

## Trabajo Fin de Grado

Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio

Autor

CAC CAB. D. Antonio Manuel Prieto Ávila

Director/es

Director académico: Dr. D. Carlos Sáenz Royo  
Director militar: Cap. D. José Juan León Calero

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2017-2018



## **Resumen**

Aumentar la polivalencia de los actuales campos de tiro puede suponer una importante fuente de ahorro para el Ejército de Tierra, facilitando la instrucción y reduciendo el coste en los desplazamientos. El presente trabajo muestra la normativa de seguridad y los cálculos que deben realizarse para evaluar si un campo de tiro puede albergar calibres mayores y aumentar su polivalencia, aplicándolo a un caso de interés, el campo de maniobras de Ronda utilizado por el Grupo de Caballería Ligero Acorazado "Reyes Católicos" II de la Legión.

## **Abstract**

Increasing the polyvalence of the current firing ranges can be an important source of savings for the Army, facilitating training and reducing the cost of travel. The present work shows the safety regulations and the calculations that must be made to evaluate if a range can accommodate larger calibers and increase its versatility, applying it to a case of interest, the maneuver field used by the Light Cavalry Group "Reyes Católicos" II de la Legion.

**Palabras clave:** Polivalencia, coste, instrucción, campo de tiro, campo de maniobras.

**Keywords:** Polyvalence, cost, training, firing range, maneuver field.



## **Agradecimientos**

*Este proyecto no se podría haber realizado sin la ayuda y el esfuerzo de todos aquellos que me han rodeado durante el desarrollo de las prácticas externas.*

*En primer lugar agradecer la excelente acogida en la unidad, desde el principio el Grupo de Caballería Ligero Acorazado “Reyes Católicos” II de la Legión a través de sus componentes me ha brindado todo el apoyo necesario para el desarrollo del proyecto.*

*En especial, dar las gracias al capitán de caballería D. José Juan León Calero, Jefe del 1<sup>er</sup> ELAC, por su gran contribución al trabajo desarrollado, sin él no hubiera sido posible su elaboración. Asimismo, agradecer la participación del Teniente Coronel Francisco Javier López Villar, Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión.*

*Agradecer, también, la dedicación del Doctor en Economía y Gestión de las Organizaciones D. Carlos Sáenz Royo por su constante supervisión y orientación a lo largo de la elaboración del proyecto, sin su aportación hubiera resultado imposible concluirlo.*

*Por último, quisiera agradecer a todos aquellos compañeros y familiares, que aunque no se han mencionado en este documento, me han brindado todo su apoyo en los momentos más cruciales.*



## **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	1
1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	1
1.3 CONTEXTO Y ANTECEDENTES .....	2
1.4 METODOLOGÍA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO .....	2
<b>2. ESTUDIO DE LA NECESIDAD .....</b>	<b>4</b>
2.1 DESARROLLO.....	4
2.2 CONCLUSIONES.....	10
<b>3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	12
3.2 APLICACIÓN.....	27
3.2.1 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M791 APDS-T .....	28
3.2.2 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M792 HEI-T .....	30
3.2.3 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M793 TP-T .....	31
3.2.4 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M910 TPCSDS-T.....	31
3.2.5 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M919 APFSDS-T .....	32
3.3 RESULTADOS .....	34
<b>4. LÍNEAS FUTURAS .....</b>	<b>38</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO A. COSTES DEL TRANSPORTE DE VEHÍCULOS A VIATOR (ALMERÍA). .....</b>	<b>47</b>

<b>ANEXO B. COSTES DEL TRANSPORTE DE PERSONAL A VIATOR (ALMERÍA). ....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO C. ENTREVISTAS REALIZADAS AL TCOL. JEFE DEL GCLAC “REYES CATÓLICOS” II DE LA LEGIÓN Y AL CAP. JEFE DEL 1<sup>ER</sup> ELAC. ....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO D. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M791 APDS-T.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO E. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M792 HEI-T. ....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO F. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M793 TP-T. ....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO G. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M910 TPCSDS-T. ....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO H. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M919 APFSDS-T. ....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO I. GRÁFICO DE LA ZONA A EXPROPIAR .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ZONAS DEL CAMPO DE TIRO "BOYERO" .....	13
FIGURA 2: ZONAS DE SEGURIDAD OBTENIDAS PARA EL CMT CERRO MURIANO .....	14
FIGURA 3: DIAGRAMA DE SEGURIDAD TIPO.....	15
FIGURA 4: PARTES DEL DIAGRAMA DE SEGURIDAD.....	16
FIGURA 5: ZONA DE DISPERSIÓN, DISTANCIA Y .....	16
FIGURA 6: ÁNGULO P, Q Y DISTANCIA W .....	17
FIGURA 7: ZONA DE REBOTES, ÁNGULO A Y LÍNEA W .....	18
FIGURA 8: DISTANCIA A, LÍNEA A Y DISTANCIA B .....	18
FIGURA 9: ZONA ADICIONAL DE SEGURIDAD .....	19
FIGURA 10: CÁLCULO DE DATOS GENERALES (1).....	20
FIGURA 11: CÁLCULO DE DATOS GENERALES (2).....	21
FIGURA 12: CÁLCULO DEL ÁREA DE DISPERSIÓN .....	22
FIGURA 13: CÁLCULO DEL ÁREA DE REBOTES .....	23
FIGURA 14: CÁLCULO DE LA ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA (1) .....	25
FIGURA 15: CÁLCULO DE LA ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA (2) .....	26
FIGURA 16: CÁLCULO DE LA ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA (3) .....	27
FIGURA 17: DS M791 APDS-T .....	29
FIGURA 18: DS M792 HEI-T.....	30
FIGURA 19: DS M793 TP-T .....	31
FIGURA 20: DS M910 TPCSDS-T .....	32
FIGURA 21: DS M919 APFSDS-T .....	33
FIGURA 22: LÍMITES DEL CAMPO DE MANIOBRAS "LAS NAVETAS" .....	34
FIGURA 23: LÍMITES DEL CAMPO DE MANIOBRAS "LAS NAVETAS" (LÍNEA MORADA) Y ZONA A EXPROPIAR (EN ROJO) .....	35

## **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1: COSTES DEBIDOS AL TRANSPORTE DE LOS VEHÍCULOS (DOCUMENTO COMPLETO EN EL ANEXO A) .....	5
TABLA 2: COSTES DEBIDOS AL TRANSPORTE DE PERSONAL (DOCUMENTO COMPLETO EN EL ANEXO B) .....	6
TABLA 3: ARMAMENTO Y MUNICIONES PERMITIDAS EN LOS DISTINTOS CAMPOS DE TIRO DEL CENAD SAN GREGORIO.....	12
TABLA 4: PARÁMETROS PARA LA OBTENCIÓN DEL DS DE MUNICIONES DE 25 MM .....	28

## Abreviaturas

**APDS-T:** Armor-Piercing Discarding Sabot-Tracer

**APFSDS-T:** Armor Piercing, Fin-Stabilized Discarding Sabot-Tracer

**BMR:** Blindado Medio de Ruedas

**CAP:** Capitán

**CENAD:** Centro de Adiestramiento

**CMT:** Campo de Maniobras y tiro

**DS:** Diagrama de Seguridad

**ELAC:** Escuadrón Ligero Acorazado

**ET:** Ejército de Tierra

**GCLAC:** Grupo de Caballería Ligero Acorazado

**HEI-T:** High Explosive Incendiary-Tracer

**IAT:** Instructor Avanzado de Tiro

**MI:** Manual de Instrucción

**MT:** Manual Técnico

**PERMET:** Plan Empleo Reducido de los Materiales del Ejército de Tierra

**PLMM:** Plana Mayor de Mando

**Pn:** Pelotón

**PT:** Petición de Transporte

**S-4:** Cuarta Sección de la PLMM (Sección de logística)

**TCOL:** Teniente Coronel

**TPCSDS-T:** Target Practice, Cone-Stabilized Discarding Sabot-Tracer

**TP-T:** Target Practice-Tracer

**VCR:** Vehículo de Combate de Ruedas

**VEC:** Vehículo de Exploración de Caballería





## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es realizar un estudio donde se evalúa la capacidad del campo de tiro de "Las Navetas" para albergar sistemas de armas que tengan calibre hasta 25 mm. Los campos de tiro para sistemas de armas de calibres grandes presentan exigencias estrictas que garantizan la realización de ejercicios en condiciones de seguridad. Por otra parte se realiza un somero estudio económico para evaluar las ventajas económicas que aportaría la mencionada mejora del campo de tiro. El proyecto se realizará con los datos obtenidos del campo de maniobras "Las Navetas", ubicado en Ronda, con la finalidad de que las unidades de caballería de la plaza puedan realizar prácticas de tiro sin tener que desplazarse a otros campos de maniobras lejanos. Se consideran objetivos del proyecto:

-Análisis económico de las ventajas que supondría disponer de un campo de tiro en la plaza.

-Obtención y estudio de las exigencias requeridas por un campo de tiro de estas características.

-Valoración económica de los costes necesarios para cumplir los requisitos técnicos establecidos en el punto anterior.

-Finalmente, conclusiones donde se manifiesten las principales dificultades y, si es posible, dar una solución alternativa al problema.

### 1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este proyecto se realiza en el ámbito de defensa para las unidades militares del acuartelamiento "Montejaque" que se encuentra ubicado en Ronda (Málaga). En concreto, para el Grupo de Caballería Ligero Acorazado "Reyes Católicos" II de la Legión que pertenece a la Brigada "Rey Alfonso XIII", II de la Legión. Dichas unidades militares ven mermadas sus posibilidades a la hora de instruirse en ejercicios de fuego con sus sistemas de armas, por ello plantean disponer de un campo de tiro adecuado a sus medios en el campo de maniobras de "Las Navetas", ubicado en la plaza de Ronda, en lugar de trasladarse a otros campos de maniobras más lejanos. Como consecuencia el proyecto, cuyo título es "Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio", se centra principalmente en el aumento de las capacidades del campo de tiro para posibilitar la instrucción de las unidades caballería con sus medios en él.

## **Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

### **1.3 CONTEXTO Y ANTECEDENTES**

En el campo de maniobras de Navetas ubicado en Ronda, existe un campo de tiro que permite hacer prácticas con un calibre menor o igual a 12,7 mm. Un aumento de la versatilidad en un campo de tiro podría tener varias ventajas tanto económicas como técnicas, entre ellas destacan:

- Una mejora de la instrucción de las unidades acorazadas de caballería, que pueden realizar prácticas de tiro con sus sistemas de armas que tienen un mayor calibre que las utilizadas en unidades ligeras, dotándolas de más flexibilidad para organizar sus actividades.

- Para trasladar los vehículos hasta los campos de tiro se requieren transportes especiales (denominados góndolas) que conllevan un coste considerable a la hora de realizar las prácticas de tiro. Mediante la instalación del campo de tiro dichos costes no existirían.

- Por otra parte, cuando se organiza una práctica de tiro, no solo hay que movilizar los vehículos, sino que además se requiere el traslado de todo el despliegue logístico necesario para su ejecución, es decir, las unidades de mantenimiento, debido a la concentración de actividad en pocos días existe una alta probabilidad de que se produzcan averías en los sistemas de armas. Esto, conlleva una dificultad añadida de coordinación y tiempo dado que los errores son difícilmente subsanables por estar alejados del acuartelamiento de origen.

### **1.4 METODOLOGÍA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO**

Como primera aproximación al problema se realiza una valoración económica de los costes que supone no disponer de un campo de tiro adecuado en Ronda. Seguidamente, se realiza una entrevista al jefe del 1<sup>er</sup> ELAC y al jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión que justifican la motivación del proyecto. Posteriormente, se estudian otros campos de tiro del territorio nacional y se detalla la metodología de cálculo de “diagramas de seguridad”, herramienta imprescindible para evaluar que el campo de tiro cumple con la normativa de seguridad exigible. En esta parte se detallan los cálculos estadísticos y operaciones trigonométricas que se han implementado con el software Microsoft Excel para la obtención de los diagramas de seguridad del caso de estudio, representando dichos diagramas mediante el software Carta Digital en la cartografía de la zona. Finalmente, el proyecto concluye con un apartado dedicado a las conclusiones extraídas a lo largo de todo el estudio.



## **2. ESTUDIO DE LA NECESIDAD**

### **2.1 DESARROLLO**

La justificación principal de la ampliación del campo de tiro tiene carácter económico. Los datos aquí presentados provienen de la sección responsable de la logística del grupo de caballería denominada S-4, concretamente se aportan los costes que se derivan de la realización de un ejercicio de tiro en el campo de maniobras de Viator (Almería).

Estos costes son causados por tener que desplazar tanto vehículos como personal. Trasladar los vehículos mediante góndolas tiene un coste elevado, ya que normalmente suelen ser empresas civiles muy especializadas. Hay muy pocas empresas que puedan realizar este tipo de transportes ya que se requiere que se responsabilicen de cualquier daño que pueda sufrir el vehículo que transportan desde el momento en que recepcionan el vehículo hasta que lo dejan en su destino.

La información obtenida proviene de una petición de transporte que realizó S-4 (sección de logística) para la ejecución de una práctica de tiro en 2015. La tabla 1 muestra la petición de transporte, en ella se pueden observar los apartados de los que se ha obtenido la información. En la sección 1 se refleja el motivo que justifica la petición de transporte, en este caso se trata de ejercicio de instrucción continuada en el que se trasladaron dos Vehículos de Exploración de Caballería (VEC), que cuentan con cañón de 25 mm, y dos Blindados Medios de Ruedas (BMR), con un cañón de 12,7 mm. En las secciones 7 y 9 se encuentra información sobre el origen y el destino (se transportan los vehículos desde Ronda a Viator) respectivamente. Finalmente, en la sección 10 se puede comprobar que el coste total de transportar estos cuatro vehículos fue 8.942,00 euros<sup>1</sup>, incluidas la ida y la vuelta de los vehículos.

---

<sup>1</sup> Véase Anexo A, Costes del Transporte de Vehículos a Viator (Almería).

**T-500**

<b>PT</b>	1 DOCUMENTO QUE JUSTIFICA LA PT RPA - EX.ICON+/(2)VEC(2)BMR/RONDA-VIATOR(I-R)/C.CIVIL			2 FECHA 19 Mar 15	3 Nº DE REGISTRO 50035333-15-100048				
4 PETICIONARIO, DIRECCIÓN GCLAC II - RONDA (MÁLAGA) CTRA. DE SEVILLA S/N	5 DESTINATARIO PT, DIRECCIÓN CG BRI II - VIATOR (ALMERÍA) CTRA. DE VIATOR S/N	Tf 50084593							
Fx	Tx								
6 REMITENTE DEL RECURSO, DIRECCIÓN CG DIV CASTILLE - MADRID (CAMPAMENTO) (MADRID) CTRA. EXTREMADURA, KM.8,200 POC STTE.MONTILLA 8513255	7 SITUACIÓN DEL RECURSO, DIRECCIÓN GCLAC II - RONDA (MÁLAGA) C.P.29400 CTRA. DE SEVILLA S/N POC STTE.MONTILLA 8513255	Tf 50035333							
Fx	Tx								
8 CONSIGNATARIO, DIRECCIÓN POC	9 DESTINO FINAL DEL RECURSO, DIRECCIÓN CMT SOTOMAYOR - VIATOR (ALMERÍA) C.P.04240 CTRA. DE VIATOR S/N POC STTE ALVIR 857 6147	Tf 55122457							
Fx	Tx								
10 AMPLIACIÓN DE DATOS PLAZO DE EJECUCIÓN El 6 Abr 15 FECHA REGRESO El 8 Abr 15 OTROS DATOS SALIDA: 000800ABR15 (RONDA-VIATOR) REGRESO: 081500MAR15 (VIATOR-RONDA) POC: STTE. MONTILLA 851 3255 - 952189855 - 661575373				<table border="1"> <tr> <td>CÓDIGO CONTROL COSTES 341PDP003001004</td> <td>GASTO PREVISTO 8.942,00</td> </tr> <tr> <td>EJ. PRESUPUESTARIO 2015</td> <td>Nº PREVISIÓN MD00339</td> </tr> </table>		CÓDIGO CONTROL COSTES 341PDP003001004	GASTO PREVISTO 8.942,00	EJ. PRESUPUESTARIO 2015	Nº PREVISIÓN MD00339
CÓDIGO CONTROL COSTES 341PDP003001004	GASTO PREVISTO 8.942,00								
EJ. PRESUPUESTARIO 2015	Nº PREVISIÓN MD00339								
PT RELACIONADA CON CARGA ESPECIAL FINALIDAD MILITAR INSTRUCCIÓN MEDIOS PROPIOS NO A REALIZAR CON MEDIOS DEL UCO				VALOR TOTAL DE LA CARGA 2.768.630,00 COORDINAR CON OTRAS PTS NO					

*Tabla 1: Costes debidos al transporte de los vehículos (documento completo en el Anexo A)*

*Fuente: Petición de transporte de vehículos (T-500, PT de la instrucción continuada realizada en Viator, 19MAR15)*

Como ya se ha mencionado, también tenemos que incluir los costes de transportar al personal. Dado que se realizan muy pocos ejercicios de tiro al año, cuando se organiza uno es habitual que vayan todas las tripulaciones de los escuadrones a realizar las prácticas. Al igual que en el caso anterior, se han obtenido los costes de locomoción del personal de una petición de transporte realizada por S-4 perteneciente a un ejercicio que tuvo lugar en 2016.

El documento de la tabla 2 es muy similar al anterior. En la sección 1 se encuentra el motivo por el que se realiza la petición de transporte, en este caso se trata de una instrucción continuada en el que participan 39 componentes de la unidad a los que se les requiere transportar mediante autobús, las secciones 7 y 9 indican el origen y el destino (Ronda-Viator) y en la casilla 10 se definen los gastos de transportar al personal que participa en el ejercicio de instrucción de tiro en Viator (Almería) que tiene un coste de unos 1.183,42 euros, incluyendo ida y vuelta de las tripulaciones<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Véase Anexo B, Costes del Transporte de Personal a Viator (Almería).

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

**T-500**

<b>PT</b>	1 DOCUMENTO QUE JUSTIFICA LA PT RPA - EX.ICON+(39)PAX/RONDA-VIATOR(I-R)/BUS			2 FECHA 1 Mar 16	3 N° DE REGISTRO 50035333-16-100022
4 PETICIONARIO, DIRECCIÓN GCLAC II - RONDA (MÁLAGA) CTRA. DE SEVILLA S/N	50035333	Tf Fx Tx	5 DESTINATARIO PT, DIRECCIÓN CG BRI II - VIATOR (ALMERÍA) CTRA. DE VIATOR S/N	50084593	
6 REMITENTE DEL RECURSO, DIRECCIÓN CG DIV CASTILLE - MADRID (CAMPAMENTO) (MADRID) CTRA. EXTREMADURA, KM.8,200 POC SUBTTE HODAR 651895504	50072118	Tf Fx Tx	7 SITUACIÓN DEL RECURSO, DIRECCIÓN GCLAC II - RONDA (MÁLAGA) C.P.29400 CTRA. DE SEVILLA S/N POC SUBTTE HODAR 651895504	50035333	
8 CONSIGNATARIO, DIRECCIÓN POC		Tf Fx Tx	9 DESTINO FINAL DEL RECURSO, DIRECCIÓN CMT SOTOMAYOR - VIATOR (ALMERÍA) C.P.04240 CTRA. DE VIATOR S/N POC	55122457	
10 AMPLIACIÓN DE DATOS PLAZO DE EJECUCIÓN El 15 Mar 16 FECHA REGRESO El 17 Mar 16 OTROS DATOS SALIDA: RONDA: 151500MAR16 (RONDA-VIATOR) REGRESO:171100MAR16 (VIATOR-RONDA) POC:TTE. VEGA -645 333 131			Hora Salida 15:00	CÓDIGO CONTROL COSTES 131P0P001001002	GASTO PREVISTO 1.183,42
			EJ. PRESUPUESTARIO 2016	Nº PREVISIÓN 16-0753	
PT RELACIONADA CON PERSONAS FINALIDAD MILITAR EX.ICON+ MEDIOS PROPIOS NO A REALIZAR CON MEDIOS DEL UCO			VALOR TOTAL DE LA CARGA COORDINAR CON OTRAS PTS NO		

*Tabla 2: Costes debidos al transporte de personal (documento completo en el Anexo B)*

*Fuente: Petición de transporte de personal (T-500, PT de la instrucción continuada realizada en Viator, 01MAR16)*

En principio, no existen unos costes debidos al transporte de las municiones que se consumen en dichas prácticas, ya que las municiones no se encuentran en la plaza de Ronda (Málaga), a la que pertenece la unidad. Las municiones se gestionan a un nivel más alto de forma centralizada, por ello al no existir un campo de tiro adecuado para este tipo de calibres, la munición se envía a los polvorines próximos a los campos de tiro donde se ha planificado realizar los ejercicios<sup>3</sup>.

Finalmente, hay otros pequeños gastos como el desplazamiento de un pelotón (Pn.) de servicios para dar asistencia al personal que realiza el ejercicio. Este pelotón está compuesto por un camión Iveco Pegaso M-250 y un vehículo ligero Santana Anibal con unos consumos de 40 L/100Km y 10 L/100Km respectivamente<sup>4</sup>. Para calcular su coste basta con conocer la distancia que tienen que recorrer hasta su destino (330 Km

<sup>3</sup> Información constatada con la Sección de Logística de la unidad.

