonas de instrucción, campos de tiro y medios disponibles. En ocasiones, incluso llegan a realizar ejercicios tácticos de tipo GAMMA¹⁹ en CMT de la península, que implican maniobras conjuntas de ambas unidades, junto con unidades de otras armas (Caballería, Ingenieros, Artillería y Transmisiones) de la COMGECEU.

Dada esta similitud en las tácticas, técnicas y procedimientos (TTPs) de regulares y legionarios, la principal diferencia que se encontró entre ambas unidades es el simulador de tiro utilizado en Regulares, el NOPTEL, y el de la Legión, el BEAMHIT STS, por lo que se ha realizado una comparativa de las ventajas e inconvenientes que existen entre ambos. Esta confrontación es de gran utilidad para cualquier unidad del Ejército que esté valorando la adquisición de alguno de estos 2 medios, ya que se alcanzan interesantes conclusiones.

4.2.1 Comparativa entre los simuladores de tiro NOPTEL y BEAMHIT STS

Tras acudir al Tercio «Duque de Alba», 2.º de La Legión, ubicado en el Acuartelamiento Serrallo-Recarga de la ciudad de Ceuta, y con la inestimable ayuda del sargento Sergio Vázquez Blanco, se pudo probar de primera mano el funcionamiento del simulador de tiro BEAMHIT STS. Con la colaboración de varios legionarios, se llevó a cabo el montaje y calibrado del sistema, y se realizaron diferentes prácticas de ejercicios de tiro, pudiendo obtener información clave para su estudio.

A continuación, pasan a explicarse ambos simuladores, enumerando además sus ventajas e inconvenientes.

¹⁹ Ejercicios tácticos a nivel Brigada.



➤ Simulador de tiro NOPTEL

Es un simulador de tiro que permite instruir a cualquier tirador (de precisión o combatiente de primera línea), de manera que se observa mediante una interfaz intuitiva qué errores comete éste a la hora de realizar un disparo (Ver Anexo IV). Se trata de un simulador ya implantado en la mayoría de las Brigadas del Ejército de Tierra, con la función de servir como herramienta y complemento a la instrucción de su personal²⁰.

Entre sus principales ventajas se pueden encontrar:

- Su montaje es fácil y relativamente rápido, y permite acoplarse sobre cualquier arma (fusiles de precisión o de asalto, con la excepción de pistola, existiendo uno específico para ello. Ver Anexo IV).
- Presenta diferentes funcionalidades según el tipo de tirador que se instruya: reactivo (tirador instruido en tiro de combate, lo que implica mayor rapidez, pero menos precisión), parado (tirador de precisión, quien necesita un mayor tiempo para realizar el tiro, lo que conlleva mayor precisión) y mejorado (mezcla entre las dos funcionalidades anteriores).
- NOPTEL permite el tiro dinámico, es decir, realización del tiro con blancos en movimiento, a través de unos prismas ópticos que están incluidos en el sistema. Pueden realizarse tiros de hasta 600 metros de distancia.
- El simulador permite que, al mismo tiempo, varios tiradores hagan fuego sobre diferentes siluetas, siempre y cuando existan varios sistemas NOPTEL, ya que cada sistema lleva asociado un tirador (ver Ilustración 7).

En el aspecto negativo, el sistema puede dar fallos en el calibrado del arma, al no homogeneizar correctamente el cañón con el sistema; igualmente, se producen fallos cuando se aumenta la distancia del tiro a más de 200 metros, lo que supone un gran inconveniente para los equipos de tiradores de precisión, que suelen instruirse con distancias mucho mayores.



Ilustración 7: Simulador de Tiro Noptel. Fuente: www.ejercito.mde.es

²⁰ Ver Bibliografía: NOPTEL ST-2000. Manual de Usuario NOS 4.2. Finlandia.



➤ Simulador de tiro BEAMHIT STS

Es un simulador cuyo principal objetivo es el desarrollo de las habilidades y entrenamiento de los tiradores de precisión²¹. De manera similar al NOPTEL, el disparo es simulado por un láser montado sobre el cañón del arma y el resultado es revisado a través del monitor de un ordenador (ver Ilustración 8).

Entre sus principales ventajas se pueden encontrar:

- Es un entrenador compatible con cualquier arma de francotirador (el Ejército de Tierra cuenta el fusil *Barrett*, de calibre 12,70 mm y con un alcance eficaz de 1.500 metros, y el fusil de precisión *Accuracy*, de calibre 7,62 mm con un alcance eficaz de 600 metros).
- Contiene la función “Auto-Cero” que homogeneiza de forma precisa el láser con el arma.
- Desde el monitor, con el modo *seguimiento* se puede observar un gráfico que muestra el movimiento de los planos vertical y horizontal que realiza el arma debido a las acciones del tirador, ya sea debido a su respiración o a la presión que ejerce sobre el disparador. Esta herramienta es muy útil, ya que facilita el análisis de las deficiencias del tirador.
- El retículo de distancia MIL-DOT que incorpora el sistema ofrece la capacidad de entrenar la estimación de distancias sin necesidad del arma. Este es un ejercicio muy productivo para el observador del binomio de tiradores.

