

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE UN NUEVO OBSTÁCULO DE PEQUEÑOS FOSOS: "OBSTÁCULO AJEDREZADO"

Sofía Pérez Fernández

Director académico: Dr. D. Pedro José Martínez Jurado

Director militar: Capitán D. Diego Triviño Mellado

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022



AGRADECIMIENTOS

Con las siguientes palabras pretendo reflejar el agradecimiento personal a un conjunto de personas sin las cuales la finalización de este proyecto no habría sido posible.

Comienzo expresando mi gratitud hacia mi Director Académico, D. Pedro José Martínez Jurado, por la especial disponibilidad, atención y ayuda que ha mostrado y el incansable esfuerzo que ha dedicado para cubrir cada pequeño detalle de este trabajo.

Especial agradecimiento al Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, quien mostró desde un primer momento su interés, dedicó su tiempo, facilitó la realización de las pruebas experimentales y dejó su puerta abierta para brindar toda la ayuda posible. De la misma manera, este trabajo no habría podido ver la luz sin el gran apoyo aportado por los miembros de la Sección de Organización del Terreno del Batallón de Zapadores XI, quienes participaron en las pruebas de manera directa contribuyendo con su tiempo y su amplia experiencia. Por añadidura, nombrar a la Teniente Dña. Cristina González-Montagut Siljeström, quien, como Jefe de la sección mencionada, estuvo en la primera línea durante las pruebas, aportando consejos y sugerencias tanto para el trabajo como para la vida militar. Agradecer también, el trato recibido y la cálida acogida del Batallón de Zapadores XI, unidad que, además de facilitar en cualquier aspecto el desarrollo del presente trabajo, gracias a las personas que la forman, hizo que me sintiera parte de ella durante las prácticas.

De igual manera, me siento en la necesidad de mencionar a mi familia, ese pilar central y fundamental que sustenta el resto de aspectos que conforman mi persona. Han estado desde el inicio de mi ingreso en la Academia General Militar al pie del cañón, viviendo a mi lado cada una de mis alegrías pero también levantándose después de cada uno de mis tropiezos, y creyendo en mí más de lo que podía hacerlo yo. Por ello, dejo reflejado que sin su dedicación diaria y absoluta, no sería la persona que soy hoy en día. Gracias.

Por ende, dar las gracias a mis amigos, a mis compañeros, a aquellos que forman mi segunda pequeña familia, la familia militar y a todas las personas que han estado conmigo durante este largo pero bonito camino.

A todos vosotros, gracias.





RESUMEN

Una de las misiones de las Unidades de Ingenieros es el apoyo a la contramovilidad, donde el objetivo radica en dificultar el libre uso del terreno por parte del enemigo, haciéndole más vulnerable. Mediante el emplazamiento de obstrucciones es posible potenciar las características del terreno, que condiciona y limita el empleo de las unidades, en favor de las fuerzas propias. Dicho lo anterior, el foso C/C corrido es un obstáculo de muy frecuente uso que tiene el objetivo de ralentizar el ritmo del enemigo. Sin embargo, debido a la mejora e innovación de los medios acorazados y mecanizados vigentes, es posible cruzar este obstáculo sin apenas sufrir el efecto deseado. Lo expuesto junto con los resultados de un ensayo experimental que se llevó a cabo en 2019 en el Batallón de Zapadores (BZ) XI, da lugar al surgimiento de una nueva propuesta de foso C/C, llamado foso ajedrezado, que consiga suplir las deficiencias del foso C/C convencional y sea capaz de lograr el efecto deseado de influir considerablemente en el movimiento enemigo.

Se ha llevado a cabo, a través de una metodología híbrida en la que se han combinado aspectos cualitativos con cuantitativos, un diseño pre-experimental, un estudio de caso en el que se han propuesto tres diseños del nuevo obstáculo y se han llevado al terreno dos de ellos, lo que sirve para estudiar su grado de eficiencia. Se concluye que estos son los modelos iniciales más válidos tras analizar las características de los vehículos, los resultados del ensayo realizado en 2019 y las restricciones que aporta la maquinaria a utilizar. Posteriormente, se realizaron diferentes pruebas experimentales para analizar las variables relacionadas con el grado de eficacia. En ellas, un VCI (Vehículo de Combate de Infantería) y un CC (Carro de Combate) intentan cruzar los diseños del foso ajedrezado y se lleva a cabo su retirada con dos máquinas distintas, para observar, según la posición del enemigo, la dificultad de su apertura de brecha.

Con lo expuesto, es posible realizar un análisis comparativo entre el foso C/C convencional y el foso ajedrezado en el que se estudian variables como el grado de visibilidad, la capacidad de retención o vuelco, el tiempo de ejecución y la cantidad de tierra desalojada. Las conclusiones de las pruebas y el análisis comparativo evidencian que la nueva propuesta resulta más eficaz, sin embargo, la investigación de este nuevo obstáculo debe continuar para poder aumentar su grado de eficacia, que resulta menor que el del foso C/C convencional.

Este trabajo ha logrado comenzar el estudio de una alternativa de foso C/C capaz de estar a la altura de las mejoras e innovaciones que el Ejército de Tierra ha desarrollado en cuanto a la movilidad de los vehículos. Pretende ser el inicio de una investigación futura mediante la que pueda establecerse un nuevo obstáculo preparado para hacer frente a las diferentes amenazas que presentan tanto la guerra convencional como la híbrida.

Palabras clave

Unidades de Zapadores, Contramovilidad, Foso Contracarro Rectangular, Foso Ajedrezado, Estudio Experimental



ABSTRACT

One of the missions of the Engineer Units is the support to the countermobility, where the objective is to hinder the free use of the terrain by the enemy, making him more vulnerable. Through the placement of obstructions it is possible to enhance the characteristics of the terrain, what conditions and limits the use of the units, in favor of the own forces. Having said that, the anti-tank pit is a very frequently used obstacle that has the objective of slowing down the enemy's pace. However, due to the improvement and innovation of the armored and mechanized means in force, it is possible to cross this obstacle without hardly suffering the desired effect. The above, together with the results of an experimental test that was carried out in 2019 at the Engineer Combat Battalion XI, gives rise to the emergence of a new anti-tank pit proposal, called the "Chesslike pit", which manages to make up for the shortcomings of the conventional anti-tank pit and is able to achieve the desired effect of considerably influencing enemy movement.

Through a hybrid methodology combining qualitative and quantitative aspects, a pre-experimental design has been carried out, a case study in which three designs of the new obstacle have been proposed and two of them have been taken to the field, which serves to study their degree of efficiency. It is concluded that these are the most valid initial models after analyzing the characteristics of the vehicles, the results of the test carried out in 2019 and the restrictions provided by the machinery to be used. Subsequently, different experimental tests were carried out to analyze the variables related to the degree of efficiency. In them, an IFV (Infantry Fighting Vehicle) and a CC (Combat Car) try to cross the designs of the "chesslike pit" and their withdrawal is carried out with two different machines, to observe, depending on the position of the enemy, the difficulty of their breach opening.

With the above, it is possible to carry out a comparative analysis between the conventional anti-tank pit and the "chesslike pit" in which variables such as the degree of visibility, the retention or overturning capacity, the execution time and the amount of land dislodged are studied. The conclusions of the tests and the comparative analysis show that the new proposal is more effective; however, researches on this new obstacle must continue in order to increase its degree of effectiveness, which is lower than that of the conventional anti-tank pit.

This work has managed to begin the study of an alternative anti-tank pit capable of keeping up with the improvements and innovations that the Army has developed in terms of vehicle mobility. It is intended to be the beginning of future research through which a new obstacle can be established ready to face the different threats presented by both conventional and hybrid warfare.

Keywords

Engineer Combat Units, Countermobility, Rectangular Anti-tank Pit, Chesslike Pit, Experimental Study.



ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
PALABRAS CLAVE	III
ABSTRACT	IV
KEYWORDS	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	2
1.3 METODOLOGÍA.....	4
1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	7
2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1. LAS UNIDADES DE INGENIEROS Y SUS MISIONES.....	7
2.2. APOYO A LA CONTRAMOVILIDAD.....	8
2.3. FOSOS CONTRACARRO.....	9
2.4. GENERALIDADES DEL FOSO C/C CONVENCIONAL	10
2.4.1. USOS DEL FOSO C/C CONVENCIONAL.....	11
2.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL FOSO C/C CONVENCIONAL	11
2.4.3. EXCAVACIÓN DEL FOSO C/C CONVENCIONAL	12
2.4.4. MEDIOS Y TÉCNICAS PARA CRUZAR UN FOSO C/C CONVENCIONAL.....	13
2.4.5. DEFICIENCIAS DEL FOSO C/C CONVENCIONAL.....	14
2.5. CRÁTERES ANTITANQUE.....	15
3. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	16
3.1. DISEÑO DEL FOSO AJEDREZADO	16
3.2. ENCUESTAS INICIALES	19
3.3. EXCAVACIÓN DE DISEÑOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES	25
3.3.1. EXCAVACIÓN DE LOS DISEÑOS DE FOSO AJEDREZADO	25



3.3.2. PRUEBA DE PASO DE VEHÍCULOS POR EL FOSO AJEDREZADO..	29
3.3.3. APERTURA DE BRECHA DEL FOSO AJEDREZADO	31
3.4. COMPARACIÓN DEL FOSO AJEDREZADO CON EL FOSO C/C CONVENCIONAL.....	33
4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	36
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXO I. NOP "NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"	41
ANEXO II. ENTREVISTA REALIZADA AL CAP. D. JOSÉ CARLOS NAVAS AVELLANEDA	46
ANEXO III. EFICACIA DE LOS FOSOS C/C	50
ANEXO IV. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS	53
ANEXO V. ESPECIFICACIONES DEL VLPD.....	56
ANEXO VI. CÁLCULOS Y DIMENSIONES DE LOS CRÁTERES ANTITANQUE	58
ANEXO VII. INFORME EN RELACIÓN AL APOYO DEL TFG Y SIMENDEF CORRESPONDIENTE	60
ANEXO VIII. MÉTODO DE LA ENCUESTA: CUESTIONARIOS INICIALES	66
ANEXO IX. RESPUESTAS DE LOS CUESTIONARIOS INICIALES	70
ANEXO X. MODELOS 3D DE LOS DISEÑOS EJECUTADOS DEL FOSO AJEDREZADO Y DE UN FOSO C/C CONVENCIONAL.....	113
ANEXO XI. FOTOGRAFÍAS DE LOS DISEÑOS, DE LA PRUEBA DE PASO DE VEHÍCULOS Y RETIRADA DEL FOSO AJEDREZADO	119
ANEXO XII. GUIÓN DE LA ENTREVISTA REALIZADA A LOS JEFES DE VEHÍCULO INVOLUCRADOS EN LA PRUEBA DE PASO Y RESPUESTAS	127



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama temporal de la metodología empleada	5
Figura 2. Clasificación de obstrucciones.....	8
Figura 3. Esquema de posición defensiva que data de la Segunda Guerra Mundial	10
Figura 4. Tipos de fosos C/C convencionales.....	11
Figura 5. Foso triangular con berma en lado enemigo	12
Figura 6. CC "Leopardo 2E" superando foso C/C convencional	15
Figura 7. "Leopardo 2E" en foso C/C convencional.....	15
Figura 8. VCI "Pizarro" en foso C/C convencional	15
Figura 9. VCI "Pizarro" superando foso C/C convencional	15
Figura 10. Configuración de los diseños del foso ajedrezado.	18
Figura 11. Respuestas relativas a la utilidad del foso ajedrezado.....	20
Figura 12. Respuestas relativas al coste del foso ajedrezado.....	21
Figura 13. Respuestas relativas a la reducción de la visibilidad del foso ajedrezado	21
Figura 14. Respuestas relativas al tiempo de ejecución del foso ajedrezado	22
Figura 15. Respuestas relativas a la utilidad táctica del foso ajedrezado	22
Figura 16. Respuestas relativas a la posibilidad de usar la misma maquinaria en el foso ajedrezado.....	23
Figura 17. Respuestas relativas a la reducción del tiempo de ejecución del foso ajedrezado ..	23
Figura 18. Respuestas relativas al esfuerzo en la ejecución del foso ajedrezado	23
Figura 19. Respuestas relativas a la compensación de movimientos extra en la ejecución del foso ajedrezado	24
Figura 20. Respuestas relativas a la utilidad del foso ajedrezado.....	24
Figura 21. Fases del Ensayo Experimental	25
Figura 22. Modelo 3D acotado del diseño A de foso ajedrezado	26
Figura 23. Fotografía de diseño A de foso ajedrezado	27
Figura 24. Modelo 3D acotado del diseño C de foso ajedrezado	27



Figura 25. Fotografía de diseño C de foso ajedrezado	28
Figura 26. Gráfica de eficacia temporal de foso C/C rectangular	51
Figura 27. Gráfica de eficacia temporal de foso C/C triangular	51
Figura 28. "Bulldozer Caterpillar D7-R"	53
Figura 29. "Retrocargadora Mixta JCB" realizando excavación del foso ajedrezado	54
Figura 30. "Retroexcavadora Mixta HMK 102 B"	55
Figura 31. Instalación del VLPD en pequeñas zanjas	57
Figura 32. Vista 3D frontal del diseño "A" de foso ajedrezado	113
Figura 33. Vista 3D lateral del diseño "A" de foso ajedrezado	113
Figura 34. Vista en planta del diseño "A" de foso ajedrezado	114
Figura 35. Vista 3D frontal del diseño "C" de foso ajedrezado	114
Figura 36. Vista 3D lateral del diseño "C" de foso ajedrezado	115
Figura 37. Vista en planta del diseño "C" de foso ajedrezado	115
Figura 38. Vista 3D frontal de un foso C/C convencional	116
Figura 39. Vista 3D lateral acotada de un foso C/C convencional	116
Figura 40. Vista 3D desde 60 m del diseño "A" de foso ajedrezado	117
Figura 41. Vista 3D desde 60 m del diseño "C" de foso ajedrezado	117
Figura 42. Vista 3D desde 60 m de un foso C/C convencional	118
Figura 43. Fotografía de una zanja del diseño "A"	119
Figura 44. Fotografía de una zanja del diseño "C"	119
Figura 46. Fotografía del diseño "C" desde la altura	120
Figura 45. Fotografía del Diseño A desde la altura	120
Figura 47. Fotografía de la visibilidad del diseño "A"	121
Figura 48. Fotografía de la visibilidad del diseño "C"	121
Figura 49. Fotografía del VCI Pizarro encajonado en el diseño "A"	122
Figura 50. Fotografía frontal del VCI Pizarro en el diseño "C" con la panza apoyada sobre el merlón	122



Figura 51. Fotografía lateral del VCI Pizarro en el diseño "C" con la panza apoyada sobre el merlón.....	123
Figura 52. Fotografía del VCI Pizarro en el diseño "C" con las cadenas sin apoyar en la zanja	123
Figura 53. Fotografía del CC Leopardo 2E en la primera zanja del diseño "A"	124
Figura 54. Fotografía del CC Leopardo 2E en la segunda zanja del diseño "A"	124
Figura 55. Fotografía de la cadena salida a causa de la tierra suelta del CC Leopardo 2E tras cruzar el diseño "A"	125
Figura 56. Fotografía del CZ retirando el diseño "A"	126
Figura 57. Fotografía de la "Bulldozer Caterpillar D7-R" retirando el diseño "C"	126



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de vehículos del BZ XI	17
Tabla 2. Ficha Técnica de la Encuesta	20
Tabla 3. Capacidad de retención y efectos (foso ajedrezado vs. convencional)	34
Tabla 4. Tiempos de ejecución (foso ajedrezado vs. convencional)	35
Tabla 5. Volumen de tierra desplazado (foso ajedrezado vs. convencional)	36
Tabla 6. Características técnicas de la "Bulldozer Caterpillar D7-R"	53
Tabla 7. Características técnicas de la "Retrocargadora Mixta JCB"	54
Tabla 8. Características técnicas de la "Retrocargadora Mixta JCB"	55
Tabla 9. Datos de los participantes en el método de la encuesta	68
Tabla 10. Datos de los participantes en el método de la encuesta (continuación).....	69



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

3D: 3 dimensiones

Bón.: Batallón

BZ: Batallón de Zapadores

C/C: Contracarro

CC: Carro de Combate

Cía.: Compañía

CMAS: Campo de Minas

CMT: Campo de Maniobras y Tiro

CUMAS: Cuadros de Mando

CZ: Carro de Zapadores

EM: Estado Mayor

ET: Ejército de Tierra

GOBS: Grupo de Obstrucciones

IFV: Infantry Fighting Vehicle

JEM: Jefe de Estado Mayor

NOP: Norma Operativa Procedimental

ORTE: Organización del Terreno

PLOBST: Plan de Obstrucciones

REI: Regimiento de Especialidades de Ingenieros

RING: Regimiento de Ingenieros

Sc.: Sección

SIMENDEF: Sistema de Mensajería Oficial y Gestión Documental

TFG: Trabajo Fin de Grado

TOA: Transporte Oruga Acorazado

UCO: Unidad, Centro u Organismo

VCI: Vehículo de Combate de Infantería

VEC: Vehículo de Exploración de Caballería

VLPD: Vehículo Lanzapuentes Deslizante





1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

El terreno, tal como existe, es un activo importante a la hora de determinar el resultado de una guerra. El mando que aprovecha el terreno, de manera positiva contra el oponente, tiene más posibilidades de ganar. Ya en las primeras guerras se buscaba limitar el uso del terreno por parte del enemigo en beneficio propio, siendo un claro ejemplo los fosos que rodeaban las fortalezas para su defensa. Este tipo de obstáculos fueron adquiriendo otros usos a medida que variaba la táctica de las guerras. Cuando en la Primera Guerra Mundial aparecieron los primeros carros de combate, surgieron como respuesta las zanjas anticarro, que buscaban defenderse de esta nueva amenaza. Este tipo de fosos se siguieron utilizando durante la Segunda Guerra Mundial y han permanecido prácticamente invariables desde entonces ([Blasco-Gómez, 2011](#)).

Los fosos contracarro (C/C), como se conocen en la actualidad, son excavaciones en el terreno que pretenden oponerse al franqueamiento por los vehículos de combate. Sin embargo, los fosos C/C convencionales han perdido eficacia por dos motivos principales:

- a) Al haberse visto mejoradas las prestaciones de los vehículos y carros de combate a los que está pensado detener ([MI-018, 2017](#)), ([MI6-102, 2008](#)). Por ejemplo, vehículos del Ejército de Tierra (ET), como el VCI "Pizarro" o el carro de combate (CC) "Leopardo 2E", son capaces de cruzar estos obstáculos sufriendo un retraso temporal mínimo y no viéndose demasiado expuestos a la acción enemiga al estar cubiertos por un elevado merlón¹.
- b) Asimismo, el foso C/C convencional puede cruzarse con la ayuda de medios de Ingenieros. Por ejemplo, en el caso del ET, el Carro de Zapadores (CZ) y el Vehículo Lanzapuentes Deslizante (VLPD) ([MI6-403, 2007](#)), ([MI6-405, 2007](#)).

Por ello, existe la necesidad de mejorar la eficacia de los fosos C/C. Así, el presente Trabajo Fin de Grado (TFG) estudia un nuevo tipo de obstáculo, denominado foso ajedrezado, que consiste básicamente en combinar pequeñas zanjas de menores dimensiones que un foso convencional, para poder aumentar la eficacia de este último de un modo eficiente.

En este sentido, según constata Don José Carlos Navas Avellaneda, el Capitán de la Compañía (Cía.) de Apoyo del Batallón de Zapadores (BZ) XI, en una entrevista realizada el día 4 de octubre de 2021 (consúltese [Anexo II](#)), "la idea surgió durante la preparación de una exhibición en 2019 en la que la Sección de Organización del Terreno, según le encomendaron, realizó una serie de badenes alternos para comprobar la estabilidad del cañón de un carro de combate mientras botaba lateralmente por los mismos". Durante los ensayos, el CC "Leopardo 2E" tuvo que detenerse puesto que no podía continuar su avance con la seguridad y velocidad deseadas. Tras este hecho, el Sargento D. José Calatrava Navarro se lo comunicó a su Jefe, el Teniente D. José Carlos Navas Avellaneda, ahora Capitán, que tras recabar los datos correspondientes, realizó una Norma Operativa (NOP) y afirmó que "si unas pequeñas zanjas pueden detener a un Leopardo, tal vez se pueda estudiar como alternativa al foso convencional" (consúltese [Anexo I](#)).

Las lecciones aprendidas, fortalezas, debilidades y futuras vías de experimentación quedan plasmadas en dicha NOP ([Anexo I](#)).

¹ Montículo de tierra acumulada que supone una elevación en el terreno.



La NOP es un documento de gran relevancia para el desarrollo del presente TFG, puesto que marca el principal antecedente del mismo. Así, dicho documento especifica qué características debe cumplir el obstáculo ajedrezado, como: la baja visibilidad del mismo, la rapidez en su construcción, la simplicidad de su diseño y la versatilidad. Además, es preciso destacar que dicha NOP propone un único diseño en el que las zanjas tienen una longitud de 8 m, una anchura de 2 m y una profundidad de 0,65 m, y la separación entre ellas es de 0,5 m. Se da importancia a la profundidad transversal que debe tener, pues se puntualiza que esta debe ser de tres zanjas transversales. De igual manera, se enumeran los ensayos y las pruebas que se pretenden realizar para verificar la eficacia y eficiencia del foso ajedrezado.

Sin embargo, el BZ XI no continuó con el ensayo previo (del cual se derivó la NOP), debido a que diversos Cuadros de Mando comenzaron la preparación para la misión en Irak "Inherent Resolve"². Así, la motivación del trabajo surge de la necesidad de continuar con el ensayo realizado y desarrollar experimentalmente los aspectos reflejados en la NOP, proponiendo además aspectos adicionales mediante los cuales puedan solventarse las deficiencias que presenta actualmente el foso C/C convencional y evaluar el grado de eficiencia y eficacia de la propuesta novedosa de foso ajedrezado.

Por último, es preciso subrayar que dicho ensayo experimental es el único que se ha realizado en el seno del ET, que la NOP mencionada es el documento más reciente en cuanto a dichas experiencias y que no se tiene constancia de que alguna otra Unidad, Centro u Organismo (UCO) del ET haya realizado ensayos similares.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de este TFG es diseñar y estudiar la viabilidad de un nuevo "foso ajedrezado", formado por pequeños fosos combinados, con el fin último de compararlo con un foso corrido o lineal convencional. Para lograr este propósito se plantean los siguientes subobjetivos, complementarios entre sí:

- Revisar la literatura previa relativa a los fosos C/C convencionales, a las alternativas de dichos fosos C/C y a las variables de eficacia (p. ej., capacidad de retención del vehículo y grado de visibilidad del obstáculo) y eficiencia (p. ej., tiempo de ejecución y volumen de tierra que es necesario excavar y desalojar) más relevantes para cumplir su misión.
- Diseñar diferentes configuraciones dimensionales de foso ajedrezado para, en última instancia, asesorar al mando en la selección del diseño que presente un mayor grado de eficacia y eficiencia.
- Realizar ensayos experimentales con la finalidad de analizar el grado de eficacia y eficiencia del foso ajedrezado, considerando tanto diferentes vehículos de ruedas y cadenas como vehículos de apertura de brecha representativos.
- Comparar ambos obstáculos C/C analizando sus grados de eficiencia y eficacia.

Por lo que al alcance se refiere, cabe subrayar que el trabajo no contempla de qué manera se integraría el foso ajedrezado dentro de un Plan de Obstrucciones (PLOBST), ni cómo funcionaría en combinación con otros obstáculos no pasivos como las minas C/C, haciendo por tanto el obstáculo más eficaz. Ello representa una limitación y, por ende, una línea de

² Alrededor de 150 militares españoles contribuyen a la Coalición internacional con el objetivo de adiestrar y capacitar a las fuerzas de seguridad iraquíes en su lucha contra el DAESH (*Apoyo a Irak - Inherent Resolve - NATO Mission-Irak, 2020*).



investigación futura.

Respecto al diseño de la configuración dimensional del foso ajedrezado, se subraya que solo se plantean tres opciones, suponiendo por tanto una limitación del trabajo al no poder comprobar el grado de eficacia y eficiencia de otras posibles configuraciones del obstáculo ajedrezado. Si bien, cabe subrayar que los tres diseños contemplados han sido validados por los mandos del BZ XI (Teniente Coronel del Batallón (Bón.) D. Enric Campos Carbonell, Capitán de la Cía. de Apoyo D. José Carlos Navas Avellaneda y Teniente de la Sección (Scc.) de Organización del Terreno (ORTE) Dña. Cristina González-Montagut Siljeström) y, por tanto, pueden considerarse como los más relevantes en función de la experiencia de los mandos consultados.

Otra limitación que se presenta resulta de llevar al terreno únicamente unas muestras a escala reducida (1/7) de los diseños por restricciones del terreno, tiempo, personal y maquinaria, y no poder ocupar un frente mayor similar al del foso C/C convencional, que aproximadamente posee unas medidas de 100 m.

De igual modo, supone otra limitación el hecho de que los ensayos realizados se llevan a cabo con un número limitado de vehículos de ruedas y cadenas, quedando fuera del alcance la experimentación con otros tipos de vehículos debido a la restricción de disponibilidad por parte de la Unidad. En contraste, se subraya que los vehículos tanto ruedas como cadenas que se han empleado en el estudio experimental o de caso han sido considerados como los más representativos por los usuarios de la Unidad (oficiales, suboficiales y tropa), y que uno de los carros de combate que realizó el paso por el foso fue el CC "Leopardo 2E", que representa el carro de combate con mayores capacidades que posee el ET.³

Otro aspecto objeto de análisis futuro es el terreno donde se lleva a cabo el método experimental. En el presente estudio de caso, el tipo de suelo se considera, pero sería interesante analizar el comportamiento de las máquinas, el proceso y resultado de la excavación, y el posterior paso de vehículos y apertura de brecha, en otro tipo de terrenos.

Las variables de eficacia y eficiencia contempladas no han sido todas, únicamente se han estudiado las más representativas. Respecto a eficacia, las variables consideradas han sido la capacidad de retención, la capacidad de vuelco y el grado de visibilidad. En cuanto a la eficiencia, las variables analizadas han sido el tiempo de ejecución y el volumen de tierra removida. Esto supone, por lo tanto, una limitación en el trabajo puesto que quedan otras variables de eficacia y eficiencia por estudiar. Ahora bien, cabe subrayar que las variables contempladas son las más adecuadas en función de la experiencia de los mandos consultados (señalados previamente).

Otra limitación del trabajo estriba en el estudio comparativo llevado a cabo, puesto que este se ha realizado centrándose exclusivamente en los fosos C/C rectangulares, sin tener en cuenta las variaciones que podrían aparecer si se estudia el foso C/C triangular. Esto se debe a que el segundo tipo presenta una mayor complejidad en su excavación y, por ello, este TFG se enmarca solamente en los fosos C/C rectangulares.

Otro punto de gran interés para complementar este trabajo, pero que queda fuera del alcance del mismo, es llevar a cabo simulaciones previas para poder plantear un mayor número de diseños del foso ajedrezado y reproducir el paso de los vehículos más representativos (o un mayor número) por cada uno de ellos, con el fin de disponer de información previa al estudio experimental o de caso. En estas simulaciones podrían incorporarse también diferentes tipos

³ Aunque el ET también tiene en dotación el "Leopard 2A4", el modelo "Leopardo 2E" es el más actualizado y goza de mayores capacidades y prestaciones, representando el carro de combate más representativo con el que cuenta el Ejército.



de terreno y estudiar el impacto que supone cada uno de ellos en el análisis del foso ajedrezado. Todo ello se plantea como línea futura debido a la complementariedad existente entre simulación y experimentación.