<sup>4</sup> El consumo del camión ha sido obtenido de la página web del Ejército de Tierra (<http://www.ejercito.mde.es>). El consumo del vehículo ligero Anibal ha sido obtenido del Manual Técnico de este. (MT6-064 Vehículo Santana Anibal Militar).

aproximadamente<sup>5</sup>) y multiplicarlo por el consumo y precio del combustible<sup>6</sup>, de lo que resulta una cuantía de unos 330 euros incluidas ida y vuelta.

Por otro lado, aunque no se trata de un factor puramente económico, se podría tener en cuenta el desgaste que llegan a sufrir los sistemas de armas de la unidad. A causa del elevado coste de transporte de los vehículos, cuando se realiza un ejercicio de tiro se suelen llevar dos vehículos de cada tipo, de modo que todas las tripulaciones van pasando por los vehículos y realizan los ejercicios. Esto causa un enorme desgaste en los sistemas de armas mencionados, ya que la cantidad de disparos realizados es elevada, como consecuencia tendremos averías y la necesidad de cambiar piezas con antelación. Se trata, por tanto, de un factor que termina derivando en costes económicos que son difíciles de cuantificar debido a su variabilidad, pero que agravan la situación.

Durante el desarrollo de las prácticas se llevaron a cabo entrevistas al personal de la unidad para intentar reflejar la razón que justifica este proyecto. Se ha tenido en cuenta el hecho de que la realización de dos entrevistas no es determinante (la intención inicial era realizar un mayor número de ellas), debido a la escasez de personal durante este periodo en la unidad por diversos factores (organización del aniversario de la unidad, preparación del Escuadrón de Protección que desplegaría meses después en Mali...) se decidió realizar entrevistas a dos de los componentes más relevantes de la unidad: una de ellas al Teniente Coronel Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión y otra al Capitán del 1<sup>er</sup> ELAC<sup>7</sup>, diplomados en el curso IAT (Instructor Avanzado de Tiro) que participan en la organización de todos los ejercicios de tiro que realiza la unidad. En estas indican que el principal limitante es el crédito de munición asignado a cada unidad, que resultan totalmente insuficientes ya que las tripulaciones no alcanzan el nivel de instrucción deseable con sus sistemas de armas, sobre todo el en el caso del tirador que no alcanza la ratio disparos/tirador necesaria.

Por otra parte, en las entrevistas también se han reflejado otros motivos por los que no se realizan las prácticas de tiro real deseables para alcanzar un nivel óptimo de instrucción. Algunas de las consecuencias de los recortes que se vienen sufriendo desde la reciente crisis económica en el Ejército son el PERMET o los potenciales<sup>8</sup>.

El PERMET reduce al 50% la posibilidad de uso de los sistemas de armas, para conservar el otro 50% operativo. Lo que conlleva un desgaste más rápido de los

---

<sup>5</sup> Distancia obtenida de la página web de Google Maps. (<https://www.google.es/maps/>).

<sup>6</sup> Según la sección logística (S-4) de la unidad, el gasóleo que utiliza el Ejército suele tener unos costes de 1€/L.

<sup>7</sup> Véase Anexo C, Entrevistas realizadas al Tcol. Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión y al Cap. Jefe del 1<sup>er</sup> ELAC.

<sup>8</sup> Véase Castaño, J. (2016). Noticias del Arma, Situación del Material. Memorial de Caballería núm. 82, Dic-2016, p. 12.

## **Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

vehículos que se encuentran fuera del plan<sup>9</sup>. Esta situación unida a los pocos créditos de munición ha forzado que los tiradores se adiestren en simuladores y con subcalibres que intentan ajustarse a las condiciones reales de un ejercicio de fuego real, sin embargo, los simuladores de los que dispone el Ejército de Tierra no son adecuados y en el caso de los VEC no disponemos de subcalibres para un calibre de 25 mm (existen prototipos artesanales que han construido personal de ciertas unidades, de modo que se puede acoplar un fusil HK al cañón del VEC simulando un subcalibre, pero no se han fabricado en serie para el resto de unidades)<sup>10</sup>.

Los potenciales son limitaciones impuestas a los vehículos que afectan a los kilómetros que cada vehículo tiene permitido recorrer al año. Como reflejan las entrevistas estos kilómetros que cada vehículo puede recorrer al año son muy escasos, limitando mucho sus posibilidades de uso. En el aspecto que nos importa, estos potenciales han limitado, casi totalmente, la movilidad de las plataformas de tiro, es decir, antiguamente cuando no existían los potenciales, los vehículos que iban a realizar el tiro se desplazaban hasta los campos de tiro rodando por carretera<sup>11</sup>. Hoy en día, con los potenciales es prácticamente imposible, ya que llevarlos rodando por carretera a, por ejemplo, Viator (Almería) consumiría la totalidad de kilómetros del potencial de cada vehículo, lo que hace necesario llevarlos en góndolas que tiene un coste económico más alto.

Este hecho se puede comprobar conociendo el consumo tanto del VEC como del BMR y comparando el gasto derivado de ir por carretera con llevarlos en góndolas. El BMR y el VEC tienen una autonomía máxima en carretera de 1000 Km y 800 Km (el VEC tiene un peso mayor debido a la torre con el armamento principal) y unos depósitos con una capacidad de 400 L y 338 L respectivamente, con lo que se obtienen unos consumos de 40 L/100Km para el BMR y 42 L/100Km en el caso del VEC.<sup>12</sup>

Como ya se ha reflejado anteriormente, los vehículos tendrían que cubrir una distancia por carretera de unos 330 Km, por lo que trasladar los cuatro vehículos (dos

---

<sup>9</sup> Véase Anexo C, Entrevistas realizadas al Tcol. Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión y al Cap. Jefe del 1<sup>er</sup> ELAC, Entrevista C1, P1.

<sup>10</sup> Véase Anexo C, Entrevistas realizadas al Tcol. Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión y al Cap. Jefe del 1<sup>er</sup> ELAC, Entrevista C2, P6.

<sup>11</sup> Véase Anexo C, Entrevistas realizadas al Tcol. Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión y al Cap. Jefe del 1<sup>er</sup> ELAC, Entrevista C2, P4.

<sup>12</sup> Los datos sobre consumo del BMR han sido obtenidos del manual técnico de este (MT6-701 BMR. Descripción). Los referentes al VEC se han obtenido del manual de General Dynamics-Santa Bárbara Sistemas (VEC-Vehículo Blindado de Exploración de Caballería) y manual técnico de este (MT6-201 Vehículo de Exploración de Caballería VEC).

BMR y dos VEC) hasta Viator y llevarlos de vuelta a su lugar de origen costaría 1082,40 euros, que es muy inferior al coste de transportarlos en góndolas (8.942 euros). El personal especialista de la unidad asegura que con un mantenimiento adecuado no habría ningún problema en trasladar los vehículos por carretera, es más, indican que muchas de las averías son a causa de no movilizarlos con regularidad.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

## 2.2 CONCLUSIONES

De las entrevistas y los datos económicos recogidos se deduce que la principal razón por la que no se realizan suficientes prácticas de tiro es el factor económico. Concretamente, se trata de los créditos de munición asignados anualmente que se revelan insuficientes. Además de la munición, otro coste de gran importancia es el transporte en góndolas de los vehículos en lugar de llevarlos rodando por carretera, sin embargo, con las actuales orientaciones y normativas del Ejército de Tierra no existe tal posibilidad.

Por todo lo comentado, se plantea que una opción de optimizar esos costes sería habilitar un campo de tiro adecuado en el campo de maniobras “Las Navetas” (Ronda).

Las ventajas serían varias. Entre otras se reduciría el tiempo invertido al no tener que desplazarse y se simplificaría todo el proceso que conlleva organizar un ejercicio de tiro, por ejemplo, no habría necesidad de realizar un despliegue logístico a cientos de kilómetros de su unidad de origen, no se tendría que tratar con empresas externas un transporte de vehículos...

Sin embargo, la razón más destacada es la puramente económica. Por cada ejercicio de tiro realizado en Viator (Almería) se han estimado unos costes de 10.455,42 euros, que provienen del desplazamiento hasta el campo de tiro. Si por cada año se hacen mínimo un ejercicio de tiro y máximo dos, se deduce que cada año existe un gasto de entre 10.125,42 y 20.910,84 euros que no existiría si se instalara el campo de tiro en Ronda (Málaga).

En los siguientes apartados se intenta dar respuesta a si sería viable adaptar el campo de maniobras “Las Navetas” (Ronda) para que se puedan realizar ejercicios de fuego real con los vehículos VEC de calibre 25 mm.



**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

### **3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La normativa vigente en España sobre los requisitos de realización de ejercicios de tiro se encuentra recogida en los diferentes manuales de instrucción y documentos sobre los campos de maniobras y tiro (CMT's). De este modo, cada CMT tiene sus instrucciones y limitaciones particulares respecto a la ejecución de estos. Por ejemplo, en el CENAD "San Gregorio" se observa que se puede realizar ejercicios de tiro con todos nuestros medios acorazados/mecanizados. La "Tabla 3" muestra cómo se puede efectuar ejercicios de tiro con calibres de 25 mm (VEC), 30 mm (Pizarro) o con los carros con calibres de 105 mm y 120 mm (Centaur y Leopard) en varios de los campos de tiro que se encuentran en el CMT.

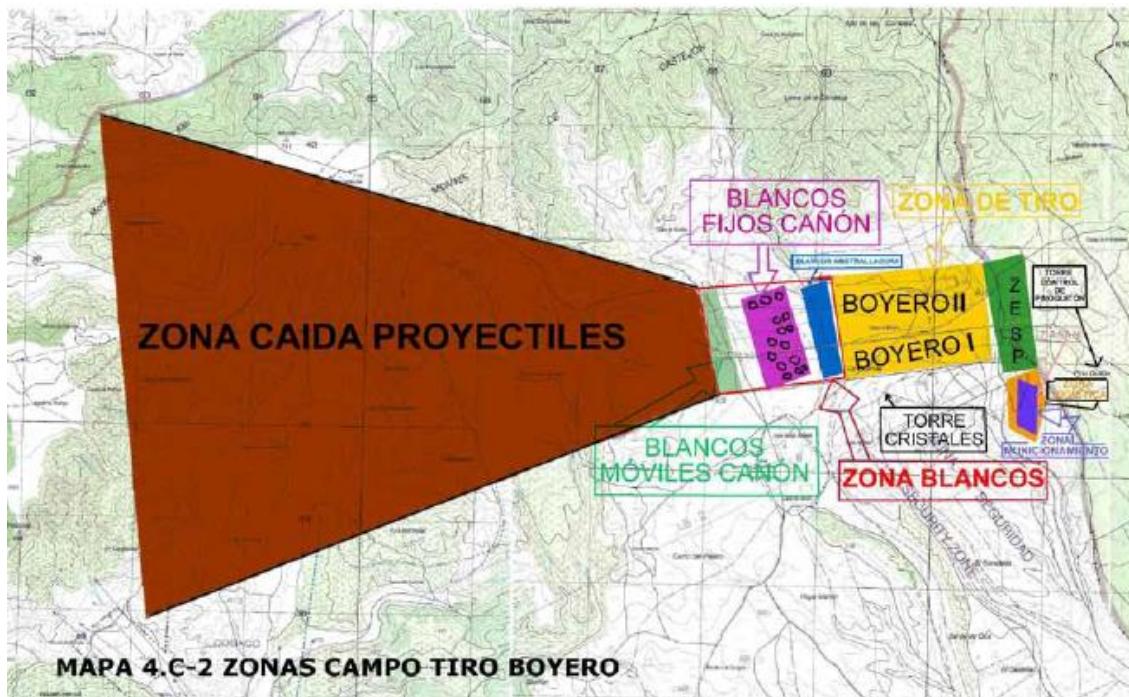
ZONA DE CAIDA DE PROYECTILES/ VOLADURAS/ CAMPOS DE TIRO DE CC/MZ	ARMAMENTO																		DIRECCIONES TIRO	OBSERVACIONES (10)	
	EXPLOSIVOS	ANL-AMM	AMP	LGMTR-90C-90	LAG 40 MM	LAG 100 MM	CAÑÓN A/A (1) (9)	MORTERO (1)	CILINDRUS (1)	L2 COHETES (1)	SIC 25MM	VEC 25 MM (2)	VCHC Pz2-30 MM	CC-105-120 MM	MISIL CC	FUSIL	FUSIL PRECISIÓN BARRET Y ACCURACY	HELICÓPTERO Y AVIÓN	GRANADA MANO		
PUIG AMARILLO	SI (4)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI (12)	SI	SI	SI	NO	ESTE-OESTE & SUR-NORTE ESTE-OESTE ESTE-OESTE E-W// S-N// SE-NW// SW-NE SUR-NORTE	OBLIGATORIA HELOS/AVIÓN OBLIGATORIA CR A/A RESTO ARMAS (12) OBLIGATORIA CARROS O VEHICULO COMBATE
LENTISCAR (3)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SUR-NORTE // SURESTE-NOROESTE	NO PERMITIDO: INCENDIARIOS, ILUMINANTES, FUMÍGENOS y TRAZADORES
VALDEHACER (3)	SI (11)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SUR-NORTE OESTE-ESTE// SURESTE-NOROESTE	OBLIGATORIA MORTERO, ACA Y CALIBRES => 12,70 MM RESTO ARMAS
BAUDÍN	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	> 2 KG HORNILLOS	
BOYERO	NO	SI (5)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SEGÚN ANEXO 4C	(7)
COSACO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI (5)	NO	NO	NO	SEGÚN ANEXO 4D	(8)

- 1 NECESSIDAD DE NOTAM PARA FLECHAS SUPERIORES A 6.000 MTS  
MUNICIÓN DE GUERRA SABOTS DESPRENDIBLES (FLECHA) TRAZADOR APDS-T DE 25 mm PARA VEC SOLO EN PUIG-AMARILLO Y DIRECCIÓN SUR-NORTE
- 2
- 3 RESTRICCIONES: INCENDIARIOS //ILUMINANTES//FUMÍGENOS//TRAZADORES
- 4 SOLO PARA SIMULACIÓN CON EXPLOSIVOS Y MENOS DE 5 KGS, MINAS Y PÉRTIGAS Y A MENOS DE 100 MTS DEL ZCP DE PUIG-AMARILLO
- 5 CHARLIE EN CT COSACO: MUNICIÓN M-33 ORDINARIA PARA BARRET, Y MUNICIÓN ACCURACY 7,62X51 PRECISIÓN
- 6 SOLO COAXIAL DE 7,62 mm
- 7 SOLO MUNICIÓN DE EJERCICIO
- 8 SOLO USO SIMULADORES LÁSER CC Y VEHÍCULO COMBATE
- 9 ASENTAMIENTOS EN VENTA COSCÓN
- 10 NECESSIDAD DE NOTAM PARA VUELOS MINI-UAV
- 11 SOLO PARA SIMULACIÓN CON EXPLOSIVOS Y MENOS DE 2 KGS, MINAS Y PÉRTIGAS Y A MENOS DE 100 MTS DEL ZCP DE VALDEHACER
- 12 NO TIRO MISILES DIRECCIÓN SW-NE

*Tabla 3: Armamento y municiones permitidas en los distintos campos de tiro del CENAD San Gregorio*

*Fuente: MI4-904 Normas del CENAD San Gregorio (2011).*

Si se profundiza en la normativa específica del campo de tiro “Boyero”, se puede observar que está dividido en zonas, cada una de ellas cumple una función distinta.



*Figura 1: Zonas del Campo de Tiro "Boyero"*

*Fuente: MI4-904 Normas del CENAD San Gregorio (2011).*

Concretamente, la “Zona de Caída de Proyectiles” es una zona restringida en la que nadie debe entrar durante la ejecución de un ejercicio de tiro. Esta zona es el resultado de un estudio en el cual se consideran distintos tipos de municiones lanzados por los sistemas de armas para delimitar la zona en la que existe riesgo de que lleguen los proyectiles lanzados y ejecutar el ejercicio de tiro con seguridad. Por ello, esta zona es la que limita la posibilidad de efectuar un ejercicio de tiro con un sistema de armas concreto.

De hecho, si se quiere realizar ejercicios de tiro con medios acorazados en el CMT “Cerro Muriano” solo existe la posibilidad de realizarlos desde un campo de tiro situado en las inmediaciones de “Casa del Topógrafo”<sup>13</sup>, ya que a lo largo del CMT es el único sitio donde se dan las condiciones para su ejecución con seguridad. Como ya se ha mencionado, esto es debido a la zona de caída de proyectiles, también conocida como zona de seguridad, la cual es necesaria hallar para conocer si se cumplirán las

<sup>13</sup> Información obtenida del documento sobre las normas de uso del CMT “Cerro Muriano” (Normas de Uso de Interés General del CMT Cerro Muriano, 2014, Anexo B, Apéndice 3).

## Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio

condiciones de seguridad en el tiro<sup>14</sup>. En la siguiente figura, se puede observar un ejemplo de las diferencias en las zonas de seguridad obtenidas con distintas municiones en el CMT “Cerro Muriano”.

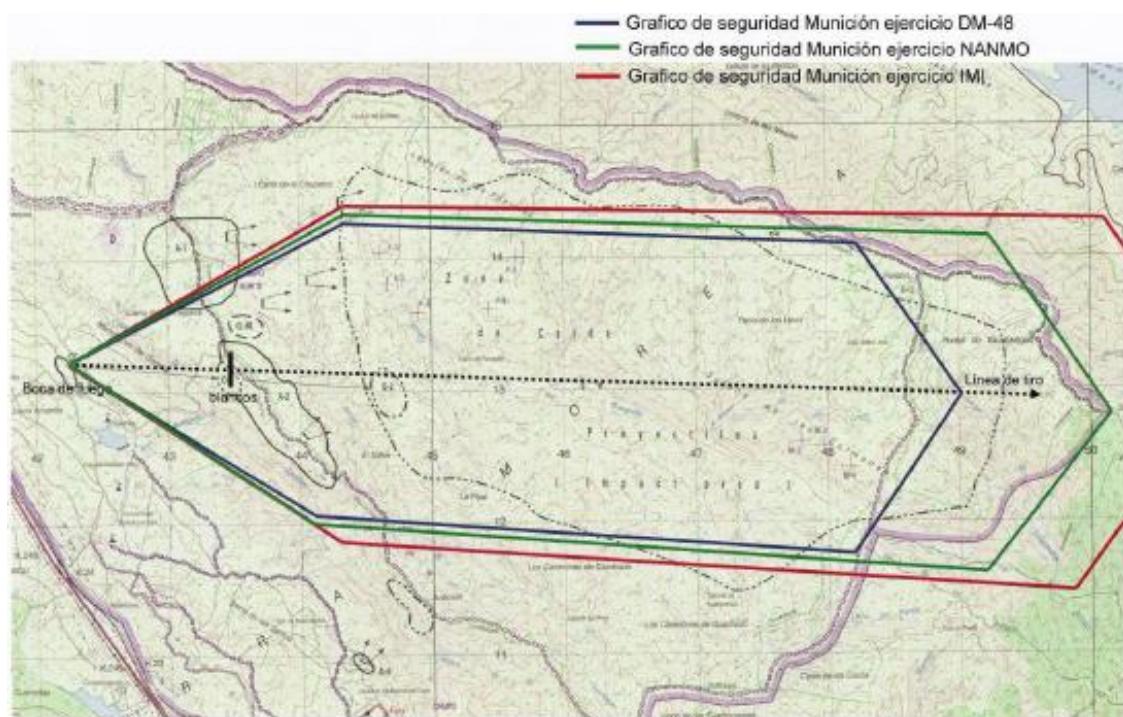


Figura 2: Zonas de Seguridad obtenidas para el CMT Cerro Muriano

Fuente: Normas de Uso de Interés General del CMT Cerro Muriano (2014).

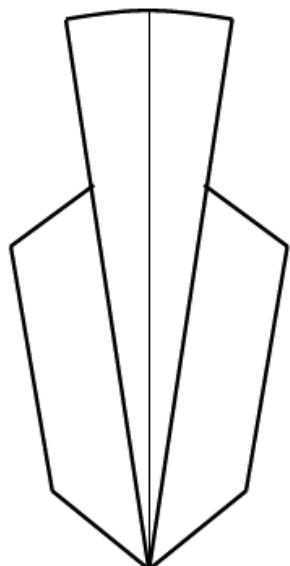
Por tanto, para adaptar o modificar el CMT “Las Navetas” (Ronda) con el objetivo de permitir la realización de prácticas de tiro con calibres de hasta 25 mm, será necesario hallar las zonas de seguridad o diagramas de seguridad asociados al tipo de munición con el que se quiera realizar los ejercicios, en función de ello se determinará si es posible dicha modificación que permitiría realizar ejercicios de tiro con el calibre mencionado y con qué tipo de municiones será posible ejecutarlos.