Respecto a sus desventajas, se pueden mencionar:

- Su montaje es complicado y requiere de un largo tiempo (en torno a 20-25 minutos), y solo permite acoplarse sobre fusiles de precisión. Además, muchas veces su montaje es problemático ya que el cable de conexión desde el arma al blanco (de una longitud aproximada de 50 metros) da constantemente errores.
- El ordenador viene configurado en inglés, al igual que las unidades de medida vienen en yardas, sin existir la posibilidad de modificarlo.
- El simulador solo permite al mismo tiempo un único tirador, por lo que no se puede acudir con el equipo de tiradores al completo, ya que no sería práctico.
- BEAMHIT STS no permite la posibilidad de introducir blancos en movimiento, y las imágenes de las siluetas son irreales y anticuadas, por lo que no da la sensación de estar haciendo fuego sobre un objetivo (ver Ilustración 9).
- Para usar el sistema en modo “indoor” se necesita una sala amplia, de mínimo unos 50 metros (la longitud aproximada del cable de conexión), y el modo “outdoor” suele dar problemas con el láser.

²¹ Ver Bibliografía: MADOC. DIDOM. Entrenador de Tiradores de Precisión (STS). Granada.



Ilustración 8: Simulador de Tiro BEAMHIT STS. Ilustración 9: Siluetas Simulador BEAMHIT STS. Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla recoge las principales diferencias directas que existen entre los dos simuladores, con el propósito de facilitar la comparación entre ambos:

	NOPTEL	BEAMHIT STS
1. Tipo de arma sobre el que se acopla	Fusiles de asalto/ Fusiles de precisión	Fusiles de precisión
2. Modalidades de tiro	Tiro de combate/Tiro de precisión/ Mixto	Tiro de precisión
3. Montaje	Fácil y rápido	Complicado y largo tiempo (20-25 mins)
4.Posibilidad de blancos en movimiento	Sí	No
5. Varios tiradores en simultáneo	Sí	No
6.Homogeneización sistema-arma	Suele dar fallos	Muy precisa con la función "Auto-Cero"
7. Distancia	Errores a más de 200 metros	Cualquier distancia al alcance del fusil de precisión
8. Seguimiento del tirador	No	Sí, facilita el análisis de las deficiencias del tirador
9. Interfaz	Muy intuitivo	Configuración en inglés. Dificil interpretación

Tabla 2: Comparativa simuladores NOPTEL y BEAMHIT STS. Elaboración propia.



A modo de conclusión de este apartado, ambos simuladores pueden ser una herramienta interesante para complementar la instrucción de un tirador, sin embargo, nunca será un sustituto perfecto del tiro real.

En caso de querer realizar instrucción con ellos, será necesario programar con suficiente antelación la actividad, para que el instructor pueda realizar un montaje y una calibración correcta y de ese modo la instrucción sea lo más eficaz posible. Asimismo, como se ha mencionado ya anteriormente, dado el tiempo que se emplea en el montaje y calibrado del sistema, no se recomienda su uso frecuente y que simplemente se enfoque como un complemento a la instrucción.

4.3 Propuesta de un nuevo sistema de simulación para combate en subsuelo

4.3.1 Contexto

La simulación ha quedado patente que forma una parte fundamental en la instrucción de cualquier combatiente del Ejército de Tierra, ya que a través de ella se logra alcanzar la mentalidad de combate. Si se desea desarrollar una fuerte mentalidad de combate en nuestros soldados, el primer paso necesario es la actitud: es esencial motivar al personal mediante situaciones lo más realistas posibles, y eso se consigue gracias a la simulación.

Dado que el combate híbrido es una de las formas de enfrentamiento más extendidas en los actuales teatros de operaciones, se ha decidido diseñar un medio de simulación que, ajustándose a un presupuesto razonable y asumible, consiga una simulación lo más real posible a un IED como el que puede encontrarse en combate en subsuelo. Para ello, ha sido esencial la colaboración del sgt. De La Fuente, de la 4º Cía del GREG-54 y gran conocedor del montaje y funcionamiento de IEDs, cuya participación ha sido clave en la elaboración de la propuesta.

4.3.2 Propuesta

El segundo objetivo específico trataba de proponer un nuevo medio de simulación para combate en subsuelo, que consistía en un IED simulado, formado por un plato de presión, una batería y un altavoz o linterna. Para el montaje del circuito se ha decidido optar por la utilización de un diodo led²² que ilumine a modo de linterna, ya que en combate en subsuelo predomina la oscuridad, y puede ser lo que más sorprenda a un combatiente.

Ahora se pasará a explicar la parte más técnica de la memoria, consistente en la descripción del circuito del que estará formado.

➤ *Argumentos del diseño y materiales*

Para la realización de la propuesta se empleará un transductor electrónico a modo similar a un activador de minas terrestres. El término *transductor* está formado por tres componentes léxicos latinos: *trans* (de un lado a otro), *ducere* (guiar) y el sufijo *tor* (agente que ejecuta una

²² Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz.)



acción). De esta forma, un transductor es un dispositivo que tiene la capacidad de transformar o convertir una determinada manifestación de energía que recibe como entrada, en otra forma diferente que entrega como salida.