En lo que respecta al ámbito de aplicación del TFG, las derivaciones del mismo y la posibilidad de continuar con el estudio del nuevo obstáculo serán útiles principalmente en el ET, concretamente en el Arma de Ingenieros, y dentro de dicha especialidad fundamental, en las Unidades de Zapadores incluyendo las Cías. de Zapadores y las Cías. de Apoyo, pues son las encargadas de realizar trabajos especializados de contramovilidad. En este sentido, los resultados derivados del presente TFG, junto con el desarrollo de dichos estudios futuros, podrían ser de aplicación para un cambio en la doctrina. Hay que mencionar, además, que este obstáculo es de aplicación tanto para situaciones de guerra convencional como de guerra híbrida⁴, pues "no importa el tipo de conflicto mientras se enfrenten enemigos simétricos que incluyan en sus órdenes de combate vehículos blindados de algún tipo" (Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, [Anexo II](#)).

En consecuencia de los aspectos señalados, el alcance del TFG es limitado y, por tanto, los resultados y las conclusiones se deben tomar como punto de partida o etapa inicial para estudios futuros y, en última instancia, lograr la integración del foso ajedrezado en las Unidades.

1.3 METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo principal de diseñar y estudiar la viabilidad de un nuevo "foso ajedrezado", formado por pequeños fosos combinados, y compararlo con un foso corrido o lineal convencional, se lleva a cabo un diseño experimental. De entre todos los tipos de diseños experimentales, el presente TFG utiliza un diseño pre-experimental o también denominado estudio de caso único (o de una sola medición).

En primer lugar, es necesario exponer que un estudio experimental se suele clasificar en: a) experimental clásico, b) cuasi-experimental, c) pre-experimental. El primero de ellos permite aleatoriedad, control de variables internas y externas, manipulación, comparación y, normalmente, generalización. El cuasi-experimental no permite la manipulación y la aleatoriedad. Mientras que, por último, el pre-experimental es el más débil ([Nahgi, 2005](#)). Los diseños pre-experimentales o de estudio de caso son ampliamente empleados, por ejemplo, en el ámbito de la industria y la organización de empresas, cuando el control sobre las variables que afectan al fenómeno bajo estudio es muy limitado. Así, este tipo de estudios pre-experimentales suelen consistir en tratar de medir los cambios producidos por una variable experimental (o varias) sobre el fenómeno de estudio: a) Midiendo los resultados al final del experimento, b) comparando los resultados obtenidos al final con una evaluación realizada antes de introducir la/s variable/s experimental/es, c) comparando los resultados obtenidos por un grupo experimental con los que obtiene otro grupo de características similares, que no fue expuesto a la variable en cuestión ([Kinner y Taylor, 2004](#); [Naghi, 2005](#)).

Por tanto, el presente estudio se enmarca en el tipo pre-experimental (a, midiendo los resultados al final del experimento), sirviendo de aproximación al fenómeno bajo estudio. Así, su carácter es exploratorio, con reducida validez interna y externa, y sirviendo por ende como punto de partida de nuevos experimentos con un mayor grado de control.

⁴ Conflicto en el que se combinan los procedimientos de guerra convencionales con cualquier otro medio irregular.



Para desarrollar el estudio de caso único o pre-experimental, se emplea una metodología mixta o híbrida, en la que se combinan enfoques cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo (revisión de la literatura, método de la entrevista) precede al enfoque cuantitativo (método de la encuesta, realización de ensayos pre-experimentales); pretendiendo analizar primeramente el problema en estudio para, posteriormente, dar seguimiento a la exploración con datos cuantitativos (Molina-Azorín y Cameron, 2010).

Este proceso comienza con la identificación de un problema, en este caso, la ineficacia de los fosos C/C convencionales. Se considera una necesidad a ser satisfecha, por lo que se requiere ejecutar una investigación conceptual y empírica. En la Figura 1 se muestran de manera esquemática las diferentes fases que siguen a la identificación del problema y constituyen la metodología aplicada en el presente TFG y que posteriormente se explican.

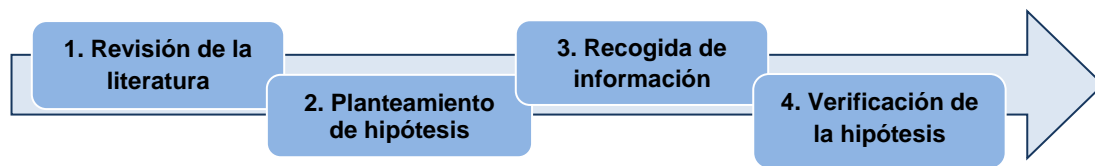


Figura 1. Diagrama temporal de la metodología empleada

Fuente: Elaboración Propia a partir de Ñaupas-Paitán et al. (2018)

1. Revisión de la literatura

En primer lugar, se lleva cabo una revisión de la literatura con el objetivo de buscar, seleccionar y analizar cualitativamente información. En esta fase, se analiza detalladamente la NOP "Nuevo diseño foso C/C "foso ajedrezado"" para estudiar en qué punto se encuentra el avance de la nueva propuesta. Por otro lado, investigando se obtiene una visión profunda sobre los fosos C/C convencionales detallando sus usos, sus características, métodos de excavación, así como los medios y técnicas existentes para superarlos y sus principales deficiencias. Además, se especifica la existencia de un obstáculo que presenta similitudes al foso ajedrezado, como es el caso de los cráteres "antitanque".

2. Planteamiento de hipótesis

En este punto, se propone una solución de foso ajedrezado "tentativa" que pretende ofrecer una respuesta al problema planteado. Como continuación de las pruebas realizadas en 2019, tras el estudio de las mismas y el análisis de las características de los vehículos, se plantean tres diseños distintos de un nuevo foso ajedrezado. Estos diseños están formados por la combinación en zig-zag de pequeñas zanjas, a partir de las medidas del ensayo inicial de 2019 (NOP), que cumplan los requisitos necesarios para ser capaces de detener a un vehículo de combate (tanto ruedas como cadenas) y, además, la apertura de brecha de otros medios.

La hipótesis, por lo tanto, surge de la experiencia y de los resultados del ensayo realizado en 2019. La hipótesis de partida es: *los diseños de foso ajedrezado propuestos tienen un mayor grado de eficacia que el foso C/C lineal rectangular, sin embargo tienen un menor grado de eficiencia.*

3. Recogida de información

Se lleva a cabo una entrevista personal con el Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, jefe de la Cía. De Apoyo del BZ XI y encargado del ensayo realizado en 2019 que dio lugar a la idea de este trabajo.

Se emplea, además, el método de la encuesta, diseñando dos cuestionarios como herramientas de recogida de información, uno dirigido hacia los Cuadros de Mando (CUMAS) del BZ XI que han estado destinados en Unidades de Apoyo o con experiencia en unidades



donde se requiera el uso de maquinaria específica, y otro enfocado a los operadores de máquinas destinados en el BZ XI. De este modo, se puede obtener una visión integral del fenómeno bajo estudio. La cumplimentación de los cuestionarios se realizó de manera física, entregándolas físicamente a cada encuestado. Los cuestionarios fueron diseñados con respuestas cerradas y abiertas. De este modo, ofrecen datos cuantitativos si se estudian las respuestas a las preguntas cerradas, pero a la vez, ofrecen una visión cualitativa de la opinión de los encuestados al plantear preguntas abiertas donde estos pueden aportar sugerencias derivadas de su experiencia en el ámbito.

Con la colaboración de la Cía. de Apoyo del BZ XI, fue posible llevar al terreno los diseños y realizar pruebas pre-experimentales "in situ" con vehículos de la Brigada "Extremadura" XI. Es en este momento donde se lleva a cabo el estudio pre-experimental o estudio de caso de una sola medición. Esta fase abarca el conjunto de actividades realizadas para obtener la información necesaria para comprobar la hipótesis, es decir, la eficacia y eficiencia de los diseños planteados de "foso ajedrezado" y compararlos con los propios del foso C/C lineal rectangular.

Se llevaron a cabo las diferentes pruebas experimentales que a continuación se especifican:

- Excavación de los diseños de foso ajedrezado.
- Prueba de paso de vehículos ruedas y cadenas por los diseños de foso ajedrezado.
- Apertura de brecha o "retirada" de diseños del foso ajedrezado.

Como se ha señalado previamente, el estudio pre-experimental consta de una sola medición puesto que de cada prueba únicamente se realizó una vez debido a la falta de tiempo, maquinaria y vehículos.

Se pudo recopilar la información necesaria de las variables de eficacia (capacidad de retención del vehículo y grado de visibilidad del obstáculo) y eficiencia (tiempo de ejecución y volumen de tierra que es necesario excavar y desalojar) más relevantes, para poder llevar a cabo la comparación final entre los dos obstáculos pertinentes. Además, se observaron deficiencias y virtudes de la nueva propuesta y gracias a las posteriores entrevistas realizadas a los jefes de vehículo, se recogió más información de relevancia relacionada con los diseños del foso ajedrezado.

Por último, cabe destacar que la maquinaria y los vehículos con los que se realizan las pruebas dependen en gran medida del grado de disponibilidad del personal del Bón., así como de los recursos materiales y humanos que la unidad puede proporcionar para tal fin. Se resalta que fue de especial importancia el trabajo realizado por las personas involucradas en los ensayos, ya sean los operadores de las máquinas como los jefes de los vehículos que realizaron la prueba de paso, contando para el resultado su habilidad y experiencia en sus cometidos.

4. Verificación de hipótesis

Esta fase se trata de "un procedimiento racional, deductivo o inductivo, inferencial, mediante el cual el investigador establece si se acepta o rechaza las hipótesis enunciadas, en función al análisis e interpretación de la información recopilada" (Ñaupas-Paitán et al., 2018). A través de un análisis comparativo y basándose en la información recopilada, mediante los diferentes métodos empleados, se lleva a cabo este último punto, el cual da lugar a la generación de unas conclusiones donde se muestran las apreciaciones derivadas del estudio de caso único o pre-experimental. Se estudian los grados de eficacia y eficiencia de ambos obstáculos considerando las variables especificadas con anterioridad.



Con todo lo mencionado, se concreta que se ha llevado a cabo un estudio de caso mediante una metodología híbrida llevando a cabo un proceso ordenado que comienza con la identificación de un problema, continúa con la revisión de la literatura existente sobre el mismo. Con base en lo anterior, se plantea una hipótesis que, en último lugar, será verificada o no a través de la información recogida mediante diferentes métodos complementarios. Se finaliza desarrollando unas conclusiones que se constituyen en conocimientos científicos provisionales (Ñaupas-Paitán et al., 2018).

1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Los contenidos del presente TFG se presentan siguiendo la disposición que a continuación se expone.

Tras la presente introducción, en el segundo apartado relativo al estado del arte se introducen los conceptos necesarios para centrar el trabajo en su correspondiente marco teórico. Se especifican detalles de las Unidades de Ingenieros y sus funciones, como es el apoyo a la contramovilidad y de los fosos C/C convencionales, puntualizando en sus usos, características, procedimientos de excavación, técnicas para su apertura de brecha y deficiencias. También, se explica la existencia de un obstáculo que muestra similitudes con el foso ajedrezado, los cráteres antitanque. En el tercer apartado, que constituye el grueso de la Memoria, se incluyen todos los pasos ejecutados para llevar el estudio de caso único, tal como se ha expuesto previamente en el apartado relativo a la metodología. Así, se explica en profundidad cómo surgieron y las características de los diseños, se analizan las encuestas iniciales realizadas, y se señalan los pasos seguidos y los resultados de la excavación de los diseños y de las pruebas experimentales de paso de vehículos y de retirada del foso ajedrezado. Se finaliza con el cuarto apartado, con la comparación entre el foso C/C convencional y la nueva propuesta de foso ajedrezado que plantea este trabajo para, finalmente, cerrar el mismo con las conclusiones principales y el planteamiento de una serie de líneas de investigación futuras.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. LAS UNIDADES DE INGENIEROS Y SUS MISIONES

Ingenieros es por excelencia el Arma del trabajo técnico y, por ende, especializado. Sus características esenciales son la flexibilidad en la organización y la coordinación técnica de sus acciones (PD1-001, 2011).

Las Unidades de Ingenieros son unidades de apoyo al combate, permiten aumentar o complementar la capacidad de combate de otras unidades, favorecen la maniobra propia y dificultan la del enemigo mediante acciones conducentes a modificar las condiciones del terreno, realizando cometidos de apoyo a la movilidad, contramovilidad y protección (PD1-001, 2011).

En cuanto a la organización de las Unidades de Ingenieros, se pueden diferenciar dos tipos: Unidades de Zapadores y Unidades de Especialidades. Este trabajo está dirigido a las primeras, puesto que son las que realizan misiones de apoyo a la movilidad, contramovilidad y protección.

Los Ingenieros realizan diferentes actividades con la misión última de favorecer el movimiento de los medios propios y dificultar el del enemigo, así como mantener la capacidad de combate de las fuerzas propias. Así, se pueden diferenciar las siguientes misiones de los Ingenieros (PD1-001, 2011):



- *Apoyo a la movilidad:* Conjunto de actividades con las que se pretende facilitar el movimiento de las fuerzas propias a la velocidad precisa para llegar en el momento oportuno, al lugar conveniente, en condiciones de cumplir su misión.
- *Apoyo a la contramovilidad:* Conjunto de actividades dirigidas a dificultar el libre uso del terreno por parte del enemigo, con objeto de desarticular sus planes, reteniéndole o canalizándolo donde pueda ser batido para neutralizar o destruir su capacidad de combate, reduciendo el efecto de una superioridad numérica de un atacante.
- *Apoyo a la protección:* Conjunto de actividades enfocadas a incrementar la seguridad y capacidad de actuación de la unidad preservando al personal, armamento, material, instalaciones e información, así como la imagen de la fuerza, de los efectos de las actividades adversarias, propias, y de las derivadas de riesgos sanitarios, medioambientales o accidentes debidos a causas diversas.
- *Apoyo general de Ingenieros:* Conjunto de actividades que realizan los Ingenieros para mantener, adecuar y, en su caso, crear la infraestructura necesaria para la proyección y el sostenimiento de la fuerza en el teatro de operaciones.

2.2. APOYO A LA CONTRAMOVILIDAD

Como se ha definido en el punto anterior, las actividades de apoyo a la contramovilidad son aquellas que tienen el objetivo de reducir la movilidad del enemigo y ponerle en una situación desfavorable, haciéndole más vulnerable y reduciendo su potencia de combate.

Para ello, se seleccionan y se establecen obstáculos y se realizan destrucciones para aumentar la dificultad que el terreno y la meteorología oponen al movimiento del enemigo, consiguiendo desarticular, fijar, canalizar o bloquear su avance, y potenciar la eficacia de los fuegos propios ([PD3-316, 2016](#)).

La obstrucción, acción de dificultar el paso, se puede conseguir mediante dos procedimientos: el empleo de obstáculos y de destrucciones, tal como se sintetiza gráficamente en la Figura 2.



Figura 2. Clasificación de obstrucciones

Fuente: Elaboración Propia a partir de [AGM-CM-013 \(2020\)](#)

Por un lado, una destrucción es el efecto producido en una construcción, obras, vía de comunicación o cualquier tipo de infraestructura como consecuencia del ataque a sus elementos estructurales de modo que quede totalmente fuera de servicio. Se puede llevar a cabo de diferentes maneras, que abarcan desde el empleo del fuego para provocar incendios hasta el empleo de municiones y explosivos.



Por otro lado, un obstáculo es un accidente natural, elemento artificial o una combinación de ambos que condiciona el movimiento y pretende impedir el paso de vehículos o fuerzas a pie ([AGM-CM-013, 2020](#)).

Los principales obstáculos artificiales C/C se pueden agrupar de la siguiente manera ([OR5-012, 2005](#)), ([OR5-409, 2005](#)):

- Campos de minas.
- Zanjas y taludes.
- Campos de espárragos, erizos, tetraedros, cubos de hormigón...
- Talas.
- Inundaciones.
- Obstrucciones diversas en vías de comunicación.

A su vez, se pueden diferenciar dos tipos de obstáculos: pasivos o activos.

Los obstáculos pasivos normalmente no causan daños en el enemigo de manera directa, algunos ejemplos son los fosos C/C, alambradas, embudos en carreteras y múltiples tipos de barricadas. Por el contrario, los obstáculos activos causan daños directos en el enemigo, las minas son un claro ejemplo ([AGM-CM-013, 2020](#)).

El presente trabajo se centra en el empleo de obstáculos pasivos, más concretamente, en el foso C/C, cuyo fin es oponerse al avance de los carros de combate u otros vehículos de ruedas, de cadenas y de apertura de brecha.

2.3. FOSOS CONTRACARRO

Los fosos C/C son obstáculos pasivos que consisten en excavaciones (zanjas o taludes), de anchura y profundidad suficientes para oponerse al franqueamiento por los vehículos de combate.

Para estudiar el surgimiento de este obstáculo se debe retroceder hasta el siglo XV. Los primeros fosos se utilizaron como una herramienta defensiva que rodeaba el castillo o la fortaleza que se estaba custodiando. Su objetivo principal era proteger el edificio y evitar que las máquinas de asalto accedieran a los muros del mismo ([Blasco-Gómez, 2011](#)). Más adelante, comenzaron a desarrollar una misión diferente y se orientaron a la defensa contra los carros de combate enemigos. Los británicos desarrollaron los carros de combate durante la Primera Guerra Mundial para terminar con la guerra de trincheras que se estaba desarrollando. Como respuesta, los alemanes establecieron las primeras zanjas anticarro que se excavaban alrededor de las posiciones fortificadas ([Blasco-Gómez, 2011](#)). Durante la Segunda Guerra Mundial, el carro de combate seguía siendo una de las mayores amenazas y, como consecuencia, se desarrollaron nuevas armas anticarro al mismo tiempo que se mantuvo el método defensivo de las zanjas anticarro. Fueron de especial relevancia en líneas defensivas como la línea Maginot, la línea de Siegfried, la muralla atlántica, la nacional reducida y el Valle Alpino ([Rodríguez-Delgado, 2018](#)).

En la Figura 3 se muestra una representación esquemática de una posición defensiva tipo (se obtuvo entre la documentación que portaba un oficial de la 1^o División Inglesa) donde se observa la disposición de los fosos defensivos.

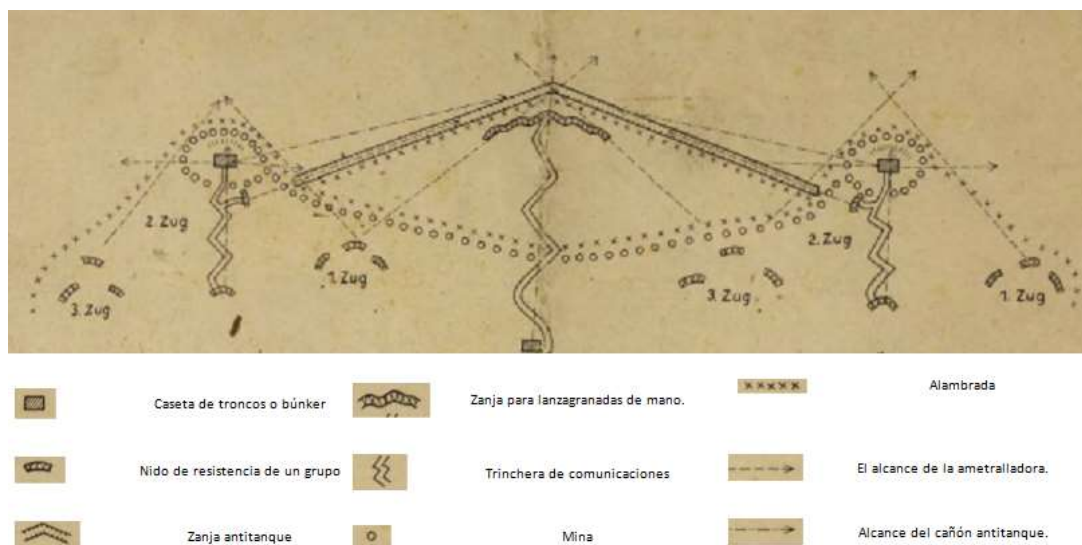


Figura 3. Esquema de posición defensiva que data de la Segunda Guerra Mundial

Fuente: Rodríguez-Delgado (2018)

Los fosos debían ser intransitables por cualquier vehículo blindado, y por ello solían tener una sección triangular y una profundidad de 1,5 m o 2 m. Sin embargo, para sortear estos obstáculos, los ejércitos se adaptaron y construyeron puentes móviles que les permitiesen cruzar las zanjas. Por esta razón, en la guerra moderna, este obstáculo tiene solamente un efecto retardador, cuando en un inicio se creó para bloquear al enemigo (Rodríguez-Delgado, 2018).

En la actualidad, pueden rebasarse rápidamente mediante las técnicas y los medios vigentes. En el caso del ET, se destaca el tendido de puentes tipo Vehículo Lanzapuentes (VLPD) y el paso del Carro de Zapadores (CZ), posterior al uso de explosivos para neutralizar otros obstáculos como minas C/C que hayan podido ser emplazados en el interior. Por lo tanto, para maximizar su efecto retardador es necesario construirlos en combinación de otros obstáculos como campos de minas (CMAS). De esta manera, el enemigo se vería obligado a emplear otros medios de apertura de brechas⁵, aumentando su tiempo de exposición a las armas propias.

En este sentido, es necesario señalar, como se ha mencionado previamente, que el diseño y estudio de viabilidad del foso ajedrezado en combinación con obstáculos no pasivos, como las minas, no forman parte del alcance del trabajo.

2.4. GENERALIDADES DEL FOSO C/C CONVENCIONAL

Como se ha señalado en el apartado anterior, un foso aislado no es un obstáculo adecuado puesto que no va a lograr detener al atacante. En el Anexo III se aporta información adicional sobre las condiciones que debe cumplir para obtener una mayor eficacia.

La construcción de los fosos C/C debe poseer un patrón que se confunda para que el enemigo no pueda visualizar su emplazamiento, debe presentar buenos objetivo de tiro, es decir, las armas C/C propias deben poder hacer fuego de manera eficaz, y debe obligar al contrincante a utilizar sus medios para rebasarlo (OR5-012, 2005).

⁵ Acción militar táctica de apoyo que consiste en la apertura y habilitación de pasos a las unidades propias a través de un obstáculo instalado por el enemigo y, normalmente, batido por el fuego (PDO-000, 2014).



2.4.1. Usos del foso C/C convencional

Los fosos C/C se emplean para complementar Grupos de Obstrucciones (GOBS⁶). Existe una clasificación de estas obstrucciones en función del efecto que producen en el adversario (AGM-CM-013, 2020):

- *Desarticulación*: La combinación de fuegos y obstrucciones debe obligar al enemigo a romper su formación, ritmo y sincronización para que emplee antes de tiempo sus medios de apertura de brechas.
- *Canalización*: Los fuegos y las obstrucciones deben combinarse para desviar la formación enemiga hacia una dirección deseada.
- *Fijación*: Los fuegos y las obstrucciones deben conseguir retrasar la progresión del enemigo en una zona determinada para proporcionar tiempo a las unidades propias y permitir un contraataque o una ruptura de contacto⁷.
- *Bloqueo*: La integración de los fuegos y las obstrucciones debe tener como fin detener completamente al enemigo. Las obstrucciones son complejas y los fuegos intensos. Para conseguir este efecto se exige una gran cantidad de medios.

El uso de los fosos C/C es apto para la consecución de cualquiera de estos cuatro efectos, siendo especialmente útil en combinación con otros obstáculos en las ocasiones en las que se pretende bloquear al enemigo o canalizarle.

Habitualmente se utilizan para reforzar líneas defensivas y hacerlas infranqueables. Igualmente, es ventajoso emplazarlos cerca de grandes posiciones defensivas puesto que, al conllevar gran cantidad de tiempo en su preparación y suponer un alto grado de exposición de las máquinas, es más fácil asegurar su protección en caso de ataque.

2.4.2. Características del foso C/C convencional

El obstáculo puede adoptar multitud de formas y métodos de construcción, sin embargo, según los manuales vigentes del ET (OR5-409, 2005), (OR5-012, 2005), el foso más eficaz es una zanja rectangular o triangular. La Figura 4 muestra el perfil y los m³ de tierra a desalojar por metro lineal de estos dos tipos de foso.

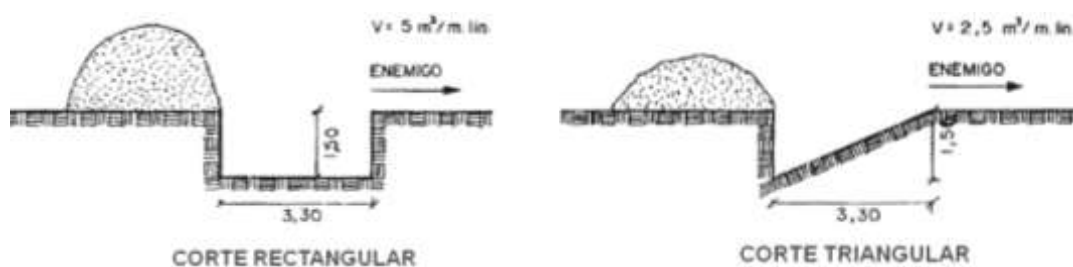


Figura 4. Tipos de fosos C/C convencionales

Fuente: OR5-012 (2005)

⁶ Los grupos de obstrucciones son uno o más obstáculos y destrucciones individuales que se agrupan para proporcionar un efecto concreto.

⁷ Esta acción consiste en realizar un repliegue repentino y rápido para evitar o dejar de sufrir un ataque enemigo.



Para que una zanja rectangular no pueda ser evitada por un carro debe tener 3,3 m de ancho, y para que no pueda ser cruzada sin ayuda de puentes o equipos de movimiento de tierras su profundidad debe ser de 1,5 m. La capacidad de obstrucción de la zanja aumenta considerablemente si la tierra excavada se amontona en forma de espaldón a lo largo del borde posterior de la zanja, por eso, este tipo de fosos deben tener una berma⁸ de 1-2 m en el borde posterior. De esta manera, se aumenta la altura del obstáculo impidiendo el empleo de puentes y evitando que el enemigo rellene el foso empujando el terreno sin exponer sus medios ([OR5-409, 2005](#)), ([OR5-012, 2005](#)).

La zanja triangular de las mismas direcciones es igualmente infranqueable. Si se disminuye la profundidad a 1,3 m, los carros de combate propios podrían cruzar el obstáculo en dirección contraria con cierta facilidad, empujando la tierra suelta del espaldón y subiendo por la rampa en pendiente. Los carros de combate enemigos tardarían unos minutos en erosionar la pared vertical, sin embargo, estarían expuestos a la acción de las armas contracarro propias durante ese tiempo. En el foso de corte triangular, si la tierra suelta se distribuye por el lado enemigo en vez de utilizarlo como una berma, se evita que los vehículos enemigos utilicen la zanja como una posición de tiro (ver Figura 5) ([OR5-012, 2005](#)), ([AGM-CM-013, 2020](#)).

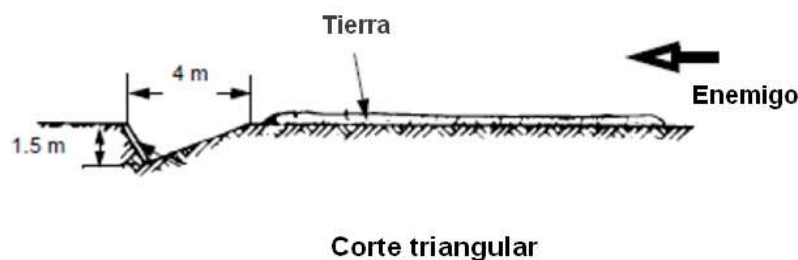


Figura 5. Foso triangular con berma en lado enemigo

Fuente: [AGM-CM-013 \(2020\)](#)

En el [Anexo III](#), se puede encontrar información adicional sobre la eficacia de cada tipo de foso en función del tipo de terreno.

A la hora de definir unas medidas exactas de un foso C/C convencional, es necesario entender que no puede existir una única obstrucción tipo que se adapte a todas las situaciones y misiones. El tipo de terreno, el enemigo y el tipo de unidad propia son factores determinantes que darán lugar a modificar las dimensiones, posiciones y otros aspectos de los obstáculos. Sin embargo, con el objetivo de facilitar la tarea del Jefe de Ingenieros y permitir un cálculo rápido y aproximado de las necesidades de contramovilidad y de las posibilidades de las Unidades de Ingenieros, es habitual normalizar las obstrucciones.