Cada sistema de armas y la munición relacionada con este tiene asociado una zona de seguridad. Los diagramas de seguridad son una representación a escala del área de seguridad que muestran los requerimientos mínimos de seguridad al utilizar dichos sistemas de armas. Los diagramas de seguridad están compuestos por tres áreas dimensionales que provienen de datos experimentales de laboratorio y una

<sup>14</sup> Según las Normas de Uso de Interés General del CMT Cerro Muriano, la zona de seguridad está delimitada, dependiendo del tipo de munición que se utilice, de acuerdo con el Informe Técnico sobre CMT de Cerro Muriano del Polígono de Experiencias de Carabanchel. I.T. DEST 2/07.

modelación por ordenador<sup>15</sup>. La forma y tamaño de estos depende de factores como las características del sistema de armas, la munición empleada, las condiciones de desarrollo del ejercicio de tiro, la localización geográfica o las condiciones del medio ambiental en el que se desarrollan.

He aquí una descripción de las distintas partes de los diagramas de seguridad que se emplean cuando los sistemas de armas son vehículos acorazados:



Realizado por:	Instructor
Escala:	1:25.000
Arma:	Leo2 A4
Calibre de la munición:	120mm
Tipo de Munición:	DM 38
Distance X:	9500 m
Fecha:	04FEB05
Autorizado por:	Jefe Unidad

Figura 3: Diagrama de Seguridad tipo

Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

<sup>15</sup> Información obtenida del manual del ejército norteamericano sobre zonas de seguridad de municiones (Pamphlet 385-63 Range Safety, 2012, chapter 3, 3-1 General, p. 13).

## Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio

Los diagramas están compuestos por diferentes partes y es de interés para el estudio conocerlos. Las líneas, puntos y zonas son las siguientes.

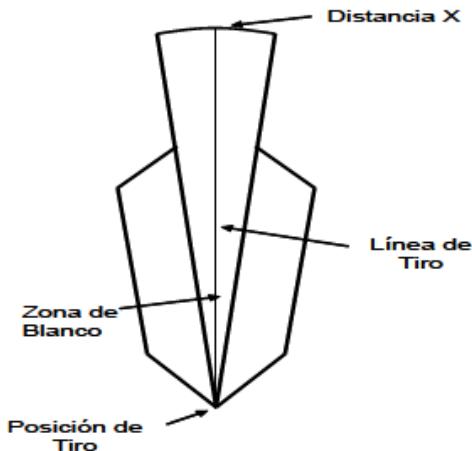


Figura 4: Partes del Diagrama de Seguridad

Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

**Posición de tiro:** Lugar elegido desde donde un sistema de armas puede ser disparado.

**Zona de blancos:** Es el área dentro de la zona de peligro donde un objetivo es colocado para poder ser adquirido por un sistema de armas desde una posición de tiro.

**Línea de Tiro (LT):** Es una línea que se inicia en la Posición de Tiro y pasa por la Zona de Blancos, su longitud es igual a la distancia X.

**Distancia X:** Alcance máximo de una munición.

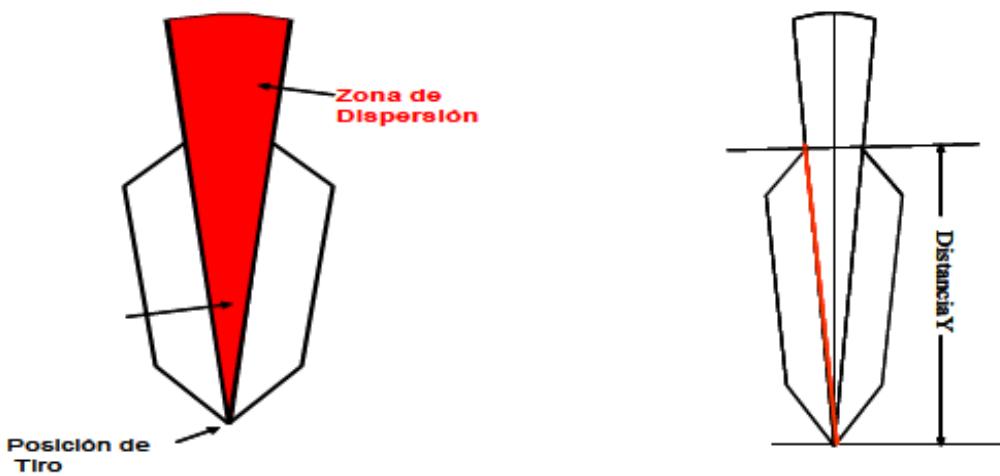


Figura 5: Zona de dispersión, Distancia Y

Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

**Zona de Dispersión:** Es la zona de terreno localizada entre la Línea de Tiro y la Zona de rebotes donde existe la posibilidad de error en el tiro debido a errores humanos, del carro o de la munición- tendrá una amplitud de  $5^{\circ}$ <sup>16</sup> a ambos lados de la Línea de Tiro ( $LT$ ).

**Arco:** Es la parte de la circunferencia con radio igual a la distancia  $X$ , con centro en la posición de tiro y abarcando ambos lados de la zona de dispersión.

**Distancia Y:** Es la máxima distancia estimada en la cual se puede producir un rebote cuando un proyectil es disparado con un determinado ángulo de tiro en el cuadrante de elevación.

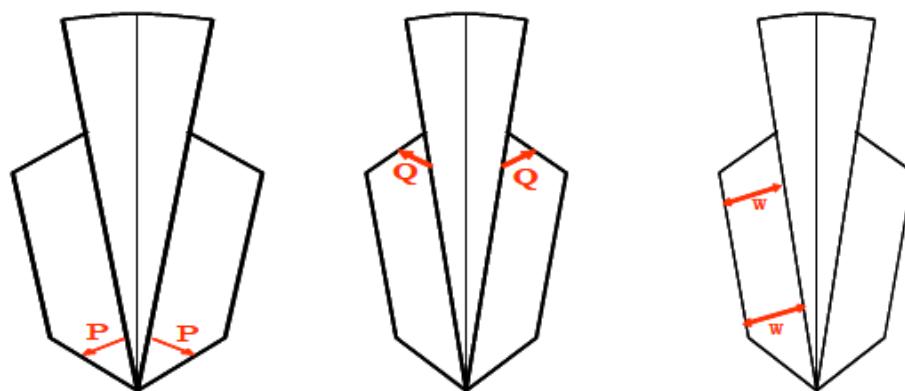


Figura 6: Ángulo  $P$ ,  $Q$  y Distancia  $W$

Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

**Ángulo  $P$ :** Es el ángulo cuya amplitud define los límites laterales de la Zona de Rebotes en su parte más cercana a la Posición de Tiro - se mide a partir del borde exterior de la Zona de Dispersión.

**Ángulo  $Q$ :** Es el ángulo cuya amplitud define los límites laterales de la Zona de Rebotes en su parte más alejada de la Posición de Tiro – se mide desde el borde exterior de la Zona de Dispersión.

**Distancia  $W$ :** Es la distancia que existe entre el borde exterior de la Zona de Dispersión y el Borde Exterior de la Zona de Rebotes.

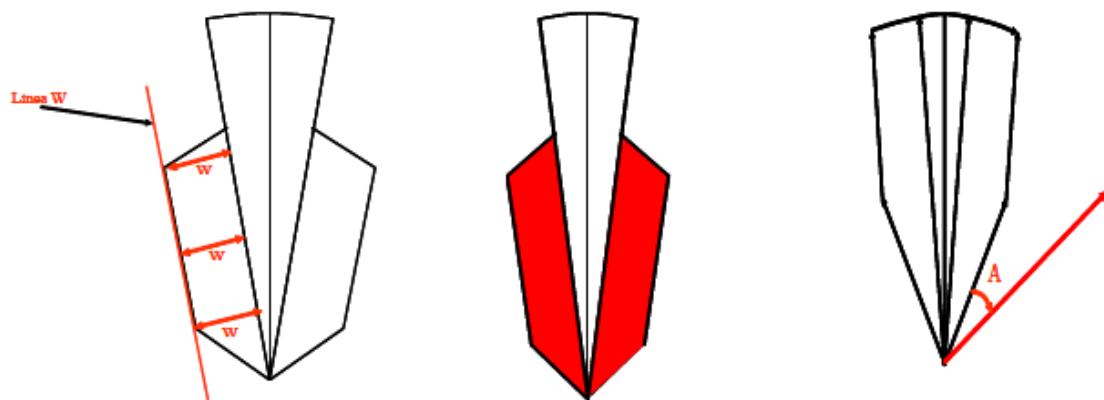
---

<sup>16</sup> Según el manual de Instructor Avanzado de Tiro de Centauro la Zona de Dispersión tendrá una

amplitud de  $5^{\circ}$  medidos a cada lado de la Línea de Tiro (MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro, 2006, p 10-2).

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---



*Figura 7: Zona de Rebotes, Ángulo A y Línea W*

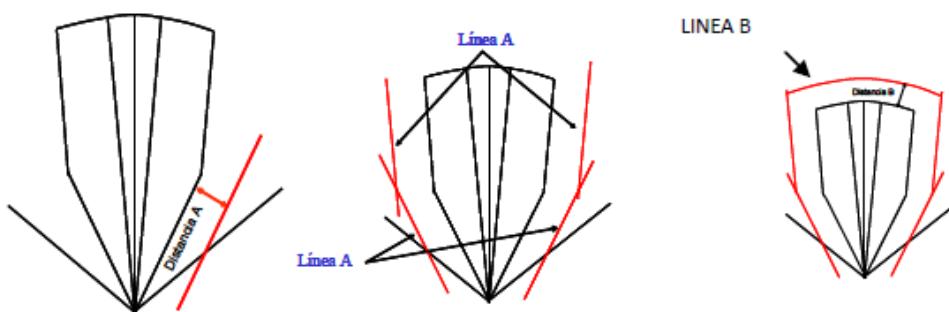
Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

**Línea W:** Es la línea paralela al Borde Exterior de la Zona de Dispersión y que dista de la misma la Distancia  $W$ .

**Zona de Rebotes:** Es el área localizada a ambos lados de la Zona de Dispersión dentro de la cual podemos encontrar fragmentos producidos por el contacto del proyectil con el blanco o elementos de su entorno. En caso de utilizar munición rompedora real habría que añadir una zona adicional de seguridad para prevenir los efectos de la munición rompedora.

**Ángulo A:** Es el ángulo de  $25^\circ$ <sup>17</sup> de amplitud con vértice en la Posición de Tiro y medido desde el Borde Exterior de la Zona de Rebotes.

**Distancia A:** Es la comprendida entre el borde exterior de la Zona de Rebotes y Línea A.



*Figura 8: Distancia A, Línea A y Distancia B*

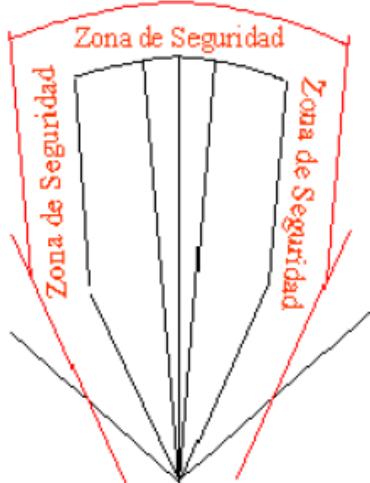
Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

<sup>17</sup> Según el manual de Instructor Avanzado de Tiro de Centauro el Ángulo A tendrá una amplitud de  $25^\circ$  (MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro, 2006, p 10-4).

**Línea A:** Es una línea paralela al borde exterior de la Zona de Rebotes que dista del mismo la Distancia A.

**Línea B:** Es la paralela al Arco y separada del mismo la Distancia B. Es la separación que existe entre el Arco y la Línea B, su valor depende de la munición rompedora empleada.

**Zona Adicional de Seguridad:** Aquella delimitada por las líneas A y B prevista para prevenir los efectos de la munición rompedora.



*Figura 9: Zona Adicional de Seguridad*

Fuente: MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro (2006).

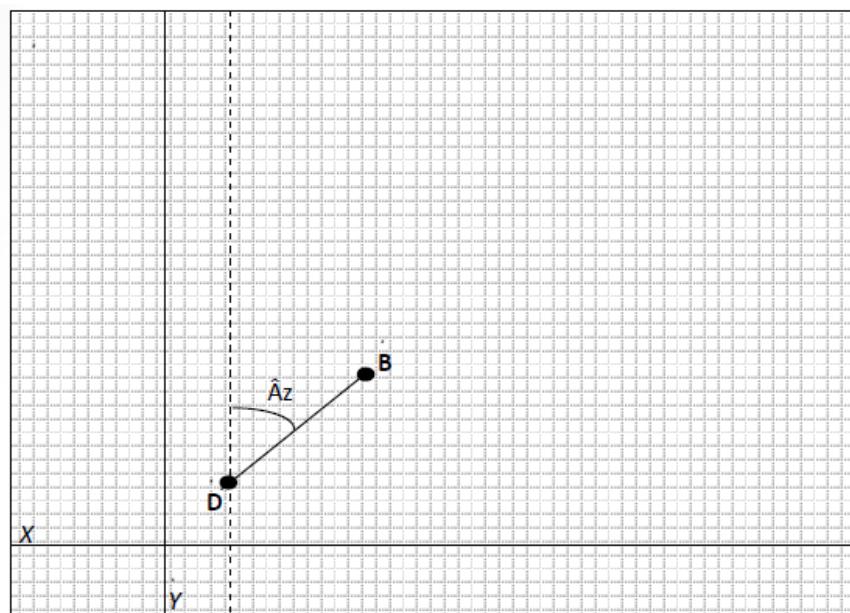
Una vez definidas las distintas partes de un diagrama de seguridad se presenta el cálculo del mismo a través de los puntos y líneas definidas. El resultado de todo el procedimiento son las coordenadas de los puntos que permiten construir un Diagrama de Seguridad, una vez obtenidas dichas coordenadas, a través del programa Carta Digital se plasman en la cartografía, de modo que se puede observar en conjunto el diagrama de seguridad con la zona del mapa que ocuparía realmente.

A continuación se detalla el proceso matemático para la obtención de los puntos, ángulos y distancias mencionadas a lo largo de esta sección y que permiten la construcción del Diagrama de Seguridad en cada caso.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

**Cálculo de datos generales**



*Figura 10: Cálculo de datos generales (1)*

*Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).*

Para el cálculo de cualquier diagrama siempre son necesarias las coordenadas UTM del Punto de Disparo ( $D$ ) y del punto del Blanco ( $B$ ). A partir de ellos se calcula el Azimut ( $\hat{A}z$ ), que es el ángulo que formará la línea de tiro con el Norte de la cuadricula UTM.

Se calcula la distancia de  $D$  a  $B$  ( $|DB|$ ) con el teorema de Pitágoras:

$$|DB|^2 = (Bx - Dx)^2 + (By - Dy)^2$$

Se calcula el ángulo  $\hat{A}z$  con el teorema del seno:

$$\frac{\sin \hat{A}z}{(Bx - Dx)} = \frac{\sin 90^\circ}{|DB|}$$

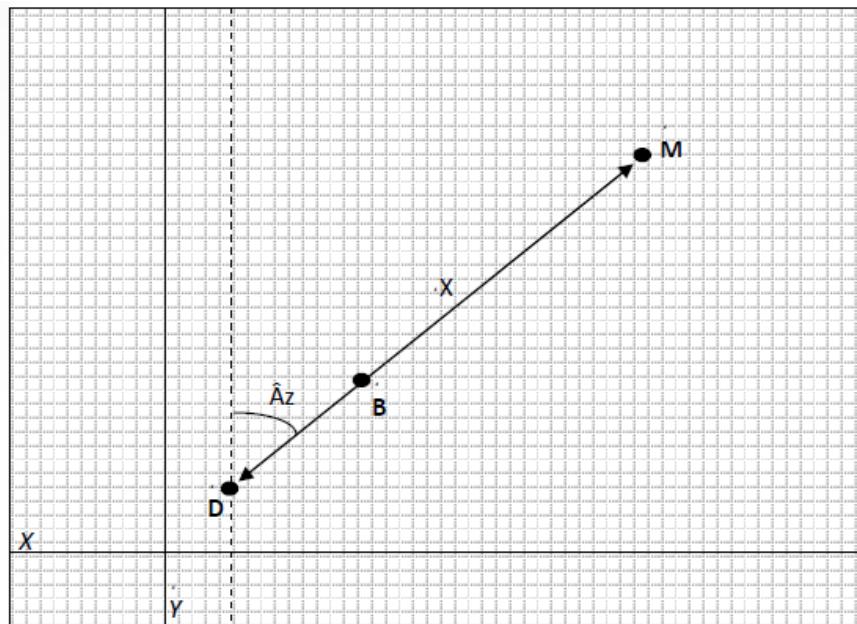


Figura 11: Cálculo de datos generales (2)

Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).

A continuación se calcula la línea de tiro, que es la definida entre los puntos  $D$  y  $M$ . Para ello es necesario conocer la distancia  $X$  (alcance máximo de una munición)<sup>18</sup>.

Cálculo de las coordenadas del punto  $M$ :

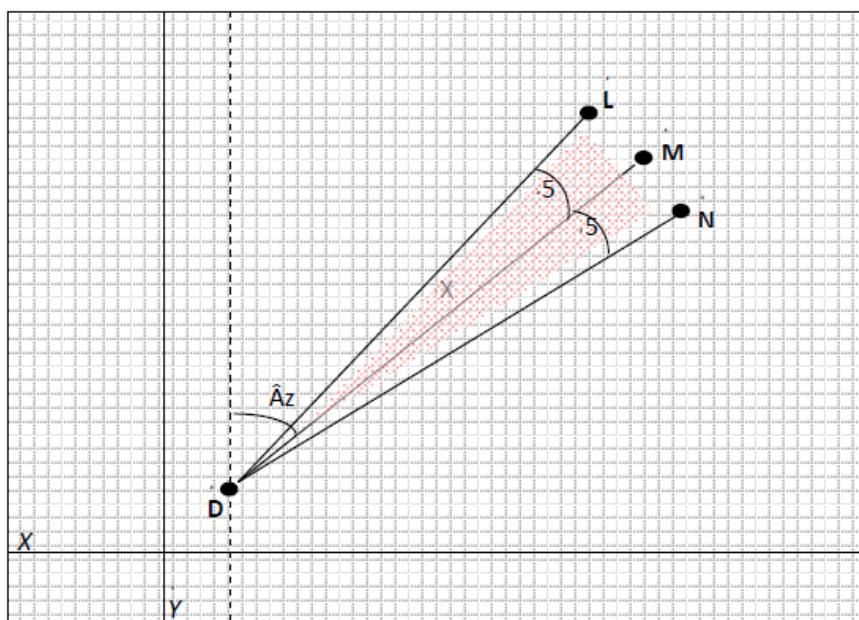
$$M(M_x, M_y) \rightarrow M_x = D_x + X \cdot \sin \hat{A}_z ; \quad M_y = D_y + X \cdot \cos \hat{A}_z$$

<sup>18</sup> El alcance máximo se obtiene del manual del ejército norteamericano sobre las zonas de seguridad de municiones (Pamphlet 385-63 Range Safety, 2012, p 82).

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

**Cálculo del Área de Dispersión**



*Figura 12: Cálculo del área de dispersión*

*Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).*

Para ello se utiliza el ángulo de dispersión ( $5^\circ$ ) y la distancia  $X$ , así calcularán los puntos  $L$  y  $N$ .

Cálculo de las coordenadas de  $L$  y  $N$ :

$$L(L_x, L_y) \rightarrow L_x = D_x + X \cdot \sin(\hat{A}_z - 5^\circ); L_y = D_y + X \cdot \cos(\hat{A}_z - 5^\circ)$$
$$N(N_x, N_y) \rightarrow N_x = D_x + X \cdot \sin(\hat{A}_z + 5^\circ); N_y = D_y + X \cdot \cos(\hat{A}_z + 5^\circ)$$

**Cálculo del Área de Rebotes para el diagrama de armas de gran calibre**

Al igual que con grandes calibres también se podría aplicar el procedimiento para calcular diagramas de seguridad de municiones de pequeño calibre (5,56 mm o 7,62 mm), sin embargo, para este estudio interesan los diagramas de gran calibre. El procedimiento tiene algunas diferencias dependiendo de si se trata de pequeños calibres o grandes calibres, este es el procedimiento específico para obtener los diagramas de estos últimos.

El área de rebotes está definida por los puntos  $D$ ,  $\tilde{N}$  y  $O$  por un lado y por los puntos  $D$ ,  $K$  y  $J$  por el otro. Para calcularlos se utiliza el ángulo de rebotes ( $P^\wedge$ ) y la distancia  $W^{19}$ .

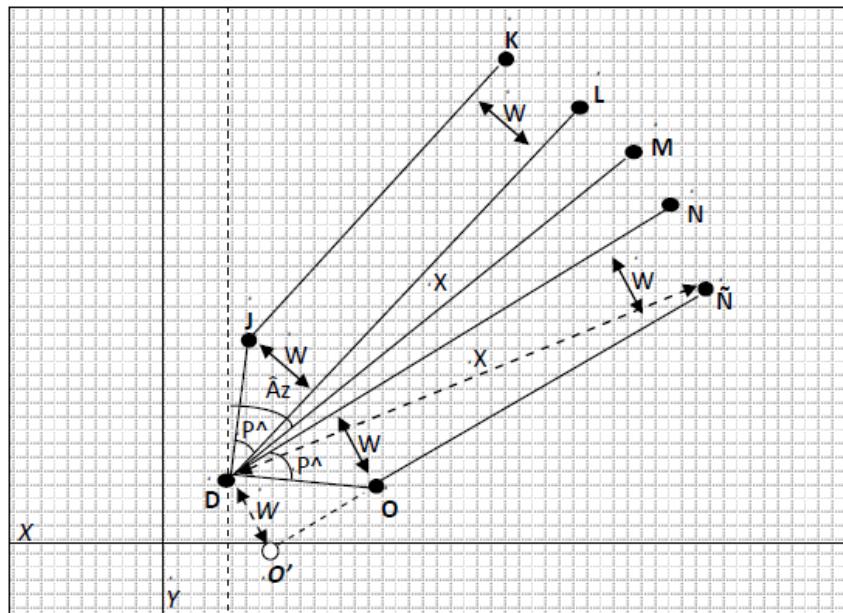


Figura 13: Cálculo del área de rebotes

Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).