Son varias las razones que justifican la elección de que sea electrónico, respecto de dispositivos mecánicos, ya que son más económicos y tienen una vida útil más larga.

Dada la disposición de las minas terrestres, lo usual es ubicarlas de manera que exista una superficie de contacto sobre la que se ejercerá una fuerza. El *modus operandi* es sencillo: si una fuerza se aplica sobre la superficie de contacto, nuestro dispositivo la traducirá en una señal eléctrica capaz de activar una mina terrestre. En este trabajo la señal de activación será representada por la emisión de luz y que, por tratarse de un dispositivo electrónico, implementaremos mediante un *diodo led*.

Por otra parte, nuestro tipo de transductor se denomina *sensor* y, en particular, como hablamos de fuerzas aplicadas sobre superficies, un *sensor de presión*. Si bien hay muchas clases de tales sensores, buscamos traducir una manifestación mecánica sobre un cuerpo a otra eléctrica.

Para definir los materiales de los que puede estar formado nuestro sensor, debemos estudiar primero que propiedades de la materia pueden responder a las manifestaciones de entrada y salida de las que hemos hablado anteriormente. Por una parte, la manifestación de energía que reciba debe ser tal que logra producir deformaciones respecto a su estado natural²³; en el caso de un sensor de presión, este estado natural es a presión atmosférica. Por otro lado, ya se ha dicho que la manifestación de energía que el transductor debe entregar como salida debe ser eléctrica, por tanto, el dispositivo debe contener un material con propiedades de conducción, inducción o capacidad. Esto da lugar a las tres grandes clases de sensores: resistivos, inductivos o capacitivos. Si queremos conservar la economía y sencillez de tales sensores, esto implica automáticamente la elección de los de la primera clase, resistivos. Finalmente, el material que conforma esta clase de sensores deberá traducir las deformaciones a variaciones de la resistencia o conductividad eléctrica²⁴.

Existen ciertos materiales que tienen precisamente esta propiedad: su resistencia eléctrica y su estado de deformación (respecto de su estado natural a presión atmosférica) están altamente correlacionados, hasta tal punto que incluso existe una relación funcional entre la *presión manométrica*²⁵ sobre su superficie y su resistencia eléctrica. Dicha relación se expresa matemáticamente como una función entre la presión manométrica p y la resistencia eléctrica R ; en esta ocasión se denotará como $R(p)$, de manera que dada una presión manométrica p sobre

²³ El estado de deformación natural es aquel que tiene el cuerpo en ausencia de los factores que se desea medir.

²⁴ La resistividad y la conductividad eléctrica determinan la capacidad que tiene un material de afrontar el flujo de corriente eléctrica: un valor alto de resistividad indica que el material resiste la circulación eléctrica, y viceversa; por otra parte, la resistividad es una magnitud inversa a la conductividad.

²⁵ La *presión manométrica* es la diferencia de presión real sobre la superficie y la presión atmosférica.



la superficie de un material éste responde modificando su resistencia eléctrica $R(p)$ entre dos de sus puntos.

Además, es importante analizar la disposición espacial del dispositivo: se busca que el diseño sea lo suficientemente robusto a movimientos mecánicos, por ejemplo, de vibración, con lo cual es preferible que pueda distribuirse en el plano horizontal y que no conste de partes móviles.

Tras haber analizado todos estos factores sobre el material con el que construir el transductor *deformación-resistencia*, se ha decantado la elección por uno conocido con el nombre de *Velostat* o *Linqstat*, un material conductivo sensible a la presión. Dicho material responde a todos los requerimientos anteriormente analizados, además de su coste relativamente bajo y que puede conseguirse en formato de láminas de un espesor del orden de $10^{-1} mm$ (la décima parte de un milímetro). Si consideraremos una sección de este material, existirán cambios de su resistencia eléctrica R si es sometido a deformaciones causados por una presión manométrica aplicada, p . Este cambio es tal que, si p aumenta, R disminuye, y viceversa, de manera que podemos integrar este material en un circuito en serie con una batería plana y un diodo led (que señalice la presencia o no de un objeto pesado sobre la superficie).

➤ *Acerca del circuito electrónico*

A continuación, se explicará el funcionamiento elemental del dispositivo que hará de señal de activación para la etapa de activación del IED, es decir, el *led*. Se trata de una fuente de luz construida por un material *semiconductor*; Al igual que un resistor, inductor o capacitor, el *led* es considerado un dipolo un elemento con dos terminales de conexión. Esencialmente, si se aplica una diferencia de potencial o tensión adecuada V_f (denominada como diferencia de potencial umbral en polarización directa, *forward*) entre estos terminales, éste libera energía en forma de fotones. Los hay de diversos colores, según el tipo de semiconductor empleado y su tratamiento posterior. El color de la radiación emitida depende, en condiciones termodinámicas (temperatura, presión, etc.) normales, de la tensión V_f . Si la diferencia de potencial aplicada es menor que V_f , la intensidad de la radiación es cero.