Según los manuales vigentes ([AGM-CM-013, 2020](#)), ([OR5-409, 2005](#)), ([OR5-012, 2005](#)) y según la información aportada por el personal entrevistado, que cuenta con amplia experiencia en el ámbito, las medidas normalizadas de un foso C/C convencional son de 3,3 m de ancho y 1,5 m de profundidad.

2.4.3. Excavación del foso C/C convencional

Para su excavación se utiliza una maquinaria específica que dependerá de la dotación de cada unidad, siendo la "Bulldozer Caterpillar D7-R" la máquina que presenta una mayor capacidad de movimiento de tierras dentro del ET.

⁸ Berma: Acumulación de tierra en el extremo del obstáculo situado en el lado propio.



A continuación se presentan cuatro métodos probados para la construcción de fosos contra carro ([AGM-CM-013, 2020](#)):

- Dos *bulldozers* trabajando en equipo. En el paso 1, el vehículo 1 iniciará la zanja y empuja una carga de 9 a 10 metros desde el punto de inicio, y luego de vuelta para iniciar el corte de nuevo. En el paso 2, el vehículo 2 empujará la carga lejos de la zanja para formar una berma cuando el vehículo 1 está dando marcha atrás. El equipo continúa realizando de esta manera la construcción del foso. Este método de trabajo en "T" es adecuado para la construcción de fosos en todo tipo de suelo.
- Un *bulldozer* y una cargadora. De manera muy similar a la anterior.
- Mediante el uso de retroexcavadoras/carro de zapadores.
- Empleo de mototraíllas⁹ (actualmente no se encuentran en dotación en las Unidades de Ingenieros, pero son habituales en la obra civil).
- El empleo de explosivos puede facilitar los trabajos de movimiento de tierras.

Además de la "Bulldozer Caterpillar D7-R", el ET tiene en dotación otras máquinas para realizar movimientos de tierra. El BZ XI opera con esta primera y con la "Retrocargadora Mixta de ruedas JCB" y con la "Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B".

La "Bulldozer Caterpillar D7-R" se utiliza para trabajos que implican grandes movimientos de tierras, especialmente en explanaciones y nivelaciones ([Ejército de Tierra-Materiales del BZAP.XVI, 2012](#)). Tiene un peso muy elevado y la velocidad que alcanza es demasiado baja (véase [Anexo IV](#) para ampliar información). Como consecuencia, es muy difícil integrar este medio en convoyes formados por otros carros de combate o vehículos, pues cualquier vehículo tanto ruedas como cadenas alcanza velocidades mucho mayores. De modo similar, para realizar trabajos en lugares alejados de donde se encuentra estacionada es necesario utilizar un remolque. Todo esto supone una gran desventaja para las Unidades de Zapadores, puesto que al colaborar con otras unidades de Infantería o Caballería, estas no son capaces de integrarse adecuadamente en sus ejercicios si es necesario utilizar la "Bulldozer Caterpillar D7-R" para los mismos.

La "Retrocargadora Mixta de ruedas JCB" y la "Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B", son útiles para diversos usos. Realizan trabajos dentro de las misiones de apoyo a la movilidad, contramovilidad, protección o supervivencia ([Ejército de Tierra-Materiales del BZAP.XVI, 2012](#)). A pesar de tener una menor capacidad de movimiento de tierras, debido a sus características (véase [Anexo IV](#) para ampliar información), son capaces de integrarse con carros de combate o vehículos y realizar ejercicios conjuntos con Infantería y Caballería. Con todo, debe tenerse en cuenta a la hora de integrar estos medios de apoyo al combate con vehículos de combate, que la velocidad y las capacidades de ambos no son las mismas, y por tanto deberá adaptarse el itinerario y el ritmo de tal manera que se asegure que todos los medios son capaces de seguirlo.

En el [Anexo IV](#) se especifican las características técnicas de las tres máquinas mencionadas, que son las que se utilizaron para la ejecución de los diseños del foso ajedrezado.

2.4.4. Medios y técnicas para cruzar un foso C/C convencional

Como se ha mencionado anteriormente, los medios y las técnicas vigentes para abrir brecha y superar un foso C/C convencional son:

⁹ Máquinas utilizadas para la excavación, carga, transporte, descarga y nivelación de materiales.



- a) El tendido de puentes tipo VLPD: Se identifica como Vehículo Lanzapuentes "VLPD 26/70 E". Es un vehículo acorazado con el que se puede transportar, desplegar, lanzar y recoger un puente, integrado en el sistema, de 26 m de longitud, para tropas y vehículos de cadenas. Es operado por dos tripulantes. Puede salvar un obstáculo con un ancho máximo de 25 m y presenta limitaciones relacionadas, entre otras, con el tipo de terreno y lugar donde se quiera lanzar y disposición del obstáculo al que se enfrenta (*MIG-405, 2007*). En el [Anexo V](#) se especifica más información sobre este medio.
- b) El uso del CZ: El Carro de Zapadores "Alacrán", modelo "CZ 10/25 E", es un vehículo de combate, acorazado, al que se han incorporado los elementos necesarios para realizar todas las operaciones requeridas en el apoyo a las Unidades a las que acompaña. Una de las actividades que realiza es el paso de fosos C/C. El funcionamiento es el siguiente: con la hoja empujadora construye una rampa para acceder al foso y, a continuación, desde el interior del foso, ataca el merlón mediante la cuchara hasta abrir el paso (*MIG-403, 2007*).

2.4.5. Deficiencias del foso C/C convencional

Es importante destacar que se ha podido evidenciar que los fosos C/C convencionales, que se han mantenido prácticamente invariables desde la Segunda Guerra Mundial, han dejado de cumplir su función. A medida que los vehículos y los carros de combate han ido mejorando sus prestaciones, los procedimientos y los obstáculos de contramovilidad no han sido modificados para contrarrestar esas mejoras y, por consiguiente, han dejado de ser eficaces. Los fosos que se emplazan en la actualidad son capaces de retener al vehículo o carro de combate un corto espacio de tiempo, consiguiendo el efecto de fijación de manera limitada.

Por otro lado, para aumentar la dificultad de su paso, se ha ido aumentando la dimensión del merlón de tierra que se sitúa a vanguardia del foso. Sin embargo, este no es capaz de bloquear o impedir su cruce y, de hecho, ofrece una mayor protección a la fuerza enemiga al cubrirle completamente del fuego enemigo. Es decir, el tiempo que este obstáculo es capaz de retener al enemigo, estos están a cubierto y la fuerza propia no es capaz de desgastar sus medios de manera directa. Otra consecuencia de este aspecto es el aumento del grado de visibilidad del obstáculo, siendo más sencilla su detección.

En las maniobras realizadas por el BZ XI durante el mes de marzo de 2021, en el campo de maniobras de San Gregorio (Zaragoza), se ejecutó un ejercicio al mando del Sargento Primero D. José Ángel Moraleda, Jefe de la Scc. de máquinas, como preparación a la misión eFP-Letonia¹⁰. Durante el mismo, un CC "Leopardo 2E" realizó el intento de cruzar un foso C/C convencional, consiguiéndolo sin dificultad y siendo capaz de hacerlo en tan solo 20 segundos. Las dos fotos siguientes han sido extraídas del vídeo del ejercicio facilitado por la Teniente Dña. Cristina González-Montagut Siljeström el día 7 de septiembre de 2021 y muestran dicho resultado.

¹⁰ Esta misión se encarga de "garantizar la estabilidad de la seguridad euroatlántica, mantener una Europa en paz, unida y libre, así como prevenir conflictos mediante medidas de defensa y disuasión creíbles" (*Presencia Avanzada Reforzada - Letonia, 2020*).



Figura 7. "Leopardo 2E" en foso C/C convencional

Fuente: [Moraleda, J.A. \(2021\)](#)



Figura 6. CC "Leopardo 2E" superando foso C/C convencional

Fuente: [Moraleda, J.A. \(2021\)](#)

Por añadidura, en un ejercicio realizado en el mes de febrero de 2021 en el campo de maniobras de Bótoa (Badajoz), un Vehículo de Combate de Infantería (VCI) "Pizarro" fue capaz de cruzar un foso C/C convencional con un merlón frontal de aproximadamente 3 m de altura. En esta ocasión, el vehículo sufrió un retardo mayor que en el caso anterior, aún con todo, como se visualiza en las imágenes siguientes, el foso no pudo bloquear su paso.



Figura 8. VCI "Pizarro" en foso C/C convencional

Fuente: [Moraleda, J.A. \(2021\)](#)



Figura 9. VCI "Pizarro" superando foso C/C convencional

Fuente: [Moraleda, J.A. \(2021\)](#)

Con todo lo expuesto anteriormente, queda evidente la necesidad de buscar una alternativa al obstáculo convencional y encontrar un foso con un mayor grado de eficacia que sea capaz de bloquear el paso del enemigo y que presente un menor grado de visibilidad.

2.5. CRÁTERES ANTITANQUE

Como reflejó el Capitán D. José Carlos Avellaneda en la entrevista que se realizó el día 4 de octubre de 2021 en relación con el foso ajedrezado, "existen similitudes con un tipo de obstáculo que llaman *antitank craters*. No tiene exactamente la misma configuración, pero sí que usan el mismo principio para conseguir la detención del vehículo enemigo. Sin embargo, en vez de realizarlos con maquinaria lo realizan con explosivos y normalmente en zonas muy locales como cruces de carreteras" ([Anexo II](#)).

Estos obstáculos consisten en unas depresiones en la tierra, causadas por una explosión, que pretenden ralentizar el movimiento enemigo. Se colocan en carreteras u otras rutas de alta velocidad por donde se prevé que pase el enemigo, y deben colocarse en profundidad para obligarle a abrir más de una brecha. La ejecución de los cráteres se lleva a cabo con explosivos ([FM5-102, 1985](#)).



Se diferencian tres tipos de cráteres en función del tiempo y los medios existentes: el cráter sobre la marcha, cráter premeditado y cráter de cara aliviada. El primero de todos se emplaza cuando el tiempo y los explosivos son limitados, siendo el menos eficaz. En consonancia, el premeditado requiere mayor tiempo y material, y el último tipo es el más efectivo a costa de aumentar el tiempo de ejecución y la cantidad de explosivos (*Explosives and Demolitions*, 1994). En el *Anexo VI* se puede encontrar información más específica sobre los cálculos necesarios para ejecutar estos tres tipos de cráteres antitanques y las dimensiones de los mismos.

Según el Field Manual nº 5-102 del Departamento del Ejército de Estados Unidos hay dos maneras de proceder a su colocación (*FM5-102*, 1985):

- a) Colocar los cráteres contiguos: Esta disposición hace que sea extremadamente difícil abrir brecha con máquinas de movimiento de tierras o mediante VLPD. Esto se debe a que el suelo estará suelto y hará que el puente se asiente sobre terreno desigual y los vehículos que lo crucen se toparán con otro cráter contiguo. Durante el proceso de demolición se debe tener precaución para que la tierra suelta que provoca la explosión no obstruya los otros cráteres y reduzca su valor como obstáculo, por ello, este método es difícil de ejecutar.
- b) Colocar los cráteres separados de 100 a 1000 m: Este segundo procedimiento obliga al enemigo a realizar varias aperturas de brecha, aumentando así su tiempo de exposición a la acción de las armas propias.

Sin embargo, la información que se encuentra sobre este obstáculo, similar al foso ajedrezado, data de 1985 y 1994, y no se tiene constancia de que haya sido emplazado o adoptado en la actualidad en doctrina militar (tras el estado del arte llevado a cabo y consulta a tres mandos del Batallón; no obstante, no se puede afirmar debido a las limitaciones del estado del arte llevado a cabo).

3. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. DISEÑO DEL FOSO AJEDREZADO

Como continuación del ensayo experimental que se realizó en 2019 en el BZ XI, reflejado en la NOP "Nuevo diseño foso C/C "foso ajedrezado", se han planteado tres diseños con diferentes configuraciones dimensionales, siendo uno de ellos similar al único planteado en la mencionada Norma Operativa Particular. Dichos diseños se plantean con la intención de ejecutarlos "in situ" y realizar a posteriori una prueba de paso de vehículos de ruedas y cadenas.

Para plantear los diseños, y específicamente, las medidas, se tuvo en cuenta, entre otros aspectos, las dimensiones de las zanjas del mencionado ensayo (NOP). En la entrevista realizada al Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda se pudo conocer esta información: "el Sargento, ahora Sargento 1º, Jorge Calatrava Navarro como jefe de pelotón encargado del tajo realizó una serie de fosos en "zig-zag", teniendo cada foso unos 4 m de largo por 2 m de ancho y 0,7 m de profundidad". Así mismo, afirmó que "el vehículo enemigo, si se adapta bien el obstáculo, siempre va a intentar tener ambas cadenas en los merlones, y encuentra la dificultad al encontrarse la segunda línea en profundidad, ya que en la segunda línea no están alineados los merlones" (*Anexo II*). Por esta razón, los diseños fueron encaminados a conseguir este objetivo, que una cadena del carro estuviera apoyada sobre el merlón y otra sobre la zanja.

Sin embargo, al tratar de conseguir la versatilidad y estar orientado el diseño del obstáculo a enfrentarse a distintos vehículos, tanto ruedas como cadenas, fue necesario analizar las características de estos para plantear diseños que fueran capaces de detener o ralentizar el ritmo de cualquier vehículo.



A continuación se muestran las características de los vehículos más representativos con los que cuenta el BZ XI, a partir de las cuales se extrajeron las dimensiones para los diseños.

Tabla 1. Características de vehículos del BZ XI

		LEOPARDO 2-E	PIZARRO	VEC-M1	TOA M-113	VCZ TOA M-113	VAMTAC ST-5
Medio		Cadenas	Cadenas	Ruedas 6x6	Cadenas	Cadenas	Ruedas 4x4
Dimensiones	Ancho máximo (m)	3.77	3.77	2.50	2.69	2.70	2.44
	Ancho vía (m)	2.79	2.39	2.08	2.16	2.16	1.86
	Ancho rueda-cadena (m)	0.64	0.50	0.40	0.38	0.38	0.37
	Longitud total	9.67 (barcaza 7.93)	6.92	6.12	4.86	5.8	5.03
Capacidades	Zanja (m)	2.90	2.00	1.20	1.40	1.20	
	Obstáculo vertical (m)	1.10	0.80	0.60	0.61	0.60	
Pendiente	Lateral (%)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

Fuente: Elaboración Propia a partir de Álvarez de Lara Alcaina, R (2020), M-0-4-28 (1976), MI-018 (2017), MI6-102 (2008), MI6-402 (2001), MT-032 (2019), MT6-201 (1997)

De todas las características reflejadas en la tabla previa, las que resultaron claves para definir las medidas exactas fueron: a) el ancho de vía¹¹, b) la longitud total, c) la altura máxima del obstáculo vertical que pueden superar, y d) la anchura máxima de la zanja por la que pueden cruzar.

Por otro lado, como indica la NOP "Nuevo diseño foso C/C "foso ajedrezado"", las zanjas debían tener un corte recto y la tierra debía estar bien aplanada. Según este documento, el foso también debía cumplir las siguientes características:

- Reducir la movilidad del enemigo, pero además, poner a éste en una situación desfavorable, haciéndole más vulnerable y disminuyendo su potencia de combate.
- Baja visibilidad, para evitar su avistamiento por las unidades de reconocimiento enemigas.
- Rapidez en su construcción, reduciendo al máximo el empleo de maquinaria crítica y su tiempo de exposición.
- Simplicidad en su diseño, facilitando su uso para otras unidades e integración.
- Versatilidad, ser útil para cualquier tipo de vehículo, tanto rueda como cadena.

Teniendo en cuenta toda esta información, se plantearon tres posibles modelos de foso ajedrezado. Cabe subrayar que todos ellos fueron validados por los mandos del BZ XI (como se ha señalado previamente en el alcance del trabajo: Teniente Coronel del Bón., Capitán de la Cía. de Apoyo y Teniente de la Scc. de ORTE).

A continuación se muestran las dimensiones en metros de las zanjas (largo x ancho x profundidad) y de los merlones (ancho x alto) de cada diseño:

- *Diseño "A"*: zanja: 8 x 2 x 0,65 metros, merlón: 1 x 0,8 metros (similar a la NOP).

¹¹ Distancia que existe entre los centros de cada rueda o cada cadena.



- *Diseño "B"*: zanja: 8 x 1,5 x 0,5 metros, merlón: 0,5 x 0,5 metros (nuevo diseño).
- *Diseño "C"*: zanja: 5 x 2 x 0,5 metros, merlón: 1,2 x 0,5 metros (nuevo diseño).

De cada diseño se pretendía llevar a la realidad una muestra que, inicialmente, tendría 2 filas transversales (profundidad transversal). Sin embargo, gracias a la entrevista realizada al Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, se concluyó que para asegurar un mayor grado de eficacia y la consecución del efecto deseado era necesario que la profundidad del obstáculo fuera de 3 filas transversales. Por esta razón, junto a la desestimación del *diseño "B"*, se modificaron los diseños para que tuvieran 3 filas: la 1ª y la 3ª se conformarían con 2 zanjas y la 2ª con 3, quedando desalineadas.

Como se ha señalado en el alcance, se remarca de nuevo que al terreno se lleva únicamente una muestra de los diseños, reduciendo en una escala 1/7 el frente real que ocuparían. Esto se debe a que no había posibilidad de extender los diseños hasta 100 m de frente (medida común de los fosos C/C convencionales) debido a limitaciones del terreno, de tiempo, de personal y de maquinaria. Por esta razón, para poder realizar la comparación de un foso C/C rectangular convencional con los diseños de foso ajedrezado, se ha reducido el frente de estos últimos hasta los 14 m, aplicando una escala 1/7. Esta decisión ha sido consensuada y avalada por tres mandos del Batallón.

En la figura siguiente se muestra dicha configuración, donde las partes "naranjas" representan tierra, las zonas "azules" excavación de zanja, y la flecha la dirección de entrada al obstáculo.

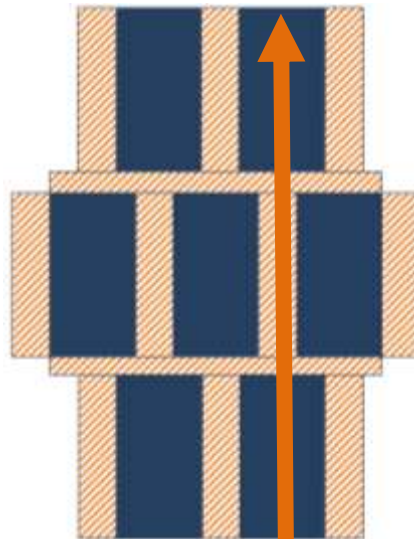


Figura 10. Configuración de los diseños del foso ajedrezado.

Fuente: Elaboración Propia

Las medidas del *diseño "A"* se orientan a bloquear cualquier carro de combate o vehículo, por ello, es el que presenta las mayores dimensiones. Se puede comprobar que su longitud (8 m) hace posible que hasta el vehículo más largo (CC "Leopardo 2E") se introduzca completamente en la zanja. Su anchura (2 m), menor que el ancho de vía de cualquiera de los carros de combate o vehículos, es tal que no les permite entrar con las dos ruedas o cadenas en la zanja y les obliga a apoyar una de ellas sobre el merlón, en concordancia con la premisa expuesta anteriormente. La profundidad se ajusta con el ensayo previo realizado en la unidad (NOP). Respecto a las dimensiones de los merlones, se ajustaron según la distancia que debía dejarse entre zanjas



El *diseño "B"*, el cual quedó desestimado como se explica más adelante, muestra grandes similitudes con el primero, variando significativamente la profundidad y las medidas de los merlones (aspecto clave para desestimar el modelo). También se reduce la anchura de la zanja, para asegurar la situación de cruzar con el vehículo inclinado apoyando una parte sobre el merlón y otra sobre la zanja.

Por último, en el *diseño "C"* se reduce notablemente la longitud de las zanjas, con el objetivo de estudiar si era posible conseguir el mismo efecto excavando un volumen de tierra menor. En este punto, además, se quería comprobar si la longitud de la zanja era determinante o no a la hora de realizar el cruce, teniendo en cuenta que es significativamente menor que la longitud del CC "Leopardo 2E", del VCI "Pizarro" y del "VEC-M1".

Estos tres diseños se entregaron al Capitán, D. José Carlos Navas Avellaneda el día 20 de septiembre de 2021, que tras aprobarlos, realizó un informe el día 23 de septiembre de 2021 (ver [Anexo VII](#)) para "solicitar los medios necesarios para que se realicen los ensayos propuestos para comprobar la viabilidad del foso C/C ajedrezado". En dicho informe, se solicita ocupar una zona del Campo de Maniobras y Tiro (CMT) de Bótoa (Badajoz), "la zona necesaria no es mayor de 100x100 m y estará señalizada con cinta de balizar". Igualmente, se especifican los vehículos con lo que se propone realizar los ensayos: Vehículo de Exploración de Caballería (VEC), Transporte Oruga Acorazado "TOA M-113", VCI "Pizarro" y CC "Leopardo 2E". Se escogieron estos al ser, de los que tiene la unidad en dotación, los más representativos tanto del tipo ruedas (VEC) como cadenas (el resto).

De manera paralela, se envió un mensaje el día 22 de septiembre de 2021 a través del Sistema de Mensajería de Defensa (SIMENDEF) a los jefes de las unidades de la Brigada "Extremadura" XI, en el que se informaba lo siguiente (ver [Anexo VII](#)):

"Con el fin de la apoyar la realización de las pruebas de campo necesarias para continuar con el Trabajo de Fin de Grado (TFG) de los Alféreces de la unidad de BZ XI , que se encuentran realizando sus prácticas en esta BRI XI, se comunica que entre el 27SEP y el 04OCT (a.i), se realizarán una serie de obstáculos C/C en la Zona "C" del CMT en las coordenadas 85500-21900.

Como consecuencia de dichas prácticas, se restringe el movimiento entre los días 27 de septiembre al 04 de octubre (a.i) en un área perimetrada de 100 x 100 alrededor de las coordenadas citadas anteriormente, debiendo coordinarse cualquier actividad en zonas próximas con el BZ XI".

Dicho informe está firmado por el Jefe del Estado Mayor de la Brigada "Extremadura" XI, el General D. Gerardo López Irbido.

3.2. ENCUESTAS INICIALES

Con el objetivo de recopilar información previa al ensayo experimental y para poder analizar las carencias del obstáculo C/C convencional (rectangular), se llevó a cabo el método de la encuesta a través de cuestionarios con preguntas cerradas y abiertas (véase [Anexo VIII](#)). Se diseñaron dos tipos de cuestionarios, validados por los tutores antes de su lanzamiento, dirigidos a:

- 1) Cuadros de Mando
- 2) Operadores

El fin era lograr una visión integral del fenómeno bajo estudio.

Se añadieron preguntas de respuesta libre con el objetivo de recopilar consejos, experiencias y opiniones de las personas implicadas que pudieran ser de utilidad para mejorar el diseño de los modelos del foso ajedrezado y para su ejecución. En el [Anexo VIII](#) se especifican todas las preguntas realizadas en cada cuestionario (9 preguntas para los Cuadros



de Mando y 11 preguntas para los operadores) y los datos (nombre completo, empleo, años de servicio en Unidad de Apoyo o años de experiencia como operador) de las personas encuestadas. En la tabla siguiente se expone la ficha técnica de la encuesta.

Tabla 2. Ficha Técnica de la Encuesta

Población	Personal del BZ XI con experiencia en ejecución de fosos C/C.
Objetivo	Recopilar información previa al ensayo experimental
Muestra (muestreo teórico)	Personal perteneciente al BZ XI: Cuadros de Mando y operadores con mayor grado de experiencia.
Muestra	Siete (7) Cuadros de Mando y seis (6) operadores.
Tasa de respuesta	100%
Recogida de información	Cuestionario con preguntas abiertas y cerradas (cumplimentación llevada a cabo en formato físico).
Tratamiento	Cuantitativo y cualitativo.
Fecha de realización	21 de septiembre de 2021.

Fuente: Elaboración Propia

A modo de síntesis, en las figuras siguientes se muestran los resultados de las preguntas con respuesta cerrada de la encuesta realizada a los CUMAS (consúltase [Anexo IX](#) para ver las respuestas completas a los cuestionarios). Además, se muestra una recapitulación de las respuestas a estas preguntas que incluyen un razonamiento.

- Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

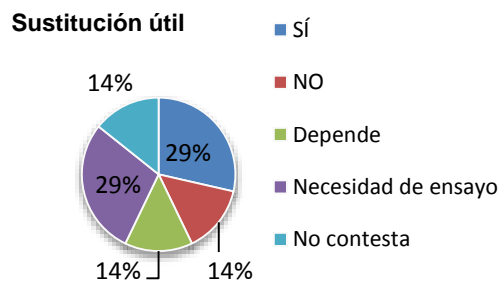


Figura 11. Respuestas relativas a la utilidad del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la figura anterior, el 29% (2/7) de los encuestados sí considera que el foso ajedrezado es útil frente al foso corrido convencional, el 29% (2/7) señala que es necesario un ensayo o estudio experimental para responder, el 14% (1/7) señala que depende del contexto y solo un encuestado (14%) contesta que no. Señalar que un encuestado no contesta a esta pregunta. Los encuestados responden que se podría ahorrar tiempo de ejecución al tener menor profundidad y volumen, y que ayudaría a mantener despejados los sectores de tiro de las unidades propias. Sin embargo, también señalan que puede conllevar un planteamiento y ejecución más compleja y que la maquinaria utilizada debe ser adecuada al tipo de obstáculo.

- En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?



Planeamiento más costoso

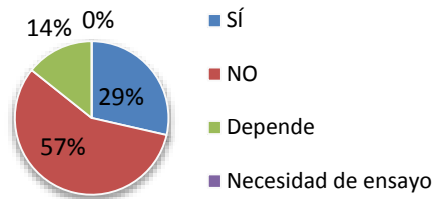


Figura 12. Respuestas relativas al coste del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

La figura anterior muestra que el 29% (2/7) de los encuestados piensa que el planeamiento es más costoso que el de un foso C/C convencional, el 57% (4/7) refleja que el planeamiento no sería más costoso y el 14% (1/7) que dependería de la situación. Los encuestados comparten la opinión de que no tiene por qué conllevar un planteamiento más costoso, sino que será la ejecución la que presente mayores problemas, según el tipo del terreno y sobre todo cuando se realice en ambiente nocturno o cuando los operadores hayan estado trabajando largas jornadas con anterioridad. De hecho, afirman que cuando se estandarice el método, funcionará mejor que el actual y que puede ahorrar tiempo, mano de obra y combustible siempre y cuando se utilicen la maquinaria de ejecución adecuada.

- Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño, ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Posibilidad de reducción de visibilidad

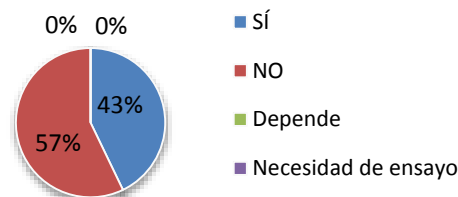


Figura 13. Respuestas relativas a la reducción de la visibilidad del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

Las respuestas en cuanto a la posibilidad de que se redujese el grado de visibilidad del obstáculo dejaron un porcentaje del 43% (3/7) que opinaba que sí que sería posible y un 57% (4/7) que pensaba que no se reduciría el grado de visibilidad por parte del enemigo.

- Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?



Posibilidad de reducción de tiempo de ejecución

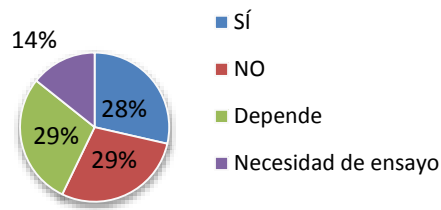


Figura 14. Respuestas relativas al tiempo de ejecución del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 14 muestra que el 28% (2/7) considera que sí es posible reducir el tiempo de ejecución respecto al foso C/C convencional, el 29% (2/7) que este nuevo foso no reduciría el tiempo de ejecución, el 29% (2/7) que dependería de diferentes aspectos y el 14% (1/7) que se necesitaría realizar un ensayo para comprobarlo. Las razones que aportan los encuestados hablan de la posibilidad de reducción del tiempo al tener un menor movimiento de tierra. No obstante, reflejan que es necesario maniobrar más y realizar movimientos más precisos y lentos y, por ello, el tiempo de ejecución puede verse afectado negativamente. Además, vuelven a incidir en la importancia de utilizar maquinaria adecuada para poder conseguir una reducción del tiempo de ejecución.

- Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

Tácticamente válido

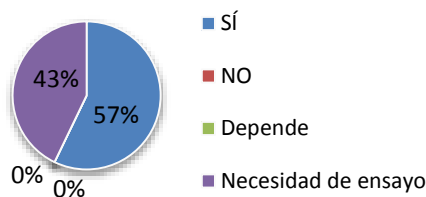


Figura 15. Respuestas relativas a la utilidad táctica del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

La última pregunta de la encuesta deja las siguientes respuestas: un 57% (4/7) afirma que el obstáculo sería tácticamente válido y el 43% (3/7) que sería necesario realizar un ensayo para ver el resultado.

El segundo tipo de encuesta está dirigida a los operadores de máquinas del Bón., llegando a ser 6 encuestados. De igual modo que el caso de los Cuadros de Mando, a modo de síntesis, en las figuras siguientes se muestran los resultados de las preguntas con respuesta cerrada y una compendio de los razonamientos aportados en determinadas preguntas (consúltese [Anexo IX](#) para ver las respuestas completas a los cuestionarios).

- ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?



Posibilidad de usar misma maquinaria

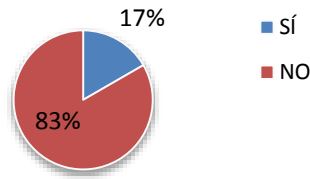


Figura 16. Respuestas relativas a la posibilidad de usar la misma maquinaria en el foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 16 muestra la clara respuesta de que la maquinaria utilizada para realizar el foso ajedrezado sería distinta, el 83% (5/6) contestó afirmativamente a la pregunta y el 17% (1/6) negativamente.

- Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

Posibilidad de reducción de tiempo de ejecución

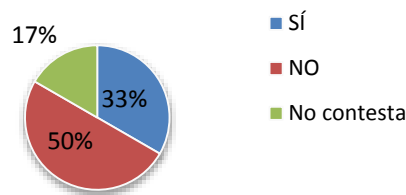


Figura 17. Respuestas relativas a la reducción del tiempo de ejecución del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

El 33% (2/6) de los encuestados respondieron que sería posible reducir el tiempo de ejecución, el 50% (3/6) que este no variaría y hubo una persona que no contestó a la pregunta.

- A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

¿Mayor esfuerzo?

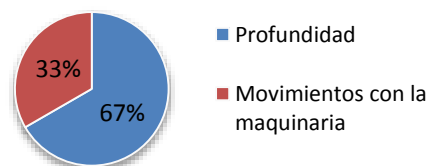


Figura 18. Respuestas relativas al esfuerzo en la ejecución del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

En la pregunta anterior, el 67% (4/6) refleja que lo que mayor esfuerzo le conlleva a la hora de realizar una excavación es la profundidad de la misma, y el 33% (2/6), por el contrario, que son los movimientos de las máquinas.



- El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

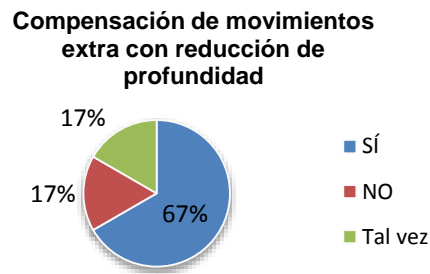


Figura 19. Respuestas relativas a la compensación de movimientos extra en la ejecución del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 19 muestra que un alto porcentaje de los encuestados, el 67% (4/6) opina que el esfuerzo extra de realizar más movimientos con las máquinas pueden compensar la reducción de la profundidad de las excavaciones, el 17% (1/6) refleja lo contrario y otro 17% (1/6) que tal vez podría compensar.

- Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

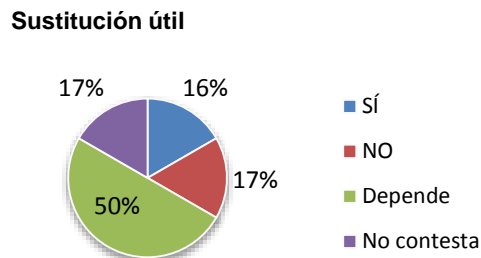


Figura 20. Respuestas relativas a la utilidad del foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

Las respuestas en cuanto a estudiar si la sustitución sería útil reflejaron que un 50% (3/6) opina que dependería de la situación, un 17% (1/6) que sí que sería útil, otro 17% (1/6) que no y hubo un encuestado que no contestó a la pregunta. Las respuestas de los operadores involucrados en la encuesta reflejan que para afirmar que sea útil sustituirlo habrá que tener en cuenta su eficacia, el tipo de terreno donde se lleve a cabo y los medios del enemigo que vaya a cruzar el obstáculo. Por otro lado, otros encuestados afirman que no será útil la sustitución debido al tiempo extra que conllevaría su ejecución, y se deja reflejado que sería una mejor opción utilizar el foso ajedrezado de manera complementaria al foso C/C convencional en vez de realizar una sustitución íntegra.

Desde un principio, se podía prever, en parte, gracias a la opinión de los expertos, que el tiempo de ejecución del foso ajedrezado sería mayor. Esto se debe a las máquinas con las que es posible realizar su excavación cuentan con capacidades de movimiento de tierras significativamente menores a las utilizadas en los fosos C/C convencionales. Además, se señala reiteradamente que la maquinaria utilizada para su ejecución debe ser la adecuada para poder aprovechar las ventajas que puede aportar la nueva propuesta de foso ajedrezado.

En este sentido, el Cap. D. José Carlos Navas Avellaneda señala en la entrevista



realizada ([Anexo II](#)), que sería interesante estudiar la posibilidad de adquirir recursos materiales que logren un grado de eficiencia mayor que haga viable la construcción de un foso ajedrezado, como por ejemplo, las excavadoras rotativas de cadenas.

Por último, subrayar que la mayor parte de los encuestados afirman que sería necesario realizar pruebas para poder llegar a conclusiones con mayor grado de validez.

3.3. EXCAVACIÓN DE DISEÑOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

En este apartado se van a diferenciar 3 fases, que coinciden cronológicamente con el orden que se siguió para realizar el ensayo experimental. Estas son: 1) la excavación de los fosos, 2) la prueba de paso de vehículos de ruedas y cadenas, y 3) apertura de brecha.

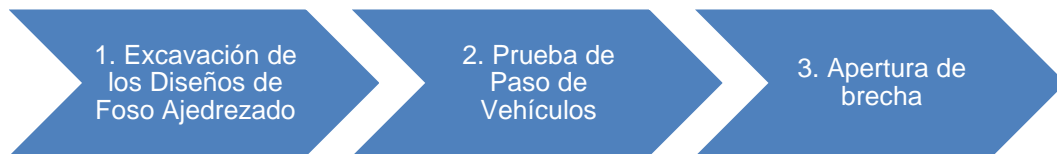


Figura 21. Fases del Ensayo Experimental

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1. Excavación de los diseños de foso ajedrezado

A continuación se detalla de forma pormenorizada el proceso de excavación de los diseños de foso ajedrezado, haciendo hincapié en: a) las dimensiones finales de los diseños ejecutados, y las dos variables de eficiencia analizadas, b) el tiempo empleado, y c) el volumen de tierra excavado.

a) Diseños finales ejecutados

La excavación de los diseños propuestos, y aprobados por el JEM de la Brigada "Extremadura" XI, comenzó el día 27 de septiembre de 2021 y terminó el día 29 de septiembre de 2021. Para llevarla a cabo, se utilizaron una "Retrocargadora Mixta de ruedas JCB" con matrícula: ET-95547, y una "Retroexcavadora Mixta HMK 102 B" con matrícula: ET-118281. Los operadores de la primera máquina fueron el Cabo D. Carlo Magno Lazón Valles (el día 28 de septiembre de 2021) y la Cabo Dña. Almudena Llerena Macarro (el día 29 de septiembre de 2021), y de la segunda fueron el Soldado D. Rubén Martín Blanco (los días 27, 28 y 29 de septiembre de 2021) y el Cabo D. Francisco Javier Salas García (el día 27 de septiembre de 2021).

A pesar de que, como se ha mencionado anteriormente, la máquina que se utiliza con más frecuencia para excavar fosos convencionales es la "Bulldozer Caterpillar D7-R", no se planteó realizar los trabajos con dicha máquina puesto que las medidas de los diseños eran demasiado reducidas respecto a las dimensiones de su placa frontal. Esta mide 3,69 m y el ancho de los modelos es de 2 m. El tipo del terreno donde tuvo lugar la excavación es arcilloso (ello, como se ha señalado en el alcance, supone una limitación del trabajo).

La orden de ejecución comenzó con el *diseño "A"*. Es preciso señalar que las medidas iniciales se vieron ligeramente modificadas al llevarlas sobre el terreno, teniendo en cuenta que sirven de estimación y la excavación se ve condicionada tanto por la precisión de las máquinas como por el terreno y, obviamente, por la experiencia de los operadores. Además, tras observar la ejecución del primer diseño y descubrir ciertas dificultades, se concluyó que el *diseño "B"* quedaba desestimado a nivel práctico. Esto se explica porque se previó que las máquinas no serían capaces de realizar merlones con dimensiones tan reducidas como las de este modelo



(0,5 x 0,5 m), y en caso de intentarlo se incrementaría considerablemente el tiempo empleado en la ejecución. Como se refleja en el [Anexo IV](#), el caso de las máquinas utilizadas para la excavación ("Retrocargadora Mixta de ruedas JCB" y "Retroexcavadora Mixta HMK 102 B") mide 0,64 m de ancho, y el ancho teórico de los merlones del segundo diseño debía ser de 0,5 m, por tanto, quedó evidenciado que no sería posible llevarlo al terreno. Esta, junto con la propuesta y aval del Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, fueron las razones por las que se modificó el plan inicial de excavar 3 diseños con 2 zanjas de profundidad por excavar 2 diseños (A y C) con 3 zanjas de profundidad. Se terminó la excavación de los fosos con el *diseño "C"*.

Finalmente, las medidas reales (m) de los fosos fueron las siguientes:

- *Diseño "A"*: zanja: 8 x 2 x 0,75 metros, merlón: 1,8 x 0,8 metros.
- *Diseño "B"*: quedó desestimado.
- *Diseño "C"*: zanja: 5 x 2 x 0,6 metros, merlón: 2 x 0,5 metros.

El *diseño "A"* se vio modificado en cuanto a la profundidad de la zanja (aumentada 0,10 m) y al ancho del merlón (0,8 m más ancho). El *diseño "C"* sufrió variaciones en los mismos puntos, pasando a ser 0,10 m más profundo y obteniendo un merlón 0,8 m más ancho.

En las figuras siguientes se muestran dos imágenes tomadas de la excavación y el modelo en 3 dimensiones (3D) acotado de sendos diseños, realizado mediante el programa informático "SketchUp". El diseño se ha llevado a cabo mediante dicho programa informático, debido a su fácil manejo y a que se trata de un "software libre". Además, en los [Anexos X](#) y [XI](#) se adjuntan las vistas frontales, laterales y planta de los mismos junto con las imágenes del "tajo" y de la ejecución de la retirada del foso ajedrezado.

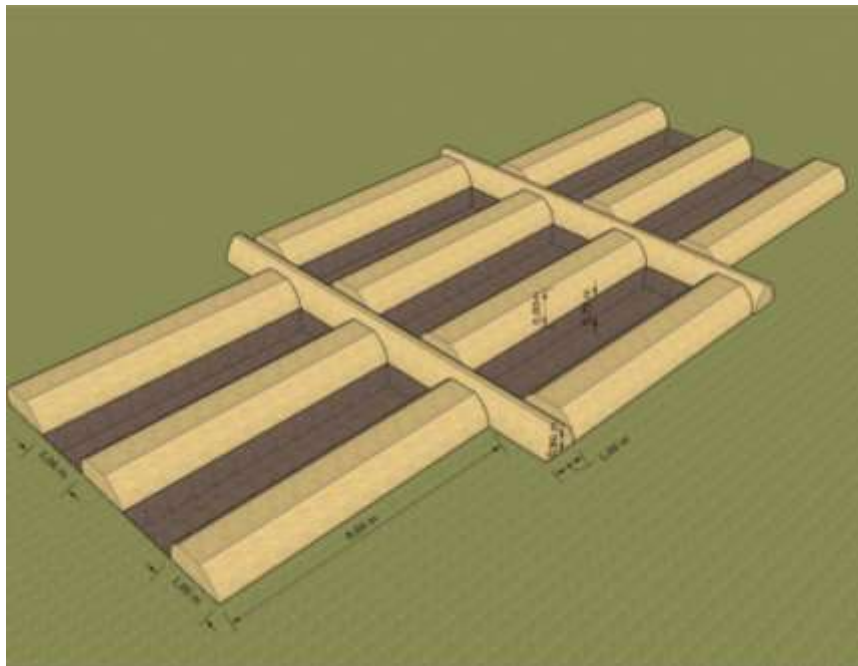


Figura 22. Modelo 3D acotado del diseño A de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia



Figura 23. Fotografía de diseño A de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

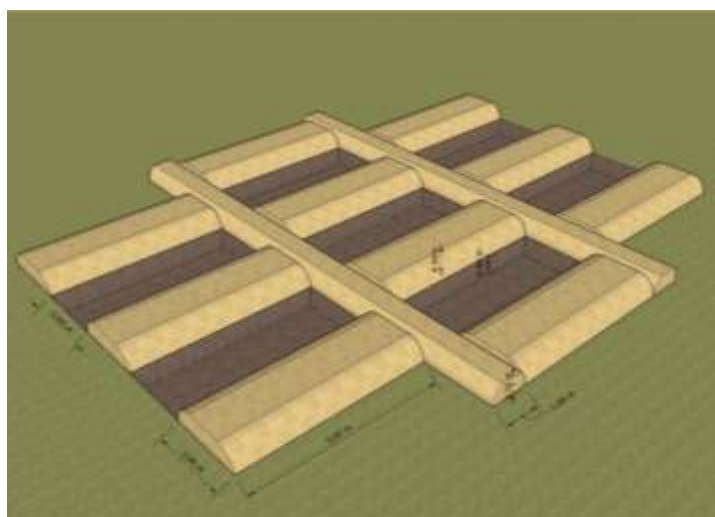


Figura 24. Modelo 3D acotado del diseño C de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia



Figura 25. Fotografía de diseño C de fosó ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

b) Tiempo empleado en la ejecución

Para analizar el grado de eficiencia, una de las variables analizadas fue el tiempo de ejecución. Dicha variable es crítica en un entorno hostil. Se cronometró el tiempo empleado en excavar ambos diseños. Debe mencionarse que este aspecto depende considerablemente de la precisión de las máquinas, del terreno donde se realice el trabajo y de la experiencia de los operadores, por tanto, los resultados obtenidos incorporan una variabilidad en función de dichas variables contextuales o contingentes. Así mismo, en este punto se diferencian dos términos: tiempo efectivo y tiempo extra.

- Tiempo efectivo: hace referencia al tiempo que se tarda en excavar una zanja considerando que se trabaja con una sola máquina.
- Tiempo extra: indica el porcentaje de tiempo que se debe añadir al tiempo efectivo y que incluye aspectos como los movimientos de la máquina para excavar la zanja, el movimiento hasta el lugar de trabajo, el replanteo de obra, etc. Su valor se estableció en el 40%, según las horas totales empleadas, lecciones aprendidas, y la recomendación de la Teniente de la Scc. de ORTE, Dña. Cristina González-Montagut Siljeström.

A continuación, se muestran los tiempos efectivos por zanja excavada (minutos/zanja) y los tiempos totales (horas y minutos) de cada diseño, teniendo en cuenta el tiempo extra como un 40%:

- *Diseño "A"*: 35min/zanja, total: 5h y 42min.
- *Diseño "C"*: 27min/zanja, total: 4h y 24 min.



c) **Volumen de tierra excavado**

La otra variable analizada para evaluar el grado de eficiencia, es la cantidad de tierra que ha sido necesario excavar y desalojar para realizar cada uno de los modelos. Se calcularon los m³ de tierra excavada por cada zanja y los m³ totales de cada diseño, considerando que se han excavado 7 zanjas en cada uno. Los resultados son los siguientes:

- *Diseño "A"*: 12 m³/zanja, 84 m³ en total.
- *Diseño "C"*: 6 m³/zanja, 42 m³ en total.

3.3.2. Prueba de paso de vehículos por el foso ajedrezado

Los vehículos solicitados para realizar las pruebas fueron:

- a) Vehículos de cadenas: VCI "Pizarro", CC "Leopardo 2E" y "TOA M-113".
- b) Vehículos de ruedas: "VEC M-1".

De entre todos los vehículos que tiene en dotación el BZ XI, se escogieron estos al ser los más representativos.

La prueba de paso por los diseños ejecutados tuvo lugar el día 30 de septiembre de 2021 desde las 09:50 hasta las 10:30 horas. En el [Anexo XI](#) se presenta una relación de fotografías realizadas que respaldan lo que a continuación se relata. Después del ensayo, se llevaron a cabo entrevistas informales, con un guión de preguntas a realizar a los jefes de vehículo, con el fin de recopilar información desde la perspectiva de lo que sería el enemigo (véase [Anexo XII](#)).

a) *Vehículos de cadenas*

a1) *VCI "Pizarro"*

Vehículo de Combate de Infantería perteneciente al Regimiento de Infantería "Saboya" nº6, con matrícula "ET-115161". Conductor: Cabo D. Álvaro Guzmán, Jefe de vehículo: Capitán D. Jaime Mallol de la Cierva.

- *Diseño "A"*: El vehículo fue capaz de entrar en la primera zanja y avanzar por ella con una cadena en el merlón y otra en el interior de la excavación. Sin embargo, al llegar al primer merlón frontal, una de las esquinas del vehículo chocaba contra él, y al tener una sola cadena ejerciendo potencia no pudo continuar su avance. El resultado fue el encajonamiento del vehículo en la primera zanja del foso ajedrezado.
- *Diseño "C"*: Al contrario que en la operación anterior, el vehículo pudo superar la primera fila de zanjas, sobrepasando el merlón frontal, puesto que las dimensiones eran menores. No obstante, al subir dicho merlón y continuar su avance, se encontró con uno de los merlones laterales de la segunda fila de zanjas, de manera que la panza del vehículo quedó apoyada en él y ambas cadenas quedaron suspendidas en el aire sin llegar a tocar el fondo de las zanjas contiguas. Esta es la consecuencia principal de incorporar los pequeños fosos de manera ajedrezada. El resultado fue que el VCI "Pizarro" quedó bloqueado en la segunda fila del foso.

a2) *CC "Leopardo 2E"*

Carro de combate perteneciente al Regimiento Acorazado "Castilla" nº 16, con matrícula "ET-115082". Jefe de vehículo: Sargento D. Juan Manuel Vinagre Cocaño.

- *Diseño "A"*: El carro consiguió avanzar por el primer foso con una cadena sobre el merlón y otra sobre la zanja, al llegar al merlón frontal, no presentó grandes problemas en superarlo debido a su gran potencia. En el intento de evitar lo que le había ocurrido al VCI "Pizarro", a medida que subía por el merlón frontal pivotaba sobre una de las cadenas para dirigirse a la zanja de la siguiente fila y lograr tener



una cadena sobre el fondo de la misma. Superó la segunda fila de zanjas de la misma manera que la primera, y realizó la misma operación para superar el segundo merlón frontal. El problema tuvo lugar cuando se le salió la cadena al sobrepasar la tercera fila. Salió del foso ajedrezado por uno de los extremos del modelo, con su cadena derecha sobre tierra firme, lugar donde se encontraría excavada otra zanja si se realizase el diseño a una escala mayor. El resultado fue la detención del carro de combate al salir del foso y el desembarque de la tripulación para solventar la avería. El tiempo que empleó en cruzar este diseño fue de 1 minuto y 58 segundos.

- *Diseño "C"*: No realizó el intento al ser este un modelo menos restrictivo, y por ende, más sencillo de cruzar.

Consideraciones posteriores a la prueba del jefe de vehículo:

"Si el diseño hubiese incorporado un foso más en la parte derecha, dudo que pudiera superar el obstáculo". "La tierra suelta que se desprendía de los merlones ha sido la causa de que se saliera la cadena. Si esta situación se hubiera dado en la segunda fila de zanjas, el carro de combate no habría podido continuar su avance y habría quedado inmovilizado en el foso" (Sargento D. Juan Manuel Vinagre Cocaño).

Es de especial relevancia contrastar el hecho de que, a pesar de que, a raíz del ensayo inicial realizado por el BZ XI en 2019, se pensara que era más eficaz que los merlones estuvieran lo más compactados posible, resultó ser clave para el resultado satisfactorio del ensayo que la tierra acumulada a los lados de las zanjas no trabajase como un macizo, sino que se convirtiera en tierra suelta a medida que el vehículo pasara sobre ella. Esta es la causa de la salida de la cadena del CC.

a3) "TOA M-113":

Este vehículo es el que presenta la menor potencia y las menores dimensiones de los tres modelos de vehículos de cadenas expuestos. Por tanto, al observar los resultados de los otros dos vehículos de cadenas y viendo que el VCI "Pizarro", el siguiente en cuanto a potencia y dimensiones, no fue capaz de superar ninguno de los dos diseños, el "TOA M-113" no realizó la prueba.

b) Vehículos de ruedas

b1) "VEC M-1"

Los vehículos de ruedas tienen una facilidad de vuelco extraordinariamente mayor que los vehículos de cadenas. Teniendo en cuenta que la pendiente lateral de las zanjas era del 103% (*diseño "A"*) y del 68% (*diseño "B"*), y que su capacidad de vuelco lateral llega al 30%, es impracticable que los vehículos de ruedas puedan superar este obstáculo.

A pesar de que este aspecto se contempló en el planteamiento de los diseños del foso ajedrezado, se consideró el paso de este vehículo por los mandos del Batallón, señalados previamente, hasta que los diseños no fuesen ejecutados por si existían variaciones en la práctica. Además, es preciso señalar que si uno de estos vehículos vuelca o queda atascado, es necesario hacer uso de un vehículo de recuperación, el cual no estaba en uso en ese momento para remolcarlo del obstáculo. Por este motivo, al ver en la realidad la excavación de los diseños, se decidió que el vehículo de ruedas no realizara el intento puesto que era evidente (según los jefes de las secciones implicadas) que volcaría nada más introducirse en la primera zanja.

Las conclusiones que se extrajeron de las pruebas de paso de vehículos por el foso ajedrezado fueron las siguientes:

- Ambos diseños son eficaces para vehículos de ruedas, pues produciría su vuelco al introducirse en la primera zanja.



- Ambos diseños son eficaces para bloquear el paso de un VCI "Pizarro", debido a que el merlón delantero es lo suficientemente alto para que, con la potencia del vehículo y con una sola cadena en el interior del foso, no fuera capaz de superarlo (*diseño "A"*) y debido a que si supera este merlón delantero se enfrenta al merlón lateral de la siguiente fila quedando la panza sobre el mismo y las cadenas en el aire (*diseño "C"*).
- Ambos diseños servirían como obstáculo de bloqueo si los medios enemigos fueran similares al VCI "Pizarro". Para emplazar un obstáculo de fijación, si ese es el efecto deseado, se podrían realizar únicamente dos filas de zanjas.
- El foso ajedrezado es eficaz como obstáculo de fijación para un CC "Leopardo 2E", pues retarda considerablemente su avance y llega a producir la salida de las cadenas si la tierra no se compacta en exceso. Podría funcionar como obstáculo de bloqueo si se amplía el frente del diseño y se excava un mayor número de zanjas por fila.
- Los merlones de tierra deben estar formados por tierra compactada pero no en exceso, lo suficiente para que no se pueda remover con facilidad, pero que cuando el CC pase por encima se desprenda la tierra haciéndole más difícil el avance y ocasionando la salida de cadenas.

Como resultado de las entrevistas informales (consultar [Anexo XII](#) para ver las respuestas detalladas) llevadas a cabo con los jefes de vehículo, se extrae la siguiente síntesis:

- Ambos jefes tomarían la decisión de rodear el obstáculo si fuera posible. De no ser el caso, la siguiente alternativa sería solicitar apoyo de Ingenieros para realizar una apertura de brecha. El Sargento D. Juan Manuel Vinagre Cocaño, Jefe de vehículo del CC "Leopardo 2E", explica: "No intentaría pasar el foso ajedrezado porque la tierra suelta se mete en la cadena y termina sacándola, y en el momento en el que las cadenas cogen tierra, anulan el movimiento. Es uno de los problemas más grandes. Si la cadena se hubiera salido en el foso de la segunda fila, habríamos quedado inmovilizados".
- En el caso del VCI "Pizarro" resultó más complicado cruzar el *diseño "A"* del foso ajedrezado de lo que el jefe había pensado en un primer momento. "Encontré el primer diseño más complicado de lo que creía. Fue más peligroso de lo estimado y solo he avanzado 4 metros con riesgo de vuelco" (Capitán D. Jaime Mallol de la Cierva).
- Respecto a los medios para abrir brecha, los jefes coinciden en el uso del VLPD. Ahora bien, como se explica posteriormente, esta opción puede no ser válida.
- Igualmente, los dos jefes afirman que el foso ajedrezado se reconoce a menor distancia que un foso C/C convencional, y además señalan que aun apreciando la existencia de un movimiento de tierras, no sabrían identificar de qué tipo de obstáculo se trata al no haber visto nada parecido anteriormente (Sargento D. Juan Manuel Vinagre Cocaño). Por tanto, el grado de visibilidad es menor que un foso C/C convencional y su grado de eficacia, en este sentido, es por tanto superior.
- Se corrobora que la nueva propuesta de foso ajedrezado, ambos diseños, sí que es capaz de ralentizar el ritmo de la unidad enemiga e incluso de bloquear su paso.

3.3.3. Apertura de brecha del foso ajedrezado

Tras el análisis de la excavación de los fosos y del posterior paso de vehículos por ellos, el siguiente paso es situarse en la perspectiva del enemigo y estudiar cómo podría abrirse brecha si una unidad se encuentra con este obstáculo.



Los medios de apertura de brecha para los fosos convencionales, como se especifica en el estado del arte, son el tendido del "VLPD 26/70 E" y el "CZ 10/25 E". Para poder verificar si eran válidos o no para el foso ajedrezado, se realizó "in situ" la retirada de los mismos el día 6 de octubre de 2021. Se emplearon el "CZ 10/25 E" y como medio alternativo no convencional la "Bulldozer Caterpillar D7-R". Las fotografías de esta prueba pueden verse en el [Anexo XI](#).

a) "VLPD 26/70 E"

Con este vehículo no se realizó la prueba mencionada. Si bien, con él no podría plantearse la posibilidad de cruzar el *diseño "A"* del foso ajedrezado, al ser capaz de salvar únicamente un obstáculo de una anchura de 25 m. El *diseño "A"* se alarga una profundidad aproximada de 27,7 m (la longitud de las zanjas es de 8 m y la anchura de los 3 merlones frontales de 1,25 m). Por el contrario, el *diseño "B"* presenta un fondo aproximado de 18,75 m (teniendo zanjas de 5 m de longitud y 3 merlones frontales de 1,25 m de ancho), y en un principio, sí podría plantearse utilizar este medio para pasar el obstáculo. Sin embargo, no puede asegurarse debido a las limitaciones que presenta. Algunas de estas son ([MI6-405, 2007](#)):

- El lanzamiento debe realizarse de forma que quede garantizada su estabilidad.
- En la operación de lanzamiento, el VLPD debe estar alejado de taludes o pendientes, de tal forma que no existan peligros de derrumbamientos.
- En la operación de lanzamiento, el VLPD debe estar sobre suelo resistente y lo más llano posible.
- Si las esquinas de los apoyos, en las puntas del puente, se elevan del suelo, debe procederse a propiciar su asiento con rellenos (arena o sacos terreros). Esto debe estar previsto antes del lanzamiento del puente.