Cálculo de las coordenadas de los puntos  $J$  y  $O$ . Se calcula la distancia entre  $D$  y  $O$  aplicando el teorema del seno:

$$\frac{|DO|}{\sin 90^\circ} = \frac{W}{\sin P^\wedge}$$

A partir de aquí:

$$O(O_x, O_y)$$

$$Ox = Dx + |DO| \cdot \sin(\hat{A}_z + 5^\circ + P^\wedge)$$

$$Oy = Dy + |DO| \cdot \cos(\hat{A}_z + 5^\circ + P^\wedge)$$

Teniendo en cuenta que  $|DO|=|JO|$

<sup>19</sup> El Ángulo de rebotes ( $P^\wedge$ ) y la Distancia  $W$  para cada munición se obtienen de del manual del ejército norteamericano sobre las zonas de seguridad de municiones (Pamphlet 385-63 Range Safety, 2012, p 82).

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

$$J(Jx, Jy)$$

$$Jx = Dx + |DO| \cdot \sin(\hat{A}_z - 5^\circ - P^\wedge)$$

$$Jy = Dy + |DO| \cdot \cos(\hat{A}_z - 5^\circ - P^\wedge)$$

Cálculo de las coordenadas de  $\tilde{N}$  y  $K$ . Se calcula la distancia  $|O'\tilde{N}|$ , la distancia  $|O'O|$  y se obtiene  $|O\tilde{N}|$ :

$$X^2 = |O'\tilde{N}|^2 + W^2$$

$$\frac{|O'O|}{\sin(90^\circ - P^\wedge)} = \frac{\sin P^\wedge}{W}$$

$$|O\tilde{N}| = |O'\tilde{N}| - |O'O|$$

$$\tilde{N}(\tilde{N}_x, \tilde{N}_y) \rightarrow \tilde{N}_x = Ox + |O\tilde{N}| \cdot \sin(5^\circ + \hat{A}_z); \tilde{N}_y = Oy + |O\tilde{N}| \cdot \cos(5^\circ + \hat{A}_z)$$

$$\text{Como } |O\tilde{N}| = |JK|$$

$$K(K_x, K_y) \rightarrow K_x = Jx + |JK| \cdot \sin(\hat{A}_z - 5^\circ); K_y = Jy + |JK| \cdot \cos(\hat{A}_z - 5^\circ)$$

**Cálculo de la Zona de Seguridad Ampliada para proyectil rompedor**

Los diagramas de seguridad dependen del tipo de cañón y de la munición usada, es decir, para cada tipo de munición se obtiene un diagrama de seguridad distinto. En el caso de los proyectiles rompedores es necesario incluir un área de seguridad adicional debido a su alto poder explosivo. Por lo que habrá que calcular los puntos que definen dicha zona ampliada. Partiendo de las distancias conocidas  $A$  y  $B$ <sup>20</sup> se obtienen el resto de puntos que definen las líneas  $A$  y  $B$ , consiguiendo como resultado la Zona de Seguridad Ampliada para un proyectil de tipo rompedor.

---

<sup>20</sup> Las distancias A y B para la construcción de un Diagrama de Seguridad de un proyectil rompedor se obtienen de del manual del ejército norteamericano sobre las zonas de seguridad de municiones (Pamphlet 385-63 Range Safety, 2012, p 82).

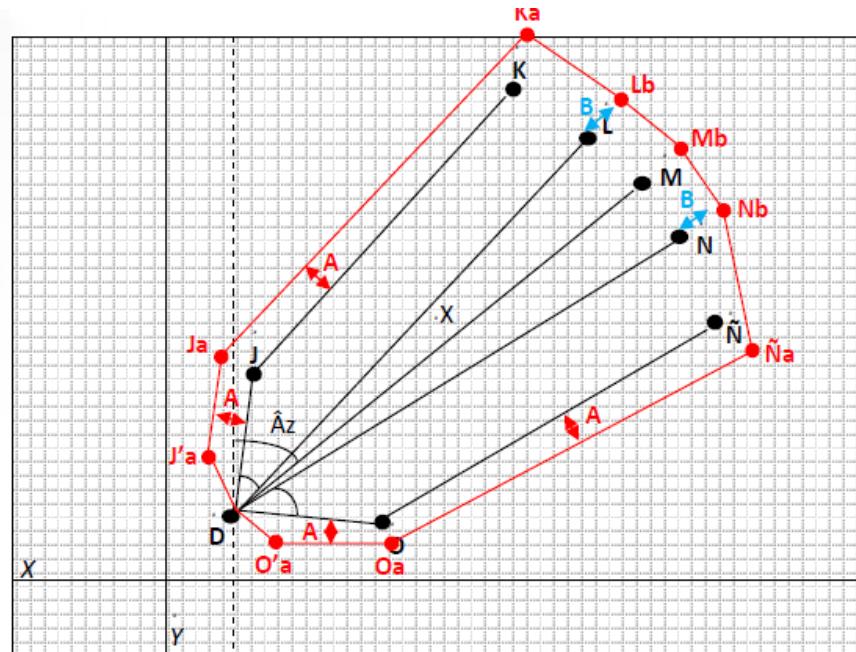


Figura 14: Cálculo de la zona de seguridad ampliada (1)

Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).

Cálculo de las coordenadas de  $M_b$ ,  $L_b$  y  $N_b$ :

$$Mb(M_{bx}, M_{by}) \rightarrow M_{bx} = Dx + (X + B) \cdot \sin \hat{A}_z ; M_{by} = Dy + (X + B) \cdot \cos \hat{A}_z$$

$$Lb(L_{bx}, L_{by}) \rightarrow L_{bx} = Dx + (X + B) \cdot \sin(\hat{A}_z - 5^\circ) ; L_{by} = Dy + (X + B) \cdot \cos(\hat{A}_z - 5^\circ)$$

$$Nb(N_{bx}, N_{by}) \rightarrow N_{bx} = Dx + (X + B) \cdot \sin(\hat{A}_z + 5^\circ) ; N_{by} = Dy + (X + B) \cdot \cos(\hat{A}_z + 5^\circ)$$

Cálculo de las coordenadas de  $O'_a$  y  $J'_a$ :

$$|DJ'a| = |DO'a| = \frac{A}{\sin 25^\circ}$$

$$J'a(J'ax, J'ay) \rightarrow$$

$$J'ax = Dx + |DJ'a| \cdot \sin(\hat{A}_z + 5^\circ + P^\wedge + 25^\circ)$$

$$J'ay = Dy + |DJ'a| \cdot \cos(\hat{A}_z + 5^\circ + P^\wedge + 25^\circ)$$

$$DO'a(D'ax, D'ay) \rightarrow$$

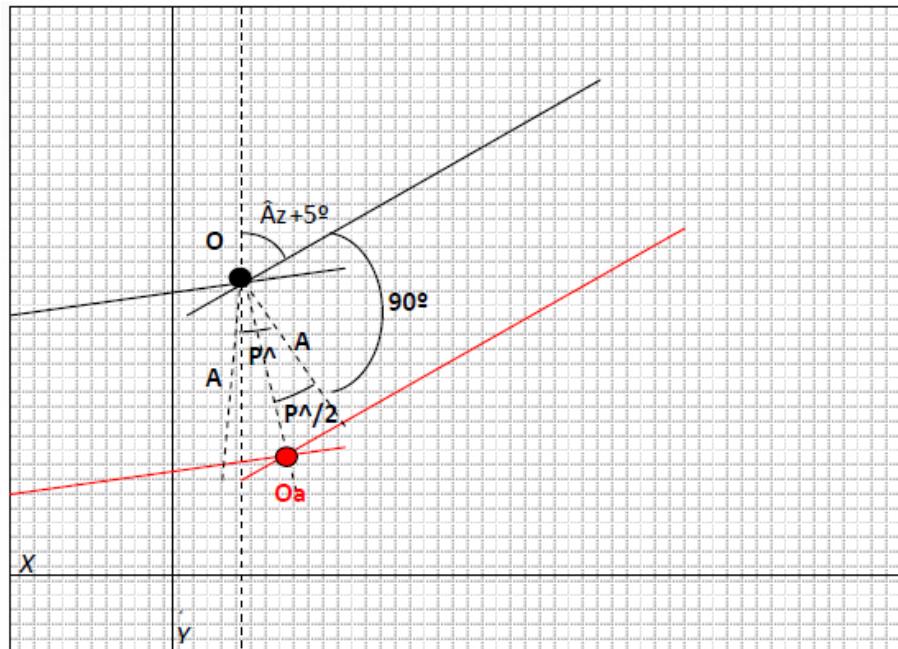
$$O'ax = Dx + |DJ'a| \cdot \sin(\hat{A}_z - 5^\circ - P^\wedge - 25^\circ)$$

$$O'ay = Dy + |DJ'a| \cdot \cos(\hat{A}_z - 5^\circ - P^\wedge - 25^\circ)$$

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

Cálculo de las coordenadas de  $Ja$  y  $Oa$ :



*Figura 15: Cálculo de la zona de seguridad ampliada (2)*

Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).

$$|JJa| = |OOa| = \frac{A}{\cos(\frac{P^\wedge}{2})}$$

$$Oa(Oax, Oay) \rightarrow$$

$$Oax = Ox + |JJa| \cdot \sin(\hat{A}z + 5^\circ + 90^\circ + \frac{P^\wedge}{2})$$

$$Oay = Oy + |JJa| \cdot \cos(\hat{A}z + 5^\circ + 90^\circ + \frac{P^\wedge}{2})$$

$$Ja(Jax, Jay) \rightarrow$$

$$Jax = Jx + |JJa| \cdot \sin(\hat{A}z - 5^\circ - 90^\circ - \frac{P^\wedge}{2})$$

$$Jay = Jy + |JJa| \cdot \cos(\hat{A}z - 5^\circ - 90^\circ - \frac{P^\wedge}{2})$$

Cálculo de las coordenadas de  $\tilde{N}a$  y  $Ka$ :

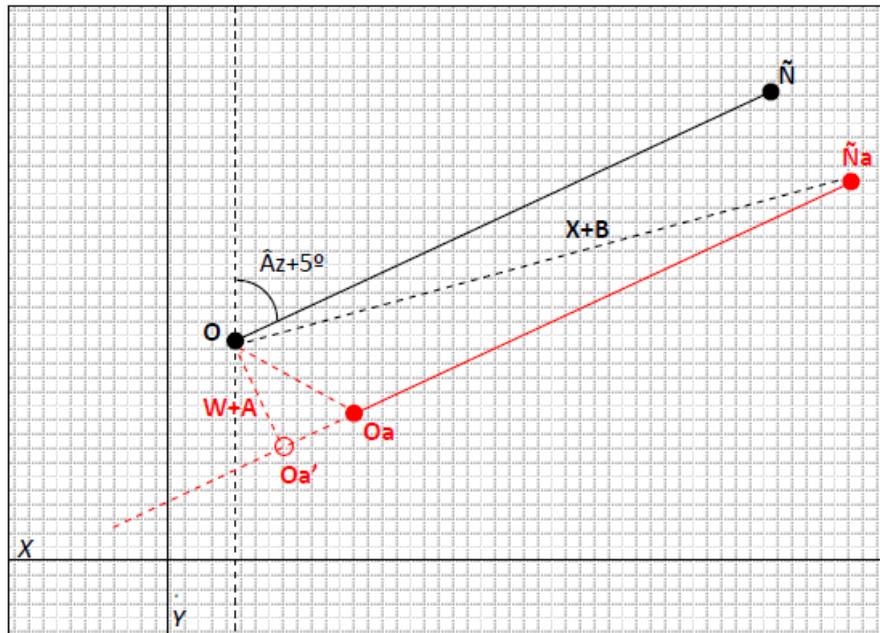


Figura 16: Cálculo de la zona de seguridad ampliada (3)

Fuente: Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de diagramas de seguridad en el tiro (2013).

$$|Oa'|^2 = (X + B)^2 + (W + A)^2$$

$$|Oa\tilde{N}a| = |JaKa| = |Oa'\tilde{N}a| - |Oa'Oa|$$

$$\begin{aligned}\tilde{N}a(\tilde{N}ax, \tilde{N}ay) &\rightarrow \tilde{N}ax = Oax + |JaKa| \cdot \sin(\hat{A}z + 5^\circ) ; \tilde{N}ay = Oay + |JaKa| \cos(\hat{A}z + 5^\circ) \\ Ka(Kax, Kay) &\rightarrow Kax = Jax + |JaKa| \cdot \sin(\hat{A}z - 5^\circ) ; Kay = Jay + |JaKa| \cdot \cos(\hat{A}z - 5^\circ)\end{aligned}$$

### 3.2 APLICACIÓN

Este apartado se dedica a la aplicación de la metodología expuesta, para ello se analizan los distintos tipos de municiones que utiliza el VEC, se obtienen los diagramas de seguridad de cada una de ellas y se comprueba la zona que ocuparía del terreno real.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

---

El VEC está equipado con el cañón de origen norteamericano M242 Bushmaster de 25 mm<sup>21</sup>, por ello se utiliza la información presentada en el manual del ejército norteamericano<sup>22</sup>, para obtener los parámetros que caracterizan el tiro con los distintos tipos de municiones que pueden ser disparadas, ya que ellos cuentan con este cañón en algunos de sus sistemas de armas.

**Table 8-4  
25mm surface danger zone criteria**

Ammunition	Impact media	Distance X (m)	Distance Y Ricochet range (m)	Angle P (deg)	Distance W <sup>2</sup> (m)	15 degrees elevation range (m)	Area A (m)	Area B (m)	Vertical hazard <sup>2</sup> (m)
M791 APDS-T	Earth	14,572	7,402	18	1,466	11,561	NR	NR	See note 2
	Water	14,572	5,665	6	263	11,561	NR	NR	
	Concrete	14,572	7,622	34	2,208	11,561	NR	NR	
	Steel	14,572	7,294	24	1,510	11,561	NR	NR	
M792 HEI-T	Earth	6,379	4,792	19	908	5,249	300	400	See note 2
	Water	6,379	4,823	19	1,047	5,249	300	400	
	Concrete	6,379	5,071	27	1,290	5,249	300	400	
	Steel	6,379	5,265	28	1,373	5,249	300	400	
M793 TP-T	Earth	6,047	4,792	19	908	5,114	NR	NR	See note 2
	Water	6,047	4,823	19	1,047	5,114	NR	NR	
	Concrete	6,047	5,071	27	1,290	5,114	NR	NR	
	Steel	6,047	5,265	28	1,373	5,114	NR	NR	
M910 TPCSDS-T	Earth	6,404	4,592	15	734	5,868	NR	NR	See note 2
	Water	6,404	3,724	4	148	5,868	NR	NR	
	Concrete	6,404	4,643	27	1,143	5,868	NR	NR	
	Steel	6,404	4,472	20	799	5,868	NR	NR	
M919 APFSDS-T <sup>1</sup>	Earth	18,480	7,725	21	801	14,816	NR	NR	See note 2
	Water	18,480	7,725	21	801	14,816	NR	NR	
	Concrete	18,480	7,867	25	1,289	14,816	NR	NR	
	Steel	18,480	7,867	25	1,289	14,816	NR	NR	

Legend for Table 8-4:

APFSDS-T=armor piercing, fin-stabilized discarding sabot-tracer

NR=not required

TP-T=target practice-tracer

TPCSDS-T=target practice, cone-stabilized discarding sabot-tracer

Notes:

<sup>1</sup> Ammunition is a wartime round. SDZ is advisory only. M919 projectiles contain depleted uranium (DU) penetrator.

<sup>2</sup> Use the sum of values of Distance W and Area A (if applicable) until validated test data is available.

*Tabla 4: Parámetros para la obtención del DS de municiones de 25 mm*

*Fuente: Pamphlet 385-63 Range Safety (2012).*

Una vez se han obtenido los parámetros necesarios (mostrados en la Tabla 3) se realizará el estudio del diagrama de seguridad de cada tipo de munición.

### 3.2.1 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M791 APDS-T

<sup>21</sup> Información obtenida del manual técnico de torre VEC (MT6-202 Torre del Vehículo de Exploración de Caballería VEC, 1997).

<sup>22</sup> Se trata del manual del ejército norteamericano sobre las zonas de seguridad de municiones (Pamphlet 385-63 Range Safety, 2012).

En este caso se trata de una munición tipo “flecha”. Es una munición que actúa bajo los principios básicos de la energía cinética, su funcionamiento se basa en una salida a gran velocidad en la boca del cañón para perforar un objetivo blindado. La velocidad del proyectil se consigue gracias a que a la salida de la boca del cañón se desprende del “sabot”, que le ha proporcionado una mayor superficie durante el recorrido por el cañón. Este tipo de munición tiene un gran alcance “Distancia X”, de modo que se obtendrá un Diagrama de seguridad bastante amplio y alargado.

Tras introducir en la hoja de cálculo Excel las coordenadas del punto desde donde se dispararía y del blanco utilizado, se introducen los parámetros obtenidos de la tabla 3 (se utilizan los parámetros correspondientes a impactos en tierra) y resultan las coordenadas de los distintos puntos del diagrama de seguridad<sup>23</sup>. En este caso no es necesario utilizar zona de seguridad ampliada pues no se trata de munición explosiva.

Tras introducir las coordenadas obtenidas para municiones de gran calibre en el programa Carta Digital se obtiene el diagrama de seguridad para la munición APDS-T<sup>24</sup>.

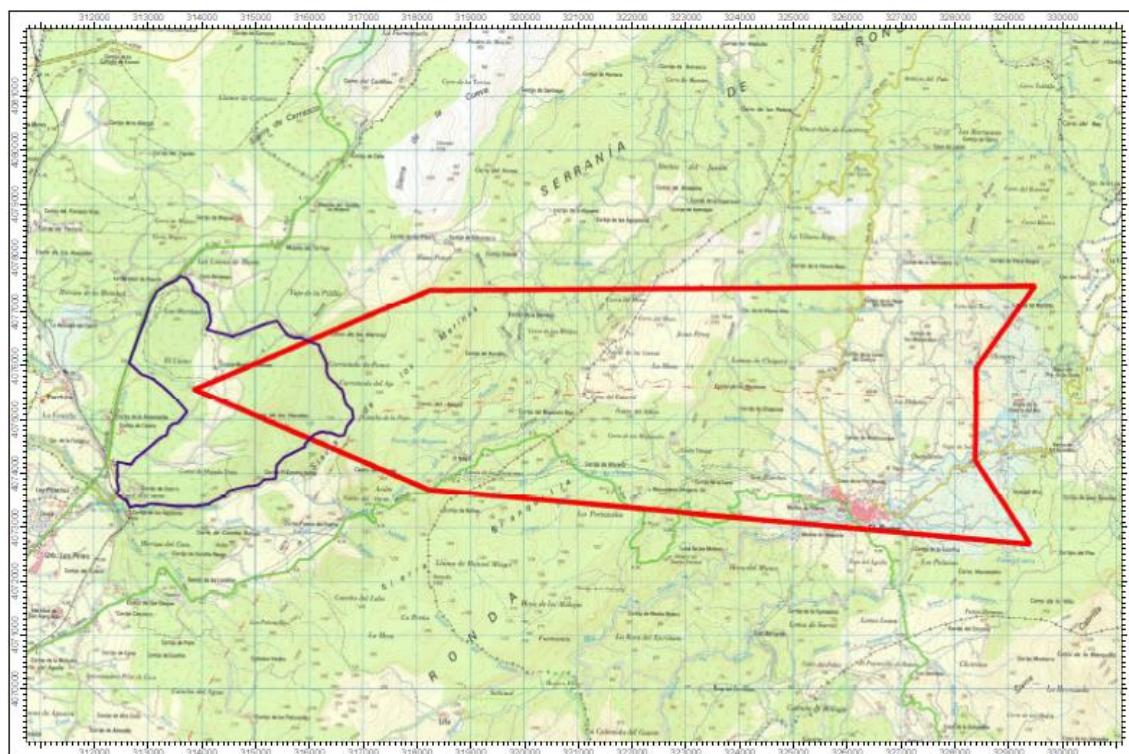


Figura 17: DS M791 APDS-T

Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.

<sup>23</sup> Véase Anexo D, Diagrama de Seguridad M791 APDS-T, Tabla D1.

<sup>24</sup> Véase Anexo D, Diagrama de Seguridad M791 APDS-T, Gráfico D2.

## Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio

### 3.2.2 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M792 HEI-T

En este caso se trata de una munición de tipo rompedora. Este tipo de municiones tienen un alto poder explosivo, además es incendiaria, aunque no alcanzan las velocidades de los APDS-T y los diagramas de seguridad no son tan grandes longitudinalmente, hay que tener en cuenta que se debe incluir la “Zona de Seguridad Ampliada” debido a sus características.

