

Trabajo Fin de Grado

Equipo de tiradores de precisión de fusil 12'70mm
Barret. Estudio y propuesta de mejora de sus
programas y medios de instrucción en el marco de
un Batallón de Infantería de Carros de Combate

Autor

Lucas José Silla Bruque

Director/es

Director académico: Luis Ángel Medrano Adán
Director militar: Gonzalo de Carranza Arcas

Resumen

La labor de los tiradores de precisión tiene una serie de particularidades que la diferencia de la del resto de soldados que forman parte de cualquier unidad. Por tanto, su adiestramiento debería basarse en unos procedimientos y métodos de instrucción específicos y diferenciado.

En esta memoria se ha propuesto un plan de instrucción para los Tiradores de precisión, consistente en ejercicios de instrucción, un par de ejercicios con fusil de asalto y un programa de tiro con fusil Barret M95, del cual se evalúa su eficacia con un análisis estadístico de los resultados de los ejercicios de tiro.

Por otro lado, como objetivo "secundario" o "parcial", se estudia la relación que pueden tener la velocidad de salida del proyectil y la temperatura del cañón en el momento del disparo, y como afecta esta a su trayectoria e impacto final. Los resultados obtenidos con las mediciones también se analizan estadísticamente para encontrar resultados significativos.

Las principales conclusiones son que los tiradores de precisión presentan una mejora significativa en sus resultados de tiro y que la velocidad se ve afectada por la temperatura del cañón y varía consecuentemente con ésta.

Abstract

The work of the snipers has a series of special features that distinguish them from the rest of the soldiers of any military formation. Therefore, their training should be based on specific and differentiated procedures and methods of instruction.

In this project, we propose an instruction plan for the snipers, consisting of training exercises, a pair of assault rifle shooting exercises and a shooting program for .50 BMG Barrett, which effectiveness is evaluated with a statistical analysis of the results of the shooting exercises.

On the other hand, as a "secondary" or "partial" objective, the relationship between the projectile's initial speed and the temperature of the barrel at the moment of the shot is studied, and how it affects bullet trajectory and final impact. The results obtained with the measurements are also analyzed statistically to find significant results.

The main conclusions are that the precision shooters present a significant improvement in their shooting results and that the speed is affected by the temperature of the barrel and varies accordingly with it.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco del proyecto.....	1
1.2. Concepto de tirador de precisión	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Alcance	3
1.5. Planificación	3
2. ESTADO DEL ARTE	4
3. METODOLOGÍA	5
4. PROPUESTA DE MEJORAS EN LA INSTRUCCIÓN DE LOS TIRADORES DE PRECISIÓN	6
4.1 Resultados de las encuestas	6
4.2 Ejercicios de instrucción	9
4.3 Ejercicios de tiro con fusil Barrett M95	11
4.4 Criterios de evaluación.....	12
5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL TIRO	13
6. ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA DEL CAÑÓN Y LA VELOCIDAD INICIAL DEL PROYECTIL	18
6.1 Instrumentos de medición	19
6.2 Datos de las sesiones de tiro y análisis estadístico de las velocidades.....	20
6.3 Ejemplo de aplicación táctica	22
7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION Y CONCLUSIONES.....	23
8. BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXO A. ENCUESTA	26
ANEXO B. Resultados de las encuestas	29
ANEXO C. Ejercicios de IAE.....	32
ANEXO D. Ejemplo de planeamiento semanal para tiradores.....	34
ANEXO E. Ejercicios de tiro con HK G36-E.....	35
ANEXO F. Ejercicios de tiro con Barrett M95	36
ANEXO G. Resultados y análisis estadístico de los ejercicios de tiro con Barrett M95	39
ANEXO H. Resultados y análisis de las velocidades frente a la temperatura ...	43

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco del proyecto

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería de Organización Industrial, impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar de Zaragoza.

Este trabajo se ha realizado durante las prácticas externas realizadas en la Compañía de Mando y Apoyo del Batallón de Infantería Acorazada "Flandes" I/4 encuadrado a su vez en Regimiento Acorazado "Pavía" nº4, y éste dentro de la Brigada "Aragón" I. Este Rgto. Presenta la particularidad de estar constituido por un batallón de infantería y un grupo de caballería, facilitándose así la cooperación entre armas dentro del ET.

La Compañía de Mando y Apoyo (Cía de MAPO) del Batallón en el que se realizaron las prácticas se compone de 1 Sección de Reconocimiento, 1 Sección de Morteros Pesados y 1 Sección de Mando y Transmisiones.

1.2. Concepto de tirador de precisión

La figura del tirador de precisión, se ha generalizado en todas las Fuerzas Armadas debido a su contrastada eficacia e importancia en la obtención de información y adquisición de objetivos en combate.

El Diccionario de la Real Academia Española define al tirador de precisión (TP) o francotirador como:

1. "Combatiente que no pertenece al ejército regular".
2. "Persona aislada que, apostada, ataca con armas de fuego".
3. "Persona que actúa aisladamente y por su cuenta en cualquier actividad sin observar la disciplina del grupo".

En este proyecto se va a trabajar con la segunda acepción, que es la que más se adecúa a las misiones que lleva a cabo un tirador de precisión en las FAS actualmente. Sin embargo, esta definición no es del todo exacta y es conveniente concretar aún más para poder conocer más en profundidad a los tiradores.

Un tirador de precisión es "todo fusilero especialmente adiestrado y equipado, que generalmente combate al acecho y aislado, para hacer fuego selectivo y preciso de largo alcance sobre el adversario"¹.

Entre las misiones que llevan a cabo los tiradores de precisión podemos encontrar[5]:

- Capacidad de realizar apoyo de fuego muy preciso.
- Realizar detección y eliminación de tiradores de precisión enemigos.
- Destruir o desorganizar elementos críticos de mando y control enemigos.
- Obtener información debido a sus posibilidades de observación y su capacidad de infiltrarse sin ser detectados en territorios hostiles.
- Adquisición e identificación de todo tipo de objetivos.
- Capacidad de solicitar o realizar correcciones de fuego de mortero (o incluso de artillería).

¹ MI6-028 1-1

Los tiradores de precisión pueden emplearse de manera aislada, por binomios o por trinomios. De manera normalizada en las unidades convencionales de las Fuerzas Armadas (FAS) su empleo es por binomios.

Normalmente, un miembro desempeña el papel de observador y otro el de tirador, aunque es importante destacar que, para obtener un máximo rendimiento del equipo, los componentes deben ser intercambiables. De este modo, ambos están capacitados para realizar tareas de todo tipo y facilitan la observación y los relevos en caso de estar estáticos por largos periodos de tiempo.

Actualmente, los equipos de tiradores de precisión pueden ser de dos tipos debido al tipo de fusil que se emplee. Estos fusiles se diferencian principalmente en su calibre, pues el fusil Accuracy AW tiene un calibre de 7,62mm (.308 W), y por otro lado en el ET se encuentra el calibre 12,70mm (.50 BMG) que es el que emplea el fusil Barrett M95. Estos últimos son los llamados tiradores pesados y con los que se ha trabajado a lo largo de todo el proyecto.



Figura 1. Fusil Barrett M95 con el equipo necesario para el tiro de precisión

Actualmente en el ET se dispone, como herramientas para el cumplimiento de las misiones del Equipo de Tiradores de Precisión (ETP), del propio fusil Barrett M95, un telescopio terrestre de 40 aumentos Leupold, unos prismáticos Steiner de 7x50 aumentos, anemómetros, estaciones meteorológicas y un telémetro. Además el tirador tiene una mochila específica para su instrucción en la cual se puede acoplar el fusil y el observador dispone de un fusil HK G36 modificado con un visor 6 aumentos [8].

1.3. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es elaborar, en base a lo ya establecido dentro de la propia unidad, unas propuestas de mejora en la instrucción de los tiradores de precisión de 12.70 Barrett. Se trata de proponer ejercicios de instrucción y adiestramiento (IAE), otras propuestas de carácter más generalizado (como, por ejemplo, sesiones de formación física), que tienen como resultado la mejora de las capacidades de los TP.

La justificación de este proyecto se puede encontrar en el punto anterior, ya que los tiradores desempeñan un papel importantísimo dentro las unidades y es necesario perfeccionar su instrucción para que así se optimice su empleo táctico.

Además, y aprovechando que se han podido obtener los medios apropiados para ello, se han marcado un objetivo de estudio adicional pero no por ello de menor importancia en la instrucción de los TP. Así pues, este objetivo secundario del proyecto consiste en un estudio de la relación entre la temperatura del cañón del fusil Barret M95 y la velocidad de salida (o inicial) del proyectil.

La razón de ser de este estudio adicional es sencilla: la predicción del punto de impacto o *point of impact* (POI) a larga distancia tanto en armas ligeras como en pesadas ha sido siempre muy compleja e imprecisa.

De todos los factores relacionados con la temperatura que afectan al tiro de precisión, la del cañón es una de las que más influye. Esto es debido a que mientras los propios cartuchos de munición, suponiendo que provengan de la misma caja de transporte (que sería lo normal y lo esperado), y la temperatura ambiente se mantienen a la misma temperatura durante el tiro, la del cañón sí que sufre cierta variación durante el tiro debido a la fricción entre el cañón y el proyectil y por la carga que éste contiene. Todo esto teniendo en cuenta el empleo actual de los TP, éstos podrían ser necesarios por ejemplo, para realizar una sucesión rápida de 3 o 4 disparos antes de que se vieses obligados a cambiar de posición, para evitar su localización por parte del enemigo.

1.4. Alcance

En este proyecto es tan importante el diseño de las propuestas de instrucción de los TP como el poder probar y demostrar la eficacia de éstas en el marco de un Batallón de Infantería y en definitiva en el de cualquier unidad del ET dotada de TP.

El objetivo no es elaborar un curso sobre TP ni un manual. Sino que, basándose en un uso más óptimo de los medios y procedimientos de instrucción de los TP, este proyecto pueda ser una buena referencia para la creación de un sistema de instrucción de TP alternativo y con mejores resultados, tanto para personal encargado por primera vez de la instrucción de TP como para los ya experimentados en esta tarea.

Para el estudio de la relación entre las velocidades de salida del proyectil y la temperatura se utilizarán diversos aparatos de medida (cronógrafo balístico y termómetros adhesivos) y todos los ejercicios se realizarán con fuego real en el CENAD San Gregorio, no se utiliza ningún simulador durante el proyecto.

1.5. Planificación

El proyecto de este TFG se encuentra dividido en las siguientes fases, en orden cronológico, para su ejecución:

- Estudio del estado del arte sobre los TP
- Realizar la encuesta preparada a los expertos y conocedores del ámbito del tiro de precisión
- Análisis estadístico de los resultados de las encuestas
- Realización de propuestas y posibles mejoras en la instrucción de los TP
- Pruebas sobre el terreno de ejercicios propuestos, estudio de posibles mejoras en los ejercicios y evolución de las capacidades de los TP

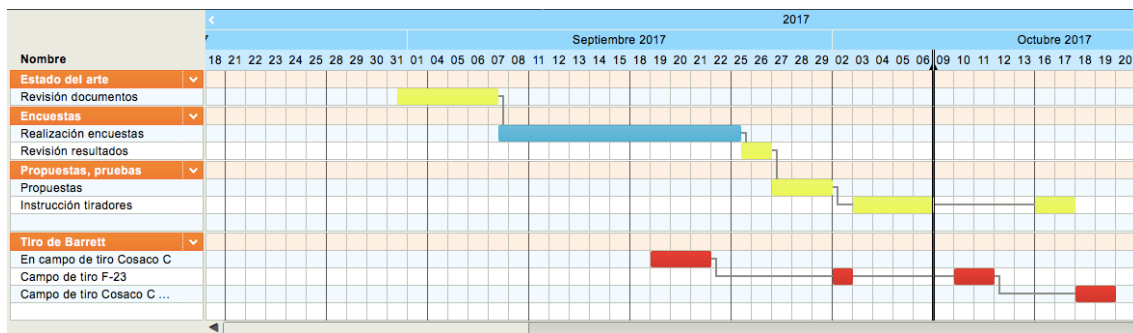


Figura 2. Diagrama de Gantt con los principales hitos del proyecto

2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se presenta como es la instrucción de los TP actualmente de forma generalizada, en qué puntos importantes se basa y las vicisitudes que tiene este tipo de instrucción en concreto.

Existe una programación anual para el plan de instrucción y adiestramiento de la unidad. Este es, por razones obvias, diferente en las unidades de infantería del ET según sean estas ligeras, mecanizadas o acorazadas. Esta planificación se detalla aún más según nos vamos acercando a las pequeñas unidades, hasta nivel compañía, o incluso sección en caso de la Compañía de Mando y Apoyo (Cía de MAPO), en la cual cada sección actúa de forma aislada debido a las distintas misiones que desempeñan y, por lo tanto, cada una tiene su propio plan de actividades semanal totalmente diferenciado.

Como norma general dentro de los batallones de infantería del ET, los tiradores de Barrett están encuadrados en la Sección de Reconocimiento (SERECO) de la Cía de MAPO del batallón. Pese a formar orgánicamente parte de ésta sección, en el desarrollo de sus misiones, los TP actúan de forma totalmente aislada a ésta y además, debido a la particularidad de su empleo como observadores (entre otras misiones, como ya se ha visto anteriormente), es óptimo que informen directamente al Jefe de Batallón y por lo tanto que dependan de éste operativamente.

Con respecto a sus programas de instrucción y adiestramiento específico (IAE), el principal problema que tienen los TP de la unidad es que **disponen de muy pocas oportunidades para realizar ejercicios de tiro de precisión**, que es el fin último de toda la demás instrucción específica del tirador, el ser capaz de acertar en su blanco disparando a largas distancias. El presupuesto anual de munición hace muy difícil desarrollar un programa de instrucción y adiestramiento amplio, además el CENAD San Gregorio, donde se encuentra actualmente la unidad, es uno de los campos de maniobras más solicitados de España y es difícil, hasta para las unidades que se encuentran instaladas en su periferia el disponer de sus instalaciones cuando se necesitan para instrucciones tan específicas como la de los TP.

Otro problema con el que nos encontramos es el hecho de **no existir un curso de formación para TP en el Ejército de manera oficial**, de modo que muchos de los instructores de TP e incluso los propios tiradores en sí, se convierten en autodidactas tanto en aspectos relacionados con el desarrollo del puesto táctico del TP como en aspectos relaciones con el tiro de precisión y con toda la complejidad que éste conlleva.

Esta constante se repite en prácticamente todas las unidades de las Fuerzas Armadas y con cada Instructor de TP y al final el desarrollo de los conocimientos técnicos de los Instructores se sustenta en los contactos que entre ellos mantienen a iniciativa propia y en las pocas colaboraciones y seminarios que pueda haber entre Unidades, siempre y cuando el propio instructor de TP tenga la oportunidad de asistir a estos eventos. En caso negativo se encuentran ante una mayor dificultad en esta tarea a la cual deberán dedicar mucho tiempo para poder dominar.

Actualmente los manuales del ET ofrecen diferentes fichas para una gran variedad de ejercicios de tiro de precisión, tanto para el fusil Accuracy como para el Barrett, sin embargo se trata muy poco otro tipo de instrucción que es específica de los TP. Si bien es verdad que se explican los conocimientos básicos sobre ocultación, medios de observación y datos técnicos a tener en cuenta a la hora de corregir el tiro, no se potencian otro tipo de actividades de instrucción que resultan muy útiles a la hora de mejorar la eficacia y eficiencia de los tiradores de precisión.