En el caso de este obstáculo, si se quiere alejar al VLPD de la zanja para asegurar su estabilidad y evitar su derrumbe, la distancia que debe salvar aumenta, pudiendo ser esta mayor de 25 m. Además, debería procederse a adaptar el terreno construyendo apoyos de la misma altura que los merlones, lo que implicaría aumentar enormemente el tiempo de exposición a la acción de fuego enemigo de este medio crítico.

b) "CZ 10/25 E"

La gran ventaja de este vehículo radica en que está integrado dentro de la unidad de combate que se enfrentaría al foso. No obstante, en la prueba realizada se observó que no era capaz de abrir brecha frontalmente, sino que necesitaría encontrar la zanja de uno de los extremos del foso. Además, no tiene suficiente capacidad para realizar el movimiento de tierras necesario para tapan la zanja.

El tiempo que tardó en retirar el *diseño "A"* del foso ajedrezado, trabajando diagonalmente (y no de manera frontal como se debería), fue de 12 minutos.

El Sargento D. Francisco José de la Calle Oliveros, Jefe de la Scc. De Apoyo de la 2ª Cía. de Zapadores afirmó que "no sabría cómo atacar el obstáculo, y mi decisión sería rodearlo si pudiera". En este caso el obstáculo desarrollaría un efecto de canalización. "Si no pudiera atacarlo diagonalmente, tendría que gastar mucho tiempo y quedaría totalmente expuesto al enemigo" (Sargento D. Francisco José de la Calle Oliveros).

c) "Bulldozer Caterpillar D7-R"

El objetivo de realizar la prueba con esta máquina era estudiar un medio alternativo no convencional para comprobar si era factible su uso para abrir brecha. Esta máquina presenta una alta capacidad de movimiento de tierras y es capaz de atacar el obstáculo frontalmente, pero se encontraron ciertas dificultades durante el desarrollo del ejercicio.



Por ejemplo, se debía disminuir la velocidad y repetir el movimiento por la zona donde se encontraban las zanjas por no tener la certeza de si la tierra que se pisaba estaba lo suficientemente compactada o cedería con el elevado peso de la máquina. Además, esta máquina no es de combate, no está integrada en las Scc. de Zapadores de combate y, como se señala en el estado del arte, necesita ser transportada con un remolque. Por ello, en una situación real, no se encontraría cerca del obstáculo a la hora de abrir brecha.

El tiempo que tardó en retirar el *diseño "C"* del obstáculo ajedrezado fue de 8 minutos.

3.4. COMPARACIÓN DEL FOSO AJEDREZADO CON EL FOSO C/C CONVENCIONAL

Para cumplir con el último de los subobjetivos expuestos en el inicio de la Memoria, en este punto se realiza el análisis comparativo del foso C/C convencional con la nueva propuesta de foso ajedrezado, atendiendo a sus respectivos grados de eficacia y eficiencia. En el primer caso, el grado de eficacia, se estudia el grado de visibilidad de cada obstáculo y la capacidad de retención o vuelco que presenta. En segundo lugar, respecto al grado de eficiencia, se estudia el tiempo de ejecución de cada tipo de foso y el volumen de tierra que es necesario desalojar para su construcción.

a) Grado de eficacia

a1) Grado de visibilidad

En primera instancia, se analiza el grado de visibilidad del obstáculo. Debido a la imposibilidad de excavar "in situ" un foso C/C convencional y compararlo de manera simultánea con el foso ajedrezado, esta variable se compara a partir de la opinión de los expertos involucrados en las encuestas y en las pruebas experimentales.

Como expresan el Capitán D. Manuel Guerra Llamas, quien estuvo destinado 2 años en la 2ª Cía. de Castrametación del Regimiento de Especialidades de Ingenieros nº 11 y 3 años en la Compañía de Apoyo del Bón. de Zapadores de la Legión, el Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, con una experiencia de 2 años al mando de la Scc. de ORTE y otro año en la Cía. de Apoyo del BZ XI y el Teniente D. Agustín Picón Agreda, que estuvo destinado 1 año en la Scc. de Construcción del BZ XI: la visibilidad del obstáculo se reduciría "enormemente" "al no tener un movimiento de tierras tan grande". Asimismo, los jefes de vehículo implicados en las pruebas de paso (Capitán D. Jaime Mallol de la Cierva y Sargento D. Juan Manuel Vinagre Cocaño) opinan que reconocerían el foso ajedrezado a una distancia mucho menor que un foso C/C convencional.

No obstante, es importante mencionar que, como señalan el Sgto. D. Juan Manuel Rodríguez Pérez, el Sgto. D. Francisco Javier Carmona Quintana, el Cabo 1º D. José Manuel Jiménez Bravo y el Brigada D. Alfonso Pérez Rodríguez, con los medios de reconocimiento actuales, como "drones" o satélites, sería igualmente detectable. Ahora bien, como indican los jefes de vehículo nombrados anteriormente, aún detectando la existencia de un movimiento de tierras, no serían capaces de identificar de qué tipo de obstáculo se trata, cómo podrían cruzarlo o qué efecto ocasionaría sobre la unidad hasta encontrarse delante del mismo, lugar donde se verían totalmente expuestos a la acción de fuego enemiga.

Para obtener una idea aproximada de cómo se verían ambos obstáculos según la perspectiva del enemigo, se realizó un diseño 3D mediante el programa informático "SketchUp, que permite observar las diferencias de los dos diseños de foso ajedrezado y el foso convencional (consultar [Anexo X](#)). Se colocó la vista simulada desde una distancia de 60 m. Se concluye que, según estas imágenes y las consultas al personal que ha participado en el estudio, un foso C/C convencional se identifica a una distancia mayor que el foso ajedrezado. No obstante, este resultado debe interpretarse con cautela puesto que, como previamente se ha señalado, el grado de visibilidad depende, principalmente, de los medios de reconocimiento



del enemigo y la zona donde se emplace el obstáculo.

a2) Capacidad de retención o vuelco

En este punto, se estudia si el obstáculo es capaz de bloquear el movimiento del vehículo impidiendo su paso o haciéndole volcar o si tan solo retrasa el ritmo de su avance. Como se ha expuesto en la Memoria del TFG, actualmente un foso C/C convencional no causa el bloqueo de los vehículos de cadenas, que son capaces de cruzarlo sin medios de ingenieros extras. Por tanto, se puede emplazar como un obstáculo de fijación o canalización.

Por el contrario, el foso ajedrezado, según las características de los diseños realizados, se ha demostrado que es capaz de bloquear a un vehículo cadenas como el VCI "Pizarro", impidiendo, por tanto, también el paso de vehículos con menores dimensiones como el "TOA M-113". Un modelo más potente como el CC "Leopardo 2E" tendría alguna opción de lograr superar el obstáculo, teniendo en cuenta que pudo llegar al final del mismo en la prueba de paso. No obstante, quedó paralizado al salirse la cadena y considerando que en el diseño se realizó un número limitado de zanjas, habiendo en la realidad una mayor cantidad de pequeños fosos extendidos a lo largo del frente (se ejecuta a escala reducida 1/7).

Por todo ello, el foso ajedrezado podría utilizarse como obstáculo de bloqueo, estudiando los medios del enemigo, de fijación y de canalización. Este último efecto se consigue debido a que si la unidad propia se encuentra con el foso ajedrezado, la primera decisión que tomaría sería evitar cruzarlo e intentar rodearlo (tras el análisis de los cuestionarios y las entrevistas realizadas a los expertos mencionados a lo largo del trabajo). En la siguiente tabla se sintetiza la información aportada.

Tabla 3. Capacidad de retención y efectos (foso ajedrezado vs. convencional)

		Foso C/C convencional	Foso ajedrezado
Retención	Vehículo cadenas	NO	SÍ
	Vehículo ruedas	SÍ	SÍ
Efecto		Fijación Canalización	Fijación Canalización Bloqueo (depende de medios enemigos)

Fuente: Elaboración Propia

Ambos fosos producen el vuelco de los vehículos de ruedas, sin embargo, normalmente, este tipo de obstáculo está dirigido a un enemigo que se mueva sobre cadenas (C/C) y, por ello, que produzcan el bloqueo de vehículos de ruedas no es determinante en una operación real.

b) Grado de eficiencia

Es importante resaltar que en este apartado la comparación se hace entre unos diseños del foso ajedrezado, con dimensiones reducidas, frente reducido a escala 1/7, respecto a las que deberían ejecutarse en la realidad, y el foso C/C convencional, con sus dimensiones ajustadas para ser similares a las de los diseños de foso ajedrezado. En la realidad el frente habitual de un foso C/C convencional es mucho mayor, en torno a los 100 m, que el que consta en las tablas siguientes (14 m, dimensión acorde a escala 1/7).

b1) Tiempo de ejecución

En la Tabla 4 se reflejan los diferentes tiempos que se tarda en ejecutar cada tipo de foso, y dentro del foso ajedrezado, se diferencian los dos diseños (A y C) ejecutados. Se tiene en cuenta, por un lado, el tiempo efectivo y, por otro lado, el tiempo extra, términos explicados en el punto "3.3.1. Excavación de diseños del foso ajedrezado". Se establece el 40% de tiempo extra para el foso ajedrezado y el 30% para el foso C/C convencional. Estos valores se



establecen en función de lecciones aprendidas y la recomendación de la Teniente de la Scc. de ORTE, Dña. Cristina González-Montagut Siljeström.

Tabla 4. Tiempos de ejecución (foso ajedrezado vs. convencional)

Dimensiones	Zanja	Largo (m)	Diseño A		Diseño C		Foso C/C convencional
			Teoría	Real	Teoría	Real	
		Ancho (m)	2	2	2	2	3,3
		Profundidad (m)	0,85	0,75	0,5	0,6	1,5
		Ancho (m)	1	1,8	1,2	2	3 (variable)
	Merlón	Alto (m)	0,8	0,8	0,5	0,5	2,5 (variable)
Tiempo	Efectivo (min/zanja)		35	27	30	27	0,29
	Extra (%)		40	40	40	40	30
	Total (h)		5,72	4,41	4,41	4,41	0,37
Volumen de tierra	Zanja (m ³)		12	6	6	6	69,3
	Total (min)		84	42	42	42	69,3
Nº zanjas			7	7	7	7	14
Frente total (m)			13,2	14	14	14	14

Fuente: Elaboración Propia

La gran diferencia existente entre el foso ajedrezado y el foso C/C convencional es a causa de la maquinaria utilizada. Resulta evidente que, en el caso de poder utilizar maquinaria con capacidades "adecuadas" en ambos diseños, el tiempo de ejecución del primer tipo sería menor, pues los datos de la tabla de los diseños del foso ajedrezado hacen referencia al tiempo empleado haciendo uso de maquinaria que presenta menores capacidades de movimiento de tierra que la correspondiente a un foso C/C convencional. Con todo, para el foso C/C convencional se utiliza, como se menciona a lo largo del trabajo, la "Bulldozer Caterpillar D7-R", que permite excavar zanjas de grandes dimensiones en un tiempo muy reducido. Por ello, el tiempo de ejecución de este tipo de obstáculo con un frente de 14 m es de 17 minutos (0,29 h según la tabla). Debido a la imposibilidad de realizar la excavación de un foso C/C convencional, las encuestas iniciales realizadas a los operadores con gran experiencia en el ámbito, han sido empleadas como fuente de información, donde se establecía un tiempo medio de ejecución de este tipo de obstáculo de 100 m de frente en 2 horas. A partir de este dato se ha extrapolado el tiempo correspondiente a la excavación de 14 m del mismo obstáculo (frente reducido a escala 1/7) y por ello el tiempo resultante de 0,29 h se obtiene de dividir las 2h entre 7. Este tiempo indica únicamente el empleado en realizar la excavación como tal, posteriormente debe añadirse el tiempo extra (30%), quedando finalmente un tiempo de ejecución para el foso C/C convencional de 22 minutos (0,37h).

Sin embargo, para excavar el foso ajedrezado, como se ha explicado anteriormente, la maquinaria utilizada debe ser otra distinta por el reducido tamaño de las zanjas. En este sentido, era de esperar que el tiempo de ejecución aumentase considerablemente. Finalmente, para el *diseño "A"* el tiempo total del obstáculo con un frente de 13,2 m es de 5 h y 43 min (5,72 h según tabla), y para el *diseño "C"* es de 4 h y 24 min (4,41 h según tabla).

El tiempo de ejecución es un punto importante a la hora de emplazar obstáculos dado que se debe intentar que los recursos críticos, como son las máquinas de zapadores, estén expuestas al enemigo el mínimo tiempo posible. Por esta razón, una de las conclusiones que se extrae del estudio es que resulta poco práctico sustituir de manera íntegra la ejecución de fosos C/C convencionales por foso ajedrezados, a pesar de que su eficacia sea mayor, debido al mayor tiempo de ejecución.

b2) Volumen de tierra excavado y desalojado

Estudiando esta variable de eficiencia, queda evidenciado que el volumen de tierra desalojado es considerablemente menor en el foso ajedrezado que en el foso C/C convencional, dado que las dimensiones son mucho menores. En la Tabla 5 puede observarse la significativa diferencia entre el *diseño "C"* y el foso C/C convencional, siendo esta de 27,3 m³.



El *diseño "A"* presenta una cantidad de tierra desalojada mayor que el foso C/C convencional, sin embargo, debe aclararse que se debe al tratarse de un pequeño diseño y se configura con tres filas de zanjas. Asimismo, el foso convencional presenta únicamente 14 m de frente, cuando en la realidad abarca un frente mucho mayor y, por ello, la cantidad de tierra desalojada aumenta en gran consideración.

Igualmente, es preciso remarcar que los diseños del foso ajedrezado constan de 3 filas transversales colocadas en profundidad, por lo que además de cubrir el mismo frente que un foso C/C convencional, deben extenderse en profundidad. Por ello, en el caso del *diseño "A"*, debido a sus medidas, el volumen de tierra desalojado resulta mayor que el de un foso C/C convencional.

Tabla 5. Volumen de tierra desplazado (foso ajedrezado vs. convencional)

Dimensiones	Zanja	Largo (m)	Diseño A		Diseño C		Foso C/C convencional
			Teoría	Real	Teoría	Real	
	Zanja	Ancho (m)	2	2	2	2	3,30
		Profundidad (m)	0,65	0,75	0,50	0,60	1,50
		Merlón	Ancho (m)	1	1,80	1,20	2
	Merlón	Alto (m)	0,80	0,80	0,50	0,50	2,50 (variable)
Tiempo	Efectivo (min/zanja)			35		27	0,29
	Extra (%)			40		40	30
	Total (h)			37,2		41,1	0,31
Volumen de tierra	Zanja (m ³)			12		6	
	Total (m ³)			84		42	89,30
Nº zanjas			7		7		
Frente total (m)				13,20		14	

Fuente: Elaboración Propia

La ventaja de reducir el volumen de movimiento de tierras radica en el enmascaramiento del obstáculo, es decir, es más difícil identificar el emplazamiento de un elemento defensivo puesto que el terreno no se muestra tan modificado, con tantos cambios de color de tierra o con grandes montones de tierra acumulada.

De manera semejante, es interesante comparar ambos diseños de foso ajedrezado. El *diseño "A"* ha demostrado ser el más eficaz de los diseños planteados y ejecutados, siendo capaz de inmovilizar a un carro de combate. Sin embargo, si el tiempo resulta un factor clave para la misión, el *diseño "C"* sería el más adecuado, aunque, debería analizarse los medios de la unidad enemiga, pues este presenta un menor grado de retención que el *diseño "A"*.

4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En el marco de las acciones militares concernientes al Arma de Ingenieros, donde las unidades desarrollan acciones de contramovilidad, el uso de los obstáculos C/C resulta frecuente, quedando el foso C/C convencional parcialmente obsoleto, pues se ha evidenciado que puede ser cruzado con los medios vigentes sin apenas provocar retardo en el movimiento del enemigo. A lo largo del trabajo se ha llevado a cabo el diseño y estudio de viabilidad de un nuevo foso C/C que sea capaz de cumplir el efecto requerido de un foso C/C convencional, pero que además satisfaga aquellos requisitos que este último ha dejado de cumplir debido a la mejora de los medios vigentes.

Apoyándose en diversos manuales, artículos y trabajos, se consigue realizar una revisión de la literatura y plasmar la información existente en la actualidad sobre los fosos C/C convencionales y sus alternativas. Así mismo, con las respuestas de las encuestas iniciales que se realizaron a los Cuadros de Mando de batallón y a los operadores con mayor grado de experiencia, se pudo extraer información relativa a sus grados de eficacia y eficiencia.



Considerando el ensayo que realizó el BZ XI en 2019, explicado al comienzo del presente trabajo, junto con las encuestas iniciales, el análisis de las características de los vehículos en dotación en el BZ XI, así como con las recomendaciones del Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda, fue posible cumplir el subobjetivo de diseñar diferentes configuraciones dimensionales de foso ajedrezado. Se plantearon 3 diseños con diferentes medidas.

Gracias al estudio de caso único, pre-experimental, realizado en el que se llevó al terreno la excavación de dos de los tres diseños iniciales y se realizaron pruebas de paso de vehículos sobre los mismos y, además, se analizó la retirada de los mismos o apertura de brecha, ha sido posible analizar el grado de eficacia y de eficiencia del nuevo obstáculo C/C propuesto.

Tras la recopilación de los datos necesarios, se realizó una de las partes más importantes del trabajo, la comparación entre esta propuesta novedosa y el foso C/C convencional, y se han obtenido una serie de conclusiones que a continuación se exponen.

Tras este estudio de caso único, se llega a la conclusión de que el foso ajedrezado presenta un grado de eficacia mayor que el foso C/C convencional. Esto se debe a que demuestra tener mayor capacidad de retención y, a su vez, resulta más difícil y costoso utilizar los medios vigentes para llevar a cabo una apertura de brecha sobre este obstáculo. Si no es poco, al tener dimensiones menores que el foso C/C convencional, demuestra tener un grado de visibilidad menor. En cuanto al grado de eficiencia, a pesar del hecho de que exige una menor cantidad de tierra desalojada, la nueva propuesta implica un mayor tiempo de ejecución debido a la restricción de la maquinaria utilizada, puesto que esta debe tener unas dimensiones menores y, con ello, menor capacidad de movimiento de tierras que la utilizada para el foso C/C convencional. Por todo lo expuesto, se concluye que no resulta eficiente sustituir de manera íntegra la construcción de los fosos C/C convencionales por fosos ajedrezados, sino combinarlos para lograr un GOBS que muestre mayor grado de eficacia, aportado por esta nueva propuesta. "El foso ajedrezado puede ofrecer ventajas que lo convierten en interesante cuando el factor limitante no es el tiempo de ejecución" (Cap. D. José Carlos Navas Avellaneda).

Como líneas futuras de investigación, se plantean diferentes vías que podrían ayudar a continuar con el desarrollo y la mejora de la propuesta de foso ajedrezado.

Resultaría de gran utilidad realizar estudios de nuevos diseños configurados con diferentes medidas que resulten viables de construir con la máquina "Bulldozer Caterpillar D7-R", aumentando así su grado de eficiencia al poder ahorrar tiempo en su ejecución.

De la misma manera, se plantea ventajoso realizar estudios sobre la posibilidad de adquirir nuevos recursos materiales para lograr un grado de eficiencia mayor en la construcción de un foso ajedrezado, como por ejemplo, según refleja el Cap. D. José Carlos Navas Avellaneda en la entrevista realizada, excavadoras rotativas de cadena.

Igualmente, resulta interesante continuar ejecutando un mayor número de pruebas experimentales considerando un mayor número de variables que permitan recabar más datos y también, construirlo en diferentes terrenos para ver su comportamiento en función de las características de la tierra excavada. Asimismo, se plantea el empleo conjunto de programas de simulación, de forma previa y complementaria a los estudios experimentales.

Por otro lado, debería analizarse la manera de integrar el foso ajedrezado en un PLOBST y observar cómo funcionaría en combinación con otros obstáculos no pasivos, como las minas C/C, las alambradas o con agua en su interior, haciendo este obstáculo más eficaz y más difícil de cruzar al obligar al enemigo a usar diferentes medios de apertura de brecha.

Con todo, se concluye que los resultados y conclusiones del presente trabajo pueden ser un punto de partida relevante para una mejora de las tácticas actuales de Apoyo a la Contramovilidad llevadas a cabo por las Unidades de Ingenieros.



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez de Lara Alcaina, R. (2020). *Análisis de obstáculos y medidas para dificultar el movimiento enemigo en conflictos híbridos*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.
- Batallón de Zapadores XI (2020). NOP: *Nuevo diseño foso C/C "Foso ajedrezado"*. BZ XI.
- Blasco-Gómez, M. (2011). *Fortificación*. Trabajo de la Especialidad Fundamental de Construcción del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos de la Escala de Oficiales. Escuela Politécnica Superior del Ejército.
- Caterpillar Inc. (2012). *D7R-Track-Type Tractor*. Caterpillar Inc.
- Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales del Mando de Adiestramiento y Doctrina (2001). *MI6-402: Manual de Instrucción-Tripulación del Vehículo de Combate de Zapadores/TOA*. MINISDEF.
- Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales del Mando de Adiestramiento y Doctrina (2008). *MI6-102: Tripulación del CC LEOPARDO 2E*. MINISDEF.
- Dirección de Enseñanza, Instrucción, Adiestramiento y Evaluación del Mando de Adiestramiento y Doctrina (2017). *MI-018: Tripulación del VCI/C Pizarro (Tomo I)*. (1ª ed.) MINISDEF.
- Dirección de Organización y Campaña, Estado Mayor Central del Ejército (1976). *M-0-4-28: Manual Transporte Oruga Acorazado*, Madrid: MINISDEF.
- División de Operaciones del Estado Mayor del Ejército (1997). *MT6-201: Manual Técnico-Vehículo de Exploración de Caballería (VEC)*. (1ª ed.) Estado Mayor del Ejército.
- Estado Mayor de la Defensa (2020). *PD0-000: Glosario de terminología de uso conjunto*. MINISDEF.
- González-Montagut, C. (2021). *"Bulldozer Caterpillar D7-R" militar*. (recurso: fotografía de distribución interna). Noviembre 2021.
- González-Montagut, C. (2021). *"Retrocargadora Mixta de ruedas JCB" militar realizando excavación del foso ajedrezado*. (recurso: fotografía de distribución interna). Noviembre 2021.
- González-Montagut, C. (2021). *"Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B" militar*. (recurso: fotografía de distribución interna). Noviembre 2021.
- HIDROMEK (2011). *Retrocargadora HMK 102B*. [En línea]. Disponible en: <https://www.hidromek.com.tr/> [Consultado el 21-10-2021].
- JCB Sales (2009). *Baggerlader-3CX/4CX Eco*. [En línea]. Disponible en: www.jcb.com [Consultado el 20-10-2021].
- Kinnear, T.C. y Taylor, J.R. (2004). *Investigación de Mercados: Un Enfoque Aplicado*. McGraw-Hill. México DF, México.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2005). *OR5-409: Organización del Terreno para el combate de las Grandes Unidades*. (1ª ed.) MINISDEF.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2011). *PD1-001: Empleo de las Fuerzas Terrestres*. (2ª ed.) MINISDEF.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2016). *PD3-316: Ingenieros de las Fuerzas Terrestres*. (1ª ed.) MINISDEF.



- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2019). *MT-032: Vehículo VAMTAC ST5 BN1 Bivalente*. MINISDEF.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2020). *AGM-CM-13: Táctica y Logística de Ingenieros*. (1ª ed.) Departamento de Ciencia Militar.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina, Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales (2005). *OR5-012: Organización del Terreno para Pequeñas Unidades*. (1ª ed.) MINISDEF.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina, Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales (2007). *MI6-403: Carro de Zapadores CZ 10/25 E*. (1ª ed.) MINISDEF.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina, Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales (2007). *MI6-405: Vehículo Lanzapuentes Deslizante (VLPD) 26/70 E*. (1ª ed.) MINISDEF.
- Ministerio de Defensa (2012). Ejército de Tierra-Materiales del BZAP.XVI. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Santa_Cruz_De_Tenerife/bonzapa_xvi/Organizacion/materiales/index.html_1910061517.html [Consultado 20-10-21].
- Ministerio de Defensa (2020). Apoyo a Irak - Inherent Resolve - NATO Mission-Irak. Disponible en: https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/listado/apoyo-a-irak.html [Consultado el 19-10-2021].
- Ministerio de Defensa (2020). Presencia Avanzada Reforzada - Letonia. Disponible en: https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/listado/otan-efp-letonia.html [Consultado el 19-10-21].
- Molina-Azorín, J. y Cameron, R. (2010). *The Application of Mixed Methods in Organisational Research: A Literature Review*. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228933128_The_Application_of_Mixed_Methods_in_Organisational_Research_A_Literature_Review [Consultado el 08-10-2021].
- Moraleda, J.A. (2021). "Pizarro" cruzando foso C/C. (recurso: vídeo de distribución interna). Febrero 2021.
- Moraleda, J.A. (2021). CC "Leopardo 2E" cruzando foso C/C. (recurso: vídeo de distribución interna). Marzo 2021.
- Naghi, M. (2005). *Metodología de la Investigación*. Noriega Editores, 2ª Edición. México DF, México.
- Ñaupas-Paitán, H., Palacios-Vilela, J., Romero-Delgado, H. y Valdivia-Dueñas, M. (2018). *Metodología de la investigación, cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5ª ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
- Rodríguez-Delgado, E. (2018). "Los principios del combate inglés en la defensa II parte: La defensa en forma de trinchera". *Bellumartis Historia Militar*, 23 de julio. Disponible en: https://bellumartishistoriamilitar.blogspot.com/2018/07/los-principios-del-combate-ingles-en-la_23.html [Consultado el 23-09-2021].
- United States Army Engineer Center and Schools (1994). *EN 0053: Explosives and Demolitions*. Washington DC: Headquarters Department of the Army.
- United States Army Engineer School (1985). *FM 5-102: Countermobility*. Washington DC: Headquarters Department of the Army.
- United States Army Engineer School (2007). *FM 5-250: Explosives and Demolitions*. Washington DC: Headquarters Department of the Army.

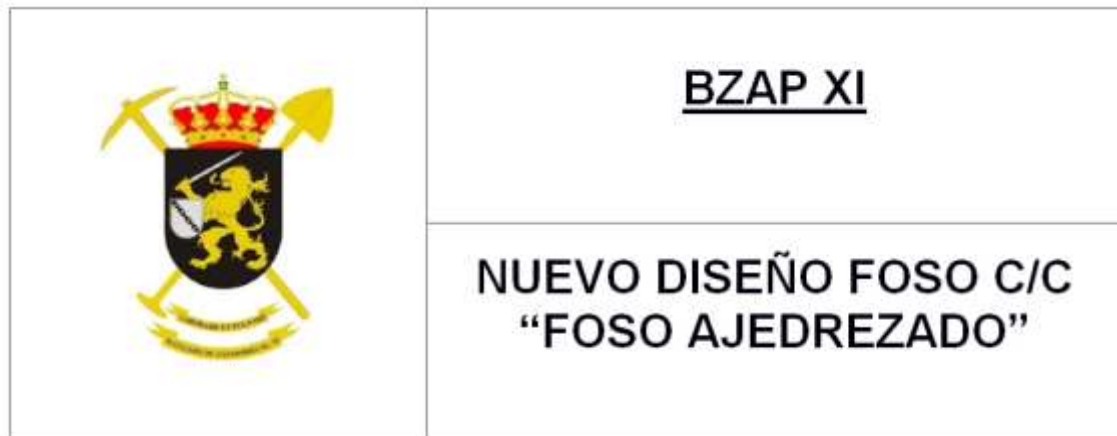


ANEXOS



Anexo I. NOP "Nuevo diseño foso C/C "foso ajedrezado"

En el presente anexo se reproduce, de forma íntegra, la NOP "Nuevo diseño foso C/C foso ajedrezado", desarrollada en 2019 por el Batallón de Zapadores XI, debido a su relevancia para conocer la motivación y los antecedentes del presente TFG.



1.- OBJETO

Extraer a través de los cálculos y pruebas necesarias el nuevo diseño de un obstáculo contracarro (C/C) tipo "foso" con un menor perfil para dificultar su reconocimiento.