En una resistencia, la relación entre la corriente y la tensión entre sus terminales es lineal y tal relación recibe el nombre de *Ley de Ohm*²⁶, mientras que en un *led* la corriente que circula por éste crece exponencialmente con la tensión entre sus terminales. Si la tensión aplicada sobrepasa V_f en una pequeña cantidad, el límite de corriente que el *led* puede soportar puede superarse, pudiendo dañar o destruir el *led*. La solución a este posible problema será el empleo de fuentes de alimentación de intensidad de corriente constante, capaces de mantener la corriente por debajo del valor máximo de la corriente que puede atravesar el *led* sin dañarlo de manera irreversible.

Otra solución posible consiste en colocar una resistencia en serie que limite la corriente circulante. Sin embargo, la alta resistencia de las baterías tipo *botón* (que es la que se emplea en la propuesta), combinada con la alta resistencia diferencial de los *leds*, hace posible alimentar tales ledes como se desee sin necesidad de incorporar una resistencia externa. Si conectamos una batería tipo *botón* (en consonancia con la distribución plana del dispositivo, por ejemplo, el

²⁶ $V = R \times I$, donde V corresponde a la diferencia de potencial, R a la resistencia e I a la intensidad de la corriente



modelo CR2032 de 3V) directamente a un *led* de uso comercial, se verá la emisión de radiación lumínica.

Al conocer ya acerca de los materiales que componen el circuito, se puede exponer ya una disposición general para facilitar su comprensión:

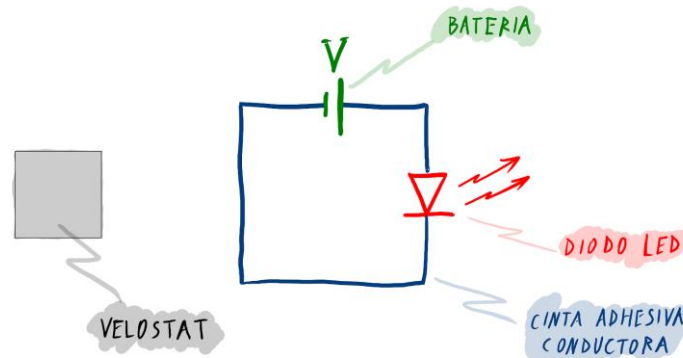


Ilustración 10: Disposición general de los materiales y de un primer circuito en serie elemental que produce que el led emita luz. Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo con el hilo anterior, se estudiará ahora como controlar la tensión entre los terminales del *led* lo que permitirá la emisión o no de luz, según sea la presión manométrica p sobre la superficie de un trozo de material *Velostat*. El camino ya está trazado, pues la tensión en el *led* se controla a través del control de su corriente y ésta, a su vez, por una resistencia en serie. De manera que podemos utilizar la resistencia que impone el propio *Velostat* $R(p)$ en serie con el *led* y la batería, según se muestra en la ilustración 11. En ella puede apreciarse la disposición final de los elementos que conforman nuestro transductor electrónico.

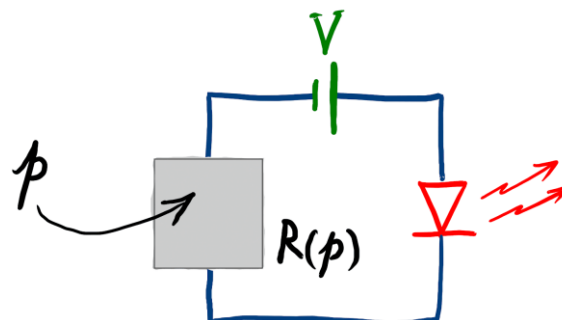


Ilustración 11: Esquema de conexión de los elementos que forman un transductor electrónico. Fuente: Elaboración Propia.

Como se ha explicado, el mecanismo del transductor es tal que la presión manométrica sobre la superficie del *Velostat*, p , se manifiesta en una resistencia $R(p)$, conectada en serie con el *led* y la fuente de alimentación.

El último paso es diseñar y validar los valores de $R(p)$, de manera que si $p=0$ (no exista presión), el valor de $R(0)$ sea tal que la corriente sea muy pequeña, de manera que la tensión sobre el *led* sea inferior a la de su umbral y no se produzca la señal de activación de la mina terrestre. Por el contrario, cuando se aplique una presión p por encima de cierto valor umbral,



llamémosle p^* , la resistencia del *Velostat* decrece, y la corriente circulante permite que la diferencia de potencial sobre el *led* supere la del umbral V_f , produciéndose la señal lumínica de activación de la mina terrestre. En síntesis, tenemos dos regímenes

1. **detección:** $p > p^*$ si y sólo si entonces el *led* estará **encendido**.
2. **no detección:** $p = 0$, o al menos p es muy pequeña, si y sólo si el *led* estará **apagado**.

En la siguiente sección se validará este diseño, comprobando que los valores de la resistencia $R(p)$ tengan sentido físico.