Los tiradores de precisión por lo tanto, **no cuentan con unas actividades de IAE normalizadas**, y por ello un instructor se encuentra ante la dificultad de llevar a cabo unos ejercicios de instrucción que sean eficaces pero desde unos conocimientos que pueden ser más escasos en algunos casos, por lo que se puede poner en duda si los resultados de estos ejercicios son realmente fiables y óptimos.

Con respecto al estudio de la balística exterior del fusil, las referencias hacia los efectos de temperaturas en el tiro en los manuales del ET no arrojan luz suficiente sobre el tema debido a la falta de estudios sobre este efecto de balística exterior, que a priori podría parecer menos importante de lo que realmente es. Sabemos por teoría, que la trayectoria se verá afectada por estas temperaturas, sin embargo, en los propios manuales no queda aclarado este dato.

Para alcanzar un nivel técnico adecuado, y hacer un estudio realmente completo para establecer unos criterios de aplicación práctica a la misión, haría falta disponer de unos 1000 disparos por cada TP al año, algo inviable, por lo que es necesario aumentar los presupuestos de municiones de precisión anuales de manera urgente.

Existe un estudio realizado sobre las temperaturas de la munición de precisión y su velocidad inicial realizado por el Sargento 1º Ricardo G. Ruiz, llamado *Eficacia de los Equipos de Tiradores de Precisión en relación a la velocidad inicial de los proyectiles condicionada por la temperatura de la munición*. En este estudio se trata también la velocidad inicial del proyectil, pero condicionada por la temperatura que tiene la munición antes de ser disparada y no la temperatura del cañón o de la recámara.

3. METODOLOGÍA

Para poder realizar este proyecto y cumplir todos los objetivos propuesto, es importante tener en cuenta que se han realizado tanto **métodos de investigación cualitativos como cuantitativos**. Los primeros son métodos de investigación usados empleando métodos de recolección de datos no cuantitativos, para entender sobre un tema tal y como lo ve el entrevistado, investigar el por qué y el cómo.

Los segundos son métodos de investigación donde el objeto es estudiar las propiedades y fenómenos cuantitativos y sus relaciones para proporcionar la manera de establecer, formular, fortalecer y revisar la teoría existente. La investigación desarrolla y emplea modelos matemáticas o estadísticos entre otros. Esta investigación es necesaria para poder realizar un análisis en profundidad con datos estadísticos tanto para comprobar si existe realmente una mejora en la capacidad de de los tiradores como para demostrar la relación de la temperatura y la velocidad inicial y si esta afecta en mayor o menor medida al tiro.

De modo que los diferente métodos utilizados durante el proyecto se pueden clasificar de la siguiente manera:

Método cualitativo

- Encuesta a expertos: realizadas a tiradores y observadores de los equipos de TP, a sus jefes de equipo e instructores y a sus mandos orgánicos, así como a mandos que no se encuentran actualmente al mando de un equipo de TP pero que cuentan con amplios conocimientos sobre la temática del proyecto. Sus opiniones sirven tanto para poder diseñar ejercicios de instrucción para TP como para otras propuestas de carácter más general.

Método cuantitativo

- Métodos estadísticos: se incluyen estadísticos descriptivos, intervalos de confianza, estudios de correlación, contrastes de diferencias de medias y análisis de regresión. Todos ellos usados en el análisis de los resultados obtenidos de los resultados del tiro de Barrett y del estudio de la velocidad de salida.

4. PROPUESTA DE MEJORAS EN LA INSTRUCCIÓN DE LOS TIRADORES DE PRECISIÓN

El trabajo de los TP tiene ciertas características que lo hacen muy especial, sin embargo, no es algo muy extendido dentro de las FAS debido al poco personal que forma parte de éste. Por ejemplo, en una base como es la Base Discontinua “San Jorge” de Zaragoza donde se ubican el 3 Regimientos y un Batallón, apenas unos 25 efectivos (contando el personal de los escalones de mantenimiento que también pueda ser experto en este ámbito) forman parte de las plantillas como parte de los equipos de TP.

Si bien es un ámbito en el que cada vez hay más gente experimentada, es necesario dar un impulso a la instrucción de los TP de manera que cada vez su instrucción este más normalizada, hasta el punto de que en algún momento, se pueda implementar un curso de Tiradores de Elite a nivel Ejército o incluso Fuerzas Armadas.

Lo presentado en este punto de la memoria se resume en un programa de instrucción para Tiradores de precisión que consiste en 3 sesiones de instrucción y adiestramiento específica para TP, 2 sesiones de tiro con fusil HK G-36 (que se propongan también ejercicios con fusil de asalto está justificado más adelante) y 8 sesiones de tiro con fusil Barrett M95. Es importante tener en mente en todo momento que **el objetivo de estas sesiones es mejorar el empleo táctico de los TP.**

4.1 Resultados de las encuestas

La encuesta que se realizó durante las prácticas a instructores, mandos y expertos sobre el tiro de precisión se puede consultar en el Anexo A. El objetivo de esta encuesta es poder analizar con precisión la opinión de dichos expertos para posteriormente diseñar y realizar diversas actividades de Instrucción y Adiestramiento Específico (IAE) para los TP. Como se observa, la encuesta debe ser suficientemente concisa en sus preguntas para que los encuestados sean capaces de aportar todas las ideas y sugerencias que tengan a la hora de realizar propuestas para una instrucción más óptima de los tiradores, y para que valoren las

características más importantes, según su criterio, que debe poseer un tirador de precisión. Las respuestas a este cuestionario se encuentran en el Anexo B.

Encontramos en la base un reducido número de expertos ya demás no todos cuentan con disponibilidad para ser entrevistados, así pues la encuesta se realizó a un total de 15 personas, 5 de ellos personal de tropa, 5 suboficiales y 5 oficiales.

En primer lugar, encontramos un resultado muy interesante ya en la primera pregunta, puesto que hay una diferencia significativa en cuanto a las respuestas dadas y su relación con la escala de los encuestados. Mientras que los suboficiales y la tropa consideran como muy importante la misión de los tiradores de precisión en un Batallón de Infantería de Carros en la gran mayoría de los casos, los oficiales sin embargo, dan una puntuación más baja a este factor.

Para comprobar que estadísticamente este hecho es real y además significativo, se puede realizar un **contraste Chi-Cuadrado de homogeneidad [13]**. Si establecemos como hipótesis nula (H_0) que la escala del encuestado y las respuestas dadas a la pregunta 1 son independientes, podemos comprobar que dicha hipótesis se rechaza, debido a que el Estadístico de contraste es mayor que el valor crítico (Tabla 1). Éste y más contrastes de homogeneidad se encuentran realizados y explicados en el Anexo B.

Frecuencias	1	2	3	4	5	Total
Oficiales	0	2	3	0	0	5
Suboficiales		0	0	1	4	5
Tropa	0	0	0	0	5	5
Total	0	2	3	1	9	15

Frecuencias teóricas	1	2	3	4	5	Total
Oficiales	0	1	1	0	3	5
Suboficiales	0	1	1	0	3	5
Tropa	0	1	1	0	3	5
Total	0	3	3	0	9	15

Estadístico del contraste	Valor crítico	Grados de libertad
8,33	12,59	6

Tabla 1. Contraste Chi-Cuadrado de homogeneidad para la pregunta 1

Por ello decimos que la escala y las repuestas de la pregunta 1 no son independientes con un nivel de confianza del 95%, comprobando así el hecho de ser oficial pero considerar menos importante el uso de los TP enmarcados en un Batallón de carros.

Otro resultado es la relación de dependencia que existe entre las respuestas de la pregunta 1 y 2. Para esta comprobación vamos a utilizar el mismo contraste de homogeneidad. Si establecemos la misma H_0 que en el caso anterior, volvemos a obtener un valor crítico menor con el mismo grado de confianza. Podemos entonces decir, que existe una dependencia estadísticamente significativa entre las preguntas 1 y 2, pues los oficiales que tendía a dar un bajo valor al uso de los TP en comparación con el resto del personal,

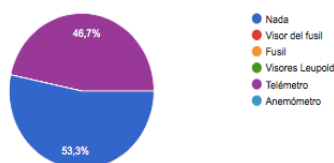
también consideran que los medios materiales de dotación de que dispone el ET para los ETP son adecuados.

Por otro lado, vemos que los resultados de las encuestas arrojan luz sobre que es importante en un plan de instrucción para TP. En la gran mayoría de los casos, los encuestados creen que es importante que un tirador de precisión sea buen tirador tanto con fusil HK G36-E como con fusil de precisión. De hecho en muchas unidades es requisito para seleccionar al TP que tenga primero el título de tirador selecto de HK G36-E. De esto se puede deducir que también será importante contar con ejercicios de precisión con HK, tanto por el número de créditos anuales de munición (muy superior) como por la mayor disponibilidad de campos de tiro.

Con respecto a las capacidades de un TP (pregunta 9 de la encuesta) la mayoría de los encuestados coinciden, sin embargo se observa cierta discrepancia en dos aspectos: El hecho de que el tirador sea o no fumador, y que su empleo sea el de cabo como mínimo. No existe una relación significativamente importante entre estas respuestas y al escala de los encuestados, pero tampoco es algo muy preocupante pues el empleo del tirador o la frecuencia con la que fuma no son los aspectos que más afectan al tiro de precisión.

3- ¿Cambiaría algún medio de los que dispone el Equipo de Tiradores de su unidad?

15 respuestas



11- ¿Con que frecuencia cree que es necesario que los tiradores de precisión realicen ejercicios de instrucción para practicar sus TTPs?

15 respuestas

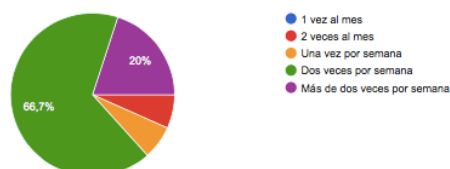


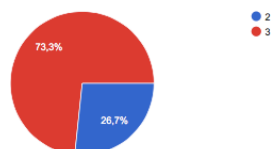
Figura 4. Preguntas 3 y 4

Como se observa en la Fig. 4, de todos los medios de los que dispone el ETP, la mitad de los encuestados no cambiaría nada. Sin embargo, de los que han elegido un material para poder ser sustituido, todos han coincidido en que lo que cambiarían es el telémetro. Por esta razón además, no se ha hecho mayor hincapié en propuestas para mejorar los medios de los que disponen los tiradores, si bien es verdad que la telemetría necesita mejoras, no es necesario realizar un estudio en mayor profundidad sobre esto. En el mercado existen números telémetros de gran calidad y las unidades pueden destinar una pequeña parte de presupuesto para adquirirlos y mejorar así los medios de sus tiradores.

Por otra parte, según la mayor parte de los expertos encuestados, la frecuencia óptima para que los TP hagan sus propios ejercicios de instrucción sería unas dos veces por semana. Además, la mínima frecuencia elegida por los encuestados ha sido un mínimo de 2 veces al mes.

8- ¿Cree que es más adecuado que el Equipo de Tiradores esté formado por 2 o por 3 componentes?

15 respuestas



14- ¿Cómo de importante considera la implantación de un curso específico para tiradores de precisión en el ET?

15 respuestas

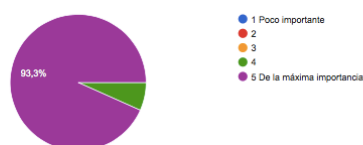


Figura 5. Preguntas 8 y 14

Se pueden observar también dos datos interesantes en la Fig. 5. En la pregunta 8, el 73,3 % de los encuestados opina que un ETP debería estar formado por 3 componentes en lugar de 2, como es habitual en el ET. Este tercer miembro tendría otras funciones sugeridas también por los expertos (por ejemplo ayudar al ETP a portar su equipo ya que es bastante pesado, dar seguridad durante las misiones, o ser operador radio del equipo), sin embargo no es objeto de estudio de este proyecto el tratar esta cuestión.

Por otro lado en la pregunta 14, el 93,3 % de los expertos encuestados considera de muchísima importancia la implantación de un curso normalizado para TP en el ET, el resto de los encuestados lo puntúan solo un punto por debajo, por lo que se puede afirmar que otorgan una elevada importancia a este supuesto curso. Además con las sugerencias que se han obtenido de la pregunta 15, es posible hacerse una idea sobre las fases en las que debería consistir este curso. Estas respuestas también son de mucha utilidad a la hora de diseñar ejercicios de instrucción para los TP.

Si bien existe ya un curso de TP, este no tiene una frecuencia fija ya que pueden pasar años sin salir ninguna convocatoria y además hay muy pocas posibilidades de que los nuevos tiradores puedan asistir.

4.2 Ejercicios de instrucción

A continuación se exponen una serie de ejercicios de instrucción, planificados y desarrollados a partir de todo lo estudiado en el estado del arte y como resultado de todas las encuestas realizadas.

En los ejercicios de instrucción propuestos se puede medir lo que tardan los TP en completar los objetivos que dicta cada sesión y así asignarles una puntuación, para así poder mejorar con el tiempo y la experiencia ganada en la instrucción.

El primer ejercicio de IAE para TP consiste en el reconocimiento y vigilancia de un itinerario a pie (Anexo C). Los días previos al ejercicio, los tiradores reciben una primera sesión teórica o briefing en la que se les explica el equipo que van a portar, sus objetivos y el tiempo máximo que tienen para realizarlos. Además este ejercicio es óptimo para ser realizado por toda la SERECO en la que se encuentran integrados los tiradores, pues para que el ejercicio pueda llevarse a cabo, es necesario contar con personal que haga de enemigo y con personal que realice la evaluación.

El segundo ejercicio, es el denominado “Stalking”. Su ficha se puede encontrar también en el Anexo C. Para la realización de este ejercicio simplemente necesitamos a los tiradores y a personal evaluador (2 o 3 personas), no requiere de más efectivos pero sí de un terreno apto para realizarse, pues es necesario que los tiradores dispongan de una zona con vegetación densa y suficientemente alta para poder ocultarse. Tampoco sería realista enviarlos a una zona donde siempre están al descubierto y es imposible que se oculten. No está de más destacar que, aunque el ejercicio finaliza en un campo de tiro, esto no es imprescindible y se pueden realizar las actividades de ocultamiento y acecho hasta un punto final, sin tener que realizar ningún disparo.

El objetivo de estos ejercicios es potenciar las aptitudes y habilidades que ha de tener un ETP, tanto para el tirador como para el observador. Como información adicional, y para contrastar que estas actividades realmente se hacen en una unidad, podemos observar en el Anexo D un ejemplo del planning semanal de un ETP en unas maniobras de una semana de duración, basadas en las entrevistas y en un propio planning de los tiradores del Regimiento “España” 11, cuyo instructor lleva más de 9 años a cargo de equipos de tiradores.

Por otro lado, se han propuesto también dos ejercicios de tiro con el fusil de asalto HK G-36 E, de adquisición de objetivos y de estrés. Las razones por las que se propone este ejercicio son diversas. En primer lugar, las nociones básicas de tiro de precisión coinciden

para todo tipo de arma larga [4]. Si bien no se cumplirá en el 100% de los casos, un buen tirador de precisión con fusil HK a unas distancias considerables para este fusil (desde más de 200m), con unos buenos conocimientos de tiro de precisión, será con probabilidad un buen tirador con Barrett. En segundo lugar, es conveniente practicar con este fusil, ya que **la munición de 5,56 es más barata y por ello hay más disponibilidad de ésta en el ET** y abundan más los campos de tiro para fusil de asalto. Por último, la mayoría de las unidades cuentan con el simulador VICTRIX que también se podría utilizar para ejercicios de precisión, algo menos eficaces para esto, pero también recomendables en caso de no contar con más medios.