2.-GENERALIDADES

El terreno condiciona y limita en gran medida el empleo de las unidades acorazadas. Mediante el empleo de obstáculos y su ocultación se pueden potenciar aun más las características del terreno en favor de las fuerzas propias.

Englobado dentro de los obstáculos pasivos no letales se encuentra el foso C/C. Las zanjas o fosos C/C son excavaciones de anchura y profundidad tal que los vehículos de combate no puedan franquearlas.

3.-CARACTERÍSTICAS Y RESTRICCIONES DEL OBSTÁCULO

Se pretenden las siguientes características para el obstáculo en estudio:

- Reducir la movilidad del enemigo, pero además, poner a éste en una situación desfavorable, haciéndole más vulnerable y disminuyendo su potencia de combate.
- Baja visibilidad, para evitar su avistamiento por las unidades de reconocimiento enemigas.
- Rapidez en su construcción, reduciendo al máximo el empleo de maquinaria crítica y su tiempo de exposición.
- Simplicidad en su diseño, facilitando su uso para otras unidades e integración.
- Versatilidad, ser útil para cualquier tipo de vehículo, tanto rueda como cadena. Así como complementarse con obstáculos no pasivos.

Se tendrán en cuenta las restricciones establecidas en los tratados, convenciones y otras normas suscritas por España, referentes a la investigación, el desarrollo, la fabricación, el almacenamiento, el empleo o la destrucción de medios químicos, bacteriológicos, mecánicos, electromagnéticos, ópticos, explosivos e incendiarios, que ocasionen en el hombre u otros seres vivos la muerte, incapacitación permanente o daños



irreversibles.

El empleo de la fuerza puede desembocar en la destrucción de una zona, por lo que las actividades deberán planearse con vistas a lograr un equilibrio entre la finalidad de la misión y la exigencia de la protección del medio ambiente. Así mismo se deberán tener en cuenta las actividades necesarias para el restablecimiento de las condiciones iniciales una vez acabado el conflicto.

Las medidas incluidas en las Reglas de Enfrentamiento, que son impuestas por las Autoridades políticas y que pueden condicionar la acción militar.

4.-DISEÑO DEL OBSTÁCULO

Se pretende realizar un obstáculo compuesto por una combinación de zanjas de unas medidas concretas dispuestas de forma taqueada jaques o ajedrezada. Estas se disponen a lo largo del frente deseado en al menos una profundidad de tres de estas zanjas.

El obstáculo se podrá complementar con minas o explosivos en las zanjas para potenciar su efecto.

Vista del diseño de la zanja:

LARGO: 8M

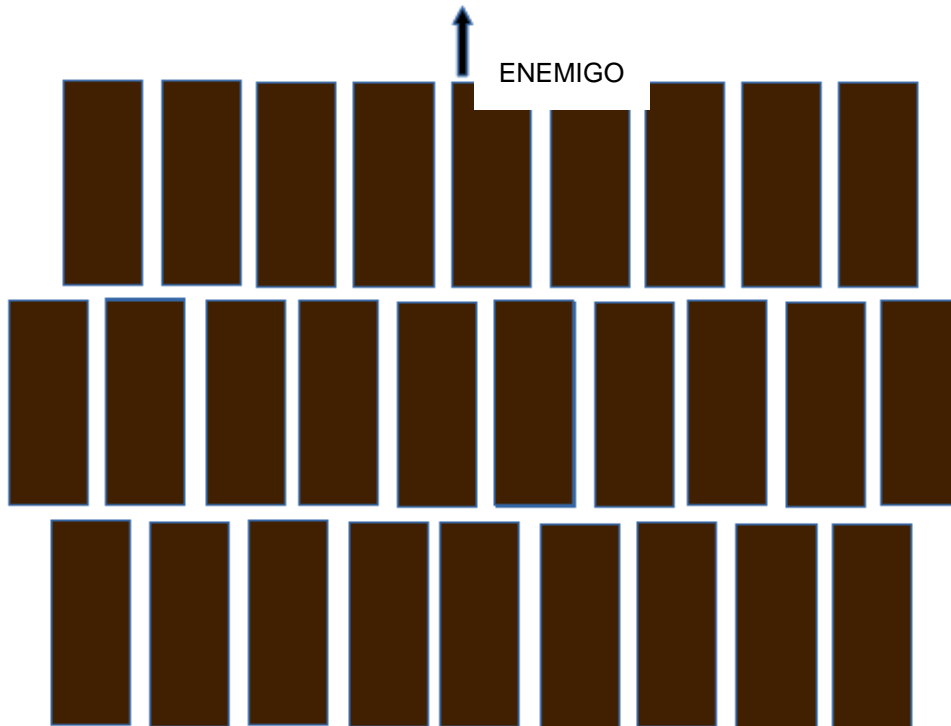


ANCHO: 2M

PROFUNDIDAD
0,65M

Debe tener el corte recto y estar bien compactada.

Vista aérea del obstáculo:



Separación entre zanjas de 0,5 metros.

5.-PRUEBAS Y ENSAYOS A REALIZAR

Con la finalidad de verificar la eficacia y eficiencia del obstáculo se requiere la realización de los siguientes ensayos experimentales:

- Realización del obstáculo en un frente de 100m por tren de maquinas compuesto de empujadora y rodillo.
- Realización del obstáculo en un frente de 100m por tren de maquinas compuesto de retroexcavadora y rodillo.
- Realización del obstáculo en un frente de 100m por tren de maquinas compuesto de empujadora y retroexcavadora.
- Realización del obstáculo en un frente de 100m por una sección de ingenieros mecanizados con VCZ y un carro de zapadores.

De estos ensayos se pretende extraer:

- Tiempos de construcción del obstáculo para compararlos con el foso C/C estándar.
- Tiempos de construcción del obstáculo de cada tipo de personal y maquinaria encargada para comprobar su eficiencia.
- Comprobar la calidad del obstáculo según tipo de personal y maquinaria encargada para comprobar su eficacia.



- Prueba de identificación y reconocimiento por unidades especializadas.
- Prueba de identificación y reconocimiento por unidades no especializadas.

Se pretende conseguir la siguiente información dado un itinerario por el que avanzar tanto una unidad de reconocimiento como a una unidad de combate:

- Distancia a la que detecta la presencia de un obstáculo.
- Datos transmitidos sobre el obstáculo y su precisión.
- Decisión tomada por la unidad respecto al obstáculo (Pasar, rodear, solicitar apoyo de ingenieros...).

La información de esta prueba puede ser muy variable debido a factores como instrucción de la unidad, terreno, meteorología o medios. Por ello sería interesante la realización de un foso C/C estándar cercano a la zona para tener valores comparativos entre el nuevo obstáculo y el foso C/C, pudiendo saber cual cuenta con menor visibilidad y aporta mayores dificultades al reconocimiento enemigo.

- Prueba de paso de un vehículo de combate de infantería tipo rueda (BMR/VAMTAC).
- Prueba de paso de un vehículo de combate de infantería tipo cadenas (Pizarro/TOA).
- Prueba de paso de un vehículo de combate de ingenieros tipo rueda (BMR/VCZ).
- Prueba de paso de un vehículo de combate de ingenieros tipo cadena (TOA/VCZ).
- Prueba de paso de un vehículo de combate tipo rueda (VEC).
- Prueba de paso de un vehículo de combate tipo cadena (Leopard).

De estas pruebas se pretende conocer:

- La eficacia de las dimensiones del obstáculo para todo tipo de vehículos y cambiarlas según lo observado.
- La eficacia o no de los vehículos de combate de ingenieros contra estos obstáculos, por si pudieran atacarlos por con sus propios medios o se encontrarían con la necesidad de usar medios especiales (CZ, explosivos, maquinaria pesada...).
- Ver posibles efectos a favor o en contra del obstáculo cuando se enfrenta a él cada tipo de vehículo con sus medios y tripulación.

A parte de estas pruebas sería interesante que unidades desplegadas en el extranjero realizaran pruebas similares. Pues se podrían extraer mayores conclusiones al experimentar en otros tipo de terreno y con diferentes vehículos extranjeros.



6.-REFERENCIAS Y MATERIAL DE APOYO

- DIVA-CD-026
- OR7-014
- OR5-410
- OR5-012



Anexo II. Entrevista realizada al Cap. D. José Carlos Navas Avellaneda

A continuación, se muestra una transcripción íntegra de la entrevista realizada al Capitán D. José Carlos Navas Avellaneda el 4 de octubre de 2021.

- ¿Existen experiencias similares o doctrina de otros países aliados que contemplen fosos C/C con una configuración ajedrezada?

Si es afirmativo, ¿me podría señalar qué países?, ¿es posible acceder a dicha información?

Existen similitudes con un tipo de obstáculo que llaman "antitank craters". No tiene exactamente la misma configuración, pero sí que usan el mismo principio para conseguir la detención del vehículo enemigo. Sin embargo, en vez de realizarlos con maquinaria lo realizan con explosivos y normalmente en zonas muy locales como cruces de carreteras.

Te paso enlaces:

<https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-102/Ch6.htm>

https://books.google.es/books?id=zGRz4QbIktkC&pg=SA4-PA1&lpg=SA4-PA1&dq=military+antitank+craters&source=bl&ots=oO9ZbQU1nb&sig=ACfU3U11udW3b7oaL4WgkfP2V53FjqVcSQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi537KXxLDzAhUDyIUKHUUdC_YQ6AF6BAgHEAE#v=onepage&q=military%20antitank%20craters&f=false

- ¿Se ha empleado en algún conflicto fosos C/C con una configuración ajedrezada?

Si es afirmativo, ¿me podría señalar qué países?, ¿es posible acceder a dicha información?

No puedo confirmar que se hayan usado, pero estando en manuales es de esperar que lo de los cráteres se usara en la Segunda Guerra Mundial.

- ¿Qué grado de utilidad ve en los fosos C/C convencionales en cuanto a tiempo de ejecución y facilidad de identificación por parte del enemigo?

Los fosos convencionales tienen un diseño lineal más sencillo y rápido en tiempo de ejecución. Sin embargo, su berma hace fácil su identificación y oculta de las vistas al enemigo.

- ¿La posible aplicación de la configuración ajedrezada abre mayores posibilidades en guerra convencional, híbrida o en ambas? ¿Por qué?

Creo que como en ambas pueden darse despliegues de carros de combate, el foso ajedrezado puede tener aplicación sin importar el tipo de conflicto mientras se enfrenten enemigos simétricos que incluyan en sus órdenes de combate vehículos blindados de algún tipo.



- Por favor, ¿me podría señalar cómo surge la idea de fosos ajedrezados y cuándo?

La idea surgió durante la preparación de una exhibición en 2019. En dicha preparación, a la Sección de Organización del Terreno se le encomendó realizar una serie de badenes alternos para que el carro de combate fuera botando lateralmente mientras mantenía su cañón fijo.

El Sargento, ahora Sargento 1º, Jorge Calatrava Navarro como jefe de pelotón encargado del tajo realizó una serie de fosos en “zig-zag”, teniendo cada foso unos 4m de largo por 2 de ancho y 0,7 de profundidad.

Durante los ensayos de la exhibición, el carro de combate Leopardo tuvo que detenerse en la realización de la prueba de los fosos ya que no podía continuar su avance con la seguridad y velocidad deseadas. Finalmente tuvieron que reducir el perfil de los fosos para la exhibición.

Tras este hecho, el Sargento Calatrava se lo comunicó a su Jefe el Teniente José Carlos Navas Avellaneda, ahora Capitán, que tras recabar los datos que el Sargento le había proporcionado realizó una NOP para incluir dentro de los trabajos de máquinas en combate dentro de sus operaciones en defensiva.

Sin embargo, no se pudieron realizar más experimentos al empezar ambos mandos la preparación para la misión en Irak. Por lo que al final se propuso como TFG por el BZ XI.

- ¿Cuántos ejercicios experimentales se han llevado a cabo? ¿Cuándo y con qué fin se realizó? ¿Son la única UCO de las FAS que han llevado a cabo ejercicios experimentales con fosos ajedrezados?

Solo se realizó la prueba de la misma preparación de la exhibición. Hasta donde yo sé ninguna otra unidad ha realizado ni incluye en sus NOPs prácticas de fosos ajedrezado. Convendría tal vez preguntar a otras unidades de zapadores para comprobarlo al 100%.

- ¿La NOP “NUEVO DISEÑO FOSO C/C “FOSO AJEDREZADO” es el documento más reciente en cuanto a dichas experiencias?

Afirmativo.

- De dichas experiencias, ¿cuáles fueron los diseños que se emplearon? ¿Por qué?

Se empleó el diseño expuesto en la preparación de la exhibición. Y el diseño surgió prácticamente por casualidad.

- ¿Podría conocer las principales lecciones aprendidas (p. ej. fortalezas, debilidades, futuras vías de experimentación) de dichas experiencias?

Todas las lecciones aprendidas de esa experiencia fueron las que quedaron plasmadas directamente en la NOP.



- En el alcance del Trabajo Fin de Grado, se han contemplado 3 diseños de foso C/C a experimentar ¿considera que son los más adecuados? ¿Por qué? ¿De qué manera debería pasar el vehículo el obstáculo para quedarse encajonado? (una rueda en la zanja y otra en la tierra, ambas en zanjas, longitud del obstáculo...)

Considero que los diseños han sido adecuados para comprobar cómo afecta la longitud de cada foso y cómo es de determinante según el tipo de vehículo.

Creo que el vehículo enemigo, si se adapta bien el obstáculo, siempre va a intentar tener ambas cadenas en los merlones, y encuentra la dificultad al encontrarse la segunda línea en profundidad, ya que en la segunda línea no están alineados los merlones.

Sin embargo se podría adaptar la anchura de los fosos para que siempre una cadena fuera por merlón y la otra obligatoriamente por dentro del foso, aunque esto incrementaría mucho el tiempo y cantidad de tierra a desplazar.

- ¿Considera que con el recurso material existente (maquinaria, equipos auxiliares, etc.) es posible lograr un grado de eficiencia mayor (menor cantidad de tierra, tiempo de ejecución) en la construcción de un foso ajedrezado?

Si es negativo, ¿considera interesante estudiar la posibilidad de qué recursos materiales se podrían adquirir para lograr un grado de eficiencia mayor que haga viable la construcción de un foso ajedrezado?

Creo que habría que realizar cálculos considerando excavadoras militares y CZ para calcular la eficiencia en un obstáculo tipo de 500m de frente y así poder sacar conclusiones fundadas.

Pero seguramente sea más rápido el foso convencional. Aun así, el foso ajedrezado puede ofrecer ciertas ventajas que lo hagan más interesante cuando el factor limitante no es el tiempo de ejecución. Sí, lo considero interesante realizar ese estudio.

- Según las encuestas que se pasaron a los miembros del batallón con experiencia en el ámbito, la mayoría coincidían en que el tiempo de ejecución sería mayor a la hora de realizar el foso ajedrezado. Esto se debe a que la maquinaria mueve en el mismo tiempo una menor cantidad de tierra. Por ello, ¿qué recursos materiales cree que se podría adquirir para lograr un grado de eficiencia mayor que haga viable la construcción de un foso ajedrezado?

Excavadoras rotativas de cadena.

- De la misma encuesta se extrajo la conclusión de que la maquinaria utilizada para el nuevo obstáculo es menos eficiente, sin embargo, presenta una mayor movilidad a la hora de integrarse en un despliegue (mayor velocidad, no necesidad de remolque...).

¿Cree que es un buen motivo para incorporar este nuevo obstáculo en misiones internacionales donde se realizan itinerarios de gran distancia? ¿En qué situaciones o con qué finalidad podría integrarse este nuevo foso en los trabajos de los Ingenieros?

Creo que hay que tener en cuenta que el CZ también puede realizar tanto el foso convencional como el ajedrezado y que puede integrarse en los despliegues bien. Luego si comparamos solo Dozer, para foso convencional, y retroexcavadora mixta.



Para foso ajedrezado, sí que es más plausible que las retroexcavadoras mixtas sigan un despliegue, siempre con bastante dificultad.

Aun así, estos trabajos de máquinas siempre exigen que exista una buena protección y buenos cálculos de tiempos y rutas para aprovechar su rendimiento en la maniobra.



Anexo III. Eficacia de los fosos C/C

En el presente anexo, se detallan las características principales que deben presentar los fosos C/C convencionales para aumentar su eficacia, presentados en el estado del arte de la Memoria del presente TFG. Ello es clave para entender las debilidades de este tipo de fosos C/C y poder realizar una comparación entre estos y los fosos ajedrezados.

Un foso aislado no es un obstáculo adecuado y no logrará detener al atacante. Para aumentar su eficacia y asegurarse que cumpla su función de bloqueo o aumente el tiempo de retardo del movimiento enemigo se debe ([AGM-CM-13, 2020](#)):

- Ubicar el foso dentro del alcance efectivo de las armas C/C propias.
- Planear previamente fuegos de artillería y ataques aéreos en las zonas de los fosos C/C. Esto le desorganizará mientras intenta forzar el paso por el foso, haciéndole más vulnerable al fuego propio.
- Emplazar minas C/C en ambos lados del foso, especialmente en la zona de material removido y en el fondo de la zanja, para multiplicar la eficacia.
- Colocar alambre de espino o agua en el foso zanja para dificultar que tropas a pie abran brecha en el foso.
- Apoyar los extremos de los fosos en obstáculos existentes tales como pendientes pronunciadas, arbolado, áreas edificadas, etc...

La construcción del foso C/C implica gran cantidad de tiempo y equipo. Generalmente, habrá que escoger entre excavar fosos C/C o excavar posiciones defensivas¹². Por esta razón, debe aprovecharse el terreno para reducir las dimensiones de las excavaciones consiguiendo el mismo efecto sobre el enemigo. El rendimiento de trabajo aumenta considerablemente cuando es posible elegir la zona del terreno que requiere una menor excavación, perfilando perfiles ya de por sí fuertes. Las mejores zonas complementarias para llevarlo a cabo son ([AGM-CM-13, 2020](#)):

- Pendientes mayores de 35 grados.
- Pasos más de 1,5 metros de altura.
- Cortados y zanjas de más de 3 metros.
- Pantanos y marismas de más de 1 metro de profundidad.
- Los bosques que tienen árboles de más de 20 cm en diámetro.
- Los bosques que tienen pendientes de 15 grados y árboles más de 10 cm de diámetro.
- Las zonas edificadas.

Su valor como obstáculo varía en función de las dimensiones de la zanja y de la naturaleza del terreno. La capacidad de obstrucción de la zanja aumenta considerablemente si la tierra excavada se amontona en forma de espaldón a lo largo del borde posterior de la zanja ([AGM-CM-13, 2020](#)).

¹² Posición defensiva: zona en la cual se organiza el terreno y desde la que se pretende detener y destruir o desgastar al atacante ([PDO-000, 2014](#)).



Una de las variables con las que se puede medir la eficacia de un foso es mediante el retardo de tiempo que impone a la unidad enemiga. A continuación, se muestra una gráfica con dos funciones distintas dependiendo del tipo y condición del suelo que ajusta el tiempo de retardo en función de la profundidad de la excavación. Los datos de la Figura 16 se refieren a fosos de corte rectangular con una berma de 1,2-1,5 m de altura, y la Figura 6 hace referencia a fosos triangulares con una pendiente de entrada de 1:4-1:8.

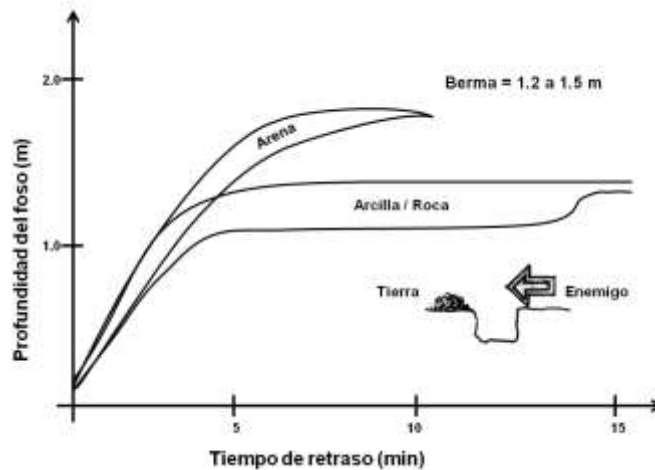


Figura 26. Gráfica de eficacia temporal de foso C/C rectangular

Fuente: [AGM-CM-13 \(2020\)](#)

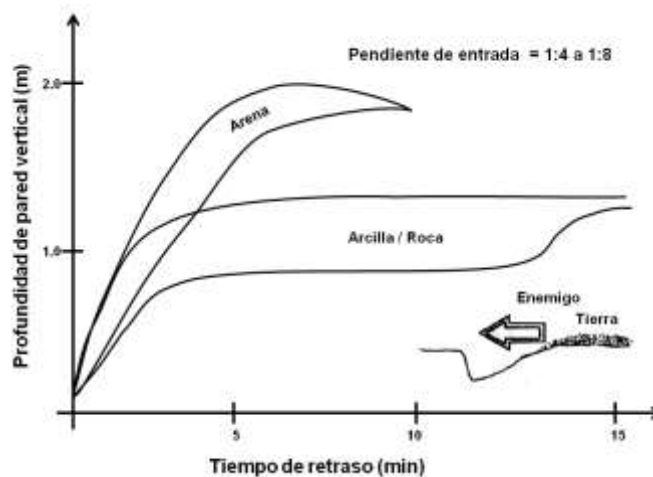


Figura 27. Gráfica de eficacia temporal de foso C/C triangular

Fuente: [AGM-CM-13 \(2020\)](#)

En relación a los fosos rectangulares, se puede observar que para suelos arcillosos y suelos rocosos no es necesario excavar una profundidad de más 1,2-1,4 m para conseguir un retardo mayor. Es decir, es la profundidad a la cual se consigue el mayor retardo posible. Sin embargo, para suelos arenosos, el foso debe tener una mayor profundidad para retrasar el mismo tiempo en comparación con otros tipos de terreno.

En cuanto a los fosos triangulares, exigen una mayor profundidad que los rectangulares en terreno arenoso para asegurar el mismo retardo en el enemigo. Por el contrario, en terrenos



arcillosos o rocosos, la profundidad necesaria es la misma. Para evitar que el atacante use este tipo de zanja como posición de tiro, el material extraído debe distribuirse por el lado del enemigo.



Anexo IV. Características técnicas de las máquinas

A continuación se detallan las características técnicas de las tres máquinas que se utilizaron para la ejecución de los diseños del foso ajedrezado: a) "Bulldozer Caterpillar D7-R", b) "Retrocargadora Mixta de ruedas JCB", c) "Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B".

a) "Bulldozer Caterpillar D7-R"



Figura 28. "Bulldozer Caterpillar D7-R"

Fuente: [González-Montagut, C. \(2021\)](#)

Tabla 6. Características técnicas de la "Bulldozer Caterpillar D7-R"

		Bulldozer Caterpillar D7-R
Tipo		Cadenas
Peso		24,96 t
Velocidad		10,54 km/h
Longitud de transporte		4,74 m
Anchura de transporte		2,88 m
Altura de transporte		3,29 m
Medidas del equipamiento	Placa frontal	3,69 m
	Ripper (herramienta trasera)	2,5 m
Profundidad de excavación		5,27 m
Fabricante del motor		Caterpillar
Rendimiento del motor		194 kW
Consumo medio		20 l/h
Capacidad		220 l

Fuente: Elaboración Propia a partir de [D7R-Track-Type Tractor \(2012\)](#)



"Retrocargadora Mixta de ruedas JCB"



Figura 29. "Retrocargadora Mixta JCB" realizando excavación del foso ajedrezado

Fuente: [González-Montagut, C. \(2021\)](#)

Tabla 7. Características técnicas de la "Retrocargadora Mixta JCB"

		Retrocargadora Mixta JCB
Tipo		Ruedas
Peso		8,1 t
Velocidad		40 km/h
Longitud de transporte		5,62 m
Anchura de transporte		2,35 m
Altura de transporte		3,61 m
Medidas del equipamiento	Cazo	0,64 m
	Pala retrocargadora	2,35m
Capacidad del equipamiento	Cazo	0,26 m ³
	Pala retrocargadora	1 m ³
Profundidad de excavación		4,24 m
Máximo alcance lateral		5,37 m
Altura de vertido máxima		2,74 m
Fabricante del motor		JCB
Rendimiento del motor		68 kW
Consumo medio		8 l/h
Capacidad		135 l

Fuente: Elaboración Propia a partir de [Baggerlader-3CX/4CX Eco \(2009\)](#)



"Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B"



Figura 30. "Retroexcavadora Mixta HMK 102 B"

Fuente: [González-Montañut. C. \(2021\)](#)

Tabla 8. Características técnicas de la "Retrocargadora Mixta JCB"

		Retroexcavadora Mixta HMK 102B
Tipo		Ruedas
Peso		8,9 t
Velocidad		40 km/h
Longitud de transporte		6,09 m
Anchura de transporte		2,29 m
Altura de transporte		3,6 m
Medidas del equipamiento	Cazo	0,64 m
	Pala retrocargadora	2,44 m
Capacidad del equipamiento	Cazo	0,17 m ³
	Pala retrocargadora	1,1 m ³
Profundidad de excavación		5,8 m
Máximo alcance lateral		6,9 m
Altura de vertido máxima		4,6 m
Fabricante del motor		John Deere
Rendimiento del motor		74 kW
Consumo medio		6,5 l/h
Capacidad		140 l

Fuente: Elaboración Propia a partir de [HIDROMEK \(2011\)](#)



Anexo V. Especificaciones del VLDP

En el presente anexo se presenta información adicional (normas de seguridad y condiciones y procedimiento de lanzamiento) sobre el VLDP, para reflejar de manera más concreta su funcionamiento y las posibles situaciones que podrían facilitar o dificultar su uso en la apertura de brecha de un foso ajedrezado.

El lanzamiento y la recogida del puente deben cumplir unas condiciones para cerciorarse de que el paso de los vehículos se realiza de manera segura y para evitar posibles accidentes. Los siguientes datos han sido extraídos del Manual de Instrucción del Vehículo Lanzapuentes Deslizante 26/70 E ([MIG-405, 2007](#)).

Antes de proceder a realizar el lanzamiento o recogida del puente, se deben tener en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- El lanzamiento/recogida del puente solamente podrá ser realizado por personal convenientemente adiestrado.
- Antes del empleo deberá controlarse la colocación correcta de útiles y accesorios. Los útiles y accesorios que se encuentren sueltos sobre el sistema de lanzamiento o sobre el puente podrían ocasionar lesiones y daños.
- Durante el lanzamiento del puente, el jefe de carro deberá asegurarse de que no se encuentra ninguna persona en las cercanías del puente o en las cercanías o zona de trabajo del lanzamiento del puente.
- El lanzamiento del puente deberá realizarse de tal forma que quede garantizada su estabilidad.
- En la operación de lanzamiento, el VLDP deberá estar alejado de taludes o pendientes, de tal forma que no existan peligros de derrumbamientos.
- En la operación de lanzamiento, el VLDP deberá estar sobre suelo resistente y en lo más llano posible.

Para proceder al lanzamiento del puente, previamente debe reconocerse el lugar de instalación del mismo. Las condiciones que debe cumplir el terreno son las siguientes: "En el lugar del puente tendrá que existir un suelo suficientemente resistente. La resistencia del suelo está garantizada cuando éste aguanta las huellas de las ruedas de vehículos todo terreno. En la zona de colocación del puente deberá existir una superficie ancha de 4 m y una longitud de 1 m. Tendrán que ser alejadas las piedras grandes que no puedan introducirse del todo en el suelo. El terreno no llano deberá ser rellenado con tierra, de tal forma que desaparezcan las puntas de rocas. El terreno podrá estar desnivelado en un 10% (5,7°), lo mismo longitudinal que transversalmente. Para el caso de que la inclinación transversal en la orilla contraria sea opuesta, la suma del desnivel transversal de ambas orillas no deberá sobrepasar un 10% (5,7°). El principio a seguir para la colocación del puente será el siguiente: "En tanto el puente se adapte al desarrollo del terreno bajo carga de propio peso en la zona de colocación, existen condiciones de situación suficientes. Si hay esquinas únicas de la punta del puente que se elevan del suelo, deberá cubrirse esto con arena".