➤ *Análisis y validación numérica del diseño*

1. **Régimen de detección** ($p > p^*$)

Respecto al *led*, la tensión $V_f \in [1.9, 2.1]$ v (*voltios*), y una corriente I que permite alcanzar esta tensión umbral en el *led* está alrededor de los 20mA (*amperios*). De la figura 2, tenemos según la *Ley de Kirchhoff* que

$$V_{R(p)} + V_{led} = V \quad (1)$$

donde $V_{R(p)}$, V_{led} y V son las tensiones que caen en la resistencia, el *led* y que entrega la batería, respectivamente. Aplicando la *Ley de Ohm* en la resistencia $R(p)$, tenemos que

$$V_{R(p)} = I \cdot R(p) \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1) tenemos que $R(p) = (V - V_{led})/I$ de manera que si consideramos $V_{led} = 2$ v, $V = 3$ y $I = 20$ mA, el valor final de $R(p) = 50 \Omega$.

Calculamos ahora la máxima potencia que debe ser capaz de disipar el material *Velostat* en la peor condición, esto es, en régimen de detección, pues es cuando circula una corriente eléctrica más alta, y la potencia viene dada por

$$R(p) \cdot I^2 = 20 \text{ mW}.$$

Según las propiedades del *Velostat*, se trata de una cantidad de potencia que es perfectamente capaz de disipar dicho.

2. **Régimen de no detección** ($p \cong 0$)

Se pretende que $R(0)$ sea suficientemente alta como para que la corriente en serie sea muy inferior a 20 mA y, con ello, impedir la emisión del *led*.

➤ *Lista de materiales necesaria*

La lista de materiales para la construcción del circuito sería:



- Cinta de cobre conductora con adhesivo conductor.
- Batería de celda de moneda de 3V.
- Lámina de plástico sensible a la presión (*Velostat* o *Linqstat*).
- Diodo led.
- Superficie rígida de soporte.

➤ *Acerca de la construcción del transductor*

Para ilustrar la construcción de un transductor electrónico de una manera *diy* (*do it yourself*) o *hágalo usted mismo* podemos citar el capítulo 5º del libro *The Circuit Sticker Sketchbook* (Jie Qi, 2014). Asimismo, en la plataforma Youtube hay un vídeo explicativo de la propia editorial que ilustra de manera sencilla la construcción de dicho dispositivo transductor electrónico ([Circuit Sticker Sketchbook - Chapter 5 \(DIY Pressure Sensor\)](#)).

4.3.3. Análisis de la viabilidad económica de la propuesta

Una vez diseñado el circuito y sabiendo la lista de materiales para su construcción, se procederá a la realización del cuarto y último objetivo específico. Para ello, se realizará un estudio de la viabilidad económica, calculando el precio estimado de la propuesta.

A continuación, se expone un análisis de coste de los materiales:

MATERIAL	PRECIO APROX ²⁷	OBSERVACIONES
Cinta de cobre conductora con adhesivo conductor	3,90 €	Cinta de lámina de cobre de 5mm. Grosor: 0.05 mm. Es cinta conductiva y adhesiva con longitud aprox. de 30 m
Batería de celda de moneda de 3V	1,99€	Pack de 6 pilas de 3V, Tipo botón de litio. Modelo CR2032.
Lámina de plástico sensible a la presión (<i>Velostat</i> o <i>Linqstat</i>)	4,96€+4,90€ (gastos de envío).	Dimensiones: 28x28 cm. Grosor: 0.1 mm No disponible en la tienda consultada (necesidad de pedirlo vía <i>online</i>)
Diodo led	1,32€	Kit surtido de diodos LED de 5mm.

²⁷ Los precios se han consultado en la Ferretería Ruiz, a escasos 150 metros del Acuartelamiento González Tablas, propio del GREG-54.



		Diferentes colores: blanco, verde, rojo, azul, amarillo. 100 unidades.
Superficie rígida de soporte	4,75€	Tablero de madera pequeño. Dimensiones: 30x40 cm Grosor: 10mm

Tabla 3: Análisis de costes de los materiales. Elaboración propia.

De esta manera podemos estimar que la construcción del circuito completo requiere de un presupuesto aproximado de 21,82 € en total, que tras consultarlo con el capitán jefe de la cía., supone una cantidad muy aceptable para la viabilidad económica de la compañía.

Por otra parte, la mano de obra requerida para el montaje del circuito no iría en detrimento del tiempo de instrucción, ya que hay personal encargado expresamente para simulación que serían los responsables de su montaje. Además, con la información proporcionada en el anterior apartado (libro explicativo con imágenes paso por paso o vídeo de Youtube), se comprueba que su montaje es rápido y no consta de excesiva dificultad.

Queda así concluida la propuesta de implementación de un nuevo medio de simulación de combate en subsuelo.



5 CONCLUSIONES

La presente memoria partía con el objetivo general de estudiar los medios de simulación actuales con los que cuenta el Grupo de Regulares nº 54. Para verificar si este se ha logrado, se examinarán primero los objetivos específicos que se propusieron y las conclusiones que se han podido alcanzar de cada uno, y, a partir de ello, se valorará si se ha conseguido el objetivo general.