Es necesario para el tirador el hecho de practicar todo lo posible el tiro de precisión y además se recomienda que el tirador reciba esta instrucción en posibles cursos o seminarios para TP. Para potenciar estas capacidades, se proponen los ejercicios de tiro con HK.

En el Anexo E están detallados los ejercicios de tiro con HK G-36 E que se proponen. Como ocurre con el resto de propuestas, los ejercicios que aquí se presentan no están sacados simplemente del estudio de manuales, se basan también en la experiencia del personal y en los ya existentes. Respecto a esto último, es conveniente señalar que existe un curso de tirador selecto en el ET, cuyo título obtienen los mejores tiradores con fusil de asalto. Este curso cuenta también con ejercicios de tiro de precisión, y **muchas unidades establecen como requisito indispensable para ser tirador de fusil de precisión, el tener previamente el título de tirador selecto.**

Para entender los objetivos más fácilmente, vemos en la siguiente ilustración, directamente obtenida del manual del ET para el fusil HK G-36 E [1], los requisitos para ser tirador selecto.

Se puede observar que para los ejercicios los tiradores se sitúan a distancias de 300 y 200 metros, distancias más que adecuadas para practicar el tiro de precisión del fusil de asalto con dificultad, y donde realmente se observan las aptitudes del tirador. Por ello los ejercicios de tiro propuestos son a estas mismas distancias, **pero únicamente ejercicios de tiro en tendido sin apoyo**, pues es la posición en la que tirará un TP con el fusil de precisión [3].

EJERCICIOS PARA LA OBTENCIÓN DEL DISTINTIVO DE TIRADOR SELECTO

Ejer.	Posición	Dist. (m)	Blanco	Disp.	Tiempo	Punt. mín.		Observaciones
						Sil.	Ptos./Imp.	
1	Tendido sin apoyo	300	1 m	20	30'		135	
2	Rodilla en tierra sin apoyo	300	1 m	20	30'		120	
3	En pie sin apoyo	300	1 m	20	30'		80	
4	Tendido sin apoyo	200	3 siluetas n.º 1 intervaladas 1,5 m	20	2'	3	19	Al menos 4 impactos por silueta
5	Rodilla en tierra sin apoyo	200	3 siluetas n.º 1 intervaladas 1,5 m	20	2'	3	19	Al menos 4 impactos por silueta
6	En pie sin apoyo	200	3 siluetas n.º 1 intervaladas 1,5 m	20	2'	3	15	Al menos 3 impactos por silueta

Al personal que supere estos ejercicios, el Jefe de Unidad le hará entrega, preferentemente en presencia de toda la Unidad, de un Diploma Acreditativo y del distintivo de Tirador Selecto.

Esta acreditación tendrá carácter permanente y podrá anotarse en la Hoja de Servicios en el apartado de Datos Biográficos.

Figura 6. Obtención del distintivo de Tirador Selecto (TIRSEL) [1]

4.3 Ejercicios de tiro con fusil Barrett M95

Como se mencionó posteriormente, la característica más importante de la instrucción de los TP es entrenar el tiro con el fusil de precisión. Las sesiones de tiro están programadas para los días 19, 20, 21 de Septiembre y 2, 10, 11, 18 y 19 de Octubre (ver Fig. 3), se llevarán a cabo diferentes ejercicios de tiro de precisión con el fusil Barrett M95. Dichas sesiones son parecidas entre sí, pero con algunos matices como la progresión en la dificultad o el estrés sometido a los tiradores.

Es necesario empezar con unas sesiones de toma de contacto con el fusil, pues los tiradores llevan aproximadamente 3 meses sin realizar ningún ejercicio de tiro, debido a principalmente a las restricciones de tiro de CENAD San Gregorio durante el verano. Dichas restricciones afectan a todo tiro con un calibre superior a 7,62 mm por lo que durante los meses de Junio, Julio, Agosto y parte de Septiembre [10], resulta imposible realizar tiro de Barrett.

Aunque a priori las 8 sesiones de tiro parecen suficientes para realizar un número bastante considerable de ejercicios de tiro, la realidad no es así. Principalmente esto es inviable debido a que la munición de precisión es muchísimo más escasa en el ET de lo que puede ser, por ejemplo, la de 7,62 o la de 5,56. Por ello las sesiones de tiro se han de programar de forma meticulosa para poder realizar simultáneamente los ejercicios de tiro de precisión y las mediciones de velocidad y temperatura.

Las sesiones de tiro, detalladas en el Anexo F, se han distribuido según la siguiente planificación:

Septiembre

- Los días 19, 20 y 21 son de toma de contacto como se ha mencionado previamente. Se realizará el tiro en las instalaciones del campo de tiro Cosaco C. La distancia de los ejercicios de tiro a realizar durante estos días es de 500 metros. Es la primera vez que los TP de la unidad pueden acceder a este campo de tiro para su instrucción y habrá que emplear parte de la sesión en buscar la zona idónea para el tiro y para colocar el cronógrafo.

Octubre

- Sesión del día 2: Primera sesión de tiro en F23 a 500m y 600m de distancia (Anexo F). Ejercicios de tiro de agrupación y más estrés para el tirador. La zona es conocida por el equipo de tiradores y no es necesario emplear tanto tiempo en localizar una buena posición de tiro. La intención de volver a realizar tiro a 500m es ver las mejoras en la agrupación del tirador tras haber realizado más sesiones de tiro a esta distancia, y comprobar que siguen habiendo buenos resultados aun habiendo cambiado el lugar de tiro y por tanto, los diferentes factores que le afectan.
- Sesión del día 10: En esta sesión se pasa a tirar a 600m y 700m de distancia. Nuevamente se busca la agrupación y mejora en el tiro. Se busca más realizar tiro a 600m ya que el siguiente día también se realizará a 700m.
- Sesión del día 11: Tercera sesión de tiro del mes. Se vuelve a tirar a 700m y se pasa a tirar a 800m. Es importante mencionar que el equipo de tiradores nunca ha realizado tiro con Barrett a esta distancia, de manera que se hará hincapié en adoptar una correcta posición de tiro y en corregir la mira MILDOT del fusil para realizar correctamente el tiro.

Esto afecta también a la instrucción del observador, que es la clave cuando se realiza tiro a estas distancias desconocidas.

- Sesión del día 19: Tiro a 800m con estrés. El objetivo es acabar de perfeccionar el tiro a 800m y ser capaz de realizar agrupaciones a esta distancia con estrés.

4.4 Criterios de evaluación

Para evaluar los distintos ejercicios de tiro se van a tener en cuenta principalmente dos variables: la puntuación obtenida, y la agrupación. Para ello se utilizarán los blancos de 50cm de diámetro de dotación en las unidades, cuya puntuación por agrupaciones viene determinada por los manuales del MADOC del ET.

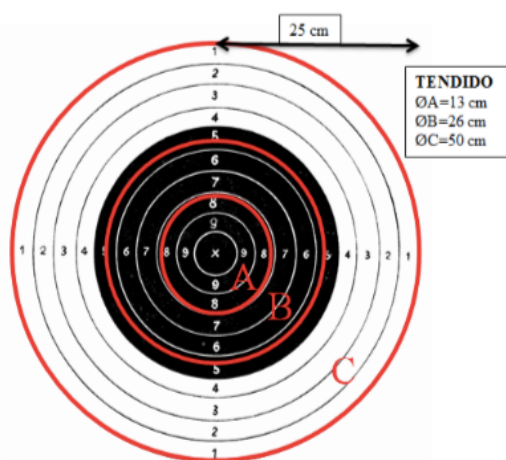


Figura 7. Blanco agrupado para tiro en tendido



Figura 8. Círculos de puntuación alineados según el centro de impactos

Estos círculos concéntricos (Fig.7) son utilizados para el tiro en tendido generalmente de fusil HK. El motivo por el que se usa este tipo de blancos es principalmente facilitar el cálculo de las variables a evaluar y que el propio tirador pueda corregir su tiro en base a la localización exacta de los impactos previos y su distancia relativa con el centro del blanco. Tras recoger los datos al finalizar cada ejercicio de tiro, se procede a calcular las distintas variables mencionadas anteriormente [3].

En primer lugar **la agrupación**, para ello se utilizan los círculos concéntricos que se observan en la Fig. 3 y Fig. 4, nombrados A, B y C según la eficacia de la agrupación es decir, según la proximidad entre impactos. Para realizar el cálculo de la agrupación se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Agrupación} = ((3 * N_a) + (2 * N_b) + (1 * N_c))$$

Donde N_a el número de impactos que se encuentren en el interior de la circunferencia A, N_b el número de impactos en la circunferencia B y N_c el número de impactos dentro de la circunferencia C. Los impactos que se encuentren dentro de la circunferencia B, son contados sin tener en cuenta los que ya están agrupados dentro de A, esto es así para facilitar los cálculos [6].

Para ejemplificar y poder verlo con más claridad, el cálculo de la agrupación de la Fig.4 sería el siguiente:

$$\text{Agrupación} = ((3 \times 4) + (2 \times 7) + (1 \times 10)) = 36 \text{ puntos}$$

Por otro lado, **la puntuación** se obtiene simplemente sumando los valores que corresponden a cada impacto según el círculo del blanco en el que se encuentre. De este modo la puntuación para la Fig. 4 quedaría:

$$\text{Puntuación} = ((10 \times 1) + (2 \times 9) + (1 \times 8) + (1 \times 7) + (2 \times 6) + (1 \times 3) + (2 \times 2)) = 62 \text{ puntos}$$

Por último, los ejercicios de tiro cuentan con un tiempo límite para ser realizados. Incluso los ejercicios que consisten en agrupar sin estrés, por ello en caso de que el tirador no realice cada disparo en el tiempo asignado, se le realiza una penalización de 1 punto tanto en agrupación como en puntuación por cada segundo de tiempo extra.

5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL TIRO

En el Anexo G se muestran los resultados de los ejercicios de tiro descritos en el apartado 4.3. Están ordenados por tirador y por orden cronológico. Como se ha mencionado, hay muy poco personal disponible para realizar tiro de Barrett, por lo que se ha podido contar solo con 2 tiradores de precisión durante el periodo de prácticas. Además, hay que tener en cuenta las restricciones de tiro del CENAD "San Gregorio", que nos imposibilitaba tirar los primeros días de las PEXT. Finalmente, se han realizado 10 sesiones de tiro con el Tirador 1 y 9 sesiones con el Tirador 2.

El reducido número de tiradores y de munición disponible condiciona mucho los resultados estadísticos que obtenemos, ya que resultados que podrían ser mucho más significativos, pueden no serlo debido al reducido número de datos.

Los TP que han participado en las sesiones llevan ambos 1 año de antigüedad aproximadamente en el puesto, por ello los ejercicios realizados no superan los 800 metros de distancia, ya que los propios tiradores no habían superado los 700 metros en su propia instrucción previa a las PEXT. Además, debido a este factor podría esperarse que, siendo de la misma unidad y llevando el mismo plan de instrucción, ambos tiradores fuesen bastante homogéneos en cuanto a los resultados de su tiro de precisión, más adelante se verá si esto realmente es así.

Nótese que los ejercicios de tiro no han sido realizados todos con el mismo número de disparos. Cada ejercicio está planteado de forma diferente y para poder evaluarlos todos por igual, se ha procedido a pasar los resultados a la misma escala, dividiendo los resultados de agrupación y puntuación entre el número de impactos y posteriormente multiplicándolos por 10, para homogeneizar todos los ejercicios.

En la siguiente tabla se resumen los principales estadísticos descriptivos sobre las similitudes de resultados entre los dos tiradores en los ejercicios de tiro del mes de septiembre, que son los ejercicios realizados tras el parón más largo del año, y sirven como toma de contacto para ver el

nivel de los tiradores y las posibles diferencias entre ellos tras unas primeras sesiones. Estos estadísticos descriptivos ya permiten que se aprecie que los tiradores tienen un nivel de tiro más o menos homogéneo.

Resultados Septiembre Tirador 1		Resultados Septiembre Tirador 2	
Media	35,83	Media	31,87
Error típico	5,46	Error típico	3,79
Mediana	37,50	Mediana	31,25
Moda	45	Moda	#N/A
Desviación estándar	10,93	Desviación estándar	7,59
Varianza de la muestra	119,44	Varianza de la muestra	57,58
Curtosis	-4,23	Curtosis	1,10
Coefficiente de asimetría	-0,31	Coefficiente de asimetría	0,47
Rango	21,67	Rango	18,33
Mínimo	23,33	Mínimo	23,33
Máximo	45	Máximo	41,67
Suma	143,33	Suma	127,5
Cuenta	4	Cuenta	4

Tabla 2. Estadística descriptiva para los tiros de Septiembre

Para analizar estadísticamente si los resultados de los tiradores son homogéneos vamos a realizar un **contraste sobre la diferencia de las medias**, cuya hipótesis nula es que los tiradores son iguales en base a sus resultados. Si observamos la tabla 2, vemos que la diferencia de medias no es estadísticamente significativa para un nivel de confianza del 95% (o nivel de significación del 5%), es decir que para dicho nivel de confianza no rechazamos la hipótesis nula.

Media Tirador 1	35,83
Media Tirador 2	31,88
SD Tirador 1	10,93
SD Tirador 2	7,59
media tir1 - media tir2	3,96
var(m1-m2) tir1-tir2	5,95
Est. Contraste	0,66
nivel significación	0,05
Valor critico	2,31
Rdo test	No Rechazo

Tabla 3. Contraste de desigualdad de medias

Vamos a ver a continuación uno de los resultados más interesantes obtenidos tras los ejercicios observando en primer lugar como ha ido variando la agrupación a lo largo de los ejercicios de tiro realizados únicamente a 500 metros. Es una variación positiva y ascendente, sin embargo debido a los pocos datos a esta distancia no se trata de algo estadísticamente muy significativo. Si estudiamos todos los ejercicios de tiro realizados cronológicamente y con todas las distancias, vemos además que la agrupación ha ido mejorando a lo largo de los ejercicios de tiro y podemos afirmar que ambos han mejorado de una manera similar, ya que la diferencia entre las pendientes de las funciones (1,63 y 1,76) no es estadísticamente significativa.

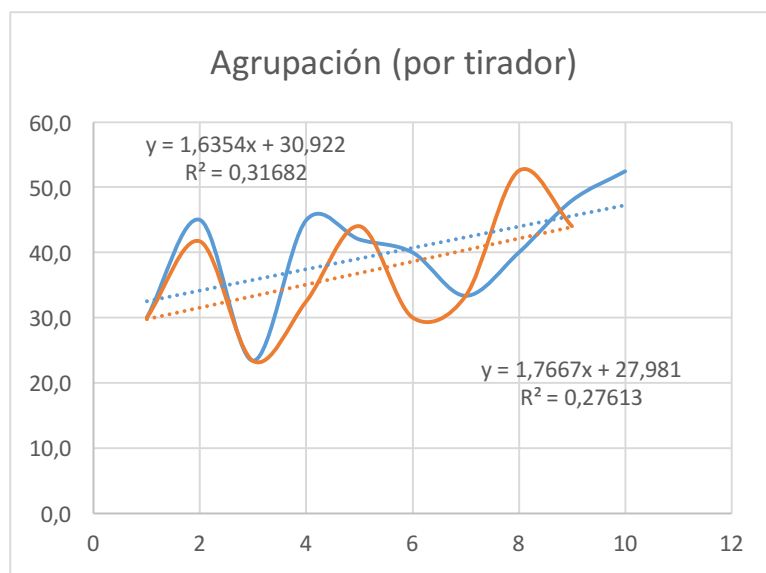


Figura 9. Evolución de las agrupaciones por tirador

Es normal pensar que, al aumentar la distancia de los ejercicios, los resultados de la agrupación deberían descender de manera considerable, ya que con la distancia aumenta la dispersión de los disparos es decir, la distancia entre impactos. Este efecto ocurre en los primeros ejercicios realizado a una nueva distancia, en el gráfico anterior este dato corresponde con los mínimos que observamos en las funciones. Sin embargo, cuando el tirador comienza a realizar sesiones de tiro a esa misma distancia pero más a menudo y con mayor número de impactos, su puntuación comienza a mejorar hasta alcanzar los máximos relativos. Una vez que el tirador obtiene cierta “experiencia” disparando a esa distancia, y sabe como han impactado sus disparos en ejercicios previos, es capaz de corregir el fusil para mejorar en ejercicios posteriores.