Siguiendo el mismo procedimiento se obtienen las coordenadas del diagrama de seguridad mediante la hoja de cálculo Excel<sup>25</sup> y se representa mediante Carta Digital<sup>26</sup>.

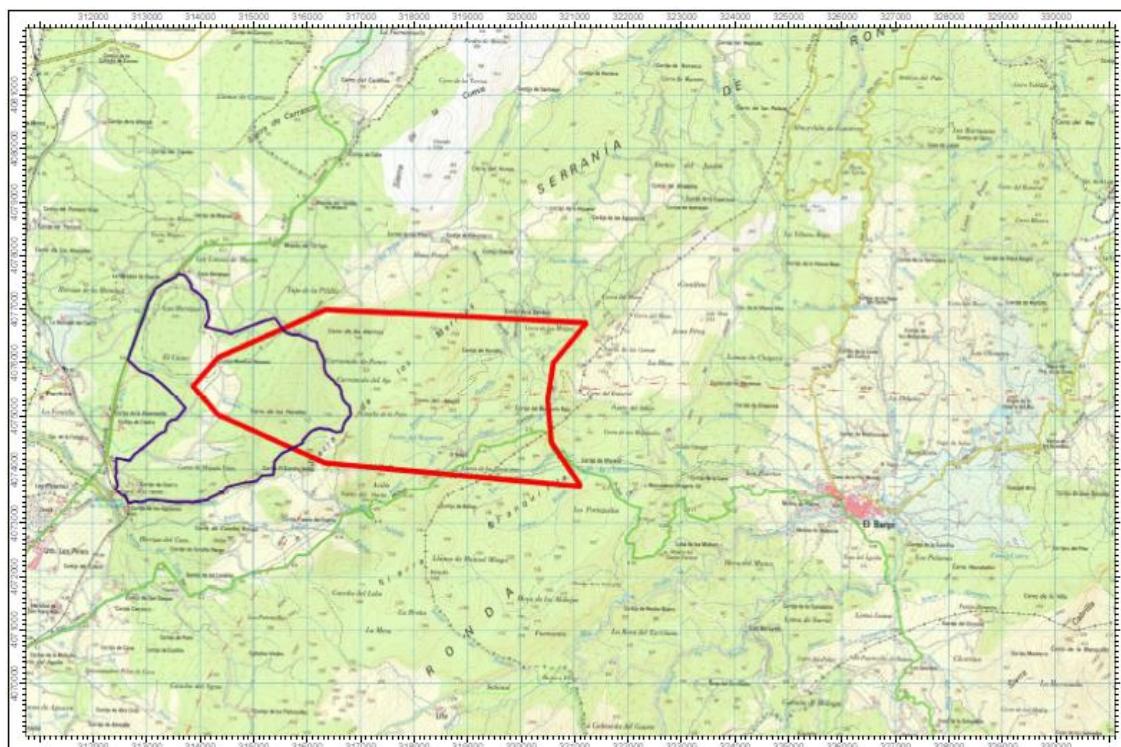


Figura 18: DS M792 HEI-T

Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.

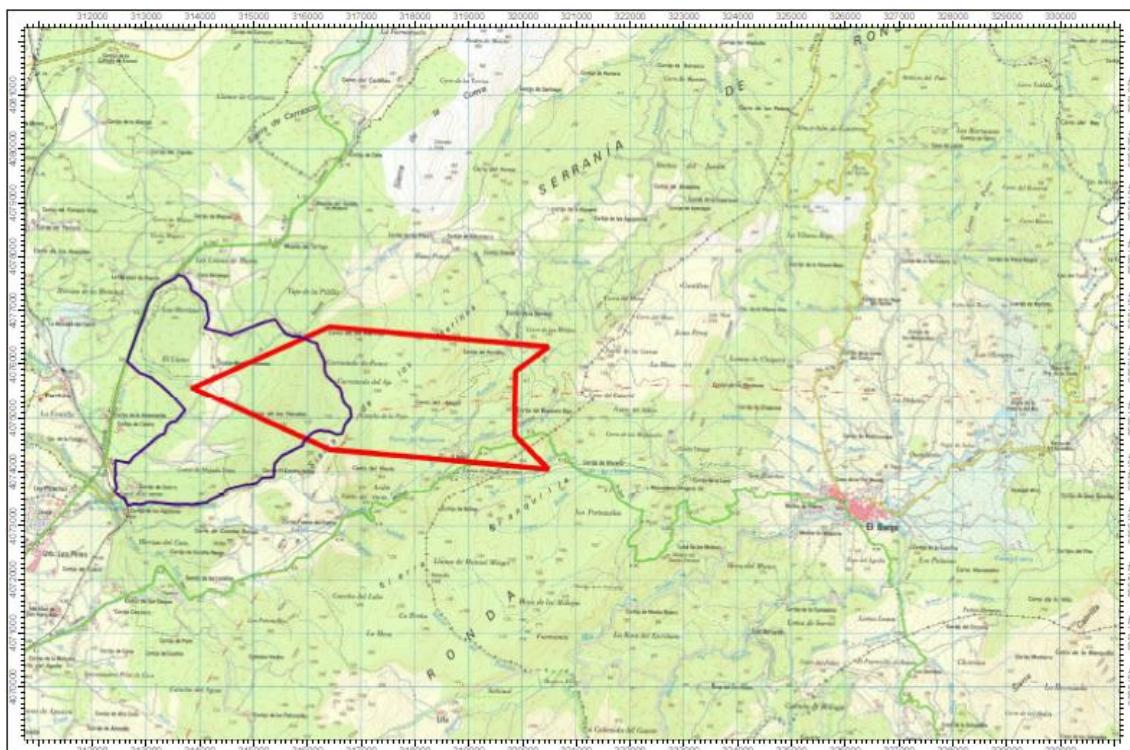
<sup>25</sup> Véase Anexo E, Diagrama de Seguridad M792 HEI-T, Tabla E1.

<sup>26</sup> Véase Anexo E, Diagrama de Seguridad M792 HEI-T, Gráfico E2.

### 3.2.3 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M793 TP-T

Se trata de una munición de instrucción, es decir, una munición inerte que se utiliza en la mayoría de ocasiones en las prácticas de tiro y que tienen ventajas como un menor coste. Como consecuencia, esta munición no tendrá un gran alcance y no tiene poder explosivo alguno, en este caso el diagrama de seguridad es el más reducido de todos.

Del mismo modo se obtienen las coordenadas del diagrama de seguridad y se representan<sup>27</sup>.



*Figura 19: DS M793 TP-T*

*Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.*

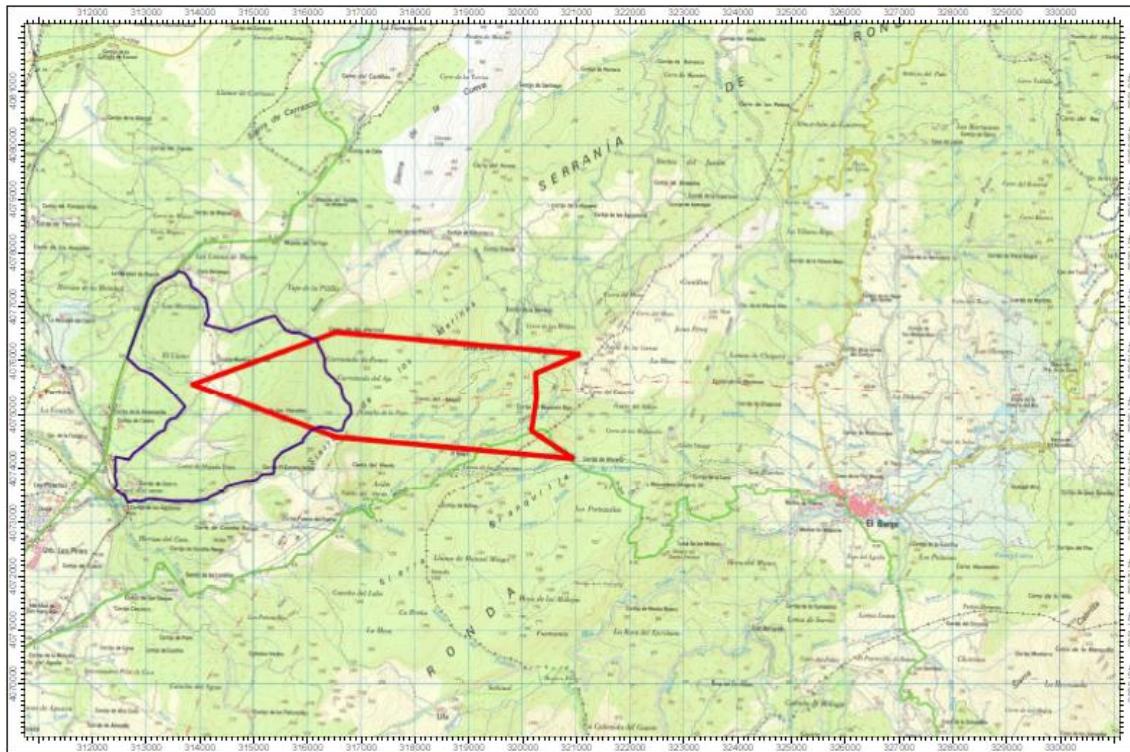
### 3.2.4 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M910 TPCSDS-T

Se trata de una munición muy similar a la anterior, pero con mejoras de precisión y alcance al tener un “sabot” que se desprende. Por tanto, su diagrama de seguridad será muy similar al anterior, la diferencia estará en que será un poco más alargado (al tener más alcance).

Una vez más a través de la hoja de cálculo Excel y usando Carta Digital se obtiene el diagrama de seguridad para esta munición<sup>28</sup>.

<sup>27</sup> Véase Anexo F, Diagrama de Seguridad M793 TP-T, Tabla F1; Gráfico F2.

## **Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**



*Figura 20: DS M910 TPCSDS-T*

*Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.*

### 3.2.5 DIAGRAMA DE SEGURIDAD DE LA MUNICIÓN M919 APFSDS-T

Se trata, en este caso, de la versión mejorada de la primera munición del estudio, APDS-T. Estos proyectiles, al igual que en el primer caso, están diseñados para salir a gran velocidad de la boca del cañón y perforar blindajes gracias a la energía cinética acumulada. La diferencia se encuentra en que estos están estabilizados mediante aletas durante la fase de vuelo, aumentando su precisión y alcance. Las implicaciones que tendrá en el diagrama de seguridad será una mayor “Distancia X”, siendo el de mayor superficie ocupada de todas las municiones estudiadas en este capítulo.

De nuevo, siguiendo el mismo procedimiento, se obtiene el diagrama de seguridad en cuestión<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Véase Anexo G, Diagrama de Seguridad M910 TPCSDS-T, Tabla G1; Gráfico G2.

<sup>29</sup> Véase Anexo H, Diagrama de Seguridad M919 APFSDS-T, Tabla H1; Gráfico H2.

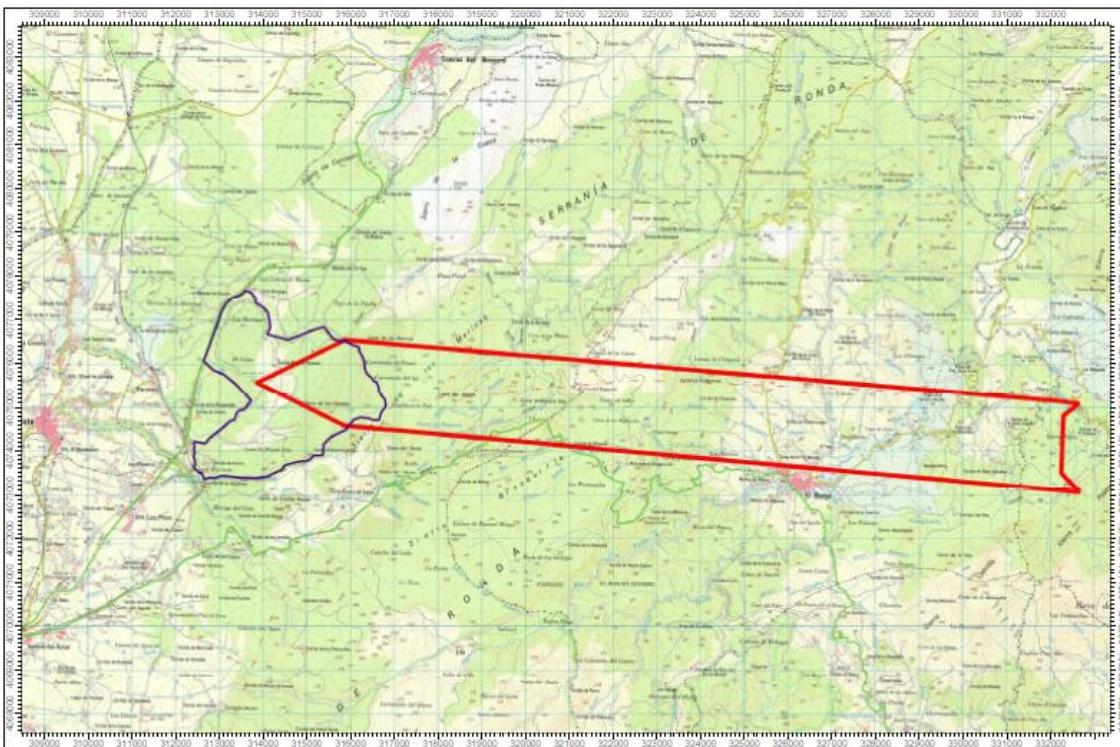


Figura 21: DS M919 APFSDS-T

Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.

## Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio

### 3.3 RESULTADOS



Figura 22: Límites del campo de maniobras "Las Navetas"

Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.

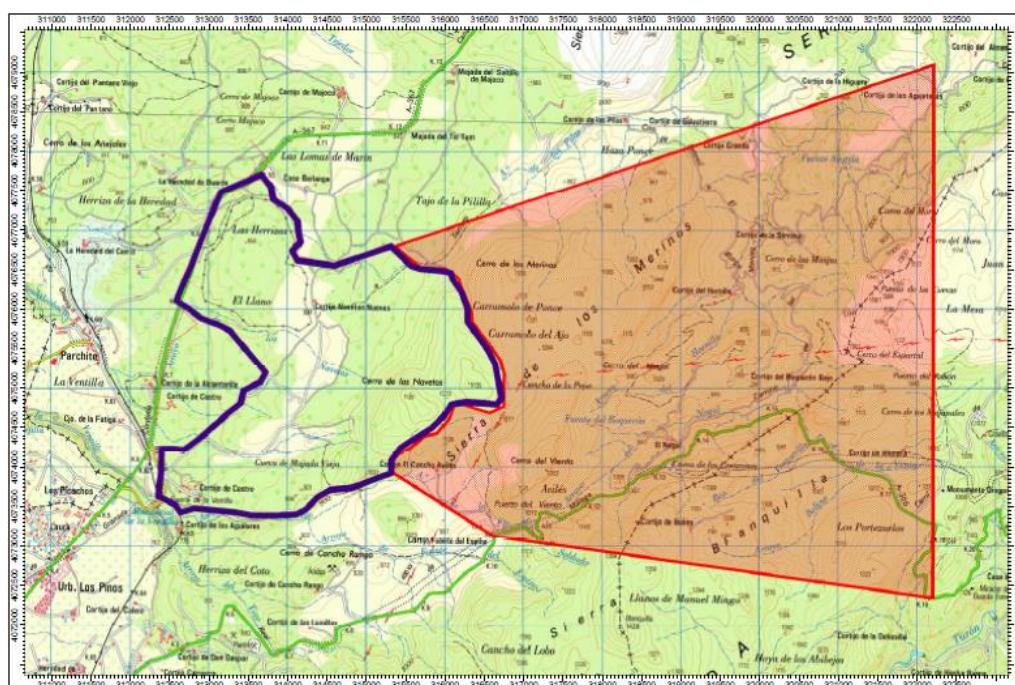
Una vez obtenidos los diagramas de seguridad para los distintos tipos de municiones que puede utilizar el cañón del VEC, se puede comprobar que extensión ocuparían en el terreno. La cuestión clave a la hora de instalar un campo de tiro es la extensión de las zonas de seguridad que deben encontrarse dentro de los límites del campo de maniobras.

Observando los gráficos que resultan de superponer los diagramas de seguridad con la cartografía de la zona, se observa que en todos los casos dichos diagramas tienen una extensión que supera, con creces, los límites del campo de maniobras (marcados en la cartografía con una línea gruesa de color morado).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la forma de poder construir un campo de tiro en el que se puedan realizar ejercicios con los calibres de 25 mm que usan los VEC's en condiciones de seguridad pasaría por ampliar el campo de maniobras "Las Navetas". Esto supondría una expropiación del suelo rústico adyacente.

Además de que las dimensiones de los diagramas de seguridad exceden a los límites del campo de maniobras, en algunos casos estos abarcan un núcleo urbano cercano y carreteras de la zona<sup>30</sup>, en estos casos es inviable considerar una expropiación de ese terreno. Como consecuencia, se han descartado estos casos en el estudio (las municiones M791 APDS-T y M919 APFSDS-T), obteniendo un campo de tiro habilitado para realizar prácticas con munición de calibre 25 mm (exceptuando los dos tipos de munición flecha mencionadas anteriormente), lo que conlleva un aumento en la versatilidad de este.

Con ayuda del programa Carta Digital se calcula la diferencia entre el terreno ocupado por el diagrama de seguridad y los límites del campo de maniobras “Las Navetas”, obteniendo la superficie de suelo rústico a expropiar.



*Figura 23: Límites del campo de maniobras "Las Navetas" (línea morada) y zona a expropiar (en rojo)*

*Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.*

La solución propuesta pasa por expropiar una superficie de 32,227 Km<sup>2</sup>. Dado que los diagramas de seguridad de las municiones M792 HEI-T, M793 TP-T Y M910 TPCSDS-T se encuentran dentro de la zona a expropiar propuesta, se podría instalar un campo de tiro para prácticas de tiro con dichas municiones.

---

<sup>30</sup> Véase Anexo D, Diagrama de Seguridad M791 APDS-T, Gráfico D2; Anexo H Diagrama de Seguridad M919 APFSDS-T, Gráfico H2.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

Por otra parte, suponiendo que la mayoría del terreno a expropiar es monte forestal, se puede estimar el coste de dicha expropiación. En la provincia de Málaga el precio de la hectárea de monte forestal asciende a 9.129 €/hectárea<sup>31</sup>, por lo que si la superficie a expropiar tiene una extensión de unas 3.222,7 hectáreas, el coste de dicha expropiación asciende a unos 29.420.028,3 euros.

Como ya se ha demostrado en el capítulo 2, anualmente se realizan, normalmente, dos ejercicios de tiro que tenían un coste debido a la necesidad de trasladarse al campo de tiro de Viator (Almería) de unos 20.910,84 euros. Realizando una comparación entre dichos costes (que se ahorrarían si el proyecto se llevara a cabo) y la expropiación necesaria de terreno, se requieren más de 1000 años para amortizar la inversión de expropiación.

---

<sup>31</sup>La información sobre el precio de la hectárea de monte forestal en la provincia de Málaga ha sido obtenida en la red (<http://tasagronomos.com/valoracion-tasacion-precio-monte-forestal/>). A pesar de ser conscientes de que no se trata de un cálculo exacto, tratándose de una cuantía de tales dimensiones, hemos estimado los costes aproximados apoyándonos en esta información ya que la variabilidad será despreciable frente a la cuantía total.



## **4. LÍNEAS FUTURAS**

Este apartado se centra en el análisis de los cambios que introducirá el Ejército de Tierra en los próximos años. En concreto, se trata de una nueva familia de vehículos 8x8 que recibirán las unidades próximamente.

La familia de vehículos BMR/VEC 6x6, diseñada en los años 70, se encuentra en el final de su vida operativa y se puede considerar obsoleta. Uno de los objetivos del Ministerio de Defensa es, desde el 2007, la adquisición de vehículos de alta protección para escuadra y pelotón que cumplan los requisitos técnicos deseables, sobre todo, en cuanto a protección y supervivencia de los tripulantes, pero sin olvidarnos del resto de características como la movilidad o potencia de fuego con el objetivo de poder afrontar los nuevos retos a las que se tienen que enfrentar las unidades hoy en día.

El ejército español va a sustituir todos los blindados de ruedas de la familia BMR/VEC, por un vehículo 8x8 (seguramente el vehículo Piraña V de General Dynamics Santa Bárbara Sistemas<sup>32</sup>). Por tanto, en un futuro próximo desaparecerán los vehículos BMR/VEC 6x6 de las unidades de caballería, lo que conllevaría la desaparición de los cañones de calibre 25 mm, ya que, al menos en la versión VEC del VCR 8x8, contarán con una torre tripulada de 30 mm<sup>33</sup>, un aumento de calibre considerable.

Esta sustitución afectaría a los resultados de este estudio y es un aspecto a considerar en el posible desarrollo de este proyecto en un futuro próximo, ya que habría que calcular, de nuevo, los diagramas de seguridad para el cañón de 30 mm con el que esté equipado el VEC 8x8<sup>34</sup> y todas sus municiones, por lo que probablemente aumentarían las zonas de seguridad y, con ello, las dimensiones del campo de tiro tratado en el estudio, lo que conllevaría un aumento del coste económico del proyecto.