Con respecto al primero -analizar y evaluar el inventario de los departamentos de simulación- se ha cumplido con amplias expectativas, ya que durante todo el mes de mi estancia en la unidad se probaron durante las jornadas de instrucción de los regulares los medios disponibles para todas las áreas (combate convencional, checkpoint, CRC, CCZZUU, etc.). Se puede concluir que la falta de masa presupuestaria destinada a este departamento queda demostrada en el desgaste y deterioro de los materiales, pero se suple enormemente con el factor de que los medios, simuladores e instalaciones se compartan entre las unidades de la Comandancia, siendo su uso compartido algo muy habitual en la rutina diaria de las fuerzas presentes en Ceuta.

Para el segundo objetivo, y dado que las diferencias entre Legión y Regulares como unidades de infantería son casi inapreciables, lo más productivo fue realizar una comparativa entre el diferente simulador que utilizaban ambas para los ejercicios de tiro, el BEAMHIT STS y el NOPTTEL, respectivamente. A pesar de que estos simuladores nunca podrán sustituir la instrucción que se realiza con fuego real, se concluye que el NOPTTEL ofrece muchas más posibilidades para una compañía de fusiles que su homólogo, ya que permite acoplarse sobre cualquier tipo de arma (el BEAMHIT permite únicamente sobre fusiles de precisión), que varios tiradores hagan fuego sobre diferentes siluetas al mismo tiempo y, por último, su montaje es mucho más rápido y sencillo. Por otra parte, una conclusión extraída para los dos simuladores es que, para que sea eficaz su uso, el instructor pueda debe realizar el montaje y una calibración correcta antes de que llegue la unidad a instruirse, y con ello evitar pérdidas de tiempo innecesarias.

Para el tercer objetivo, se ha diseñado un circuito formado por un plato de presión (Velostat), una batería de celda de moneda de 3V y un led que se ilumina si se ejerce suficiente presión sobre el plato, a modo de simulación de un IED en combate en subsuelo. Dado que, tanto los materiales son fáciles de conseguir como que el montaje del propio circuito no se considera complicado, se concluye que su implementación en la unidad sería muy beneficiosa para ampliar el departamento de simulación. Asimismo, esta propuesta puede también ser aplicada en otras unidades que se instruyan en combate en subsuelo, o modificar el led del circuito por un altavoz o similar y ser empleado para cualquier otro tipo de simulación (por ejemplo, IED al hacer patrullaje a pie).

Sobre el cuarto y último objetivo, tras consultar el precio estimado de los materiales que forman el circuito, se concluye que el presupuesto total de la propuesta realizada es económicamente viable para la compañía. Además, tampoco supondría perder tiempo de instrucción en su realización, ya que personal del departamento de simulación podría encargarse de su montaje.

Para finalizar, y concluir así esta memoria, se estima que el estudio de los medios de simulación del Grupo de Regulares nº 54 ha sido ampliamente satisfactorio, logrando alcanzar el objetivo general del trabajo y obteniendo resultados y conclusiones interesantes que se han expuesto a largo del desarrollo de la memoria. Estas conclusiones son aplicables a cualquier unidad del ET, ya que todo el esfuerzo que se ha puesto en su elaboración tiene la premisa de



innovar y mejorar la simulación en las FFAA y, por ende, la calidad de la instrucción, con el fin último de preparar los mejores soldados.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bueno Sevilla, F. *Simulador de combate terrestre*.
- Col. Martín Llamas, J. (2018). *La simulación en el ámbito del Ejército de Tierra*.
- Col. Gutiérrez De León, B. (2019): *El concepto de lo híbrido: de las amenazas híbridas a la zona gris*.
- AGM-CM-004. Táctica y Logística III. Espectro del conflicto.
- NOPTEL ST-2000. Manual de Usuario NOS 4.2. Finlandia.
- MADOC. DIDOM. Entrenador de Tiradores de Precisión (STS). Granada.
- Qi, J. (2014). *Circuit Sticker Sketchbook*.
- Grupo de Regulares de Ceuta nº 54. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Ceuta/greg54/> [Consultado 05/01/2022].
- Acero, R., Pastor, J., Sancho, J., Torralba, M. (2012). "Calidad en Compras". Apuntes Ingeniería de la Calidad. CUD Zaragoza, Capítulo 6.



Anexo I: Organigrama de la Comandancia General de Ceuta.