Podemos observar además que esto se cumple para los dos tiradores. Si bien trata de un tamaño de muestra pequeño, ambos tiradores mejoran significativamente según aumentamos la distancia. Así pues podemos confirmar que los ejercicios de tiro planeados para la instrucción de los tiradores han contribuido a una mejora estadísticamente significativa en sus resultados con respecto a la agrupación.

Además, en el Anexo G está incluido un gráfico con la agrupación de ambos tiradores con las 19 sesiones de tiro realizadas ordenadas cronológicamente. Se observa también como aumenta positivamente, con una R^2 que es significativamente distinta de 0.

A continuación analizamos la puntuación. Esta variable, al contrario que la agrupación, no presenta una mejora con respecto a los ejercicios de tiro realizados, pero esto no es un resultado necesariamente “malo”. De hecho, si observamos las puntuaciones obtenidas en los ejercicios cronológicamente, vemos que se mantienen estables en la gran mayoría de los casos.

En la tabla siguiente vemos la evolución de la puntuación separada por tiradores a lo largo de los ejercicios de tiro. Los mínimos de la función llaman la atención a simple vista, se trata de los primeros ejercicios realizados a 700 y 800 metros por parte de ambos tiradores. Además se observa una ligera mejora en el tirador 2 y un cierto empeoramiento en la puntuación del primer tirador. Sin embargo, estas variaciones no son estadísticamente significativas, y debido a su pequeña variación no podemos concluir a priori nada. Pero para poder ver con perspectiva estos resultados y comprobar si realmente interesan o no, se van a realizar otras comparaciones.

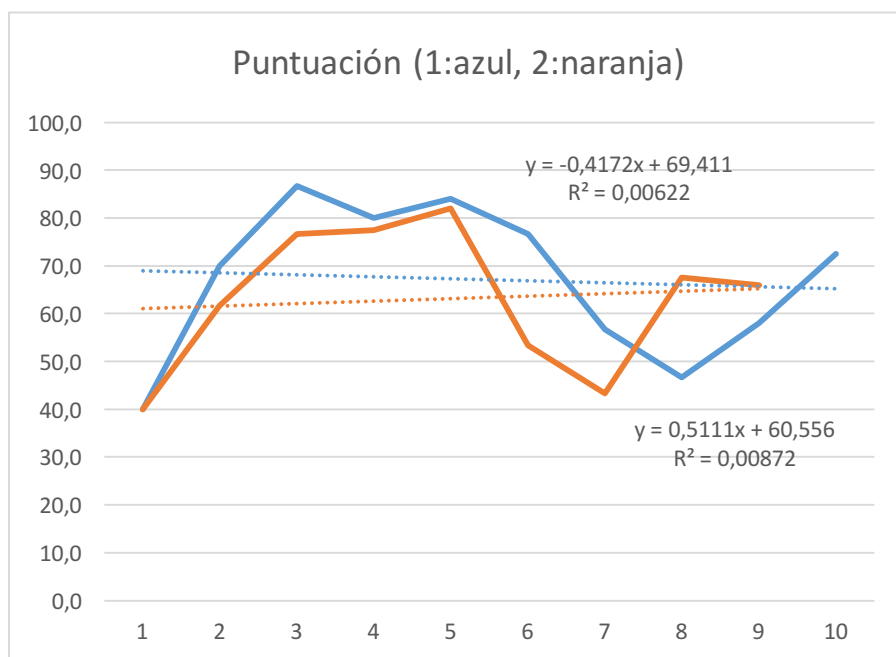


Figura 10. Evolución de la puntuación por tiradores

Si relacionamos las distancias ejecutadas con la puntuación obtenida a nivel general, se observa un ligero descenso en las puntuaciones. Para un fusil como el Barrett esto no es un resultado necesariamente malo. Es decir, ni fusil ni tirador son perfectos y a distancias como 700 u 800 metros cualquier variación atmosférica es suficiente para que los disparos se alejen del centro del blanco (sin embargo, si el tirador está bien situado en su posición de tiro, la agrupación debe ser buena como se ha visto anteriormente)

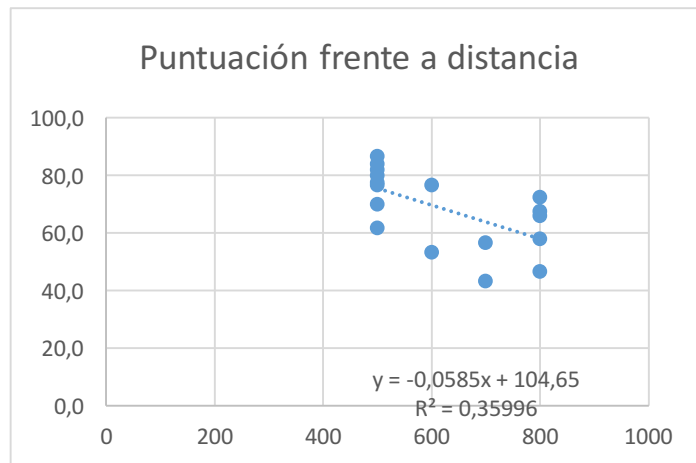


Figura 11. Evolución de la puntuación frente a la distancia

Aun así, si vemos los resultados del tiro de la Fig.10, siguen siendo unas puntuaciones buenas para la distancia ejecutada, y sufren una variación estándar mínima por lo que no estamos ante un dato alarmante. Otro dato interesante es que si eliminamos el punto más bajo a 500 metros (causado por un día de viento como se ve en los datos), entonces si existiría una relación estadísticamente significativa y negativa entre la puntuación y la distancia.

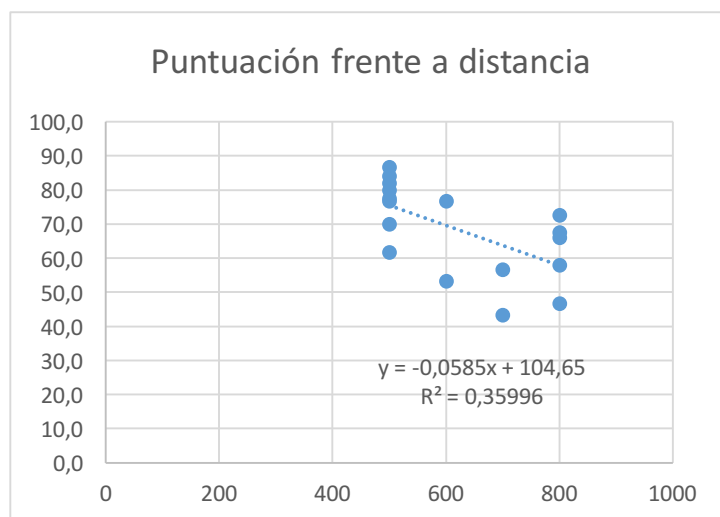


Figura 12. Evolución de la puntuación frente a la distancia sin el dato (500,40)

Por otro lado, en la Fig. 11 se muestran los coeficientes de correlación lineal entre algunas de las variables cuantitativas. Se han marcado en verde los coeficientes de correlación que son estadísticamente distintos de 0 y positivos (lo que indica una relación positiva fuerte entre las variables) y en rojo los que tiene una relación negativa fuerte y además significativa. Los coeficientes en azul son los que se acercan a ser estadísticamente significativos.

Lo más importante que podemos extraer de esta tabla es que:

- Hay una relación positiva y significativa entre agrupación y distancia, ya que el p-value es 0.028. Es decir, podemos rechazar al 95% de nivel de confianza la hipótesis nula de que el coeficiente de correlación es cero
- Hay una relación positiva y significativa entre las temperaturas que alcanza el cañón del fusil con la temperatura ambiente con un p-value de 0,00 de modo que podemos rechazar la hipótesis nula con un nivel de confianza de más del 99,99%.

- La relación entre el tiempo entre disparos y la temperatura alcanzada por el cañón es negativa y significativa, ya que el p-value es 0,0373. A más tiempo entre disparos, menos es la temperatura alcanzada por el cañón.

	DISTANCIA	AGRUP10	PUNT10	T_AMBIENTE	T_CANON_IV	TIEMPO_ENTRE_DISPA	VEL_INICIAL_MEDIA
DISTANCIA	1.000.000						

AGRUP10	0.503295	1.000.000					
	0.0280	-----					
PUNT10	-0.295131	0.183538	1.000.000				
	0.2199	0.4520	-----				
T_AMBIENTE	-0.741810	-0.446793	0.271695	1.000.000			
	0.0003	0.0551	0.2605	-----			
T_CANON_IV	-0.476753	-0.113895	0.321226	0.803562	1.000.000		
	0.0390	0.6425	0.1799	0.0000	-----		
TIEMPO_ENTRE_DISPA	0.463385	0.257172	-0.374454	-0.406991	-0.480411	1.000.000	
	0.0457	0.2878	0.1142	0.0837	0.0373	-----	
VEL_INICIAL_MEDIA	0.224134	-0.278964	-0.202422	0.096055	0.055701	0.017028	1.000.000
	0.3563	0.2474	0.4059	0.6957	0.8208	0.9448	-----

Figura 13. Coeficientes de correlación de algunas variables cuantitativas

6. ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA DEL CAÑÓN Y LA VELOCIDAD INICIAL DEL PROYECTIL

En el tiro de precisión, la temperatura es uno de los aspectos que más afecta a las trayectorias de los proyectiles (también llamada balística exterior del fusil). En la curva que describe el proyectil hasta su objetivo influyen la temperatura ambiental (no es lo mismo disparar en invierno que en verano, de hecho las diferencias de tiro en ambas estaciones son muy grandes), la del propio proyectil y la del cañón del fusil (así como la de su recámara).

También afectan al tiro las condiciones de almacenamiento de la munición, como se transportan durante las misiones o cuanto tiempo pasan en recámara hasta que son disparadas.

En este estudio se ha decidido analizar la variable temperatura del cañón, por ser una de las variables que más variará a lo largo de una misma jornada/ejercicio/misión de TP si nos basamos en las misiones que pueden adoptar los tiradores [8]. En la gran mayoría de estas misiones, los TP deben realizar pocos disparos de manera rápida y maximizando su eficiencia, de esta manera es correcto pensar que lo más susceptible a cambiar es la temperatura que alcanza el cañón y que, por tanto, esta variación afectará al resultado del tiro.

Si bien la temperatura que alcanza interiormente el fusil es considerablemente mayor a la que podrá alcanzar el cañón por su parte externa, la primera es imposible de medir mientras que la segunda es fácilmente medible.

El hecho conocer la velocidad inicial del proyectil gracias al conocimiento del comportamiento de su carga de proyección por la temperatura es fundamental. De la velocidad inicial partirán todos los datos balísticos que necesitaremos en la predicción de las trayectorias.

El objetivo de este estudio es que **tenga una aplicación táctica eficiente** y ayude a los TP tanto en su instrucción como en las misiones reales que se les puedan encomendar.

6.1 Instrumentos de medición

Para la correcta realización del estudio se utilizará, además del fusil Barrett M95 y del equipo pertinente para el tiro (explicado en el apartado 4.4 de la memoria), el cronógrafo *Chrony* y unos termómetros adhesivos colocados en el cañón.

Con respecto al *Chrony*, se trata de un cronógrafo balístico de tipo óptico (los hay también de tipo magnético, acoplados al cañón del fusil) que mide la velocidad del proyectil cuando éste pasa a través de sus sensores [9]. El cronógrafo se coloca a una distancia de seguridad de la boca del cañón del fusil, que puede variar entre 3 y 10 metros dependiendo de las condiciones del terreno. Esto se debe a que al basarse en sensores lumínicos hay que evitar en lo posible que los gases y las ondas de choque influyan sobre los sensores y además, como el estudio se está haciendo en un campo de maniobras y no en una galería de tiro, es necesario tener en cuenta todo el polvo que se levantará cada vez que se efectúe un disparo y que también puede afectar a los sensores. De modo que en este estudio se utilizó como distancia de seguridad 10 metros, la cual viene indicada en el propio manual del *Chrony* como distancia óptima para fusiles de gran calibre como es el Barrett.



Figura 14. Cronógrafo visto desde la mira del Barrett

Los *Chrony* poseen un reloj interno capaz de medir la velocidad de los proyectiles con una definición suficiente de $\pm 0,3$ m/s. Sin embargo, como todo aparato de medida, esta medición conlleva un error, y por ser un sensor óptico, hay ocasiones en las que puede fallar debido a las condiciones meteorológicas (mucho sol, niebla o lluvia) u otros factores.

En cuanto a los termómetros adhesivos, se trata de unos termómetros reversibles, de un rango de 13 niveles de temperatura cada uno con su propio adhesivo incorporado. Para el estudio, se han adquirido termómetros en los siguientes rangos de temperatura:

- 24 a 36°C
- 36 a 48°C
- 48 a 60°C

Los 3 termómetros se colocan en la parte más cercana a la recámara del fusil de modo que las mediciones de la temperatura puedan ser vistas por otro usuario sin interrumpir al tirador.

Por último, y para asegurar la homogeneidad de los cartuchos de 12,70mm, se pesaron diferentes cajas de munición utilizadas en el estudio. La munición utilizada en todos los ejercicios de tiro ha sido la SG NM241 .50BMG LOTE 11-RA-10, cuyo peso según fabricante (solo de la bala) es de 661 grains².



Figura 15. Termómetros adhesivos en el cañón del fusil

6.2 Datos de las sesiones de tiro y análisis estadístico de las velocidades

En el Anexo H se observan los resultados obtenidos de las mediciones del tiro, además de la temperatura externa que alcanzaba el cañón tras los disparos. Para las comprobaciones de la temperatura, se han dejado unos pequeños segundos de margen para que la temperatura anotada fuera la máxima que era capaz de alcanzar el cañón antes de comenzar a descender.

Si observamos los resultados obtenidos, vemos varias relaciones interesantes desde el punto de vista estadístico, y que se pueden observar en el gráfico siguientes (Fig. 14). En primer lugar **existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la velocidad de salida de los proyectiles y la temperatura que alcanza el cañón en cada disparo**. Esto es algo lógico y sin duda esperado, pues la fricción entre el proyectil y el ánima³ del fusil aumenta la temperatura y disminuye el rozamiento para posteriores disparos en un lapsus de tiempo reducido.

² 1 grain equivale a 0,0648 gramos

³ Ánima: espacio interior del tubo del cañón de un arma de fuego.