Se desconoce en qué momento llegará esta familia de vehículos a las unidades, aunque no existen indicios de que sea a corto plazo, sería recomendable considerarlo con el fin de evitar que el campo de tiro quede obsoleto en un futuro próximo.

---

<sup>32</sup> Realmente, no es seguro que sea el vehículo definitivo, ya que solo se utilizaría para el desarrollo de los programas tecnológicos.

<sup>33</sup> Véase Fernández, F. (2017). El Futuro VCR 8x8. Memorial de Caballería núm. 83, Jun-2017.

<sup>34</sup> Se desconoce el cañón con el que estará equipado finalmente el futuro VEC 8x8.



## **5. CONCLUSIONES**

Una de las restricciones a las que se enfrenta la unidad GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión es la ausencia de un campo de tiro adecuado a sus medios y sistemas de armas en su plaza. Dadas las circunstancias, la unidad propuso el desarrollo de un estudio en el que se mostraran las posibilidades de adecuar el actual campo de tiro de “Las Navetas” para sus vehículos de calibre 25 mm.

Aunque dicha ampliación podría suponer importantes ahorros en desplazamientos y logística, las reducidas dimensiones del campo de maniobras requeriría una expropiación del terreno colindante que alcanza unos costes, probablemente no asumibles. Además, la llegada en un futuro próximo de las nuevas plataformas vehiculares VCR 8x8 agravarían la situación, ya que habría que tener en cuenta que estarían equipados con un cañón de 30 mm, lo que supone una necesidad mayor de terreno expropiado y un aumento en el coste del proyecto.

Probablemente la opción más realista para solventar parcialmente el problema en cuestión pase por implementar un sistema que permita realizar prácticas de tiro con un subcalibre. Actualmente los VEC's no disponen de ellos, excepto en algunas unidades en las que se han desarrollado artesanalmente por personal destinado en ellas<sup>35</sup>, de modo que se puede acoplar un fusil de calibre 5,56 mm al cañón de 25 mm del vehículo, posibilitando el desarrollo de los ejercicios en campos de tiro diseñados para calibres pequeños.

Las misiones y procedimientos propios de las unidades de caballería hacen necesario que estas adopten despliegues muy amplios en los que se necesitan grandes extensiones de terreno para el desarrollo de los temas tácticos. Sin lugar a dudas, el campo de maniobras de “Las Navetas” no es el adecuado para dichas unidades, por lo que estas ven mermada su capacidad de instruirse<sup>36</sup>, teniendo que realizar maniobras en otros campos de maniobras de la península con mayor extensión. Además, el escalón de mantenimiento también limita el nivel de operatividad de la unidad. Las instalaciones con las que cuenta tienen un número de calles insuficiente y su espacio es tan limitado que operando un mismo vehículo ocupan más de una calle, lo que genera tiempos de espera elevados en las tareas de mantenimiento. Si se tiene en cuenta la llegada en un futuro próximo de los VCR 8x8, podría ser recomendable que en un futuro próximo el GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión se trasladase a Viator

---

<sup>35</sup> Véase Anexo C, Entrevistas realizadas al Tcol. Jefe del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión y al Cap. Jefe del 1<sup>er</sup> ELAC, Entrevista C2, P6.

<sup>36</sup> Dejando a un lado las prácticas o ejercicios de tiro, las unidades de caballería necesitan grandes extensiones de terreno para sus despliegues, por lo que el campo de maniobras de la plaza no sólo limita su capacidad de instrucción en el tiro con sus sistemas de armas.

(Almería)<sup>37</sup>, donde cuentan con un campo de maniobras más amplio en el que se podrían efectuar prácticas de tiro e instrucción propia de las unidades caballería sin tener que desplazarse.

---

<sup>37</sup> El GCLAC “Reyes Católicos” II de la legión depende, realmente, de la Brigada “Rey Alfonso XIII” II de la legión que tiene la mayoría de sus unidades ubicadas en la plaza de Viator (Almería), por lo que el traslado de su unidad de caballería con el resto de sus unidades aportaría grandes ventajas.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### ARTÍCULOS DE REVISTA

1. Castaño, J. (2016). Noticias del Arma, Situación del Material. Memorial de Caballería núm. 82, Dic-2016, p. 12.
2. Fernández, F. (2017). El Futuro VCR 8x8. Memorial de Caballería núm. 83, Jun-2017.

### INTERNET

1. Google Maps:  
<https://www.google.es/maps/dir/Viator,+Almería/29400+Ronda,+Málaga/@36.9091272,-4.8993192,8z/data=!3m1!4b1!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0xd7a9f180bad9de3:0x403d278a575e3d0!2m2!1d-2.396174!2d36.8924162!1m5!1m1!1s0xd0d3143e258a279:0x94358021349a5ba2!2m2!1d> Fecha de comprobación: 25/10/2017.
2. Página web del Ejército de Tierra:  
[http://www.ejercito.mde.es/unidades/Las\\_Palmas/raaa94/Organizacion/vehiculos/index.html\\_1910061516.html](http://www.ejercito.mde.es/unidades/Las_Palmas/raaa94/Organizacion/vehiculos/index.html_1910061516.html) Fecha de comprobación: 20/10/2017.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

3. Página web del Ejército de Tierra:

<http://www.ejercito.mde.es/materiales/vehiculos/Anibal.html> Fecha de comprobación: 20/10/2017.

4. Valoración de los montes forestales:

<http://tasagronomos.com/valoracion-tasacion-precio-monte-forestal/>  
Fecha de comprobación: 28/10/17.

## **MANUALES**

1. Centro Geográfico del Ejército (ET). (2015). Curso básico de Carta Digital.
2. Department of the Army (United States Army). (2006). FM 3-22.3 Stryker Gunnery.
3. Department of the Army (United States Army). (2012). Pamphlet 385-63 Range Safety.
4. Estado Mayor del Ejército (ET). (1997). MT6-201 Vehículo de Exploración de Caballería (VEC).
5. General Dynamics-Santa Bárbara Sistemas. (2006). VEC-Vehículo Blindado de Exploración de Caballería.
6. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (1997). MT6-202 Torre del Vehículo de Exploración de Caballería (VEC).
7. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2000). MI6-045 Manual del Instructor de Tiro Avanzado de CCM Leopard 2 A4.

8. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2006). MI6-049 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.
9. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2007). MT6-064 Vehículo Santana Anibal Militar.
10. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2010). MI4-902 Normas del CENAD Chinchilla 3.ª Edición.
11. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2011). MI4-904 Normas del CENAD San Gregorio.
12. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2013). MI4-207 Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.
13. Mando de Adiestramiento y Doctrina (ET). (2014). Normas de Uso de Interés General del CMT “Cerro Muriano”.
14. Samper, R. (2013). Guía para el uso de la Carta Digital en la elaboración de Diagramas de Seguridad en el Tiro.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

## ANEXO A. COSTES DEL TRANSPORTE DE VEHÍCULOS A VIATOR (ALMERÍA).

**T-500**

<b>OT</b>		16	ACUSE DE RECIBO (A/R) / ACCIÓN (AC)						
A/R 20 Mar 15  AC R XX (TÁCHESE LO QUE NO PROCEDA) (FIRMA Y SELLO)			A/R 23 Mar 15  AC R XX (TÁCHESE LO QUE NO PROCEDA) (FIRMA Y SELLO)			A/R 23 Mar 15  AC XX OT (TÁCHESE LO QUE NO PROCEDA) (FIRMA Y SELLO)			
CG BRILEG			CGFL			ANALISTA 16			
DENEGACIÓN, MOTIVOS									
OT	17 EMPLEO, CARGO, FECHA  DITRA-CGTP  POC A 6			57520490	TF Fx Tx	18 N.º DE ORDEN 50035333-15-010048	19 FECHA 25 Mar 15		
	20	RECORRIDO	21	MEDIOS	22	A REALIZAR POR	23	ESCOLTAS	24
20.1	RONDA - VIATOR	21.1	CC	22.1	HIPERTRANS S.A.				24.1
20.2	VIATOR - RONDA	21.2	CC	22.2	HIPERTRANS S.A.				24.2
20.3		21.3		22.3					24.3
20.4		21.4		22.4					24.4
20.5		21.5		22.5					24.5
20.6		21.6		22.6					24.6
20.7		21.7		22.7					24.7
20.8		21.8		22.8					24.8
20.9		21.9		22.9					24.9
20.10		21.10		22.10					24.10
25	ÓRGANO QUE ABONA ET								
26	NORMAS DE EJECUCIÓN  (09) (GR CAB,CMT SOTOMAYOR) (EMP (10) (GR CAB,CMT SOTOMAYOR) (EMP  AP.10 GR CAB RECO II Y CMT SOTOMAYOR COORDINARAN CON ANTELACION SUFICIENTE CON EMP HIPERTRANS TF 619234454 (PACO) FECHAS Y DETALLES DEL TRANSPORTE	27	DESTINATARIOS						
DE ACCIÓN	GCLAC II CMT SOTOMAYOR	*	HIPERTRANS S.A.	DE INFORMACIÓN CG DIV CASTILLE MALE_DIRECCION.					
28	AUTORIDAD ORDENANTE  EMPLEO, CARGO, FECHA  IDENTIFICACIÓN DE QUIEN FIRMA GRAL DIRECTOR	FIRMA Y SELLO 25 Mar 15							
29	DILIGENCIAS POSTERIORES, EMPLEO, CARGO Y FIRMA								
30	CONTROL Y LIQUIDACIÓN DE COSTOS							31	FECHA DE TERMINACIÓN 12 May 15
30.1	MEDIOS MILITARES DIETAS    CARBURANTE    PEAJES 0,00      0,00      0,00	SUMA 0,00	30.2	MEDIOS CIVILES SUMA 8.941,80	TOTAL 8.941,80				
32	REGISTRO INFORMATICO. NOMBRE, RÚBRICA Y SELLO								

Fuente: Petición de transporte proporcionada por la sección de logística de la unidad.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

**ANEXO B. COSTES DEL TRANSPORTE DE PERSONAL A VIATOR  
(ALMERÍA).**

**T-500**

<b>PT</b>	1 DOCUMENTO QUE JUSTIFICA LA PT RPA - EX.ICON+(39)PAX/RONDA-VIATOR(I-R)/BUS			2 FECHA 1 Mar 16	3 N° DE REGISTRO 50035333-16-100022
4 PETICIONARIO, DIRECCIÓN GCLAC II - RONDA (MÁLAGA) CTRA. DE SEVILLA S/N	50035333 Tf Fx Tx	5 DESTINATARIO PT, DIRECCIÓN CG BRI II - VIATOR (ALMERÍA) CTRA. DE VIATOR S/N	50084593		
6 REMITENTE DEL RECURSO, DIRECCIÓN CG DIV CASTILLE - MADRID (CAMPAMENTO) (MADRID) CTRA. EXTREMADURA, KM.8.200 POC SUBTTE HODAR 651895504	50072118 Tf Fx Tx	7 SITUACIÓN DEL RECURSO, DIRECCIÓN GCLAC II - RONDA (MÁLAGA) C.P.29400 CTRA. DE SEVILLA S/N POC SUBTTE HODAR 651895504	50035333		
8 CONSIGNATARIO, DIRECCIÓN POC	Tf Fx Tx	9 DESTINO FINAL DEL RECURSO, DIRECCIÓN CMT SOTOMAYOR - VIATOR (ALMERÍA) C.P.04240 CTRA. DE VIATOR S/N POC	55122457		
10 AMPLIACIÓN DE DATOS PLAZO DE EJECUCIÓN El 15 Mar 16 FECHA REGRESO El 17 Mar 16 OTROS DATOS SALIDA RONDA: 15/03/2016 (RONDA-VIATOR) REGRESO: 17/03/2016 (VIATOR-RONDA) POC TTE VEGA -645 333 131		Hora Salida 15:00	<b>CÓDIGO CONTROL COSTES</b> GASTO PREVISTO 131P0P001001002 1.183,42 <b>EJ. PRESUPUESTARIO</b> 2016 <b>Nº PREVISIÓN</b> 16-0753		
PT RELACIONADA CON PERSONAS FINALIDAD MILITAR EX.ICON+ MEDIOS PROPIOS NO A REALIZAR CON MEDIOS DEL UCO					
VALOR TOTAL DE LA CARGA COORDINAR CON OTRAS PTs NO					
DESCRIPCIÓN DEL RECURSO					
11 PERSONAL OFICIALES 2 SUBOFICIALES 7 TROPA 30 TOTAL 39			ARMAMENTO INDIVIDUAL E IMPEDIMENTA SI		
OTROS	12 CLASE 000	13 VOLUMEN (M3)	14 PESO (KG)		
Nº ELEMENTOS	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	RECURSO	CLASE
0					
15 EMPLEO, CARGO, FECHA					FIRMA Y SELLO
IDENTIFICACIÓN DE QUIEN FIRMA					SR. CORONEL JEMCGFL

# CAC. CAB. D. ANTONIO MANUEL PRIETO ÁVILA.

**T-500**

OT	16 ACUSE DE RECIBO (A/R) / ACCIÓN (AC)			
A/R 1 Mar 16 AC R XX (TÁCHESE LO QUE NO PROCEDA) (FIRMA Y SELLO)		A/R 1 Mar 16 AC R XX (TÁCHESE LO QUE NO PROCEDA) (FIRMA Y SELLO)	A/R 1 Mar 16 AC X X OT (TÁCHESE LO QUE NO PROCEDA) (FIRMA Y SELLO)	
CG BRILEG		CGFL	ANALISTA 3; 880-6421	
DENEGACIÓN, MOTIVOS				
OT	17 EMPLEO, CARGO, FECHA MALE_DIRECCION. POC ANALISTA 14. 8806407	57220450 TF Fx Tx	18 N° DE ORDEN 50035333-16-150022 19 FECHA 8 Mar 16	
20 RECORRIDO	21 MEDIOS	22 A REALIZAR POR	23 ESCORTAS	24 CARBURANTE A CARGO DE
20.1 RONDA - VIATOR	21.1 CCB	22.1 UNION TEMPORAL EMPRESAS DITRA 2014		24.1
20.2 VIATOR - RONDA	21.2 CCB	22.2 UNION TEMPORAL EMPRESAS DITRA 2014		24.2
20.3	21.3	22.3		24.3
20.4	21.4	22.4		24.4
20.5	21.5	22.5		24.5
20.6	21.6	22.6		24.6
20.7	21.7	22.7		24.7
20.8	21.8	22.8		24.8
20.9	21.9	22.9		24.9
20.10	21.10	22.10		24.10
				25 ÓRGANO QUE ABONA ET
26 NORMAS DE EJECUCIÓN (18) (1) (N-30) (24)  AP.10: AUTORIZADO UN SOLO BULTO DE 20KG (TAMAÑO ESTANDAR) POR PAX	27 DESTINATARIOS DE ACCIÓN GCLAC II CMT SOTOMAYOR			DE INFORMACIÓN * UNION TEMPORAL EMPRESAS DITRA 2014 CG BRI II CG BRILOG MALE_DIRECCION.
28 AUTORIDAD ORDENANTE EMPLEO, CARGO, FECHA IDENTIFICACIÓN DE QUIEN FIRMA DIRINFULOG				FIRMA Y SELLO 8 Mar 16
29 DILIGENCIAS POSTERIORES, EMPLEO, CARGO Y FIRMA				
30 CONTROL Y LIQUIDACIÓN DE COSTOS				31 FECHA DE TERMINACIÓN 14 Abr 16
30.1 MEDIOS MILITARES DIETAS    CARBURANTE    PEAJES    SUMA 0,00      0,00      0,00      0,00	30.2 MEDIOS CIVILES SUMA 1.183,42	30.3 TOTAL 1.183,42		
32 REGISTRO INFORMÁTICO. NOMBRE, RÚBRICA Y SELLO				

*Fuente: Petición de transporte proporcionada por la sección de logística de la unidad.*

**ANEXO C. ENTREVISTAS REALIZADAS AL TCOL. JEFE DEL GCLAC  
"REYES CATÓLICOS" II DE LA LEGIÓN Y AL CAP. JEFE DEL 1<sup>ER</sup>  
ELAC.**

**Entrevista C1 realizada al Capitán de Caballería D. José Juan León  
Calero, jefe del Primer Escuadrón Ligero Acorazado del GCLAC "Reyes  
Católicos" II de la Legión.**

**P1. En estos últimos años el Ejército ha sufrido grandes recortes con la crisis  
económica. ¿Se han visto afectados en número y calidad los ejercicios de tiro con  
vehículos?**

R. Sí, al implantar el PERMET hemos visto reducido al 50% la posibilidad de uso de las plataformas de tiro lo cual ha llevado un desgaste del propio material operativo, es decir, los vehículos fuera del plan PERMET.

**P2. En concreto, ¿Cuántos ejercicios o prácticas de tiro con munición de 25  
mm se realizan al año?**

R. Mínimo un ejercicio, máximo dos ejercicios, realizándolos siempre en campos de tiro fuera de la plaza de Ronda (Málaga), normalmente en los campos de maniobras de Cerro Muriano (Córdoba) o Álvarez de Sotomayor (Almería) para el primero y el CENAD San Gregorio (Zaragoza) para el segundo.

**P3. Desde su experiencia como capitán, ¿Cree que son suficientes los  
ejercicios de tiro realizados para mantener el nivel de instrucción de las tripulaciones  
deseable?**

R. No, de hecho realicé un estudio que posteriormente se publicó sobre la cantidad de disparos que debían realizar una tripulación para obtener un grado de instrucción adecuado, comparando el resultado del estudio con la realidad de las unidades, las prácticas de tiro son insuficientes.

**P4. ¿Qué implicaciones conlleva realizar prácticas de tiro en otros campos de maniobras que se encuentran alejados de la plaza?**

R. Implica desplazamiento del material, consumo de créditos de transporte, de combustible y traslado del apoyo logístico en especial de mantenimiento.

**P5. El factor tiempo, es decir, el coste temporal que causa desplazarse a Viator (Almería) para realizar una práctica de tiro, ¿influye en el número de ejercicios que se realizan?**

R. No es una limitación para realizarlo, la principal limitación son los créditos de munición que existen cada año.

**P6. Una última pregunta, tengo entendido que la carencia de un campo de tiro en la plaza se suple con simuladores y con subcalibres. ¿El empleo de simuladores y el empleo de calibres reducidos solventan las limitaciones que existen al realizar prácticas reales de tiro?**

R. Lo solventa parcialmente, las ayudas a la instrucción son totalmente necesarias para evitar un malgasto del crédito de munición, pero no se pueden eliminar totalmente los ejercicios de tiro con fuego real, ya que no reúnen todas las condiciones de un ejercicio de fuego real.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y  
viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de  
un caso de estudio**

---

**Entrevista C2 realizada al Teniente Coronel de Caballería D.  
Francisco Javier López Villar, jefe del GCLAC "Reyes Católicos" II de la  
Legión.**

**P1. En estos últimos años el Ejército ha sufrido grandes recortes con la crisis  
económica. ¿Se han visto afectados en número y calidad los ejercicios de tiro con  
vehículos?**

R. Sí, Los créditos de munición asignados a las unidades son totalmente insuficientes, lo que implica que la ratio disparos/tirador de VEC no alcance el mínimo deseable.

**P2. En concreto, ¿Cuántos ejercicios o prácticas de tiro con munición de 25  
mm se realizan al año?**

R. Normalmente un ejercicio al año, máximo dos. En cualquier caso, como se ha comentado en la pregunta anterior, la munición disponible es insuficiente, y en ocasiones no es la adecuada.

**P3. Desde su experiencia como Teniente Coronel jefe del GCLAC, ¿Cree que  
son suficientes los ejercicios de tiro realizados para mantener el nivel de instrucción  
de las tripulaciones deseable?**

R. No, desde luego los ejercicios son insuficientes, como ya he comentado anteriormente el tirador no consigue las destrezas necesarias para desenvolverse con soltura, principalmente debido a los créditos de munición, aunque en algunos casos se ha debido a las restricciones impuestas por el PERMET.

**P4. ¿Qué implicaciones conlleva realizar prácticas de tiro en otros campos de  
maniobras que se encuentran alejados de la plaza?**

R. Los créditos disponibles para transporte son escasos, lo que supone no poder desplazar a los distintos campos de tiro todos los vehículos disponibles. Debido a la aplicación del PERMET, y de los potenciales de horas/kilómetros, tampoco se pueden realizar los desplazamientos por carretera como antiguamente sí que sucedía.

**P5. El factor tiempo, es decir, el coste temporal que causa desplazarse a Viator (Almería) para realizar una práctica de tiro, ¿influye en el número de ejercicios que se realizan?**

R. El tiempo no supone un problema en sí. Lo que sí supone un problema es la distancia por lo comentado en la pregunta 4.

**P6. Una última pregunta, tengo entendido que la carencia de un campo de tiro en la plaza se suple con simuladores y con subcalibres. ¿El empleo de simuladores y el empleo de calibres reducidos solventan las limitaciones que existen al realizar prácticas reales de tiro?**

R. Los simuladores son necesarios en las fases iniciales de instrucción, porque reducen el desgaste del material. Sin embargo, los simuladores actualmente disponibles (Steel Beasts) no proporcionan un entorno de realidad suficiente para conseguir los objetivos deseados. Actualmente se están desarrollando en otros países simuladores de torres con realidad virtual que sí podrían facilitar esta tarea, pero como digo el Steel Beasts no es más que un juego de ordenador al que se le han implementado los mandos de tiro del VEC.