En caso de que el VLDP tenga que ser instalado sobre pequeñas zanjas, el cual es el caso del cruce del foso ajedrezado, se deben tener en cuenta los siguientes casos:

- "Si el terreno es blando, las calzadas inferiores se meten en el suelo y las fuerzas de apoyo se eliminan como carga de superficie (Figura 21/A). En el caso de que el terreno con suelo blando no estuviera liso, existe la posibilidad de preparar con el apoyo estabilizador situaciones ideales antes del tendido.



- Cuando se trate de cruzar zanjas pequeñas donde las orillas tengan diferentes alturas, deben utilizarse siempre las puntas del puente como superficie de apoyo (Figura 21/B).
- El apoyo tal como muestra la Figura 21/C es incorrecto, ya que el puente podría balancearse al cruzar un vehículo por encima.
- En terreno rocoso se debe evitar realizar el apoyo tal como muestra la Figura 21/D, ya que podrían producirse deformaciones. Se debe, pues, bien allanar el terreno, o bien llenar la parte de la rampa de acceso con tierra, tal como muestra la Figura 21/E".

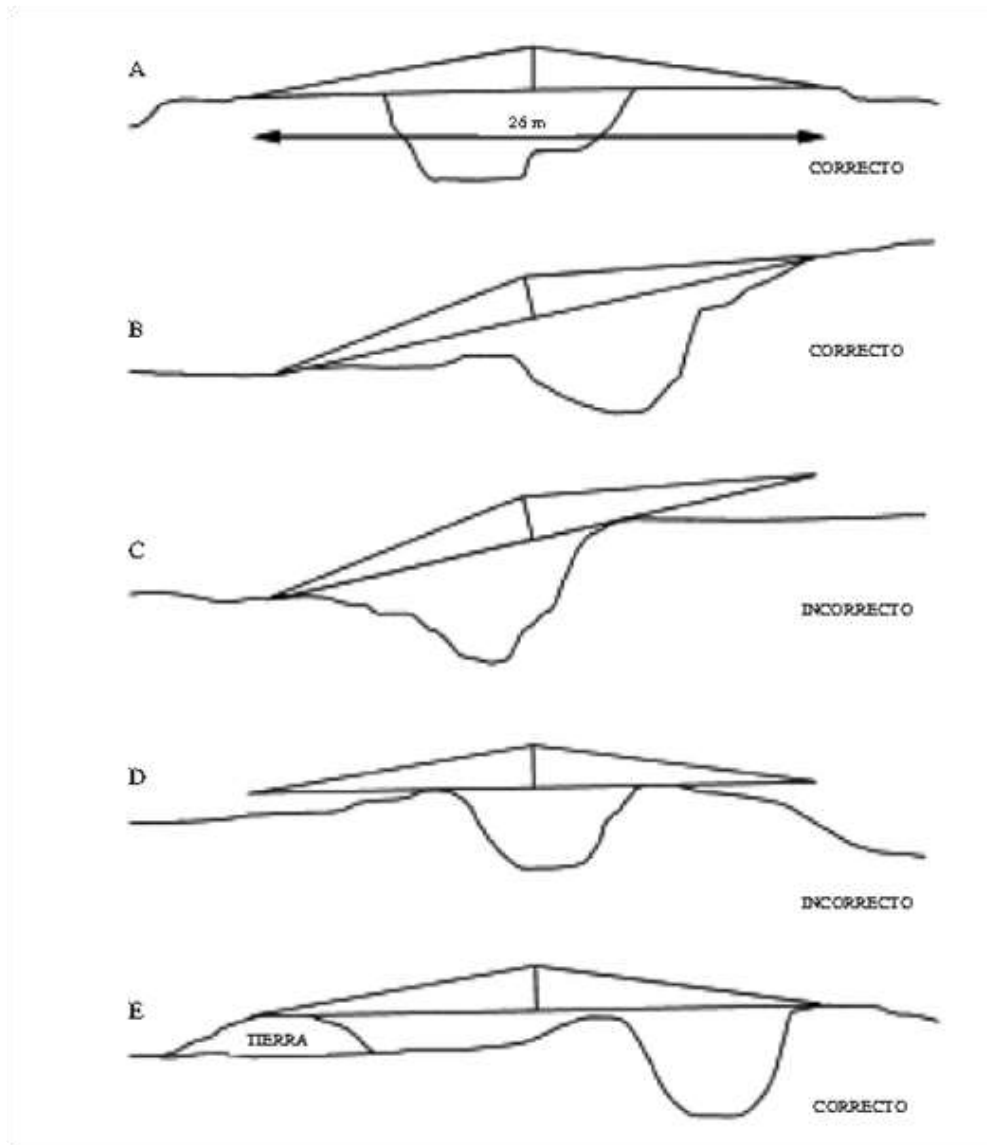


Figura 31. Instalación del VLPD en pequeñas zanjas

Fuente: [MI6-405 \(2007\)](#)



Anexo VI. Cálculos y dimensiones de los cráteres antitanque

A lo largo de este anexo se especifican más datos además de los aportados en el punto "2.5. Cráteres antitanque". Se considera necesaria esta información adicional para mostrar las características del elemento existente que más similitudes muestra con el foso ajedrezado. Concretamente, se describen los tres tipos de cráteres antitanque, sus respectivos cálculos y dimensiones. De esta manera, resulta más sencillo compararlos con la nueva propuesta. Las fuentes utilizadas para sintetizar este anexo han sido: *FM5-102, 1985* y *Explosives and Demolitions, 1994*.

En función del tiempo y la cantidad de explosivo disponible, se diferencian tres tipos de cráteres antitanque: el cráter sobre la marcha, cráter premeditado y cráter de cara aliviada.

Cráter sobre la marcha

Se emplaza cuando el tiempo y los explosivos son limitados. Es el menos efectivo de los tres. Produce un cráter de 6 a 7 pies¹³ (1,8-2,1 m) de profundidad y de 20 a 25 pies (6-7,6 m) de ancho con pendientes laterales de 25 a 30 grados. En este tipo de cráter, todos los pozos deben alcanzar una profundidad de al menos 5 pies (1,5 m), cada uno debe cargarse con al menos 50 libras¹⁴ (22,67 kg) de explosivo. A continuación se muestran los pasos necesarios para realizar la demolición de un cráter sobre la marcha:

Paso 1. Calcular el número de pozos necesarios usando la fórmula:

$$N = \frac{L \times 16}{5} + 1 \text{ (Redondear al siguiente número más alto).}$$

N = Número de pozos.

L = Longitud del cráter deseada.

Paso 2. Separar los pozos a 5 pies (1,5 m) de distancia iniciando en el centro de la calzada y avanzado hacia los extremos.

Paso 3. Excavar todos los pozos a la misma profundidad (mínimo 5 pies (1,5 m)).

Paso 4. Cargar cada pozo con 50 libras (22,67 kg) de explosivo.

Paso 5. Cebiar las cargas y conectarlas para una detonación simultánea.

Paso 6. Rellenar los pozos con material adecuado (tierra o sacos de arena).

Paso 7. Detonar el cráter.

Cráter premeditado

Este método produce cráteres más efectivos que los anteriores, pero requieren más tiempo y más explosivos. La profundidad de estos pozos es mayor (7 a 8 pies) (2,1-2,4 m), son más anchos (25 pies) (7,6 m) y con una pendiente mayor (de 30 a 37 grados). Los cálculos son iguales que para el método anterior con las siguientes excepciones:

- Los pozos finales tienen 7 pies (2,1 m) de profundidad y contienen 40 libras (18,14 kg) de explosivo.

¹³ El pie es una unidad de longitud que equivale a 0,3048m.

¹⁴ La libra es una unidad de masa que equivale a 0,4535kg.



- No se colocan pozos de 5 pies (1,5 m) de profundidad uno al lado del otro.

Cráter de cara aliviada

Este método es el más efectivo de los tres, pero requiere aún más tiempo y explosivos. Se produce un cráter de forma trapezoidal de aproximadamente 7 pies (2,1 m) de profundidad y de 25 a 30 pies (7,6-9,1 m) de ancho con pendientes laterales desiguales. La cara más cercana al enemigo tiene una inclinación de 25 grados, y la cara opuesta una pendiente de 30 a 40 grados. Estas medidas variarán en función del tipo del suelo sobre el que se trabaje. Los pasos a seguir son los siguientes:

En suelos de tierra o grava, perforar dos hileras de pozos a 8 pies (2,4 m) de distancia dejando entre el centro de cada pozo 7 pies (2,1 m). En carreteras de superficie duras, taladrar el espacio entre ambas hileras es de 12 pies (3,6 m). El número de pozos para la hilera del lado amigo se puede calcular con la fórmula:

$$N = \frac{L \times 10}{7} + 1 \text{ (Redondear al siguiente número más alto).}$$

N = Número de pozos.

L = Longitud del cráter deseada.

Alternar los pozos de la hilera del lado enemigo en relación con la otra fila, conteniendo esta un pozo menos que la hilera inicial.

Paso 1. Realizar los pozos en el lado amigo con una profundidad de 5 pies (1,5 m) y cargar con 40 libras (18,14 kg) de explosivo.

Paso 2. Cegar las cargas en cada fila por separado. Se pretende que la detonación de cada fila sea simultánea y que la detonación entre cada hilera tenga un retardo de 0,5 a 1,5 segundos. La fila del enemigo es la que se detona en primer lugar, y se obtendrán mejores resultados si la detonación de la hilera del lado amigo tiene lugar cuando la tierra movida de la primera explosión todavía está en el aire.

Paso 3. Si no es posible conseguir dicho retardo, las detonaciones serán simultáneas, sin embargo el cráter no tendrá la forma descrita anteriormente.

Paso 4. El lado amigo debe estar protegido por una cubierta de 6 pulgadas¹⁵ (15,2 cm) de tierra.

¹⁵ La pulgada es una unidad de longitud propia de Estados Unidos que equivale a 2,54 cm.



Anexo VII. Informe en relación al apoyo del TFG y SIMENDEF correspondiente



MINISTERIO
DE DEFENSA

USO OFICIAL

EJÉRCITO DE TIERRA

FUERZA TERRESTRE
DIVISIÓN CASTILLEJOS
BRI "EXTREMADURA" XI
BATALLÓN DE ZAPADORES XI

INFORME QUE FORMULA EL CAPITÁN D. JOSÉ CARLOS NAVAS AVELLANEDA (CGET/EOF/ING) (TMI:51277362623Z), JEFE DE LA COMPAÑÍA DE APOYO DEL BATALLÓN DE ZAPADORES XI EN RELACIÓN AL APOYO DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO DE LA DAMA ALFÉREZ CADETE(DAC.) SOFÍA PÉREZ FERNÁNDEZ

ANTECEDENTES

La DAC. Pérez se encuentra realizando las prácticas en el Batallón de Zapadores XI. Su Trabajo de Fin de Grado (TFG.) tiene como objetivo el diseño de un nuevo tipo de foso contracarro (C/C) denominado ajedrezado.

OBJETO

Solicitar los medios necesarios para que se realicen los ensayos propuestos para comprobar la viabilidad del foso C/C ajedrezado.

EXPOSICIÓN

Como base TFG de la Academia General Militar: "Estudio de un nuevo obstáculo de pequeños fosos: "obstáculo ajedrezado" se pretende realizar un método experimental para comprobar la eficacia y eficiencia de la propuesta.

Se pretenden las siguientes características para el obstáculo en estudio:

- Reducir la movilidad del enemigo, pero además, poner a éste en una situación desfavorable, haciéndole más vulnerable y disminuyendo su potencia de combate.
- Baja visibilidad, para evitar su avistamiento por las unidades de reconocimiento enemigas.
- Rapidez en su construcción, reduciendo al máximo el empleo de maquinaria crítica y su tiempo de exposición.
- Simplicidad en su diseño, facilitando su uso para otras unidades e integración.
- Versatilidad, ser útil para cualquier tipo de vehículo, tanto rueda como cadena.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Para la realización de las pruebas experimentales se llevará a cabo la excavación de tres posibles diseños del obstáculo (Según anexos). De esta manera, se podrán comparar entre sí y elegir el más válido. Será necesario que una unidad cruce las zanjas con distintos vehículos para comprobar la eficacia del foso.

Para ello se solicita una zona del CMT, preferiblemente la zona C, para la realización de los tres diseños del foso C/C ajedrezado. La zona necesaria no es mayor de 100x100m y estará señalizada con cinta de balizar.

USO OFICIAL



MINISTERIO
DE DEFENSA

USO OFICIAL

EJÉRCITO DE TIERRA

FUERZA TERRESTRE
DIVISIÓN CASTILLEJOS
BRI "EXTREMADURA" XI
BATALLÓN DE ZAPADORES XI

Fechas previstas:

- 27SEP21: Inicio construcción fosos con personal de la sección de ORTE.
- 28SEP21: Finalización de los fosos.
- 29SEP21: Inicio ensayos con vehículos de la brigada.
- 01OCT21: Finalización ensayos.
- 04OCT21: Remoción del obstáculo de la zona.

Los vehículos con los que se propone realizar los ensayos sobre el obstáculo son:

- TOA M113
- VCI PIZARRO
- VEC (necesario apoyo exterior)
- Leopard 2E (necesario apoyo exterior)

Botoa (Badajoz), a 23 de septiembre de 2021

El Capitán Jefe de la Compañía de Apoyo XI

NAVAS
AVELLANEDA JOSE
CARLOS |77362623F

José Carlos Navas Avellaneda

USO OFICIAL



MINISTERIO
DE DEFENSA

USO OFICIAL

EJÉRCITO DE TIERRA

FUERZA TERRESTRE
DIVISIÓN CASTILLEJOS
BRI "EXTREMADURA" XI
BATALLÓN DE ZAPADORES XI

ANEXO I

Diseño A

Vista del perfil:

LARGO = 8m



FRENTE = 2m

PROFUNDIDAD = 0.65m

Distancia entre zanjas (lateral y frontal) = 1m



Vista en planta:



USO OFICIAL



MINISTERIO DE DEFENSA

USO OFICIAL

EJÉRCITO DE TIERRA

FUERZA TERRESTRE
DIVISIÓN CASTILLEJOS
BRI "EXTREMADURA" XI
BATALLÓN DE ZAPADORES XI

Diseño B

Vista del perfil:

LARGO = 8m



FRENTE = 1,5m

PROFUNDIDAD = 0,5m

Distancia entre zanjas (lateral y frontal) = 0,5m



Vista en planta:



USO OFICIAL



MINISTERIO DE DEFENSA

USO OFICIAL

EJÉRCITO DE TIERRA

FUERZA TERRESTRE
DIVISIÓN CASTILLEJOS
BRI "EXTREMADURA" XI
BATALLÓN DE ZAPADORES XI

Diseño C

Vista del perfil:

LARGO = 5m



FRENTE = 2m

PROFUNDIDAD = 0.65m

Distancia entre zanjas (lateral y frontal) = 0.5m



Vista en planta:



USO OFICIAL



MINISTERIO DE DEFENSA

USO OFICIAL

EJERCITO DE TIERRA
DIVISION CASTILLEJOS

BRIGADA 'EXTREMADURA' XI
ESTADO MAYOR
EM G-3

FIRMA ELECTRÓNICA MINISDEF-EC-MPG-PKI
JEFE DEL EM DE LA BRIGADA EXTREMADURA XI
Gerardo Lopez Inondo
FECHA DE LA FIRMA: 22/09/2021

BRI XI	
FECHA DE REGISTRO (UTC)	
ENTRADA	22/09/2021 13:22:15
D-ET-FU-50947290-6-21-021701	

BRI XI	
FECHA DE REGISTRO (UTC)	
SALIDA	22/09/2021 13:05:51
D-ET-FU-50047260-5-21-017010	

OFICIO

S/REF: S-3 D-1 Nº173 | JS-21-010883 de 22/09/2021
 N/REF: G-3/ OPS
 FECHA: 22/09/2021
 ASUNTO: VIA RESTRICCIÓN DE MOVIMIENTOS ZONA CHARLIE DE CMT (27SEP AL 04OCT21)
 DESTINATARIO: JEFE DEL REGIMIENTO DE INFANTERÍA SABOYA Nº 8, JEFE DEL REGIMIENTO ACORAZADO CASTILLA Nº 16, JEFE DEL GRUPO DE ARTILLERÍA DE CAMPAÑA XI, JEFE DEL GRUPO LOGÍSTICO XI, JEFE DEL BATALLÓN DE ZAPADORES XI, JEFE DEL BATALLÓN DE CG DE LA BRIGADA EXTREMADURA XI
 COPIA: JEFE DEL EM DE LA BRIGADA EXTREMADURA XI, JEFE DEL BATALLÓN DE INFANTERÍA MECANIZADA CANTABRIA I 6, JEFE DEL BATALLÓN DE INFANTERÍA PROTEGIDA LAS NAVAS II 6, JEFE DEL BATALLÓN DE INFANTERÍA DE CARROS DE COMBATE MERIDA I 16, JEFE DEL GRUPO DE CABALLERÍA ACORAZADO CALATRAVA II 16

COPIA INTERNA: G-4

Con el fin de la apoyar la realización de las pruebas de campo necesarias para continuar con el Trabajo de Fin de Grado (TFG) de los Alféreces de la unidad de BZ XI, que se encuentran realizando sus prácticas en esta BRI XI, se comunica que entre el 27SEP y el 04OCT (a.i), se realizarán una serie de obstáculos C/C en la Zona "C" del CMT en las coordenadas 85500-21900.

Como consecuencia de dichas prácticas, se restringe el movimiento entre los días **27 de septiembre al 04 de octubre (a.i)** en un área perimetrada de 100 x 100 alrededor de las coordenadas citadas anteriormente, debiendo coordinarse cualquier actividad en zonas próximas con el BZ XI.

EL JEFE DEL EM DE LA BRIGADA EXTREMADURA XI

- Gerardo Lopez Inondo -

Los datos de carácter personal que puedan aparecer en este escrito o sus anexos quedan por completo conforme a lo establecido en la legislación vigente en materia de Protección de Datos, debiendo ser empleados únicamente para la finalidad con que fueron comunicados y manteniéndose durante el más tiempo del necesario para los fines del tratamiento.

CÓDIGO SEGURO DE VERIFICACIÓN: No disponible <USO OFICIAL>
 URL de verificación: <http://sede.defensa.gob.es>
 (documentos clasificados o de uso oficial no pueden verificarse)

CORREO ELECTRÓNICO
br.xi.inondo@mda.es

USO OFICIAL

Ctra. San Vicente Alcántara EX 110 Km
57 700
06193 BOTA
TEL. 504285136
FAX:



Anexo VIII. Método de la Encuesta: Cuestionarios iniciales

En el anexo se muestran los dos cuestionarios diseñados por la autora del TFG, y validados por los tutores antes de su lanzamiento, con el fin de llevar a cabo el método de la encuesta. El primer cuestionario fue dirigido a Cuadros de Mando, mientras que el segundo a operadores. Así, se pretendía lograr una visión integral del fenómeno bajo estudio. Además, se muestra el nombre, empleo, unidad de apoyo y años destinado en esta, de cada uno de los encuestados.

Cuestionario dirigido a Cuadros de Mando del BZXI

Nombre completo:

Empleo:

Destino:

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficacia y eficiencia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo, así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación?

3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100 m de frente, 3,3 m de ancho y 1,5 m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?



6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño, ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Cuestionario dirigido a operadores

Nombre completo:

Empleo:

Destino:

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficacia y eficiencia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?

2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?

3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?

4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?

5) Con su experiencia y suponiendo un terreno "óptimo", ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100 m de frente, 3,3m de ancho y 1,5m de profundidad?



6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?

9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Tabla 9. Datos de los participantes en el método de la encuesta

	Nombre	Empleo	Unidad de apoyo y años destinado
CUMAS	José Carlos Navas Avellaneda	Capitán	Sc. de ORTE del BZ XI (2 años). Cía. de Apoyo del BZ XI (1 año).
	Carlos Manuel Guerra Llamas	Capitán	Cía. de Castramentación del REI ¹⁶ nº 11 (2 años). Cía. de Apoyo de la bandera de Zapadores II de la Legión (2 años).
	Agustín Picón Agreda	Teniente	Sc. de Construcción del BZ XI (1 año).
	Alfonso Pérez Rodríguez	Brigada	Sc. de Apoyo de la 2ª Cía. del RING ¹⁷ nº 1 (2 años). Sc. de Apoyo del BZ XI (1 año).
	Francisco Javier Carmona Quintana	Sargento 1º	Sc. de ORTE del BZ XI (4 años).
	Juan Manuel Rodríguez Pérez	Sargento	Sc. de ORTE del BZ XI (2 años).
	José Miguel Jiménez Bravo	Cabo 1º	Sc. de Apoyo del BZ XI (4 años y medio).

Fuente: Elaboración Propia

¹⁶ REI: Regimiento de Especialidades de Ingenieros.

¹⁷ RING: Regimiento de Ingenieros.



Tabla 10. Datos de los participantes en el método de la encuesta (continuación)

	Nombre	Empleo	Máquina y años de experiencia
Operadores	José Ramón Romero Salguero	Sargento 1º	"Retrocargadora Mixta de ruedas JCB" (3 años).
	Almudena Llerena Macarro	Cabo	"Retrocargadora Mixta de ruedas JCB", "Rodillo Vibrante Lebrero", "Minimáquina" y "Empujadora Caterpillar" (5 años y 4 misiones internacionales ejerciendo de operadora).
	Carlo Magno Lazón Valles	Cabo	"Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B", "Rodillo Vibrante Lebrero" y " Bulldozer Caterpillar D7-R" (3 años).
	Francisco Javier Salas García	Cabo	"Bulldozer Caterpillar D7-R", "Bulldozer Caterpillar D5-R", "Minimáquina", "Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B", "Rodillo Vibrante Lebrero" y "Motoniveladora" (4 años).
	Héctor Raúl Díaz Ramos	Cabo	"Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B", "Retrocargadora Mixta de ruedas JCB", "Bulldozer Caterpillar D7-R", "Bulldozer Caterpillar D5-R", "Minimáquina" (5 años) y CZ (2 años).
	Rubén Martín Blanco	Soldado	"Bulldozer Caterpillar D7-R", "Bulldozer Caterpillar D5-R", "Motoniveladora", "Rodillo Vibrante Lebrero", "Retroexcavadora Mixta de ruedas HMK 102B", "Retrocargadora Mixta de ruedas JCB", "Empujadora Caterpillar" y "Minimáquina" (6 años).

Fuente: Elaboración Propia





Anexo IX. Respuestas de los cuestionarios iniciales

En el anexo se muestran escaneadas cada una de las respuestas de los encuestados, con el fin de lograr la máxima transparencia en el método de la encuesta.

Encuesta realizada a CUMAS



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *CARLOS MANUEL GUERRA LLAMAS*

Empleo: *CAPITÁN*

Destino: *BZ XI*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo 'foso ajedrezado' formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

- 1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

Si. Regimiento de Especialidades de Ingenieros n.º 11 2ª Compañía de Geometría (Zaragoza). Batallón de Zapadores de la Legión Compañía de Apoyo, sección

- 2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación?

No



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Si, puede abaratar tiempo de trabajo y ejecución.

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

No, creo que una vez que se estandarice el método funcionará mejor incluso que el método actual.

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?

2 Carras de Zapadores en toda la tripulación (6 militares).
Se podría reducir el personal o se podría reducir el tiempo dependiendo de la situación táctica, en cualquier caso sería beneficioso.

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Si, al no tener un montón de tierras tan grande claramente se reduciría la visibilidad del obstáculo.



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Sí, por tener un menor movimiento de tierras.

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

Sí, perfectamente válida y útil, considerando todos los aspectos.

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Ninguno.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *AGUSTIN PION AGREDA*

Empleo: *Teniente*

Destino: *BZ XI*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

- 1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

*Sí.
Sección construcción, 1 año.*

- 2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación?

No



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Si

- Menos señallos en terrenos más duros de llegar a la profundidad idónea
- Menor volumen excavación
- Probablemente una mayor rapidez de ejecución (en función máquina a usar)

No

- Que hacer con material excavado
- Tener en cuenta taludes del terreno
- Necesidad de un mayor planeamiento

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Si

- Es necesario replantar un terreno que puede ser de largo recorrido. El foso lineal es más simple
- En ambiente nocturno puede ser complejo
- Tras largas jornadas de trabajo el operador puede tener fallos en la ejecución
- Necesidad de trazo para de 5-2 para ancho entre cadenas

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?

En función de la maquinaria que se use.
 eg una D7 podría llegar a hacer esta sola, mientras que con mixtas se necesitan más (por lineal)
 En terreno solo se podría hacer con mixtas

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Si, se reduce en gran consideración



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

En función de las máquinas a usar. A igualdad de maquinaria sí.

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enrascamiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

Sí perfectamente, al final va a recibir la misma protección de infantería.

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

*- Creo que lo mejor es estandarizarlo para todos los tipos de vehículos.
- La simplicidad es efectividad.
- Interesante como integrarlo según el manual para el tipo de efecto deseado.
- Intentar conseguir hacerlo en varios tipos de terreno (pide al Cap Navas) que lo ejecuten en letanía (es un terreno arenoso, no creo que te ponga problemas)*

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: ALFONSO PEREZ RODRIGUEZ

Empleo: BRIGADA

Destino: J.S.C. APOYO 1ª CIA.

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

- ZANOS EN CC APOYO 2ª CIA RING-1
- LADO SC APOYO. BZ XI.

2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación?

- SI, las principales dificultades han sido la dureza del terreno, y la necesidad de parar el sistema hidráulico 10-15 mins. cada 50 mins. de trabajo.



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

No lo veo claro ya que a la hora de sobrepasarlo es más fácil de taponar y considero más difícil su ejecución.

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

No considero muy difícil el replanteo utilizando materiales auxiliares como cal, pero sí la ejecución.

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?

El personal sería el mismo, la tripulación del carro (1 cond., 1 operador y un jefe).

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Creo que con los medios de observación actuales es irrelevante, ya que con satélites o drones el nivel de resolución es muy alto.



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Si, esta claro que a menor volumen de tierra se tardaría menos tiempo en ejecutar..

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

No me veo capacitado para responder esa pregunta sin realizar pruebas sobre el mismo terreno con los mismos medios y operadores

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Desde mi punto de vista se deben de realizar muchas pruebas de ejecución y de posibilidad de desborde o de rotura para poder conseguir unos datos concluyentes:

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: F^{co} JAVIER GARCIA GUINTANA

Empleo: SOTO 1º

Destino: BZXI

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

- 1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

SI, DESDE JUNIO DEL 2017 HASTA AHORA, SECCIÓN DE MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN.

- 2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación?

NO



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

NO, MENOS TIEMPO, HAYO DE OTRA, COMBUSTIBLE,
SALUD QUE NO SE UTILICEN LAS MACHINARIAS
NECESARIAS.

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?

2 FAX, 1 OBRERO DE VOLADOTE y 1 OBRERO
DE OTRA MAQUINA.

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

CREO QUE LA VISIBILIDAD NO VAYA DEJANDO.



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

CREO QUE HAY QUE MANIOBRAR MÁS QUE EN UN FOSO CONVENCIONAL, ENTONCES SE GANA RESERVA EN EL TIEMPO DE FORMA NEGATIVA.

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

ES DIFÍCIL PREDECIR, PUES NO SE VE EN SU SITUACIÓN.

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		<u>BZ XI</u>
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *JUAN MANUEL RODRIGUEZ PEREZ*

Empleo: *SARGENTO*

Destino: *BZ XI*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

- 1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

BZ XI aproximadamente 2 años

- 2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación? *Si. Las principales dificultades son:*
- Estado del terreno, dureza del mismo, el material del que está compuesto (si tiene mucha piedra.)
 - Estado del vehículo. Si el sistema hidráulico tiene un funcionamiento óptimo o si tiene deficiencias.
 - Habilidad del operador.



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

No puedo afirmar si es útil o no hasta que no vea una prueba y vea el resultado.

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

En cuanto a costoso no diría que fuese la palabra sino que en un principio se debería invertir algo más de tiempo en el replanteo.