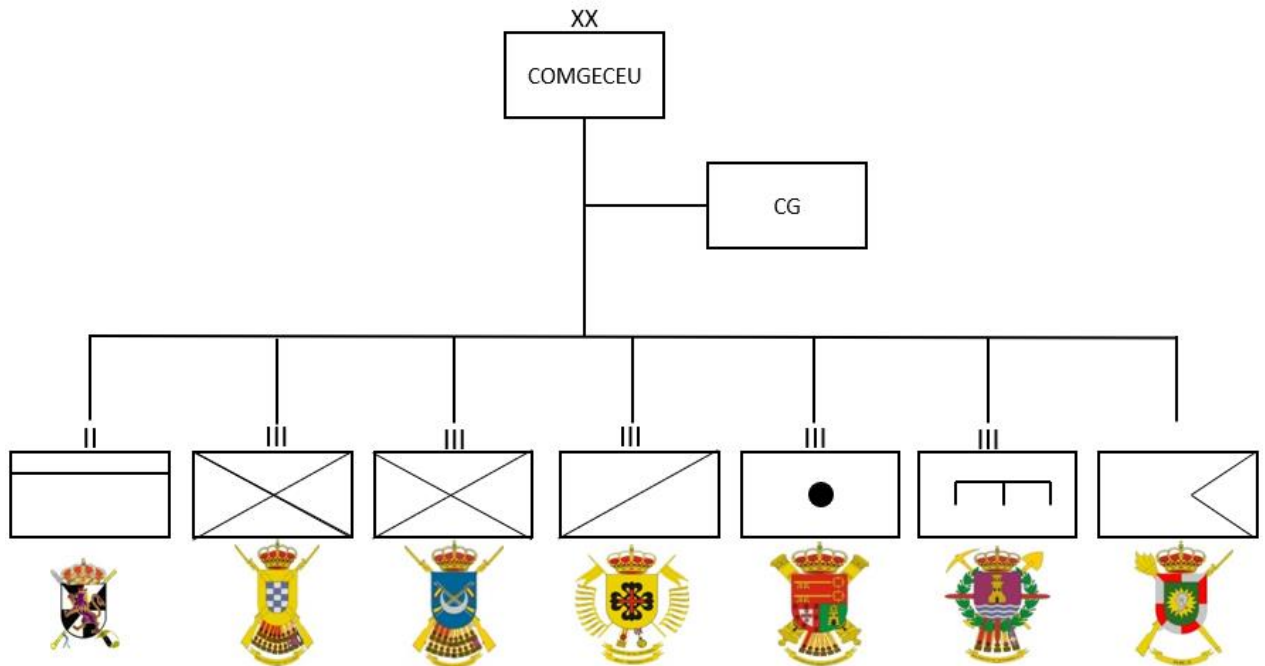


Tabla 4: Organigrama COMGECEU. Elaboración propia.

La Comandancia General de Ceuta²⁸ está compuesta por:

- **Cuartel General de la Comandancia General.**
- Batallón de Cuartel General
- Tercio "Duque de Alba" 2º de la Legión
- Grupo de Regulares nº 54
- Regimiento de Caballería "Montesa 3".
- Regimiento de Artillería Mixto nº30
- Regimiento de Ingenieros nº 7
- Unidad Logística nº 23

²⁸ Ver Bibliografía: Grupo de Regulares de Ceuta nº 54. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Ceuta/greg54/> [Consultado 05/01/2022].



Anexo II: Organigrama del Grupo de Regulares de Ceuta nº 54.

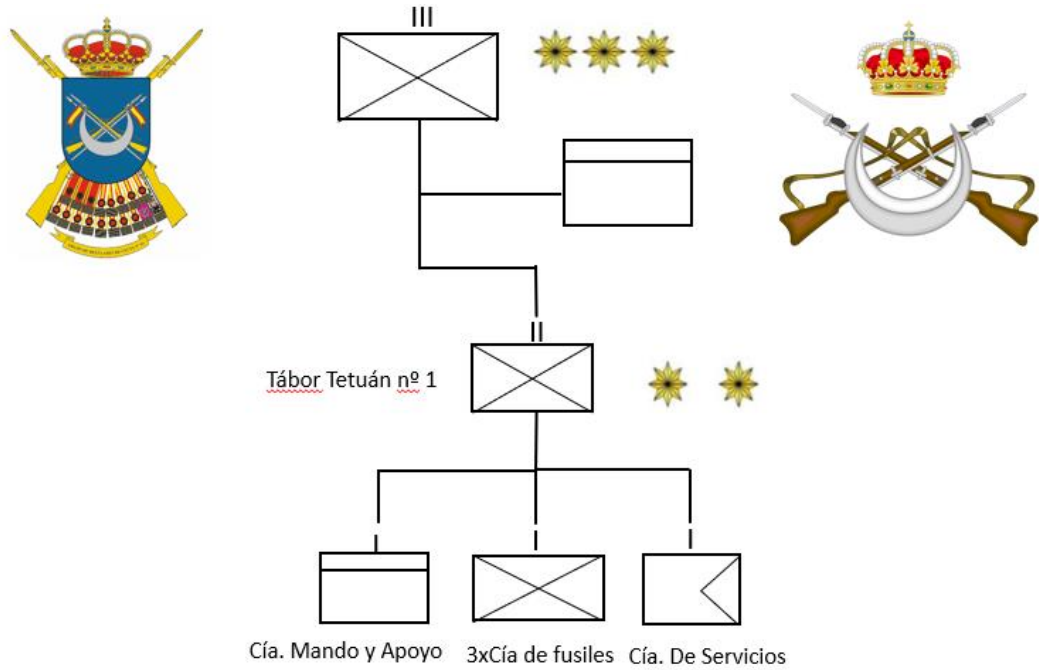


Tabla 5: Organigrama GREG-54. Elaboración propia.