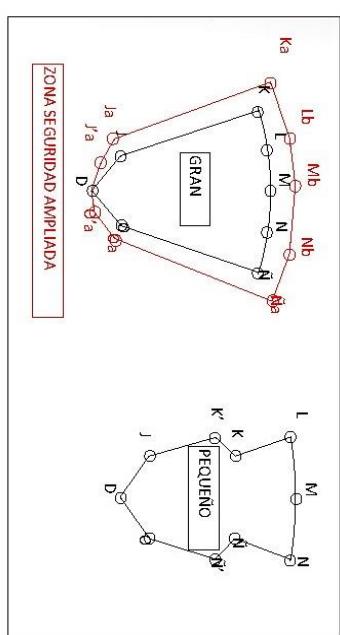
Además de esto, no se dispone de subcalibres para el VEC (sí para el Centauro). El Regimiento Numancia (y posteriormente el España) diseñaron un afuste para un fusil auxiliar que permitía el tiro con un Cetme / HK como si de un subcalibre se tratase. De aplicarse a todas las unidades, sí que supondría un avance importante al permitir la realización de ejercicios de tiro en campos diseñados para calibres pequeños (5,56x45) con un grado de realismo bastante elevado.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

**ANEXO D. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M791 APDS-T**

**Tabla D1**

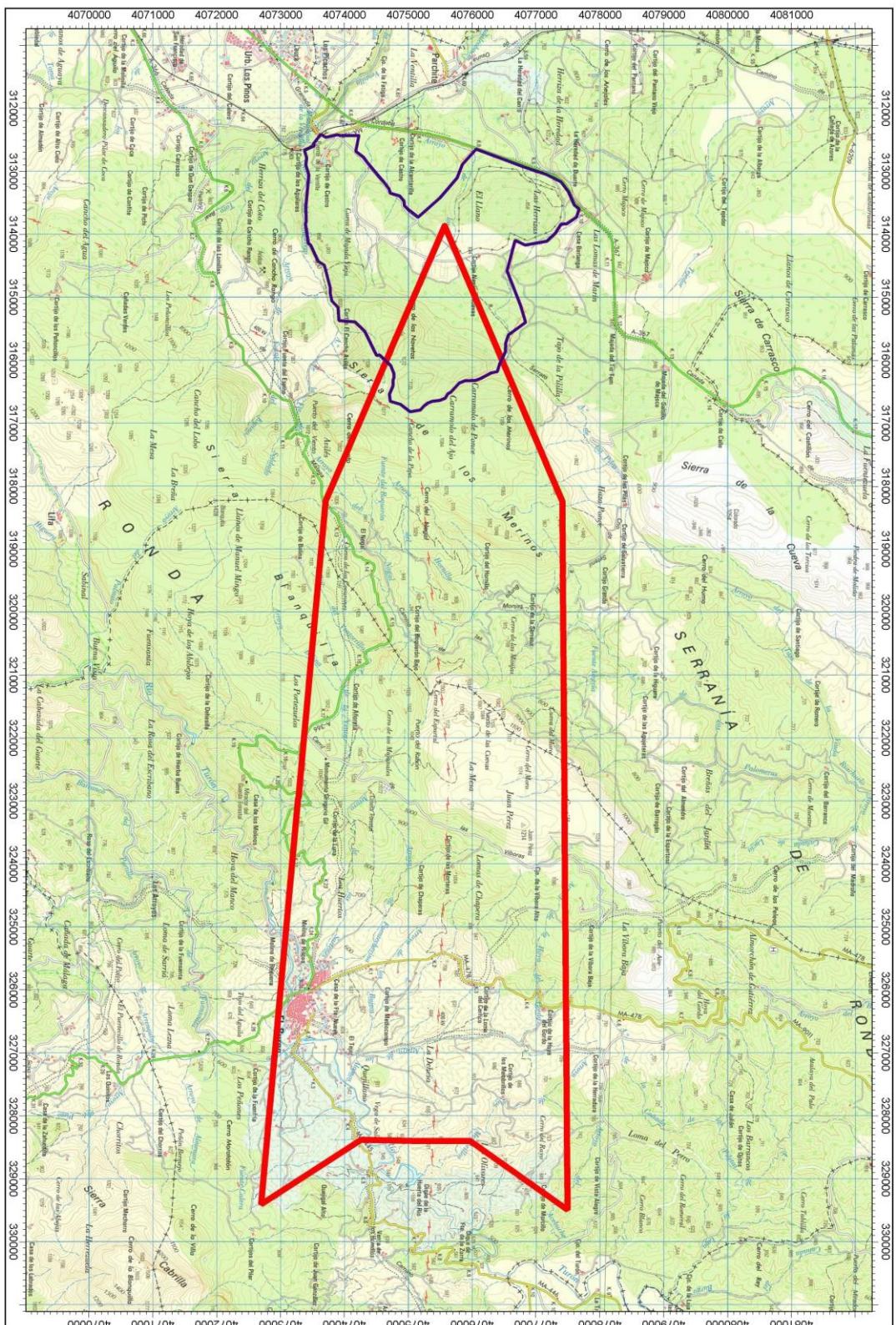
Campo de Tiro:	CMT NAVETAS	
Posición de Tiro:	PLAT. N° FIJO	
Blanco:	M791 APDS-T	
Munición:		
Datos necesarios	X	Y
D Punto de Disparo	313868	4075570
B Blanco	3119516	4075554
K Distancia Máxima	14572	metros
Px Ancho de Rebotes	18	grados
W Ancho area rebotes	1466	metros
I D. Máxima rebote	7402	metros
Qx Aire superior rebote	25	grados
A Ampliación lateral Rom	0	metros
B Ampliación longitudinal	0	metros
Ez Asimetría	90	Radios
Relejante apertado A-simetría con el ángulo correcto de la derecha		
1 D Punto de Disparo	313868	4075570
DATOS DE INTERÉS GENERAL		
DB Distancia al Blanco	5648	metros
DO/DJ Distancia DO/DJ	4744	metros
GRAN CALIBRE		
C/N/J/K Distancia	14458	metros
O/O/J/J Distancia	4512	metros
O/N/J/K Distancia	9986	metros
PEQUEÑO CALIBRE		
D/N/DK Distancia DN/DK	7430	metros
DP Distancia	4512	metros
NQ/KQ Distancia	3144	metros
ON/J/K' Distancia	225	metros
ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA		
DO/J/D/J' a	0	metros
Oo/J/J/J' a	0	metros
Oo/N/J/J' a	14646	metros
Oo/D/J/J' a	4744	metros
B' a	23	grados
Oo/G/J/J' a	3427	metros
Na/O/J/J' a	11219	metros



GRAN CALIBRE	X	Y	PEQUEÑO CALIBRE	X	Y
1 D Punto de Disparo	313868	4075570	1 D Punto de Disparo	313868	4075570
2 J Minimo rebotes izqda.	318240	4077411	2 J Minimo rebotes izqda.	318240	4077411
3 K Maximo rebotes Izqda.	328191	407854	3 K Maximo rebotes Izqda.	318015	4077592
4 L Dispersion Izqda.	328388	4078799	4 K Superior rebotes Izqda.	321272	4076197
5 M Altance Máximo	328440	4077529	5 L Dispersion Izqda.	328388	4076799
6 N Dispersion De-ha.	328381	4074559	6 M Altance Máximo	328440	4077529
7 N Dispersion De-ha.	328175	4072806	7 N Dispersion De-ha.	328381	4074259
8 C Minimorebotes De-ha.	318230	4073704	8 N Superior rebotes De-ha.	321268	4074902
9 D Punto de Disparo	313868	4075570	9 N Maximo rebotes De-ha.	31805	4073724
10 O Minimo rebotes De-ha.	318230	4073704	10 O Minimo rebotes De-ha.	318230	4073704
11 D Punto de Disparo	313868	4075570	11 D Punto de Disparo	313868	4075570

Fuente: Elaboración propia a partir de una hoja de cálculo Excel.

## Gráfico D2



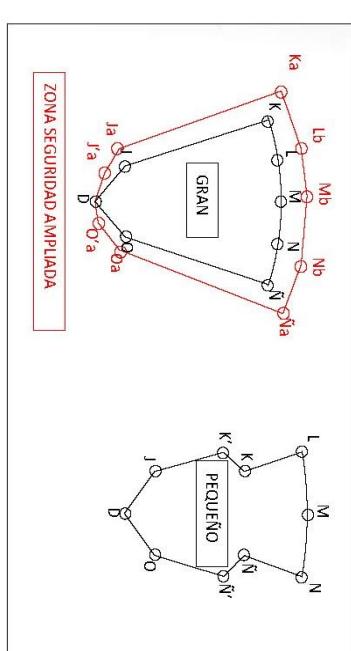
*Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.*

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

**ANEXO E. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M792 HEI-T.**

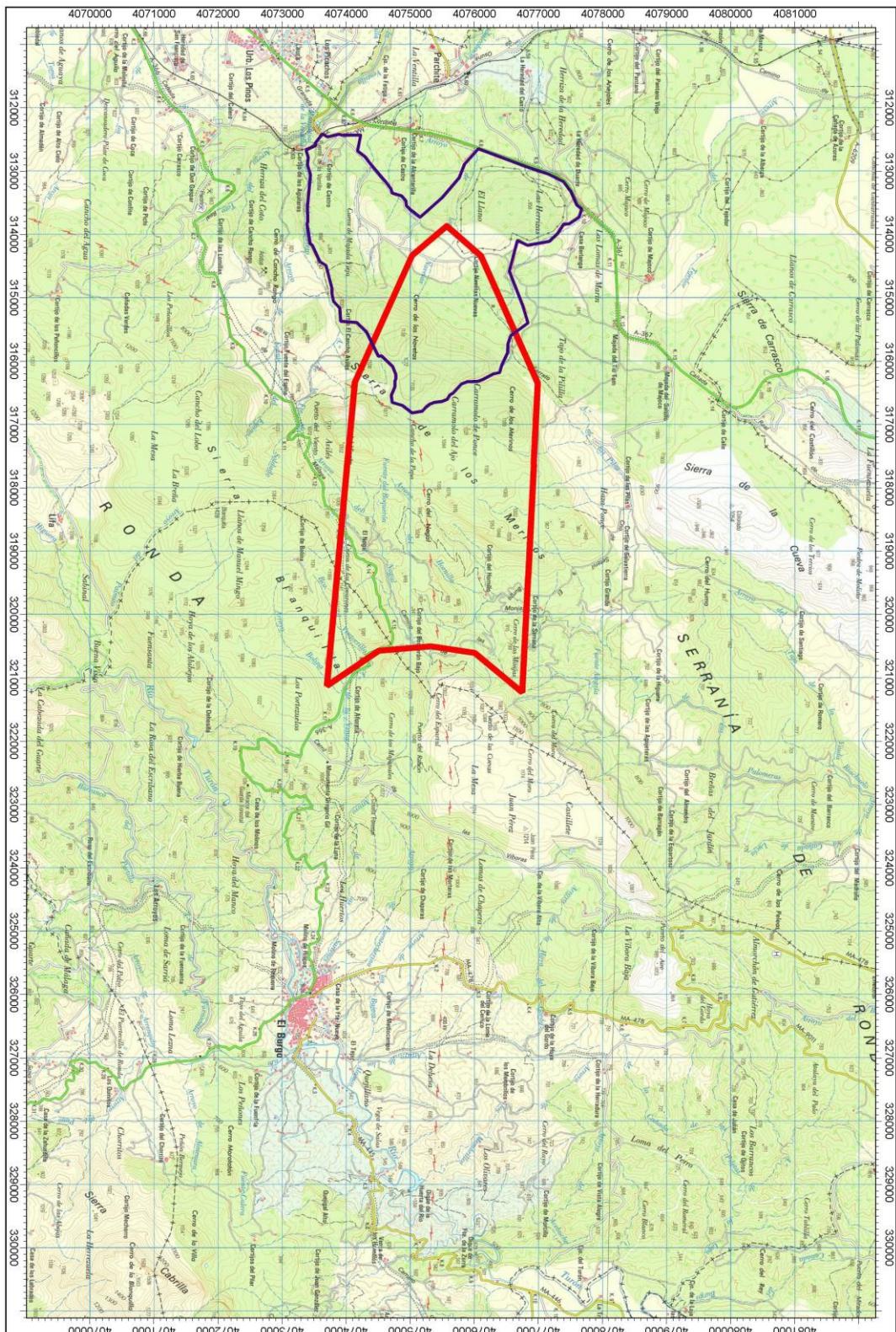
**Tabla E1.**

Municipio:		CMT LAS NAVETAS			
Posición de Tiro:		PLAT. N1			
Blanco:		FHQ			
<b>M792 HEI-T</b>					
Datos necesarios	X	Y			
D Punto de Disparo	313868	4075370	1 D Punto de Disparo	313868	4075370
B Blanco	319516	4075554	2 J Minimo rebotes Izqda	316419	4076597
K Distancia Máxima	6379	metros	3 K Máximo rebotes Izqda	320083	4077008
Pn Ángulo de Rebotes	19	grados	4 L Dispersion Izqda	320224	4076108
W Ancho área rebotes	908	metros	5 M Altavoz Máximo	320247	4075532
V D. Máxima rebote	4792	metros	6 N Dispersion Dcha.	320221	4074996
Qa Áng. superior rebote	25	grados	7 N Máximo rebotes Dcha	320075	4074429
A Ampliación Lateral Rom	300	metros	8 O Minimo rebotes Dcha	316413	4074429
B Ampliación Longitudinal	400	metros	9 P Punto de Disparo	313868	4075370
Az Azimut	90	Grados	10 Q Relojero apuntando Admuit con el órgano correcto de la derecha	89,84	×
<b>DATOS DE INTERÉS GENERAL</b>				90,16	✓
DB Distancia al Blanco	5648	metros	1 D Punto de Disparo	313868	4075370
DO/DJ Distancia DO/DJ	2789	metros	2 J Minimo rebotes Izqda	316419	4076597
<b>GRAN CALIBRE</b>				3 K Máximo rebotes Izqda	320083
O/N/J/K Distancia	6314	metros	4 L Dispersion Izqda	320224	4076108
O/O/J/J Distancia	2637	metros	5 M Altavoz Máximo	320247	4075532
O/N/J/K Distancia	3677	metros	6 N Dispersion Dcha.	320221	4074996
<b>PEQUEÑO CALIBRE</b>				7 N Máximo rebotes Dcha	320075
D/N/DK Distancia DN/DK	4310	metros	8 O Minimo rebotes Dcha	316413	4074429
D/P Distancia	2637	metros	9 P Punto de Disparo	313868	4075370
N/Q/K/Q Distancia	1947	metros	10 Q Relojero apuntando Admuit con el órgano correcto de la derecha	89,84	×
O/N/J/K Distancia	226	metros	11 D Punto de Disparo	313868	4075370
<b>ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA</b>				12 J Minimo rebotes Izqda	316419
DO/d/Dj'a	710	metros	13 K Máximo rebotes Izqda	320083	4077008
Oa/J/Ja	304	metros	14 L Dispersion Izqda	320224	4076108
Oa/Na/Ja/Ka	6886	metros	15 M Altavoz Máximo	320247	4075532
DOa/Dja	2855	metros	16 N Dispersion Dcha.	320221	4074996
R'a	30	grados	17 O Minimo rebotes Dcha	316413	4074429
Oa/Oa/Ja/Ja	2076	metros	18 P Punto de Disparo	313868	4075370
NaDa/Ja/Ka	4810	metros	19 Q Relojero apuntando Admuit con el órgano correcto de la derecha	89,84	×



Fuente: Elaboración propia a partir de una hoja de cálculo Excel.

## Gráfico E2.



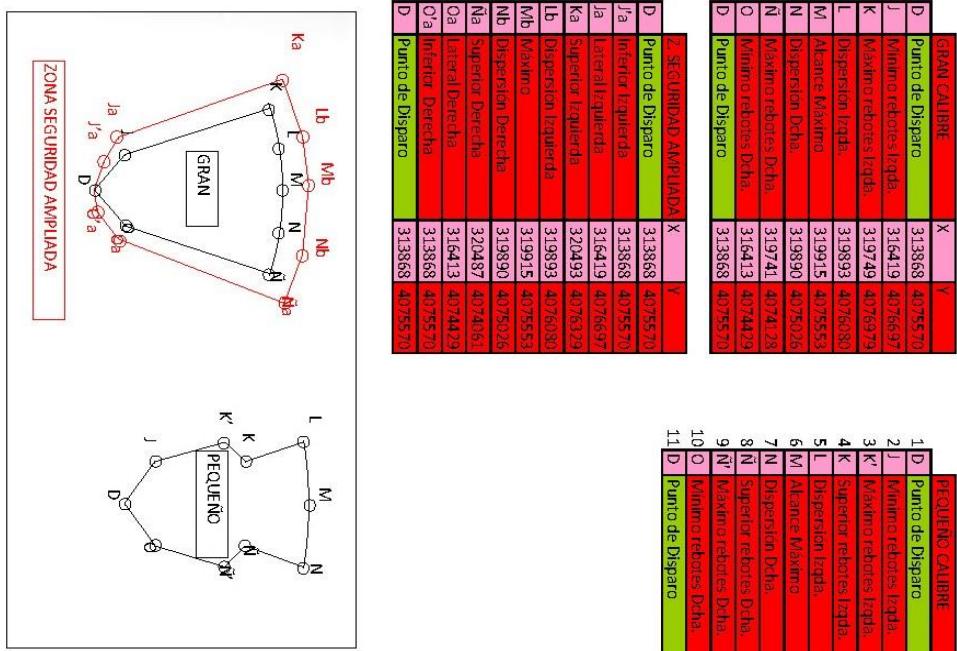
*Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.*

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

**ANEXO F. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M793 TP-T.**

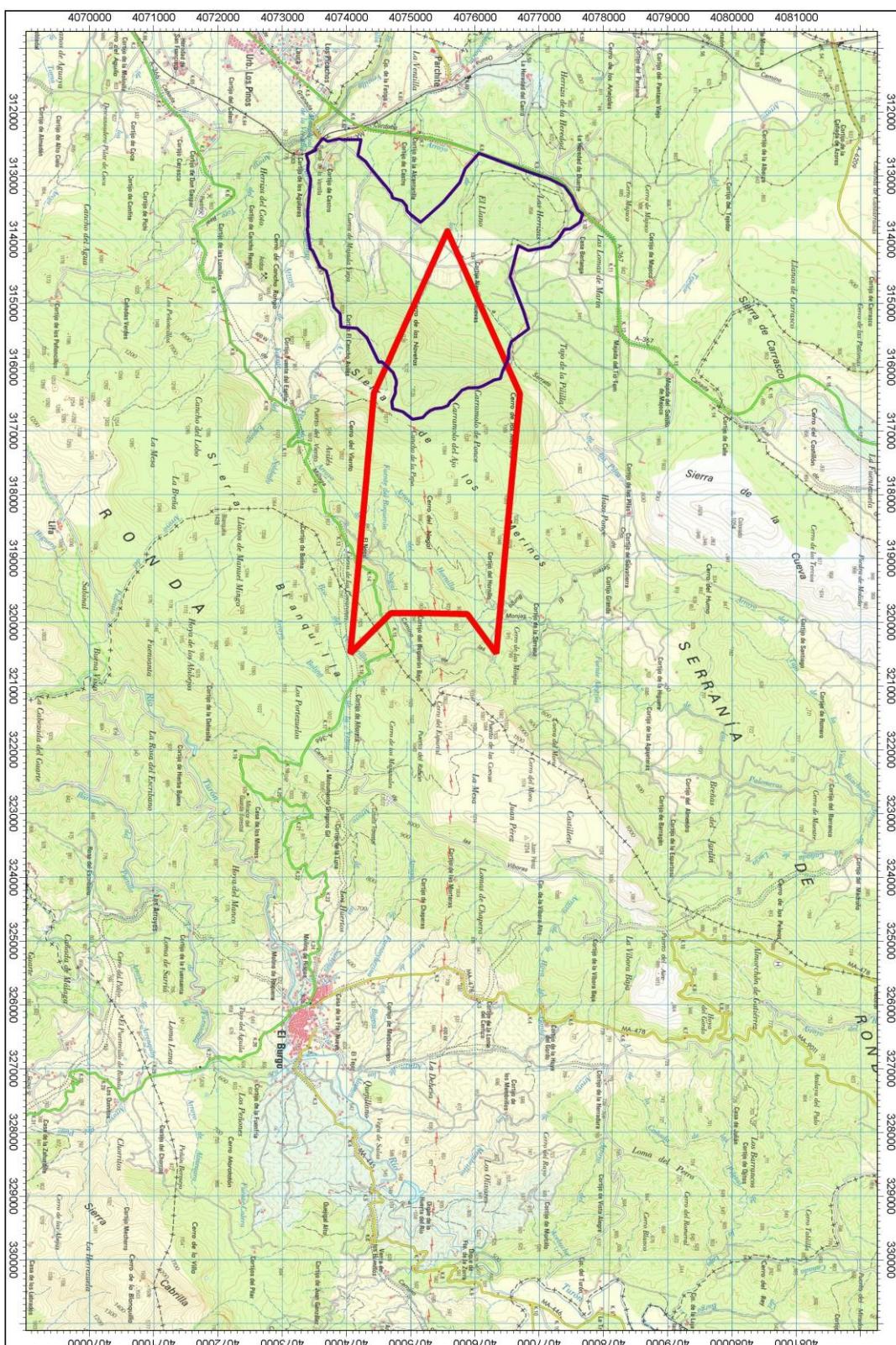
**Tabla F2.**

Munición:		CMT LAS NAVETAS	
Campo de Tiro:	PIAT. N1	Posición de Tiro:	Fijo
Blanco:		Blanco:	
Datos necesarios	X	Y	
D Punto de Disparo	313868	4075570	GRAN CALIBRE
E Blanco	319516	4075534	X
F Distancia Máxima	6047	metros	Y
G Ángulo de Rebotes	19	grados	
H Ancho área rebotes	908	metros	1 D Punto de Disparo
I D. Máxima rebote	4792	metros	313868 4075570
J Áng. superior rebote	25	grados	2 J Mínimo rebotes Izqda.
K Ampliación lateral izqda.	0	metros	316419 4076697
L Ampliación Longitudinal	0	metros	319749 4076970
M Ázimut	90	grados	4 L Dispersion Izqda.
N Relevar goniómetro Azimut	89,84		319893 4076080
O con elángulo correcto de la derecha	90,16		5 M Altance Máximo
P DATOS DE INTERÉS GENERAL			319915 4075533
DB Distancia al Blanco	5648	metros	6 N Dispersion Dcha.
DO/DJ Distancia DO/DJ	2789	metros	319890 4075036
ON/J/K Distancia	5978	metros	7 N Maxim rebotes Dcha.
ON/J/L Distancia	2657	metros	319741 4074128
ON/J/M Distancia	3341	metros	8 N Superior rebotes Dcha.
ON/J/N Distancia	4810	metros	318659 4075137
DP Distancia	2637	metros	9 N' Mínimo rebotes Dcha.
NO/Q/KQ Distancia	1947	metros	316638 4074408
ON/J/K' Distancia	226	metros	10 O Mínimo rebotes Dcha.
ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA			
DO/a/Dj'a	0	metros	11 D Punto de Disparo
OCa/JJa	0	metros	313868 4075570
Qa/Na/Ja/Ka	6115	metros	
DOa/Dja	2789	metros	
B'a	24	grados	
Qa/Na/Ja/Ja	2024	metros	
Na/Da/Kala	4091	metros	