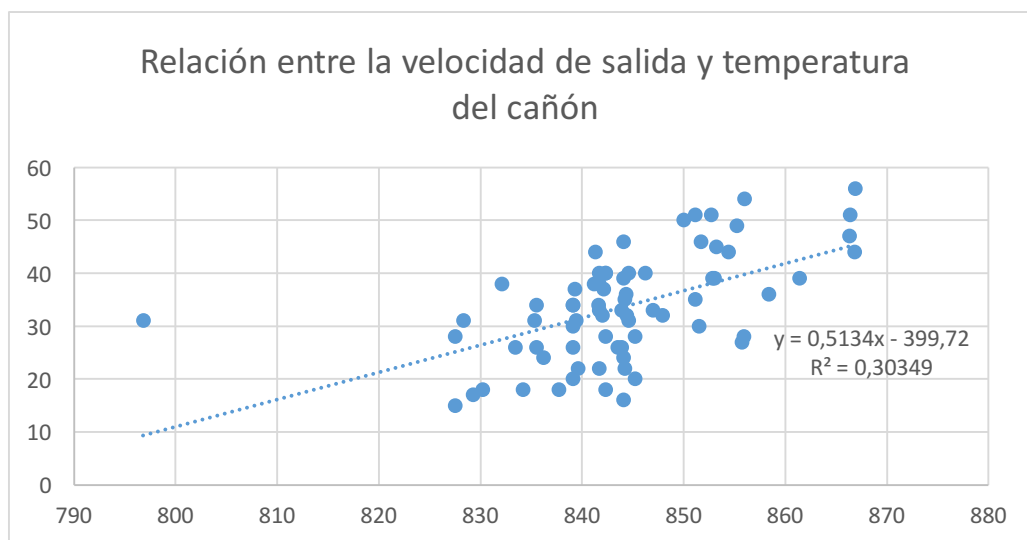


Figura 16. Velocidades de salida según temperatura del cañón

En la tabla 3 observamos la relación estadísticamente significativa que existe entre la velocidad y la temperatura del cañón, la tabla nos indica que esto se puede afirmar con un nivel de confianza de más del 99,99%.

Dependent Variable: VELOCIDAD

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TEMPERATURACANON	0.685259	0.129950	5.273266	0.0000
TEMPAMB	-0.215087	0.208207	-1.033047	0.3052
TENTREDISPAROS	0.050855	0.063789	0.797245	0.4280
C	823.1439	5.678413	144.9602	0.0000

Tabla 4. Análisis de regresión múltiple de la velocidad de salida

Si consultamos los resultados obtenidos (Anexo H), vemos que tras cada disparo en un ejercicio de tiro, aumenta la velocidad de salida del siguiente. Además, también es interesante destacar la relación existente entre la temperatura máxima alcanzada por el fusil en un ejercicio y el tiempo entre disparos, cuanto más tiempo dejamos entre disparos más se ha enfriado el fusil. Sin embargo, como todas las temperaturas oscilan en un intervalo pequeño esta última relación no es estadísticamente significativa.

Si analizamos la relación existente entre la puntuación y las mediciones de las velocidades, no encontramos que esta relación sea estadísticamente significativa. Sin embargo, esto puede ser debido al reducido número de datos y **debido a las distancias con las que hemos trabajado**. Una velocidad inicial superior a la esperada en un disparo a corta o media distancia (en el caso del Barret hasta unos 900 metros) puede no notarse demasiado, sin embargo sería interesante ver que ocurre a distancias más largas.

Dependent Variable: PUNTUACIÓN

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DISTANCIA	-0.030390	0.028010	-1.084938	0.2951
VEL_INICIAL_MEDIA	-0.098179	0.119442	-0.821976	0.4240
TIRADOR	-6.524661	7.427994	-0.878388	0.3936
C	175.1908	101.2948	1.729514	0.1042
R-squared	0.150358	Mean dependent var		65.21930
Adjusted R-squared	-0.019570	S.D. dependent var		15.24198

Tabla 5. Análisis de regresión múltiple de la velocidad de la puntuación

Los resultados destacados de la tabla 4 nos indican que, con los datos que tenemos, la puntuación no se ve afectada significativamente por la velocidad ni por la distancia, al menos en el rango de velocidades y distancias medidas.

En el siguiente apartado vamos a ver un ejemplo de cómo **un estudio de las velocidades iniciales del fusil con respecto a las temperaturas puede llegar a ser de mucha utilidad.**

6.3 Ejemplo de aplicación táctica

Si queremos predecir la caída de un proyectil básicamente necesitaremos la velocidad inicial y el coeficiente balístico (BC)[11], y para conocer el BC debemos aplicar la siguiente fórmula:

$$BC = (W / 7000) / cal^2 \cdot i$$

Donde “W” es el peso del proyectil en grains, “cal” es el calibre del proyectil en pulgadas e “i” es el factor de forma⁴.

Este último dato es con mucha diferencia, el más complicado de conseguir, por ello y como no es objeto de estudio de este proyecto el obtener el factor de forma para la munición empleada, se van a utilizar los resultados obtenidos en el estudio realizado en La Maraños por el Sgto. 1º Ruiz [11].

Con este BC, con los datos de las velocidades iniciales, y con un software adecuado como el ColdBore 1.0 de Patagonia Ballistics [12], un ETP podría ser capaz de realizar las predicciones adecuadas de las correcciones en MOA⁵ aplicando adecuadamente las distintas variables ambientales que afectan al tiro.

⁴ Factor de forma: El factor de forma de un proyectil viene determinado por la comparación entre su coeficiente de rozamiento y el coeficiente de rozamiento del proyectil estándar con el que lo debemos comparar. Es decir, cuanto rozamiento tiene nuestro proyectil en comparación con el rozamiento estándar de la función de rozamiento que queremos usar.

⁵ MOA es exactamente un Minuto de Ángulo (Minute Of Angle), es decir, la sesentava parte de un grado sexagesimal. Esta medida angular, siendo fija nos da así mismo una medida longitudinal igualmente fija, según la distancia, esta es de 3 cm. a 100 m. (realmente es de 2.8 cm.), 6 cm. a 200 m., 9 cm. a 300 m., etc.

DA 968m, 943mb, 20°C, 50%RH, 839m/s, BC G7 0,353					
DIST meters	VELOCITY meters/sec	TOF seconds	DROP MOA	PATH MOA	SPIND MOA
0000	839	0,0	0,00	0,00	0,00
0050	819	0,1	-1,23	-1,46	-0,15
0100	799	0,1	-2,46	0,00	0,00
0150	779	0,2	-3,77	-0,42	0,08
0200	760	0,3	-5,13	-1,33	0,14
0250	741	0,3	-6,49	-2,42	0,20
0300	722	0,4	-7,94	-3,70	0,25
0350	703	0,5	-9,45	-5,06	0,30
0400	685	0,5	-10,96	-6,49	0,36
0450	667	0,6	-12,58	-8,04	0,41
0500	649	0,7	-14,26	-9,66	0,46
0550	631	0,8	-15,95	-11,30	0,52
0600	614	0,8	-17,76	-13,07	0,57
0650	597	0,9	-19,64	-14,91	0,63
0700	580	1,0	-21,60	-16,84	0,69
0750	564	1,1	-23,57	-18,79	0,76
0800	547	1,2	-25,69	-20,89	0,82
0850	531	1,3	-27,90	-23,06	0,89
0900	515	1,4	-30,14	-25,29	0,96
0950	500	1,5	-32,54	-27,68	1,03
1000	484	1,6	-35,05	-30,18	1,11
1050	469	1,7	-37,60	-32,72	1,19
1100	454	1,8	-40,35	-35,45	1,28
1150	440	1,9	-43,22	-38,32	1,37
1200	426	2,0	-46,36	-41,45	1,46
1250	412	2,1	-49,42	-44,50	1,56
1300	398	2,3	-52,66	-47,73	1,67
1350	385	2,4	-55,98	-51,04	1,77
1400	372	2,5	-59,59	-54,64	1,89
1450	360	2,7	-63,39	-58,43	2,01
1500	350	2,8	-67,27	-62,31	2,14

Tabla 6. Predicción de correcciones con ColdBore 1.0

Como conclusión a esta parte del proyecto es importante recalcar que, si bien estudios como este realizados previamente, nos resultan de muchísima utilidad para hacer una predicción del impacto del proyectil, lo ideal sería hacer todo un estudio similar para conocer las velocidades iniciales del fusil que el usuario vaya a utilizar. Las velocidades no serán las mismas en dos fusiles porque influye prácticamente todo, y dos cañones fabricados en años diferentes implican velocidades iniciales diferentes, también podemos encontrarnos con cañones de varias longitudes o con alguna pequeña diferencia en el diseño. Sin embargo la realidad es que, bien por créditos de munición, o por tiempo, o por herramientas, no en todas las unidades se va a poder realizar.

Obviamente, será elección de cada equipo usar sus propias predicciones o los valores reales obtenidos en las pruebas. Se use el sistema que se use, habrá que compensar el disparo para esos cambios en la velocidad inicial, y por lo tanto, independientemente de lo ajustadas que sean nuestras predicciones, habrá que acabar en el mismo lugar, compensando el cambio en la caída de los proyectiles, que es lo que en el fondo nos interesa: cómo afecta más o menos metros por segundo a las trayectorias y en función de la distancia a la que ejecutamos el disparo.

Como ya se ha mencionado anteriormente y como ha quedado demostrado en el análisis estadístico, una mayor temperatura se traduce en una mayor velocidad de salida del proyectil. Sabiendo esto y con unas mediciones adecuadas, podremos realizar nuestras propias correcciones ya que de todo este estudio debe desprenderse una aplicación táctica eficiente, es decir, **un cálculo rápido y fiable de las variaciones por velocidad inicial.**

7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION Y CONCLUSIONES

Tras haber estudiado con detenimiento la temática de los TP, se puede afirmar que aún queda mucho trabajo por delante para poder ampliar aún más este pequeño mundo, en beneficio de su trabajo y misiones. Sin ser objeto de este proyecto, se han mencionado diversos temas que son de interés para un posterior estudio y que podrían ayudar a los tiradores. En primer lugar sería necesario impulsar la normalización de un curso de TP en el ET, con convocatorias anuales y que sirviese para poner en común todo lo aprendido por los miembros de los diferentes equipos, que pocas veces tienen oportunidad de entrevistarse unos a otros. En

este proyecto se ha tratado sucintamente un posible estudio sobre las capacidades que deberían enseñarse en un supuesto curso.

Podría ser interesante además, ampliar el alcance del estudio sobre la velocidad de salida del proyectil y la temperatura que alcanza el cañón. Para poder así apreciar el efecto real que tiene este aumento de la velocidad en disparos realizados a distancias considerablemente largas, y así no estar siempre trabajando con aproximaciones. Y no solo aumentando la distancia, sino viendo el efecto que tiene en la velocidad el hecho de disparar en temperaturas mucho más extremas, a las que no se pudo efectuar tiro durante el desarrollo del proyecto.

En base a las encuestas, ha quedado demostrada la diferenciada opinión entre oficiales y suboficiales sobre este tema. Sin embargo, prácticamente todos sugerían que los tiradores gozasen de muchos más días de instrucción de los que realmente tienen

Hemos sometido tiradores a ejercicios de estrés, para que dieran más de sí y llevasen sus capacidades más al límite. Y hemos visto la mejora que ha ocurrido, pues las estadísticas han demostrado que su mejora era evidente aun aumentando la distancia de tiro. Para que la instrucción de tiro sea efectiva y produzca una mejora duradera, debe ser lo más continua posible. Si se consiguiese seguir el principio de continuidad del tiro, la pérdida de habilidades del factor humano sería mínima. Por ello es interesante no pasar gran cantidad de tiempo sin realizar instrucción de tiro, pues lo que ahora han ganado con este condensado plan de tiro, se perdería con la falta de práctica.

Además se ha visto la significativa relación existente entre la velocidad de salida de un proyectil y los disparos que realizamos. Si bien hemos visto que a unas distancias de 500 a 800 metros no es un factor que afecte demasiado a variables como la agrupación, operando a distancias más largas esta variación podría ser mucho más importante. Para que estudios como este sean útiles a largo plazo, es necesario continuar utilizando cronógrafos siempre que se pueda, ya que ayudan a conocer como se comporta nuestro fusil y podremos aprovechar para confeccionar tablas de tiro ayudados de softwares profesionales.

Al finalizar el periodo de prácticas, se reunió al ETP, para compartir las impresiones que habían obtenido. Los tiradores afirmaban que el haber realizado el tiro con mayor estrés les había facilitado el concentrarse mucho más en el ejercicio. Además el jefe del ETP era consciente de que habían salido mucho más a hacer instrucción propia y agradecieron los ejercicios realizados presentados en el plan, pues ayudaron a mejorar y perfeccionar sus habilidades.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1]MADOC. DIDOM (2005). MA1 - 001. Manual de los Sistemas de Instrucción, Adiestramiento y Evaluación. Granada.
- [2]MADOC. DIDOM (2006). MA4 - 104. Sección de Fusiles. Granada.
- [3]MADOC. DIDOM (2006). MI6 - 001. Tiro con Fusil de Asalto HK - G36 E. Tomo I. Granada.
- [4]MADOC. DIDOM (2006). MI6-001. Tiro con Fusil de Asalto HK - G36 E. Tomo II. Granada.
- [5]MADOC. DIDOM. (2007). MI6 - 101. Manual de Instrucción. Equipo de Tiradores de Precisión. Granada.
- [6]MADOC. DIDOM (2008). MI6 - 044. Armamento y Tiro. Generalidades. Granada.
- [7]MADOC. DIDOM. Entrenador de Tiradores de Precisión (STS). Granada.
- [8]MADOC. DIDOM. (2011). MI4 - 805. Manual de Instrucción. Equipos Pesados de Tiradores de Precisión de Operaciones Especiales (EPTP OE). Granada.
- [9]<https://www.shootingchrony.com>
- [10]CENAD San Gregorio. 2014. PLAN DE LUCHA C/IF DEL ACMT “SAN GREGORIO”
- [11] Ricardo G. Ruiz. (2015). *Eficacia de los Equipos de Tiradores de Precisión en relación a la velocidad inicial de los proyectiles condicionada por la temperatura de la munición*
- [12] http://www.patagoniaballistics.com/feat_int.html
- [13] S Ross. Introductory Statistics. 3rd Edition. 2010

ANEXO A. ENCUESTA

En este anexo se presenta la encuesta realizada a los oficiales, suboficiales y tropa, experta en el ámbito de TP y realizadas durante los días 7 al 22 de Septiembre de 2017.

1- Basándose en su experiencia, ¿Cómo de importante considera el uso de los Tiradores de Precisión de Barrett en un batallón de Infantería Acorazado? *

	1	2	3	4	5	
Nada importante	☐	☐	☐	☐	☐	De la máxima importancia

2- ¿Considera adecuados los medios de dotación de los que disponen los tiradores de Barrett de su Unidad? *

- ☐ Si
- ☐ No

3- ¿Cambiaría algún medio de los que dispone el Equipo de Tiradores de su unidad? *

- ☐ Nada
- ☐ Visor del fusil
- ☐ Fusil
- ☐ Visores Leupold
- ☐ Telémetro
- ☐ Anemómetro

4- ¿Cree que por las características de su trabajo, los tiradores deberían llevar su propio plan de instrucción, diferente del resto de su unidad? *

- ☐ Sí
- ☐ No

5- ¿Qué importancia le daría a un plan formación física más específico para los componentes del Equipo de Tiradores? *

	1	2	3	4	5	
Poco importante	☐	☐	☐	☐	☐	De la máxima importancia

6- ¿Cree que es también importante para un tirador de Barrett tener una muy buena instrucción de tiro con el fusil HK G36-E? *

- ☐ Si
- ☐ No

7- En caso de que la pregunta anterior sea afirmativa, ¿Qué tipo de ejercicios cree que serían más adecuados?

Texto de respuesta larga

...