Anexo III: SWOT analysis

La expresión DAFO es el acrónimo de las palabras Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades, correspondientes al origen anglosajón SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threads). Se trata de una metodología de estudio de la situación de un proyecto o empresa, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades)²⁹.

Strengths	Weaknesses
Reúnen el conjunto de recursos internos, posiciones de poder y cualquier tipo de ventaja competitiva propia.	Constituyen los aspectos limitadores de la capacidad de desarrollo, debido a sus características internas.
Son cualesquiera factores ajenos que favorecen el desarrollo o brindan la posibilidad de implantar mejoras.	Son todos aquellos factores externos que pueden llegar a impedir la ejecución de tu estrategia o poner en peligro su viabilidad.
Opportunities	Threads

Tabla 6: Descripción Análisis DAFO.

Según los resultados que se obtengan después del análisis DAFO, se aplicará un tipo de estrategia determinada. Podemos clasificar estas estrategias en ofensiva, defensiva, para la supervivencia o para la reorientación.

²⁹ Ver Bibliografía: Acero, R., Pastor, J., Sancho, J., Torralba, M. (2012). "Calidad en Compras". Apuntes Ingeniería de la Calidad. CUD Zaragoza, Capítulo 6.



Anexo IV: NOPTEL ST-2000.

La unidad óptica se acopla normalmente en la parte de abajo del cañón del arma (Ver Ilustración 12). El arma se selecciona en la configuración del tirador.



Ilustración 12: Acoplamiento de una unidad óptica a un rifle y pistola. Fuente: NOPTEL ST-2000. Manual de Usuario NOS 4.2.

Su interfaz operativo es muy intuitivo, pudiendo aprender su manejo en un par de minutos.

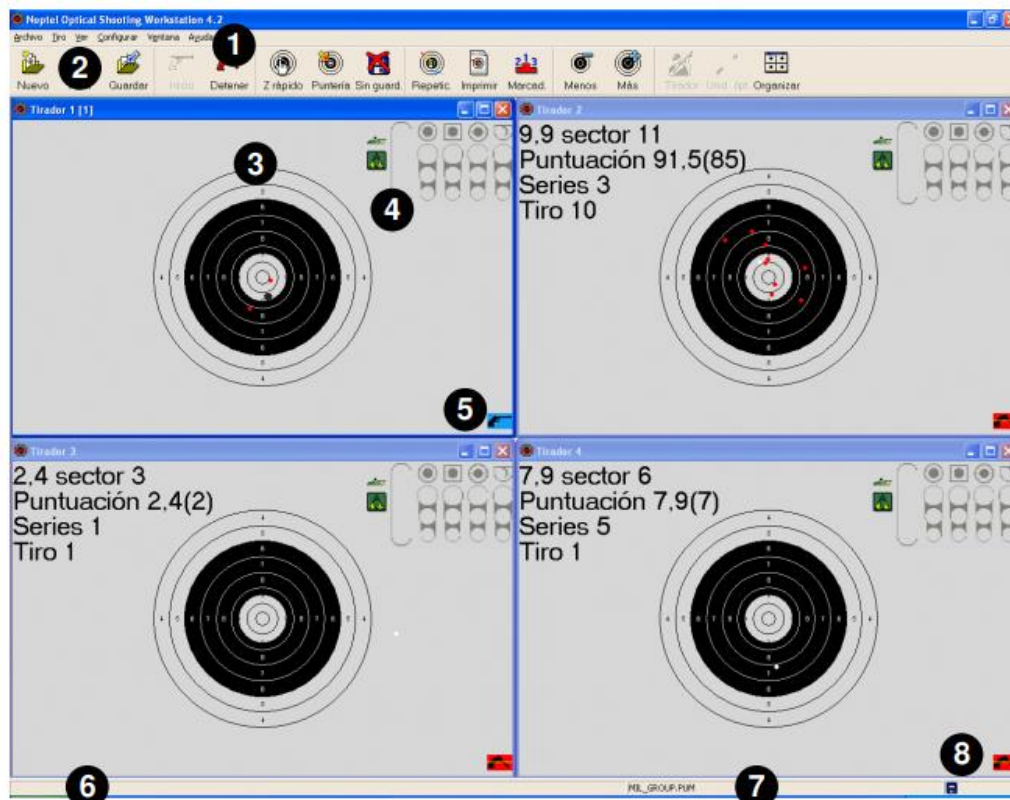


Ilustración 13: Interfaz de Usuario. Fuente: NOPTEL ST-2000. Manual de Usuario NOS 4.2.

Vocabulario de interfaz operativo (Ilustración 13):

1. Menú de Inicio.



2. Barra de herramientas.
3. Ventana del tirador.
4. Calificación rápida.
5. Icono de Estado para la unidad óptica.
6. Ayuda.
7. Nombre del archivo del tirador actualmente en uso.
8. Iconos de Estado para el sistema.