*Fuente: Elaboración propia a partir de una hoja de cálculo Excel.*

## Gráfico F2



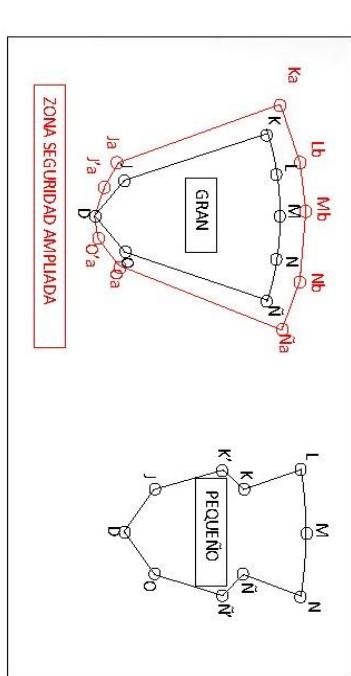
Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

**ANEXO G. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M910 TPCSDS-T.**

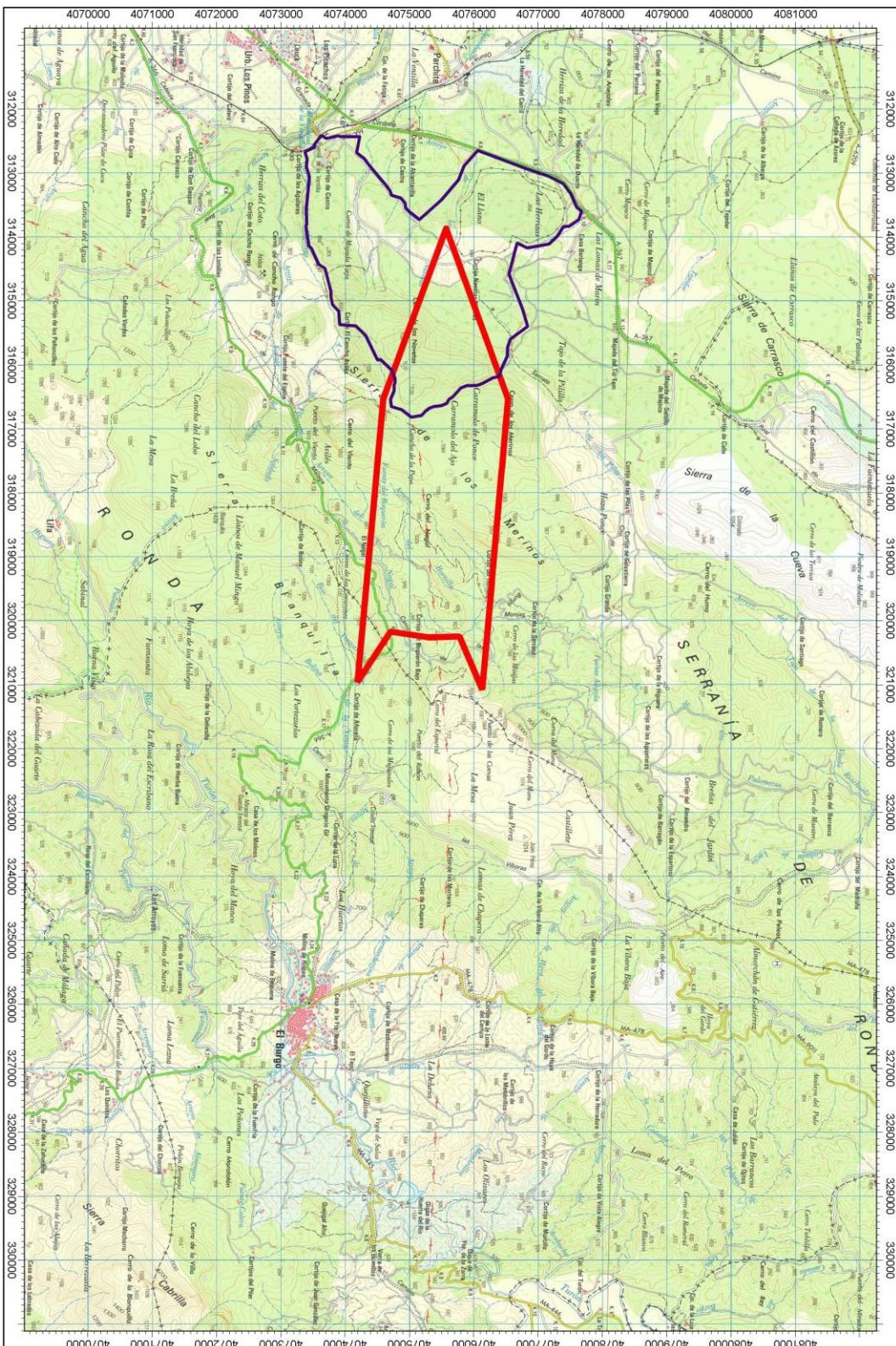
**Tabla G1.**

Munición:		CINTAS NAVETAS	
Campo de Tiro:	PLAT. N1	FIO	M910 TPCSDS-T
Datos necesarios	X	Y	
D Punto de Disparo	31.3868	4075570	1 D Punto de Disparo
B Blanco	31.9516	4075554	2 J Mínimo rebotes Izqda.
K Distancia Máxima	6404	metros	3 K Máximo rebotes Izqda.
P Ángulo de Rebotes	15	grados	4 L Dispersion Izqda.
W Ancho área rebotes	734	metros	5 M Altante Máximo
V D. Máxima rebote	4592	metros	6 N Dispersion Dcha.
Q Ang. superior rebote	25	grados	7 N Máximo rebotes Dcha.
A Ampliación Lateral Rom	0	metros	8 O Mínimo rebotes Dcha.
B Ampliación Longitudinal	0	metros	9 D Punto de Disparo
Z Ázimut	90	Grados	10 Q Mínimo rebotes Dcha.
Relevar apuntado Azimut con el disparo correcto de la derecha	90.84	0	11 D Punto de Disparo
DATOS DE INTERÉS GENERAL			
D <sub>B</sub> Distancia al Blanco	5648	metros	2 D Punto de Disparo
D <sub>O/Dj</sub> Distancia D <sub>O/Dj</sub>	2836	metros	3 Ja Inferior Izquierda
GRAN CALIBRE			
O/N/K Distancia	6362	metros	4 Ja Lateral Izquierda
O/O/J Distancia	2739	metros	5 Ka Superior Izquierda
O/N/JK Distancia	3622	metros	6 Ib Dispersion Izquierda
PEQUEÑO CALIBRE			
D <sub>N/DK</sub> Distancia D <sub>N/DK</sub>	4610	metros	7 Mb Máximo
D <sub>P</sub> Distancia	2739	metros	8 Nb Dispersion Derecha
N/Q/KQ Distancia	1574	metros	9 Nd Superior Derecha
O/N/JK' Distancia	296	metros	10 Oa Lateral Derecha
ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA			
D <sub>O/a/D<sub>j</sub>'a</sub>	0	metros	11 Oa Inferior Derecha
O/a/Jja	0	metros	12 D Punto de Disparo
O/a/Nja/Kja	6446	metros	31.3868
D <sub>O/a/Dja</sub>	2836	metros	4075570
B'a	20	grados	
O/a/Jja/Jla	1999	metros	
N/a/G/a/Kja	4447	metros	



Fuente: Elaboración propia a partir de una hoja de cálculo Excel.

## Gráfico G2



*Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.*

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

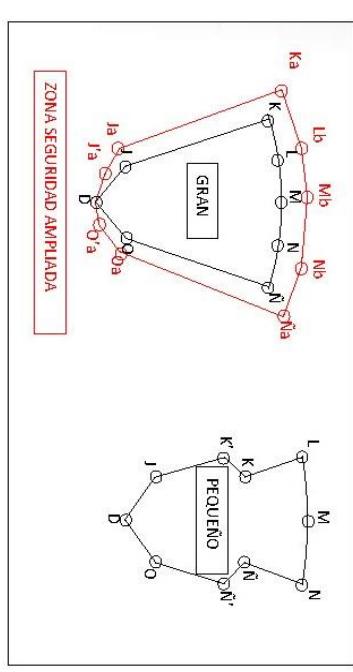
**ANEXO H. DIAGRAMA DE SEGURIDAD M919 APFSDS-T.**

**Tabla H1.**

CMT LAS NAVETAS	
Campo de Tiro:	PLAT. NI
Posición de Tiro:	FUO
Blanco:	M919 APFSDS-T
Municipio:	
<b>Datos necesarios</b>	X Y
D Punto de Disparo	313868 4075570
B Blanco	319516 4075554
X Distancia Máxima	18480 metros
Px Ángulo de Rebotes	21 grados
W Ancho áreas rebotes	801 metros
Y D. Máximo rebote	7725 metros
Qx Áng. superior rebote	25 grados
A Ampliación Lateral Rom	0 metros
B Ampliación Longitudinal	0 metros
Az Azimut	90 grados
<i>Relacionar apartado Azimut con el órgano correcto de lo derecho</i>	
<b>DATOS DE INTERÉS GENERAL</b>	
DB Distancia al Blanco	5648 metros
DO/DI Distancia DO/DI	2235 metros
<b>GRAN CALIBRE</b>	
ON/JK Distancia	18463 metros
OJ/JJ Distancia	2087 metros
ON/KK Distancia	18376 metros
<b>PEQUEÑO CALIBRE</b>	
DN/DK Distancia DN/DK	7755 metros
DP Distancia	2087 metros
NO/QK Distancia	1718 metros
ON/KK Distancia	3950 metros
<b>ZONA DE SEGURIDAD AMPLIADA</b>	
DO/DOa	0 metros
DO/JJa	0 metros
DO/NJa/Ka	18497 metros
DO/DOa	2235 metros
Br	26 grados
Do/OJa/Ja'	1631 metros
Na/Oa/KaJa	18867 metros

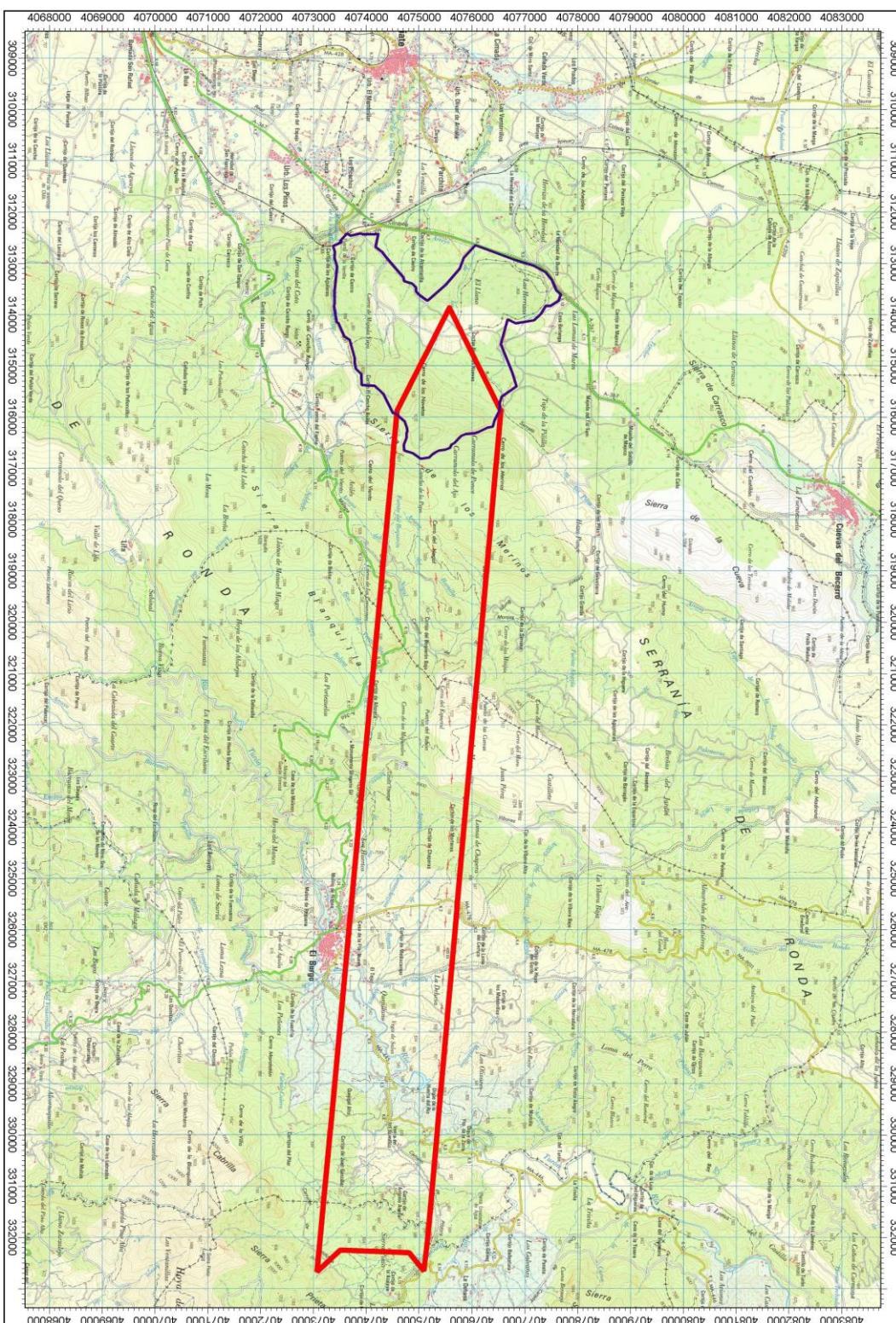
GRAN CALIBRE X Y	
1 D Punto de Disparo	313868 4075570
2 J Mínimo rebotes Izquierda	315880 4076544
3 K Máximo rebotes Izquierda	332297 4077216
4 L Dispersion Izquierda	332282 4077129
5 M Alcance Máximo	332248 4075118
6 N Distancia Derecha	332273 4073308
7 N Máximo rebotes Derecha	332284 4073112
8 N Superior rebotes Derecha	321591 4074873
9 D Punto de Disparo	313868 4075570

PEQUEÑO CALIBRE X Y	
1 D Punto de Disparo	313868 4075570
2 J Mínimo rebotes Izquierda	315880 4076544
3 K Máximo rebotes Izquierda	319316 4076877
4 K Superior rebotes Izquierda	321595 4076224
5 L Dispersion Izquierda	332282 4077129
6 M Alcance Máximo	332248 4075118
7 N Dispersion Derecha	332273 4073308
8 N Superior rebotes Derecha	321591 4074873
9 N Máximo rebotes Derecha	319308 4074229
10 O Mínimo rebotes Derecha	315874 4074585
11 D Punto de Disparo	313868 4075570



*Fuente: Elaboración propia a partir de una hoja de cálculo Excel.*

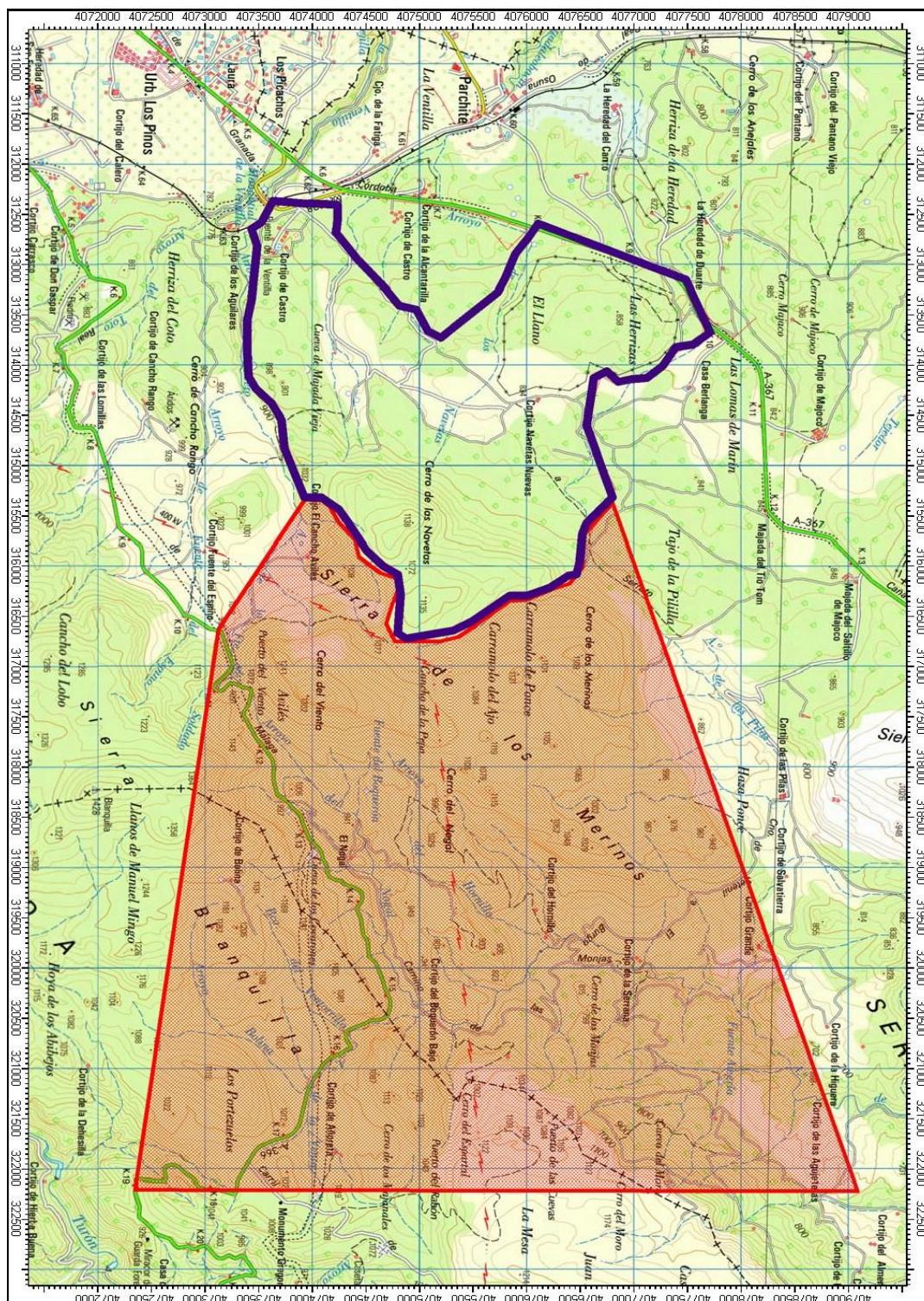
**Gráfico H2.**



Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.

**Versatilidad de los campos de tiro. Metodología de valoración económica y viabilidad técnica en el aumento de la polivalencia de los campos de tiro a través de un caso de estudio**

**ANEXO I. GRÁFICO DE LA ZONA A EXPROPIAR**



Fuente: Elaboración propia a partir del programa Carta Digital.