8- ¿Cree que es más adecuado que el Equipo de Tiradores esté formado por 2 o por 3 componentes? *

☐ 2

☐ 3

9- Marque la importancia que tienen para usted estas características en un Tirador de precisión *

	1- Poco importante	2	3	4	5- Muy importante
Puntería	☐	☐	☐	☐	☐
Condición física	☐	☐	☐	☐	☐
Visión	☐	☐	☐	☐	☐
No ser fumador	☐	☐	☐	☐	☐
Condición mental	☐	☐	☐	☐	☐
Conocimientos balísticos, matemáticos, navegación...	☐	☐	☐	☐	☐
Frialdad	☐	☐	☐	☐	☐
Trabajo de campo	☐	☐	☐	☐	☐
Empleo de Cabo como mínimo	☐	☐	☐	☐	☐

10- ¿Cree necesario que haya instrucción de campo específica para los tiradores más allá de los ejercicios de tiro de precisión? *

☐ Sí

☐ No

11- ¿Con que frecuencia cree que es necesario que los tiradores de precisión realicen ejercicios de instrucción para practicar sus TTPs? *

☐ 1 vez al mes

☐ 2 veces al mes

☐ Una vez por semana

☐ Dos veces por semana

☐ Más de dos veces por semana

12- Puntúe del 1 al 5 la importancia que cree que se le da a los Tiradores de Precisión desde los empleos más elevados de su Unidad *

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

13- Cuando su unidad se prepara para salir de misión, ¿Cree que se le da importancia a la misión de los Tiradores de Precisión? *

- ☐ Sí
- ☐ No

14- ¿Cómo de importante considera la implantación de un curso específico para tiradores de precisión en el ET? *

- ☐ 1 Poco importante
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5 De la máxima importancia

15- Relacionado con la pregunta anterior, clasifique según su criterio la importancia de que se aprendan o potencien las siguientes características en un supuesto curso de TIRPREC. *

	1	2	3	4	5
Dominar los conocimientos del fusil HK G36-E	☐	☐	☐	☐	☐
Conocer los conceptos de balística interior y exterior	☐	☐	☐	☐	☐
Realizar con precisión las comprobaciones previas al disparo	☐	☐	☐	☐	☐
Dominar con precisión los métodos de corrección para disparos posteriores, practicando a distancias desconocidas	☐	☐	☐	☐	☐
Dominar técnicas de ocultación, rastreo y antirrastreo	☐	☐	☐	☐	☐
Capacidad de planear un tema táctico sabiendo ocupar su posición, de forma aislada	☐	☐	☐	☐	☐
Prácticas de tiro nocturno	☐	☐	☐	☐	☐
Prácticas de tiro en movimiento	☐	☐	☐	☐	☐
Ser capaz de aplicar correctamente los procedimientos de obtención de datos y de guiado a un tirador	☐	☐	☐	☐	☐

16- ¿Cree que en su unidad los TIRPREC gozan de unos procedimientos y tiempos de instrucción óptimos para su empleo táctico? *

- ☐ Sí
- ☐ No del todo

17- En caso de que la respuesta anterior sea negativa, ¿qué añadiría a la instrucción de los TIRPREC de su unidad para mejorar su eficacia y eficiencia en el desempeño de sus misiones?

Texto de respuesta larga

18- Aporte cualquier método o ejercicio de instrucción que crea que sería de utilidad para los componentes del Equipo de Tiradores de precisión

Texto de respuesta larga

ANEXO B. Resultados de las encuestas

En este anexo se muestran los resultados de las encuestas y los contrastes de chi-cuadrado de homogeneidad llevados a cabo en las preguntas con resultados más interesantes.

Tabla B.1 Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	28	26	25	35	34	29	32	33	31	38	26	29	34	27	
la	Suboficiales	Tropa	Tropa	Suboficiales	Tropa	Suboficiales	Oficiales	Oficiales	Oficiales	Suboficiales	Tropa	Oficiales	Oficiales	Suboficiales	Tropa
unta 1	5	5	5	5	5	5	2	3	3	4	5	3	2	5	
unta 2	No	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No	
unta 3	Nada	Nada	Telémetro	Nada	Telémetro	Telémetro	Nada	Telémetro	Nada	Nada	Telémetro	Nada	Nada	Telémetro	Telémetro
unta 4	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
unta 5	5	5	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	3	4	
unta 6	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	
unta 8	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	
unta 9.1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
unta 9.2	5	4	4	5	4	5	3	4	4	5	5	4	3	5	
unta 9.3	5	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	4	3	5	
unta 9.4	4	3	3	3	3	3	2	2	4	1	2	3	3	4	
unta 9.5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	
unta 9.6	3	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	
unta 9.7	5	5	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	
unta 9.8	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
unta 9.9	1	1	4	1	2	3	2	3	4	5	3	2	2	2	
unta 10	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
unta 11	Dos veces por sem	Más de dos veces por sem	2 veces al mes	Dos veces por sema	Dos veces por sema	Dos veces por sem	Dos veces por ser	Dos veces por s	Dos veces por s	Más de dos veces por sema	Dos veces por sem	Dos veces por ser	Una vez por sema	Más de dos veces por sem	Dos veces p
unta 12	3	4	2	3	4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	
unta 13	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
unta 14	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
unta 15.1	4	5	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	4	
unta 15.2	5	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	
unta 15.3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	
unta 15.4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	
unta 15.5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	
unta 15.6	5	5	4	5	4	5	5	4	3	4	4	4	3	3	
unta 15.7	5	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	3	4	4	
unta 15.8	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	
unta 15.9	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	
unta 16	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo	No del todo

El objetivo del contraste chi-cuadrado es verificar la homogeneidad de r poblaciones $X_1 \dots X_r$ clasificadas en s categorías $A_1 \dots A_s$. Es decir, se trata de contrastar si el comportamiento de las diversas poblaciones X_i es homogéneo respecto de esas categorías, lo cual constituye la hipótesis nula del contraste. Para su implementación se toma una m.a.s. de cada una de las variables

(poblaciones) $X_1 \dots X_r$, de tamaño $n_1 \dots n_r$ respectivamente. Asimismo, cada casilla, tendrá asociada una frecuencia teórica, es decir, aquella que correspondería caso de ser cierta la H_0 de que las poblaciones son homogéneas respecto a las categorías.

Las fórmulas empleadas (para el estadístico chi-cuadrado y la frecuencia teórica respectivamente) son:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{\left(n_{ij} - \frac{n_i \cdot n_j}{n} \right)^2}{\frac{n_i \cdot n_j}{n}} \quad T_{ij} = \frac{n_i \cdot n_j}{n}$$

Tabla B.2 Contraste de homogeneidad pregunta 1

Frecuencias	1	2	3	4	5	Total
Oficiales	0	2	3	0	0	5
Suboficiales		0	0	1	4	5
Tropa	0	0	0	0	5	5
Total	0	2	3	1	9	15

Frecuencias teóricas	1	2	3	4	5	Total
Oficiales	0	1	1	0	3	5
Suboficiales	0	1	1	0	3	5
Tropa	0	1	1	0	3	5
Total	0	3	3	0	9	15

Estadístico del contraste	Valor critico	Grados de libertad
8,333333333	12,59158724	6

Tabla B.3 Contraste de homogeneidad pregunta 2

Frecuencias	Si	No	Total
Oficiales	5	0	5
Suboficiales	1	4	5
Tropa	2	3	5
Total	8	7	15

Frecuencias teóricas	Si	No	Total
Oficiales	3	2	5
Suboficiales	3	2	5
Tropa	3	2	5
Total	9	6	15

Estadístico del contraste	Valor critico	Grados de libertad
6,964285714	5,991464547	2

Tabla B.4 Contraste de homogeneidad entre las preguntas 1 y 2

Respuesta Preg. 2/ Preg. 1	Si	No	Total
2	2	0	2
3	3	0	3
4	1	0	1
5	2	7	9
Total	8	7	15

Frecuencias teóricas	Si	No	Total
2	1,066666667	0,933333333	2
3	1,6	1,4	3
4	0,533333333	0,466666667	1
5	4,8	4,2	9
Total	8	7	15

Estadístico del contraste	Valor critico	Grados de libertad
8,75	7,814	3

ANEXO C. Ejercicios de IAE

En este anexo se muestran las fichas de los ejercicios de Instrucción y Adiestramiento diseñados para los TP. El primero está diseñado para realizarse en zonas del campo de maniobras como la adjunta en la Fig. , y el segundo en principio en zonas con campos de tiro para tiro de precisión como por ejemplo la zona del campo de tiro Cosaco, utilizado durante las PEXT. (Fig.).

Ejercicio “Convoy”. Reconocimiento de itinerarios y observación		
Duración: 2:30 h	Fecha: TBD	Lugar: CMT
Objetivo:	Reconocimiento y observación de un itinerario por el que circulan unidades enemigas	
Desarrollo:	- El ETP ocupa posiciones en el primer puesto de observación, comenzando a realizar su tarjeta de tiro. - El convoy enemigo (SERECO) inicia movimiento por el itinerario I-1. - El jefe del ETP indica a los TP que hagan fuego sobre el convoy en determinadas zonas del itinerario, indicando el vehículo objetivo. - Los TP hacen las correcciones necesarias con el fusil para realizar fuego eficaz sobre el convoy en el menor tiempo posible. - Se anota el tiempo empleado y se repite el proceso hasta 10 veces. - Los TP se retiran hasta un punto de exfiltración sin ser detectados. - Se anota la media de los segundos empleados en los diferentes ejercicios.	
Material: Fusil Barret M95 y armamento individual del observador. Equipo de combate y elementos de observación		
Observaciones: Los TP cambian de asentamiento las veces que el Mando determine.		

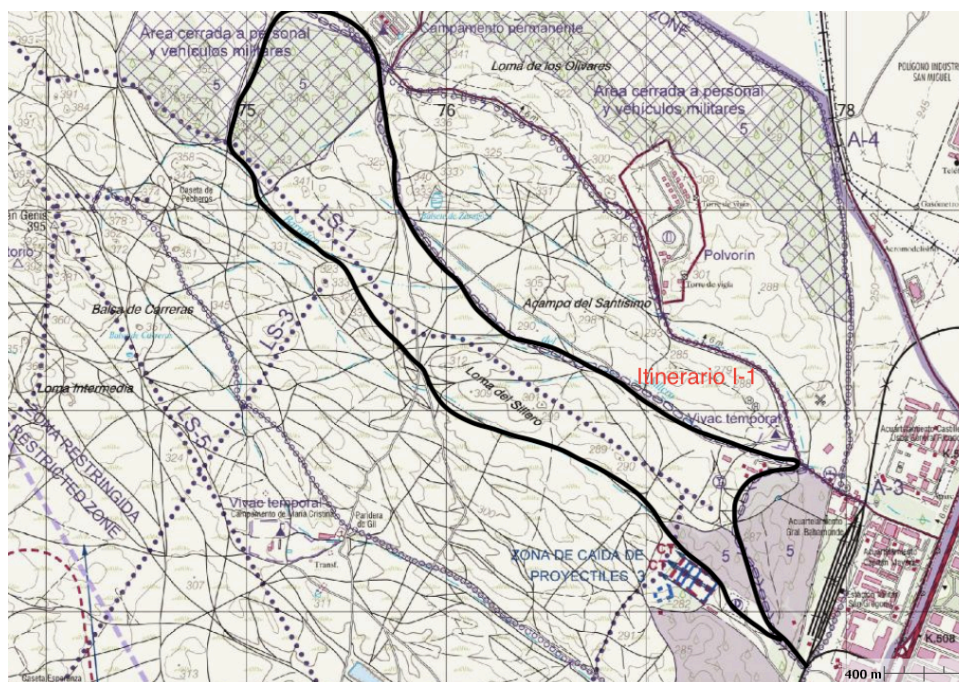


Figura C.1. Itinerario I-1 utilizado en el ejercicio "Convoy"

Ejercicio “Stalking”. Ocultación y enmascaramiento.		
Duración: Máx 4h	Fecha: TBD	Lugar: CMT
Objetivo:	Movimiento durante 2 o más km. a cubierto de las vistas enemigas, finalizando en una posición de tiro.	
Desarrollo:	- Los TP ocupan su posición inicial y comienzan movimiento hasta el puesto de tiro objetivo, intentando no ser localizados en todo el trayecto. - Se coloca un evaluador a una distancia prudencial entre el puesto de tiro y el punto inicial, con elementos de observación para intentar localizar a los tiradores. - En caso de divisar a los TP, vuelven al punto inicial. - Tras llegar al puesto de tiro los TP deben hacer fuego eficaz a un blanco a 500 metros en menos de 2 minutos*.	
Material: Fusil Barret M95 y armamento individual del observador. Equipo de combate y elementos de observación. Blanco de 50x50 cm a 500 metros del puesto de tiro final.		
Observaciones: Se pueden colocar otros elementos en lugar de un blanco si no se dispone de munición para el tiro. *Variante 1: 5 objetos pequeños (cascos, cajas de munición, botas) a una distancia mínima de 500 metros para que los TP los localicen en menos de 10 minutos.		

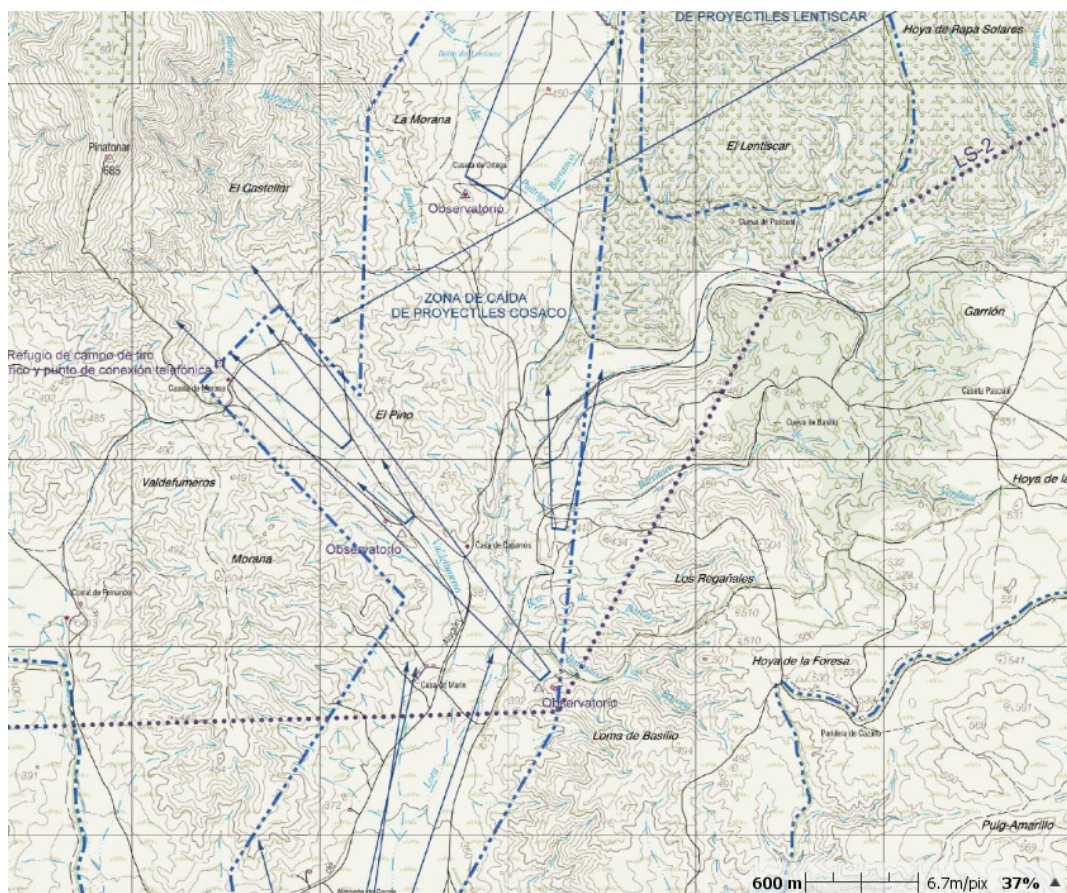


Figura C.2. Campo de tiro Cosaco

ANEXO D. Ejemplo de planeamiento semanal para tiradores

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	-Homogeneización Tiro 300m -Tiro diurno distancia conocida			-Tiro máxima distancia (según tirador)	-Prueba conocimientos teóricos y prácticos
Tarde	-Ocupar puesto de tiro sometido a observación diurna	-Tiro distancias desconocidas - Tiro distancia conocida estrés físico psicológico	-Tiro con cansancio distancias conocidas objetivos múltiples -Ejercicio convoy	-Stalking -Tiro en condiciones NBQ	
Noche		-Ocupar puesto de tiro sometido a observación nocturna -Tiro nocturno distancia conocida	-Ejercicio convoy nocturno -Tiro distancias desconocidas nocturno		

ANEXO E. Ejercicios de tiro con HK G36-E

Sesión 1: Tiro de precisión a 300 metros (tendido sin apoyo).		
Duración: 2 h	Fecha: TBD	Lugar: Campo de tiro
Objetivo:	Realizar agrupación eficaz a 300 metros con fusil de asalto HK G36-E	
Desarrollo:	- Presentación de la sesión (10 minutos) - Realizar una primera serie de 5 disparos, sin desencarar el arma (1 minuto). - Realizar una segunda serie de 5 disparos, sin desencarar el arma (1 minuto). - Realizar una primera serie de 10 disparos, sin desencarar el arma (3 minutos). - Realizar una segunda serie de 10 disparos, sin desencarar el arma (3 minutos). - Realizar una primera serie de 20 disparos, sin desencarar el arma (5 minutos). - Realizar una última serie de 20 disparos, sin desencarar el arma (5 minutos).	
Material: Armamento individual. Blanco de 1x1 m.		
Observaciones:		

Sesión 2: Tiro de velocidad a 200 metros (tendido sin apoyo).		
Duración: 2 h	Fecha: TBD	Lugar: Campo de tiro
Objetivo:	Realizar tiro eficaz sobre varios blancos a 200 metros	
Desarrollo:	- Presentación de la sesión (10 minutos). - Realizar una primera serie de 10 disparos repartidos entre las 3 siluetas (1 minuto). - Realizar una segunda serie de 10 disparos repartidos entre las 3 siluetas (1 minuto). - Realizar una primera serie de 20 disparos repartidos entre las 3 siluetas (2 minutos). - Realizar una última serie de 20 disparos repartidos entre las 3 siluetas (2 minutos).	
Material: Armamento individual. 3 blancos de 1x1 m.		
Observaciones: En los ejercicios de 10 disparos se requiere un mínimo de 2 impactos por silueta, y en los de 20 impactos un mínimo de 4.		

ANEXO F. Ejercicios de tiro con Barrett M95

Sesión 1: Tiro de precisión a 500 metros.		
Duración: 40 min	Fecha: 19/9/17 y 20/9/17	Lugar: Cosaco C
Objetivo:	Toma de contacto con el fusil en puesta a cero a 500 metros	
Desarrollo:	- Explicación breve de la posición de tiro y del ejercicio (10 minutos). - Realizar una serie de 3 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (30 segundos entre disparos). - Realizar una serie de 6 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos. (60 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

Sesión 2: Tiro con estrés a 500 metros.		
Duración: 1 h	Fecha: 20/9/17 y 21/9/17	Lugar: Cosaco C
Objetivo:	Realizar tiros rápidos y con pulsaciones altas a 500 metros	
Desarrollo:	- Explicación breve de la posición de tiro y del ejercicio (10 minutos). - Carrera de 50 metros al 100% de potencia. - Realizar una serie de 3 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (25 segundos entre disparos). - Descanso (15 minutos). - Carrera de 50 metros al 100% de potencia. - Realizar una serie de 4 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos. (25 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

Sesión 3: Tiro con estrés a 500 metros.		
Duración: 30 min	Fecha: 2/10/17 y 10/10/17	Lugar: F-23
Objetivo:	Realizar tiros rápidos y con pulsaciones muy altas a 500 metros	
Desarrollo:	- Explicación del ejercicio (10 minutos). - Carrera de 50 metros al 100% de potencia, 10 extensiones de brazo. - Realizar una serie de 5 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (20 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

Sesión 4: Tiro de precisión a 600 metros.		
Duración: 30 min	Fecha: 2/10/17 y 10/10/17	Lugar: F-23
Objetivo:	Ejercicio de agrupación a 600 metros	
Desarrollo:	- Explicación breve de la posición de tiro y del ejercicio (10 minutos). - Realizar una serie de 3 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (60 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

Sesión 5: Tiro de precisión a 700 metros.		
Duración: 30 min	Fecha: 10/10/17 y 11/10/17	Lugar: F-23
Objetivo:	Ejercicio de agrupación a 700 metros	
Desarrollo:	- Explicación breve de la posición de tiro y del ejercicio (10 minutos). - Realizar una serie de 3 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (60 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

Sesión 6: Tiro de precisión a 800 metros.		
Duración: 40 min	Fecha: 11/10/17 y 19/19/17	Lugar: Cosaco C
Objetivo:	Toma de contacto con el fusil a 800 metros	
Desarrollo:	- Explicación breve de la posición de tiro y del ejercicio (10 minutos). - Realizar una serie de 3 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (60 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

Sesión 7: Tiro con estrés a 800 metros.		
Duración: 1 h	Fecha: 11/9/17 y 19/10/17	Lugar: Cosaco C
Objetivo:	Realizar tiros rápidos y con pulsaciones altas a 800 metros	
Desarrollo:	- Explicación del ejercicio (10 minutos). - Carrera de 50 metros al 100% de potencia. - Realizar una serie de 4 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos (60 segundos entre disparos). - Descanso (15 minutos). - Carrera de 50 metros al 100% de potencia. - Realizar una serie de 5 disparos con la posibilidad de desencarar para corregir siempre y cuando no se supere el límite de tiempo entre disparos. (30 segundos entre disparos).	
Material: Fusil Barret M95, elementos de observación.		
Observaciones:		

ANEXO G. Resultados y análisis estadístico de los ejercicios de tiro con Barrett M95

Fecha	Ejercicio	Distancia	Tª ambiente	Vel. Inicial Media	Tª cañón media	Tiempo entre disparos	Viento (mi/h)	Hora inicio	Tirador	N Impacto	Agrupación	Agrup10	Puntuación	P
19/9/17	1	500	22,5	849,2	32,7	30,0	13,0	11:20	1	3	9	30	12	
19/9/17	2	500	22,5	844,4	40,0	60,0	13,0	12:00	1	6	27	45	42	
20/9/17	5	500	28	850,8	39,3	25,0	0,0	12:10	1	3	7	23,333333	26	
21/9/17	7	500	29	832,3	39,5	25,0	0,0	10:43	1	4	18	45	32	
2/10/17	9	500	21	842,3	37,4	20,0	7,0	11:39	1	5	21	42	42	
2/10/17	10	600	21	836,1	30,3	60,0	7,0	12:02	1	3	12	40	23	
10/10/17	13	700	14	847,4	22,3	60,0	4,0	12:20	1	3	10	33,333333	17	
11/10/17	15	800	16	841,9	31,3	60,0	0,0	11:20	1	3	12	40	14	
11/10/17	16	800	16	837,7	38,8	30,0	0,0	12:03	1	5	24	48	29	
19/10/17	17	800	16	842,2	24,0	60,0	7,0	12:04	1	4	21	52,5	29	
20/9/17	3	500	26	856,8	36,0	30,0	0,0	10:38	2	3	9	30	12	
20/9/17	4	500	27	747,5	41,7	60,0	0,0	11:39	2	6	25	41,666667	37	
20/9/17	6	500	28	848,5	41,3	25,0	0,0	12:30	2	3	7	23,333333	23	
21/9/17	8	500	30	851,9	42,0	25,0	0,0	11:30	2	4	13	32,5	31	
10/10/17	11	500	13	737,2	24,2	20,0	4,0	10:40	2	5	22	44	41	
10/10/17	12	600	13	836,1	19,0	60,0	4,0	11:30	2	3	9	30	16	
11/10/17	14	700	16	845,9	23,3	60,0	0,0	10:05	2	3	10	33,333333	13	
19/10/17	18	800	12	842,8	29,0	60,0	7,0	12:40	2	4	21	52,5	27	
19/10/17	19	800	12	839,9	31,2	30,0	7,0	13:19	2	5	22	44	33	

Tabla G.1 Resultados de los ejercicios de tiro

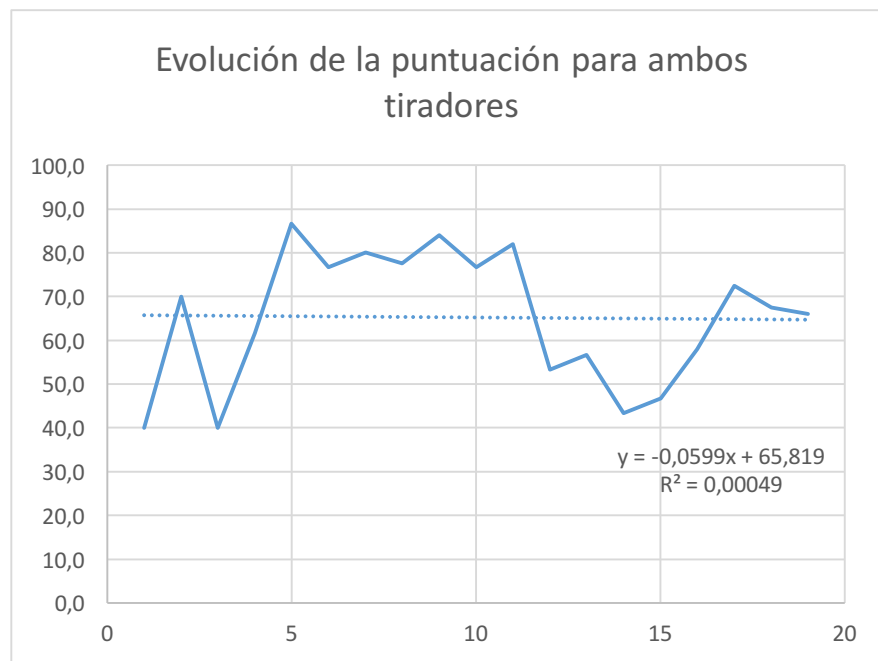


Figura G.1 Evolución de la puntuación conjuntamente para ambos tiradores

	Ejercicio	Distancia	Tº ambiente	Vel. Inicial	Tº cañón m	Tiempo en	Viento (m/s)	Tirador	N Impacto	Agrupación	Agrup10	Puntuación	Punt10
Media	10	610,526316	20,1578947	833,199298	32,8122807	42,1052632	3,84210526	1,47368421	3,94736842	15,7368421	38,4473684	26,2631579	65,2192
Error típico	1,29099445	30,4879775	1,46501733	7,4875254	1,71776864	4,05221385	1,01238863	0,11768779	0,2474866	1,56504602	2,03777886	2,35061533	3,49675
Mediana	10	500	21	842,26	32,6666667	30	4	1	4	13	40	27	
Moda	#N/A	500	16	836,1	#N/A	60	0	1	3	9	30	12	
Desviación e	5,62731434	132,894013	6,38586249	32,6373665	7,48757993	17,6631907	4,41289975	0,51298918	1,07876906	6,82187743	8,8824721	10,2460947	15,2419
Varianza de	31,6666667	17660,8187	40,7792398	1065,19769	56,0638532	311,988304	19,4736842	0,26315789	1,16374269	46,5380117	78,8983106	104,982456	232,318
Curstosis	-1,2	-1,5667144	-1,5563644	5,98175614	-1,2233894	-2,115321	-0,1912613	-2,2352941	-0,8418972	-1,6394717	-0,8997438	-1,1658626	-1,1164
Coefficiente c	0	0,58040869	0,19444018	-2,6291628	-0,3932722	0,03216366	0,85484313	0,11466817	0,70777289	0,19062536	-0,1575945	0,05476849	-0,3835
Longo	18	300	18	119,58	23	40	13	1	3	20	29,1666667	30	46,6666
Mínimo	1	500	12	737,22	19	20	0	1	3	7	23,3333333	12	
Máximo	19	800	30	856,8	42	60	13	2	6	27	52,5	42	86,6666
suma	190	11600	383	15830,7867	623,433333	800	73	28	75	299	730,5	499	1239,16
Suma	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Nivel de con	2,71227869	64,052864	3,0778872	15,7307071	3,608898	8,51338538	2,1269496	0,24725287	0,51995004	3,28803967	4,28121451	4,93845955	7,34640

Tabla G.2 Estadística descriptiva

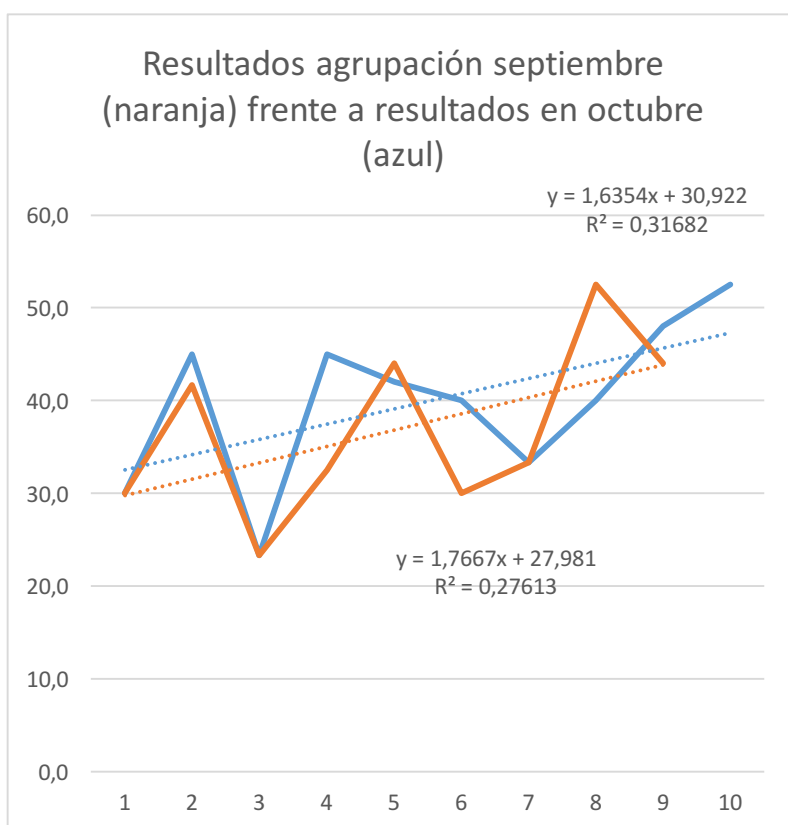


Figura G.2 Resultados agrupación septiembre frente a resultados en octubre

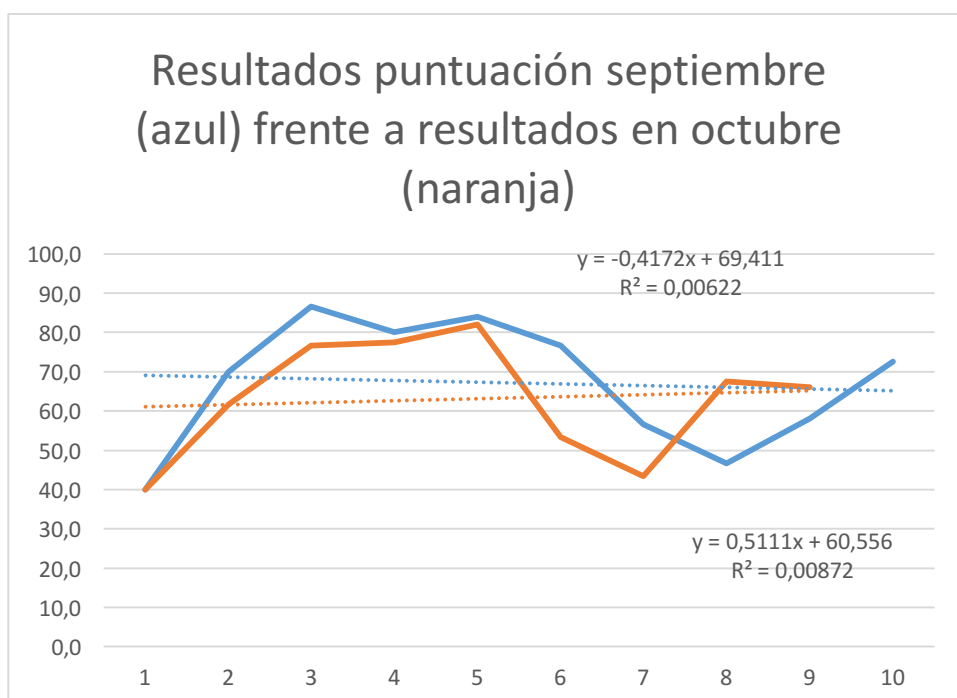


Figura G.3 Resultados puntuación septiembre frente a resultados en octubre

Tabla G.3 Coeficientes de correlación

	<i>Ejercicio</i>	<i>Distancia</i>	<i>Tº ambiente</i>	<i>Vel. Inicial Media</i>	<i>Tº cañón media</i>	<i>Tiempo entre disparos</i>	<i>Viento (mi/h)</i>	<i>Tirador</i>	<i>N Impactos</i>	<i>Agrupación</i>	<i>Agrup10</i>	<i>Puntuación</i>	<i>Punt10</i>
Ejercicio	1												
Distancia	0,89888943	1											
Tº ambiente	-0,787682	-0,7418104	1										
Vel. Inicial Media	0,05941662	0,22413369	0,096055425	1									
Tº cañón media	-0,5605004	-0,4767535	0,803561725	0,055700949	1								
Tiempo entre disparos	0,29064343	0,46338531	-0,40699102	0,017028126	-0,4804111	1							
Viento (mi/h)	-0,0805387	0,01246477	-0,300696692	0,115013602	-0,2101087	0,18981529	1						
Tirador	0,09622504	-0,0772028	-0,074976544	-0,305990122	-0,1095938	-0,054858693	-0,3087021	1					
N Impactos	-0,0183032	-0,0734248	-0,026952532	-0,534357129	0,35819518	-0,081330253	0,23155955	0,0475532	1				
Agrupación	0,22141847	0,18706501	-0,229818071	-0,466411576	0,18112131	0,062485329	0,29934951	-0,0576515	0,93410163	1			
Agrup10	0,51886494	0,50329511	-0,446792607	-0,278964252	-0,1138947	0,257172037	0,30426496	-0,1791412	0,6171633	0,85424609	1		
Puntuación	-0,0346873	-0,2306293	0,10291766	-0,48314171	0,385106	-0,273367406	0,19510427	-0,0356031	0,87085705	0,80619185	0,53062359	1	
Punt10	-0,0221303	-0,2951305	0,271694845	-0,20242176	0,32122617	-0,374454466	0,0030213	-0,1348123	0,33298583	0,29596261	0,18353827	0,74280143	

ANEXO H. Resultados y análisis de las velocidades frente a la temperatura

Fecha	Ejercicio	Distancia	Tº ambiente	Impacto nº	N impactos	Tirador	Vel. Inicial	Tº cañón	Tiempo entre disparo	Viento (mi/h	Hora inicio
19/9/17	1	500	22,5	1	3	1	839,1	26	30	13	11:20
	1	500	22,5	2	3	1	847	33	30	13	11:20
	1	500	22,5	3	3	1	861,4	39	30	13	11:20
19/9/17	2	500	22,5	1	6	1	836,2	24	60	13	12:00
	2	500	22,5	2	6	1	839,1	34	60	13	12:00
	2	500	22,5	3	6	1	841,7	38	60	13	12:00
	2	500	22,5	4	6	1	842,3	40	60	13	12:00
	2	500	22,5	5	6	1	851,1	50	60	13	12:00
	2	500	22,5	6	6	1	856	54	60	13	12:00
20/9/17	3	500	26	1	3	2	845,2	28	30	0	10:38
	3	500	26	2	3	2	858,4	36	30	0	10:38
	3	500	26	3	3	2	866,8	44	30	0	10:38
20/9/17	4	500	27	1	6	2	844,6	31	60	0	11:39
	4	500	27	2	6	2	841,6	34	60	0	11:39
	4	500	27	3	6	2	238,2	38	60	0	11:39
	4	500	27	4	6	2	842,3	40	60	0	11:39
	4	500	27	5	6	2	851,1	51	60	0	11:39
	4	500	27	6	6	2	866,9	56	60	0	11:39
20/9/17	5	500	28	1	3	1	842	32	25	0	12:10
	5	500	28	2	3	1	844,1	39	25	0	12:10
	5	500	28	3	3	1	866,3	47	25	0	12:10
20/9/17	6	500	28	1	3	2	844,2	35	25	0	12:30
	6	500	28	2	3	2	846,2	40	25	0	12:30
	6	500	28	3	3	2	855,2	49	25	0	12:30
21/9/17	7	500	29	1	4	1	796,8	31	25	0	10:43
	7	500	29	2	4	1	839,3	37	25	0	10:43
	7	500	29	3	4	1	841,3	44	25	0	10:43
	7	500	29	4	4	1	851,7	46	25	0	10:43
21/9/17	8	500	30	1	4	2	844,4	32	25	0	11:30
	8	500	30	2	4	2	852,8	39	25	0	11:30
	8	500	30	3	4	2	844,1	46	25	0	11:30
	8	500	30	4	4	2	866,4	51	25	0	11:30
2/10/17	9	500	21	1	5	1	835,3	31	20	7	11:39
	9	500	21	2	5	1	839,1	34	20	7	11:39
	9	500	21	3	5	1	841,2	38	20	7	11:39
	9	500	21	4	5	1	844,6	40	20	7	11:39
	9	500	21	5	5	1	851,1	44	20	7	11:39
2/10/17	10	600	21	1	3	1	827,5	28	60	7	12:02
	10	600	21	2	3	1	839,1	30	60	7	12:02
	10	600	21	3	3	1	841,7	33	60	7	12:02

Tabla H.1 Datos velocidades de salida y temperatura de cañón

Fecha	Ejercicio	Distancia	T° ambiente	Impacto n°	N impactos	Tirador	Vel. Inicial	T° cañón	Tiempo entre disparo	Viento (mi/h)	Hora inicio
10/10/17	11	500	13	1	5	2	844,1	16	20	4	10:40
	11	500	13	2	5	2	845,2	20	20	4	10:40
	11	500	13	3	5	2	303,4	22	20	4	10:40
	11	500	13	4	5	2	842,3	28	20	4	10:40
	11	500	13	5	5	2	851,1	35	20	4	10:40
10/10/17	12	600	13	1	3	2	827,5	15	60	4	11:30
	12	600	13	2	3	2	839,1	20	60	4	11:30
	12	600	13	3	3	2	841,7	22	60	4	11:30
10/10/17	13	700	14	1	3	1	842,3	18	60	4	12:20
	13	700	14	2	3	1	844,2	22	60	4	12:20
	13	700	14	3	3	1	855,7	27	60	4	12:20
11/10/17	14	700	16	1	3	2	837,7	18	60	0	10:05
	14	700	16	2	3	2	844,1	24	60	0	10:05
	14	700	16	3	3	2	855,9	28	60	0	10:05
11/10/17	15	800	16	1	3	1	833,4	26	60	0	11:20
	15	800	16	2	3	1	847,9	32	60	0	11:20
	15	800	16	3	3	1	844,3	36	60	0	11:20
11/10/17	16	800	16	1	5	1	828,3	31	30	0	12:03
	16	800	16	2	5	1	835,5	34	30	0	12:03
	16	800	16	3	5	1	832,1	38	30	0	12:03
	16	800	16	4	5	1	841,7	40	30	0	12:03
	16	800	16	5	5	1	851,1	51	30	0	12:03
19/10/17	17	800	16	1	4	1	834,2	18	60	7	12:04
	17	800	16	2	4	1	839,6	22	60	7	12:04
	17	800	16	3	4	1	843,5	26	60	7	12:04
	17	800	16	4	4	1	851,5	30	60	7	12:04
19/10/17	18	800	12	1	4	2	830,2	18	60	7	12:40
	18	800	12	2	4	2	843,9	26	60	7	12:40
	18	800	12	3	4	2	843,9	33	60	7	12:40
	18	800	12	4	4	2	853	39	60	7	12:40
19/10/17	19	800	12	1	5	2	829,3	17	30	7	13:19
	19	800	12	2	5	2	835,5	26	30	7	13:19
	19	800	12	3	5	2	839,4	31	30	7	13:19
	19	800	12	4	5	2	842,1	37	30	7	13:19
	19	800	12	5	5	2	853,2	45	30	7	13:19

Tabla H.2 Datos velocidades de salida y temperatura de cañón (continuación)

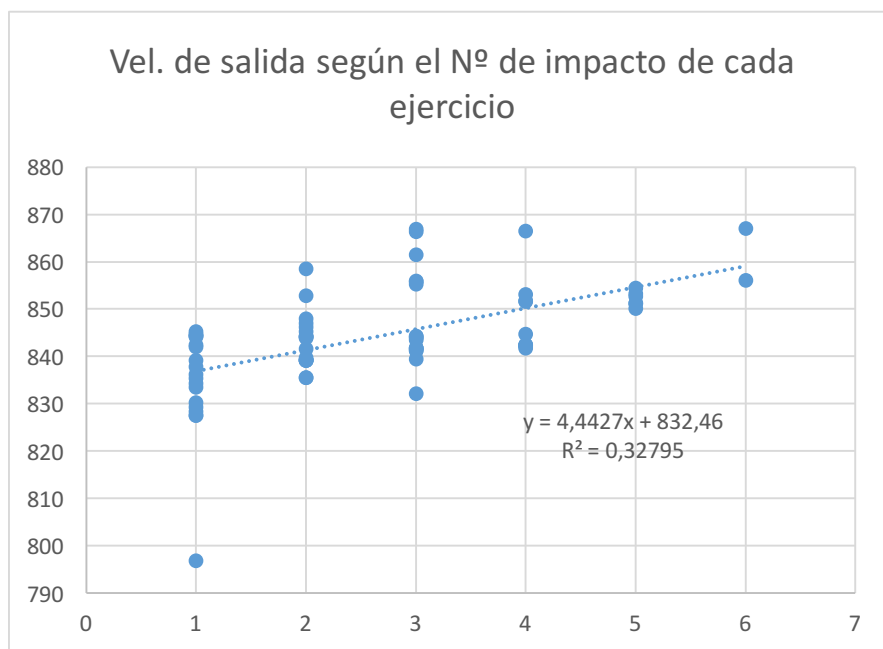


Figura H.1 Vel. de salida según el N° de impacto de cada ejercicio

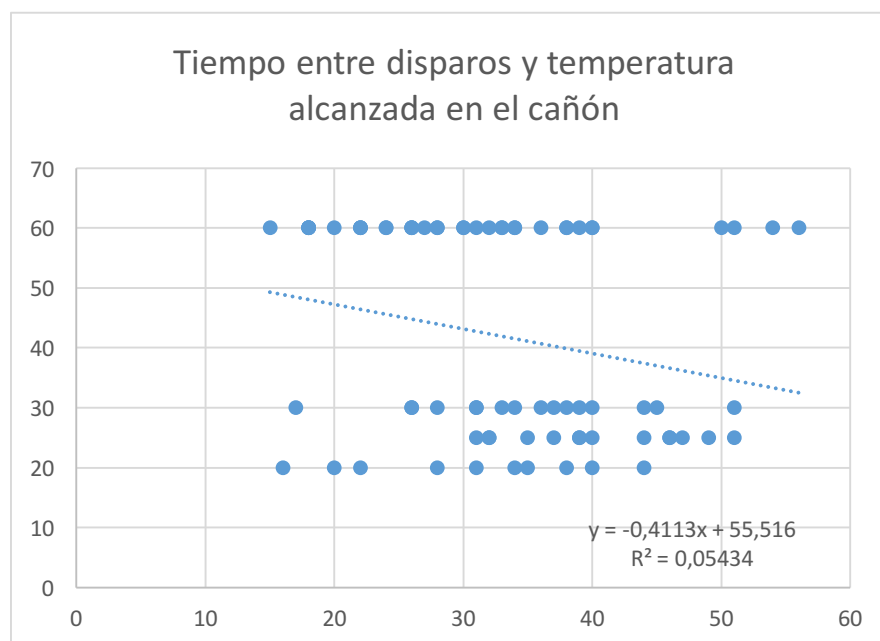


Figura H.2 Tiempo entre disparos y temperatura alcanzada en el cañón

Tabla H.3 Análisis de regresión múltiple

Dependent Variable: TEMPERATURA CAÑÓN

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-14.80790	43.68296	-0.338986	0.7357
NUMIMPACTO	5.145951	0.398976	12.89790	0.0000
TEMPAMB	0.833151	0.077242	10.78630	0.0000
TENTREDISPAROS	-0.066384	0.026835	-2.473794	0.0159
VELOCIDAD	0.024919	0.052866	0.471360	0.6389

R-squared 0.862157 Mean dependent var 33.60274

Descriptive Statistics for VELOCIDAD
Categorized by values of NUMIMPACTO

NUMIMPACT	O	Mean	Median	Max	Min.	Std. Dev.	NAs	Obs.
1		834.8579	836.2000	845.2000	796.8000	11.19252	0	19
2		843.2474	843.9000	858.4000	835.5000	5.736566	0	19
3		848.0118	843.9000	866.8000	832.1000	10.13767	0	17
4		847.7900	843.4500	866.4000	841.7000	7.976277	0	10
5		851.4500	851.1000	853.2000	851.1000	0.857321	0	6
6		861.4500	861.4500	866.9000	856.0000	7.707464	0	2
All		843.9685	843.9000	866.9000	796.8000	10.59692	0	73

Method	df	Value	Probability
Anova F-test	(5, 67)	7.730484	0.0000

Dependent Variable: AGRUPACIÓN

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DISTANCIA	0.052542	0.013185	3.984933	0.0016
T_CANON_MEDIA	0.428296	0.237551	1.802963	0.0946
TIRADOR	-2.220589	3.170470	-0.700398	0.4960
VEL_INICIAL_MEDIA	-0.152395	0.048393	-3.149081	0.0077
VIENTO	0.795347	0.363325	2.189079	0.0474
C	119.5078	41.07810	2.909283	0.0122
R-squared	0.653927	Mean dependent var		38.44737