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar? El personal necesario y los medios irían en función a lo disponible y al tiempo que se dispusiese para la realización de la misión.

En un principio una tripulación (3 pax) más o menos pueden hacer un foso corrido de unos 8 a 10 metros lineales por hora → (siguiente hoja)

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Con los medios de visión actuales mi opinión es que sera detectable igualmente.



- ⑤ En función del estado del terreno, habilidad del operador y estado del vehículo. Aproximadamente cada 45 minutos se debe de realizar una parada de 15 minutos para que refresque la temperatura del hidráulico. El tiempo de trabajo se reduce a medida que se va trabajando debido a que la temperatura del hidráulico no baja por completo en los 15 minutos. En cuanto a la cantidad de personal creo que con la misma sería válido.



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

No puede determinar si se ahorraría tiempo pero creo que aunque sea menor cantidad de tierra a mover, igual se deben de hacer mas movimientos del carro que es donde mas tiempo se pierde y el operador debe de realizar los →

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

tacticamente lo primero debería ser la prueba sobre el terreno en un ejercicio conjunto con la unidad de maniobra y viendo que este tipo fuese realmente efectivo, sacar lecciones aprendidas en cuanto a la ejecución

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Mi experiencia es con un carro de zapadores, igual con otro tipo de maquinaria tendría otra opinión.



Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



⑦ movimientos más precisos y por lo tanto un poco más lentos que sea fuese una Zanja corrida



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *Jose Miguel Jimenez Bravo*

Empleo: *COBO 1º*

Destino: *BZ XI 1ª CIA SAPO*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

- 1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

- SAPO de la 1ª CIA BZ XI

- Llevo 4 años y medio

- 2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación? - SI

- Lo mas complicado es planear la excavación sin un reconocimiento previo. Hay varios problemas:

1:) Que el terreno sea muy duro y sea complicado alcanzar la altura deseada

2:) Se el terreno muy inestable para un carro por la fuerza que recibe a la excavación (se puede hundir).



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Habría que ver como es el diseño exacto de las excavaciones de pequeña profundidad. Por que en caso de repulseras tiene muchas limitaciones, una de ellas y muy importante es su poca agilidad o maniobrabilidad. El foso convencional con poca intromisión se puede sacar un gran rendimiento.

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Un foso convencional su misión es cortar o bloquear y es fácil el replanteo en el lugar o la zona. Este sistema nuevo habría que ver si es viable en todos los escenarios.

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?

Para el foso convencional con la tripulación del CB es suficiente (tres). Pero que para el nuevo tipo de fosos se necesitarían un personal, pues no es un rumbo y a escavar, y con el nuevo método se debería hacer un replanteo previo.

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Hay que ver con los instrumentos que disponemos de reconocimiento es muy complicado reducir el grado de visibilidad. Al existir Drones, UAV, ...



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Yo creo que no. Tiene más trabajo (para mí) y sabiendo las limitaciones de CE. Este vehículo podría cambiar con otro tipo de vehículo (una grúa por ejemplo) se podría obtener más rendimiento y utilizar menos personal.

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

- En principio lo que he dicho anteriormente, puede ser viable ~~según~~ depende del grado de instrucción, vehículo a utilizar para realizarlo y el escenario donde realice.

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

- Antes de esta encuesta me hubiera gustado una pequeña exposición para quedarme más clara su objetivo. Apreciar el diseño y ver más clara la problemática de realizarlo.

- también para que tipo de vehículo está destinado no es lo mismo vehículos de cuerdas (BTR) que unos de cadena (logando

- Me parece bien la idea, hay esas que llevan muchos años realizándose de una manera y ^{siempre es buena ver si hay} _{Gracias por su colaboración} alguna forma de mejora o alguna modificación obtiene un mejor resultado.

"Todo en esta vida es mejorable"

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: **JOSÉ CARLOS NAVAS AVELLANEDA**

Empleo: **CAPITÁN**

Destino: **BZAP XI**

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades que pueden aparecer a la hora de planear la excavación de un foso corrido convencional, con la cantidad de personal necesario para su ejecución, con la posibilidad de reducir el grado de visibilidad del obstáculo así como con su utilidad.

Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración adicional en las preguntas.

- 1) ¿Ha estado usted destinado alguna vez en alguna sección/compañía de apoyo? En caso afirmativo, ¿de qué unidad y cuántos años estuvo allí destinado?

**Sí, BZAPXI - Sección ORTE. 2 años
- Compañía Apoyo. 1 año**

- 2) ¿Ha tenido que realizar algún proyecto de excavación que incluyese un foso contracarro? En caso afirmativo, ¿con qué dificultades se encontró a la hora de planear la excavación?

Sí, las principales dificultades son:

- Adaptación del obstáculo al despliegue de la unidad de infantería. Ya que la bermá del obstáculo obstruye muchas veces sectores de tiro
- Problemas mecánicos de la maquinaria en terrenos duros
- Calcular el tiempo de realización del obstáculo



Ya que se necesitan alcanzar profundidades adecuadas para impedir el paso a vehículos



- 3) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Sí, principalmente por mantener despejados los sectores de tiro de las unidades que cubren el obstáculo. Actualmente para conseguir impedir el paso al enemigo la berma resultante proporciona mucha cobertura al enemigo.

- 4) En cuanto al planeamiento de la excavación, ¿piensa que sería más costoso el replanteo de la nueva propuesta que el del foso convencional? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Así mismo, si la excavación es menor resultaría en menos dificultades y menor tiempo de trabajo.

Creo que por una parte será más fácil su coordinación con el resto de unidades pero puede ser más complejo según el tipo de terreno al tener el obstáculo ajedrezado más profundidad.

- 5) ¿Cuánto personal necesita para excavar un foso corrido convencional de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad? Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura, ¿con las pequeñas excavaciones de menor profundidad se podría reducir la cantidad de personal o por el contrario se debería aumentar?

Con un equipo de máquinas en lugar del Carro de Zapadores serían: 01/1/2/1/3 lo mínimo, incluyendo una retroexcavadora.

Para el ajedrezado considero: 01/1/3/1/4 incluyendo una ~~retro~~retroexcavadora y un rodillo.

- 6) Al reducir la cantidad de volumen de tierra movida y realizar excavaciones de menor tamaño ¿cree que se podría reducir el grado de visibilidad del obstáculo por parte del enemigo?

Sí, se reduciría enormemente.



- 7) Con su experiencia como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso corrido convencional por la combinación de las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Creo que más o menos se tardaría el mismo tiempo, exceptuando ~~en~~ en terrenos duros donde se tardaría menos con el de pequeñas zanjas

- 8) Como cuadro de mando de una sección de apoyo, ¿ve tácticamente válida la nueva propuesta? (grado de exposición de la maquinaria, enmascaramiento del obstáculo, integración en el apoyo a la contramovilidad...)

Considero que si son obstáculos planeados y a retaguarda sería válida la propuesta, teniendo siempre en ~~buena~~ cuenta que las máquinas de noche no trabajan bien y que actualmente los batallones de zapadores no tienen máquinas blindadas.

Asimismo, el CZ necesitaría el apoyo de un rodillo si quisiera ~~basar~~ basar el nuevo obstáculo

- 9) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Actualmente los vehículos de combate más modernos pueden cruzar, sin necesidad de zapadores, los fosos CIC con las medidas del manual.



También es posible que un obstáculo no tenga que sustituir al otro, sino que se usen según la situación. Tal vez el obstáculo ajedrezado sea útil para obstáculos de fijación en lugar de bloqueo.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



Encuesta realizada a los operadores

		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo:

JAVIER SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JOSE RAMÓN ROMERO SALGUERO

Empleo:

SARGENTO 1º

Destino:

BZ XI - CIA Apoyo / 2ª CIA.

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

- 1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?

Operador de mixta 3 años.

- 2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?

El tipo de terreno, usando la máquina adecuada según el trabajo a realizar

- 3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?

Trabajar en un terreno poco compacto y darle la pendiente adecuada según el tipo de foso a realizar.



- 4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?

Para un foso convencional lo ideal es una excavadora giratoria, vale también para zanjas de menor profundidad.

- 5) Con su experiencia y suponiendo un terreno óptimo, ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad?

Con la máquina adecuada y un operador experimentado, aproximadamente unas 2 horas.

- 6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

Si la experiencia de haberlo realizado antes, yo creo que se tardaría más al ser más laborioso de realizar.

- 7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

Los movimientos con la máquina para desplazarse.

- 8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?

Si, por supuesto.



- 9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

Puede ser, aunque no creo que sea mucho menos.

- 10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Yo creo que depende del terreno y del vehículo que queremos entrar que lo cruce. Pero personalmente no creo que sea más eficaz.

- 11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Que realmente para saber de la efectividad de un obstáculo debemos tener siempre presente tres factores trascendentales:

- Tipo de terreno
- Vehículos a parar (tipo)
- Medios enemigos para destruir el obstáculo.

Gracias por su colaboración
D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *ALMUDENA LUERENA MACARRO*

Empleo: *CABO*

Destino: *BEXI*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

- 1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?
*MIXTA, RODILLO, MINIMAQUINA Y UN POCO DE EMPUJADORA.
 5 AÑOS DE EXPERIENCIA, CON 4 MISIONES DE OPERADORA.*

- 2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?
*SI EL TRABAJO ES LARGO Z OPERADOR POR MÁQUINA SI HUBIERA SUFICIENTE PERSONAL.
 SE AHORRARIÁ TIEMPO DEJANDO LAS MÁQUINAS EN LA OBRA*

- 3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?
BASTANTES HORAS DE TRABAJO Y MÁS POSIBILIDADES QUE SE AVERIGAN LAS MÁQUINAS O VEHICULOS QUE ESTAN TRABAJANDO EN EL FOSO



- 4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?
- SE NECESITARÍA MAQUINARIAS GRANDES, COMO EMPUJADORA, D7, ETC. Y TAMBIÉN CARRO M-60 ZAPADORES, SI NO HUBIERA OTRA MAQUINARIA
- 5) Con su experiencia y suponiendo un terreno óptimo, ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad?
- DEPENDIENDO DEL TERRENO. NO SE TARDA LO MISMO EN UN TERRENO ROTOSO O UNO DE ARENA SUELTAS
DEPENDIENDO LA MÁQUINA.
EJ: EMPUJADORA "D7" 60'170' APROX.
- 6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?
- SI, SE AHORRARÍA BASTANTE TIEMPO.
- 7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?
- EL MOVIMIENTOS DE MÁQUINA (SI EL FOSO ES 100m, 3'3m ANCHO Y 1'5m PROFUNDIDAD).
- 8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?
- SI, EL FOSO CORRIDO ES MÁS FÁCIL Y EL MOVIMIENTO DE TIERRA ES MÁS CONTINUO



9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

~~SI~~. SI, POR QUE RELENTIZARIA AL ENEMIGO E IMPEDIRIA BASTANTE VISIBILIDAD

10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Gracias por su colaboración
D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *CARLO MAGNO LAZÓN VALLES.*

Empleo: *CABO*

Destino: *BZ XI*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

- 1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?
 - *Retractor excavadora*
 - *Rodillo*
 - *DT.*

- 2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?
 - *Obstáculos naturales, árboles, Piedras etc.*
 - *Terrano muy húmedo.*
 - * *Las máquinas estén en óptimas condiciones*

- 3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?
 - *Piedras*
 - *Terrano húmedo, barro.*



- 4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?

- D7
- Retro excavadora.

- 5) Con su experiencia y suponiendo un terreno óptimo, ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad?

1:35 minutos.

- 6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

- Retro excavadora Oruga.
- D7. bulldozer.

- 7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

- El movimiento de la tierra.
- Profundidad.

- 8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?

Sí.



9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

- Sí. El movimiento de tierra es menor.

10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

- Depende del obstáculo que se marque y la condición que se requiera.

11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: F.^o JAVIER SALAS GARCÍA

Empleo: CABO

Destino: BZ XI

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

- 1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?

EMPUSADORA D7 - D5 MINI-MÁQUINA
MOTONIVELADORA
RETROEXCAVADORA
RODILLO
- 2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?

EL TRABAJO PUEDE SER Ralentizado PRINCIPALMENTE POR LA LUBRIFICACIÓN Y LAS CONDICIONES DEL TERRENO. QUE
SE PODRÍA AHORRAR TIEMPO CON EL TERRENO FAVORABLE Y HACIENDO EL MENOR NÚMERO DE MOVIMIENTOS CON LA MÁQUINA.
- 3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?

LA MAYOR DIFICULTAD ES EL BARRO Y EL ALBA Y EL TERRENO MUY ARENOSO



- 4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?

.. PARA UN FOSO CORRIDO CONVENCIONAL UTILIZARÍA UNA EMPUSADORA D.F.
 - NO SERÍA LA MISMA MAQUINARIA, SERÍA UNA RETROGRAVADORA DE CADENAS
 - ~~DESDE LAS ZANJAS DE PEQUEÑA PROFUNDIDAD REQUERIRÍA DE LA EMPUSADORA,~~
 PERO NO PRESCINDIRÍA DE NINGUNA,

- 5) Con su experiencia y suponiendo un terreno óptimo, ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad?

ENTRE UNA HORA Y HORA Y MEDIA.

- 6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

NO LO SUSTITUIRÍA
 TARDARÍA MUCHO MÁS TIEMPO

- 7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

QUE EL FOSO SEA MUY PROFUNDO

- 8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?

SI



- 9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

PODRIA COMPENSARLO, POR QUE RESENTIRIA AL OJEMIGO E IMPEDIRIA SU VISIBILIDAD CON MAS EFICACIA.

- 10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

NO

POR EL TIEMPO QUE TARDARIA EN HACERSE

- 11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

MI PUNTO DE VISTA SERIA: EL FOSO CONVENCIONAL ES EFECTIVO SI LE DAS LA PROFUNDIDAD ADECUADA Y TARDARIA MENOS TIEMPO EN HACERSE. EN EL FOSO CONVENCIONAL PODRIA USARSE TANTO LA EMPUSADORA COMO LA RETROEXCAVADORA, SIN EMBARGO CON LOS FOSOS DE Poca PROFUNDIDAD, LA MAQUINA EMPUSADORA LA LIMITARIA MUCHO.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: *Héctor Raúl Díaz Ramos*

Empleo: *CABO*

Destino: *BZAPXI*

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

- 1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?
*5 Años - Mixtas, Empujadoras, Minexcavadoras,
 2 Años - VCZ (Vehículo Carro Zapadores)*
- 2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?
- Reluctancia: la agilidad del operador, la funcionalidad de la maquinaria y las condiciones de terreno.
- 3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?
Las dimensiones a la hora de realizar el trabajo junto con la dureza del terreno y la operatividad de la maquinaria son determinantes para gestionar el tiempo de finalización del foso.



4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?

- Cualquier maquinaria con medios de excavación o movimiento de tierra.
- No, depende de las dimensiones de la zanja utilizaremos la maquinaria más conveniente.
- Si. De las que no dispongan de las medidas adecuadas.

5) Con su experiencia y suponiendo un terreno óptimo, ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad?

- Dependiendo de máquina y su estado y teniendo en cuenta que es un terreno removido el tiempo rondaría entre los 40 min - 50 min.

6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

- Evidentemente si reducimos el volumen de material en las mismas condiciones que la pregunta anterior debería reducirse al menos a la mitad el tiempo de realización del trabajo.

7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

- Que sea más profundo.

8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?

- Dependiendo de la distancia entre zanjas y alcance de la maquinaria utilizada.



9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

- Pienso que sería posible aunque sería recomendable ponerlo en práctica con diferente maquinaria.

10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

Si, pero no para sustituir al foso convencional sino para complementarlo o sustituirlo en función del tiempo que dispongamos

11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

- Ponerlo en práctica con diferente maquinaria y probar su eficacia.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



		BZ XI
		NUEVO DISEÑO FOSO C/C "FOSO AJEDREZADO"

Nombre completo: RUBEN MARTIN RUBIO

Empleo: SOLDADO

Destino: BZAR XI

Soy la Alférez Sofía Pérez Fernández, de 5º curso de la Academia General Militar. Estoy realizando el Trabajo de fin de Grado sobre el análisis de un nuevo "foso ajedrezado" formado por pequeñas zanjas de poca profundidad que pueda sustituir al foso corrido convencional. De esta manera, se pretende conseguir el mismo efecto reduciendo el volumen de tierra que es necesario mover y reduciendo el grado de visibilidad por parte del enemigo. El objetivo es comparar un foso corrido convencional con esta nueva propuesta y analizar su eficiencia y eficacia.

Las preguntas que se plantean a continuación están relacionadas con las dificultades actuales que puede conllevar la construcción de un foso contracarro convencional, el tiempo de ejecución del mismo y el de estas pequeñas excavaciones, las posibles ventajas o inconvenientes de la nueva propuesta y el uso de la maquinaria en ambos proyectos. Si lo considera necesario, puede añadir cualquier aclaración en las preguntas.

- 1) ¿De qué máquina o máquinas es o ha sido operador? ¿Cuántos años de experiencia tiene en esta especialidad?

MINIEXCAVADORA, HERTAS, CARGADORA, RETROEXCAVADORAS DE CADENA Y RUEDAS, MOTOCICLO, MOTOSICILADORA, BULDOZER (D7, D5) E ARBOL CON MAQUINAS

- 2) Como operador, a la hora de llevar la máquina, ¿qué puede ralentizar el trabajo? ¿Cómo se podría ahorrar tiempo?

TERRENO

ESTADO DE LAS MAQUINAS

GASOL

TENIENDO UN BUEN EXCAVON

- 3) ¿Con qué dificultades se encuentra a la hora de excavar un foso corrido convencional?

EL PROPIO TERRENO Y LOS OBSTACULOS



- 4) ¿Qué maquinaria necesita para excavar un foso corrido convencional? ¿Sería la misma maquinaria necesaria para realizar las pequeñas zanjas de menor profundidad? ¿Se podría prescindir de alguna?

PULDORER Y CARGADORA O EN SU DEFECTO UNA MIXTA
 LA MIXTA SI SE PUEDE HACER ZANJAS PEQUEÑAS
 EL PULDORER PUEDE HACER EL FOSO SOLO
 LA RETROEXCAVADORA TAMBIEN PUEDE HACERLO SOLO

- 5) Con su experiencia y suponiendo un terreno óptimo, ¿cuánto tiempo estima que le llevaría excavar un foso corrido de 100m de frente, 3'3m de ancho y 1'5m de profundidad?

ENTRE 1h-2h

- 6) Suponiendo que se cubre el mismo frente y la misma anchura ¿cree que se podría ahorrar tiempo al sustituir el foso convencional por las pequeñas excavaciones? ¿Cuánto tiempo de más o de menos?

NO

EN MI OPINION EL DOBLE DE TIEMPO

- 7) A la hora de realizar una excavación de un foso convencional, ¿qué le conlleva mayor esfuerzo, que el foso sea muy profundo o los movimientos que debe realizar con la máquina para desplazarse?

EL DESPLAZAMIENTO AL SER MAQUINAS LENTAS EN
 DISTANCIAS LARGAS
 SI SE REFIERE EN EL MISMO TERRENO ENTONCES LA
 PROFUNDIDAD

- 8) ¿Tendría que hacer más movimientos con la máquina para excavar las pequeñas zanjas que para excavar un único foso corrido?

SI, HABRA QUE CAMBIAR CONSTANTEMENTE DE POSICION



- 9) El esfuerzo extra que supone realizar más movimientos con la máquina, ¿podría compensarse al estar realizando excavaciones menos profundas?

NO, IMPORTA MAS LAS NECES QUE SE PUEDAN PARA REALIZAR
OTRA ZANJA

- 10) Como operador de la sección de máquinas, ¿ve útil sustituir la excavación de un foso corrido convencional por pequeñas excavaciones de menor profundidad? ¿Por qué? ¿Por qué no?

POR TIEMPO EL CONVENCIONAL

POR EFICACIA ANTE EL ENEMIGO NO LO SO

POR COMODIDAD DEL TRANSPORTE PARA MI EL CONVENCIONAL

- 11) En este punto, puede añadir algún comentario, consejo o sugerencia relacionado con el tema que pueda ser de utilidad.

Gracias por su colaboración

D.A.C. Sofía Pérez Fernández



Anexo X. Modelos 3D de los diseños ejecutados del foso ajedrezado y de un foso C/C convencional

En el presente anexo se muestran los dos diseños de foso ajedrezado ejecutados (vistas frontal, lateral y planta) y el diseño de un foso C/C convencional. El diseño se ha llevado a cabo mediante el programa informático "SketchUp", debido a su fácil manejo y a que se trata de un "software libre". Además, para obtener una idea aproximada de cómo se verían ambos obstáculos y el foso C/C convencional, según la perspectiva del enemigo, se realizó una vista desde una distancia de 60 m, que permite observar diferencias en cuanto al grado de visibilidad (eficacia) del obstáculo, de modo simulado.

Diseño "A"

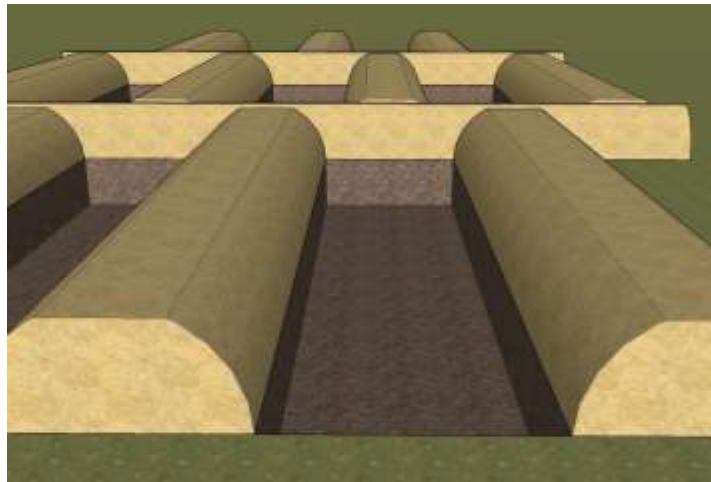


Figura 32. Vista 3D frontal del diseño "A" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

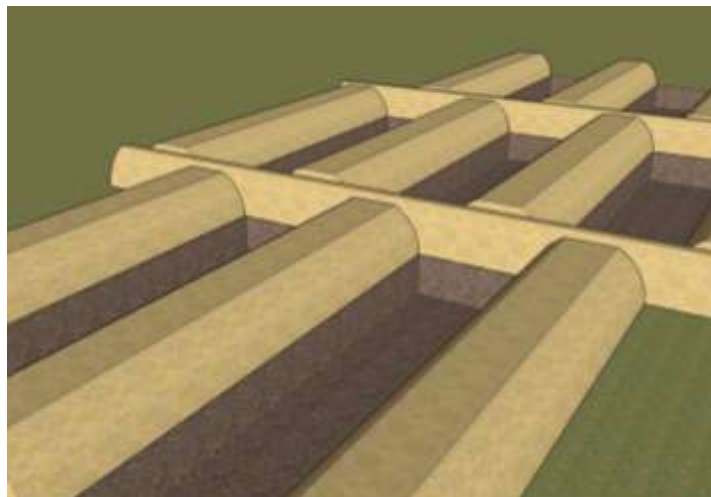


Figura 33. Vista 3D lateral del diseño "A" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

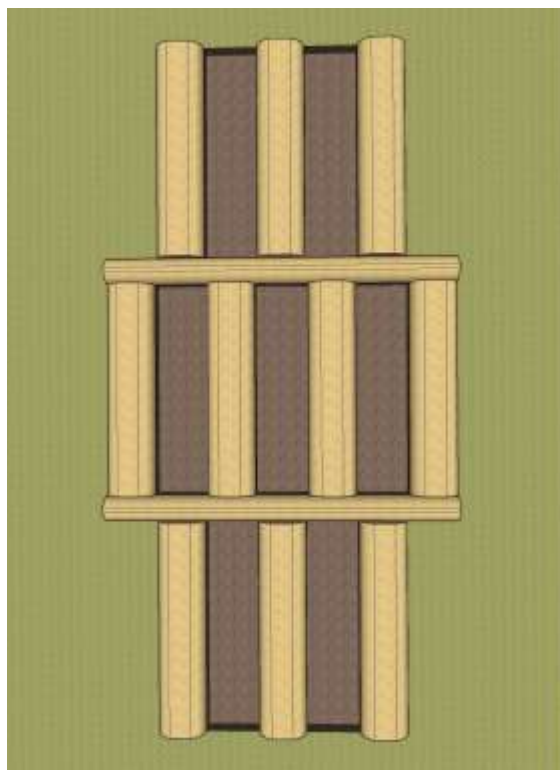


Figura 34. Vista en planta del diseño "A" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

Diseño "C"

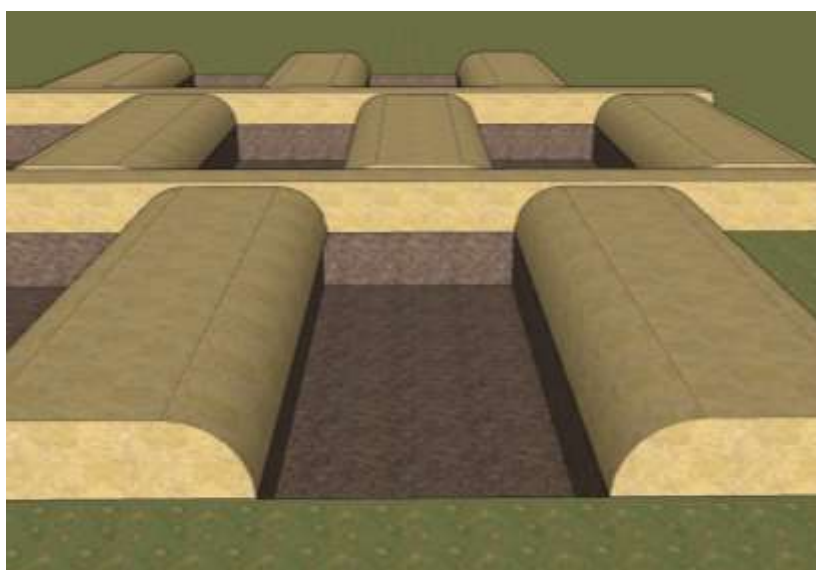


Figura 35. Vista 3D frontal del diseño "C" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

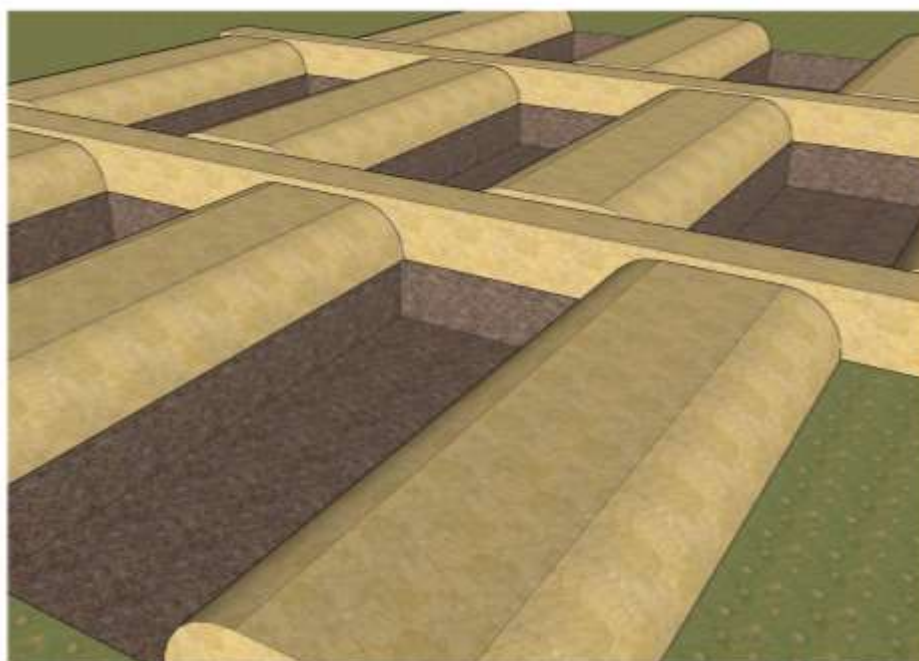


Figura 36. Vista 3D lateral del diseño "C" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

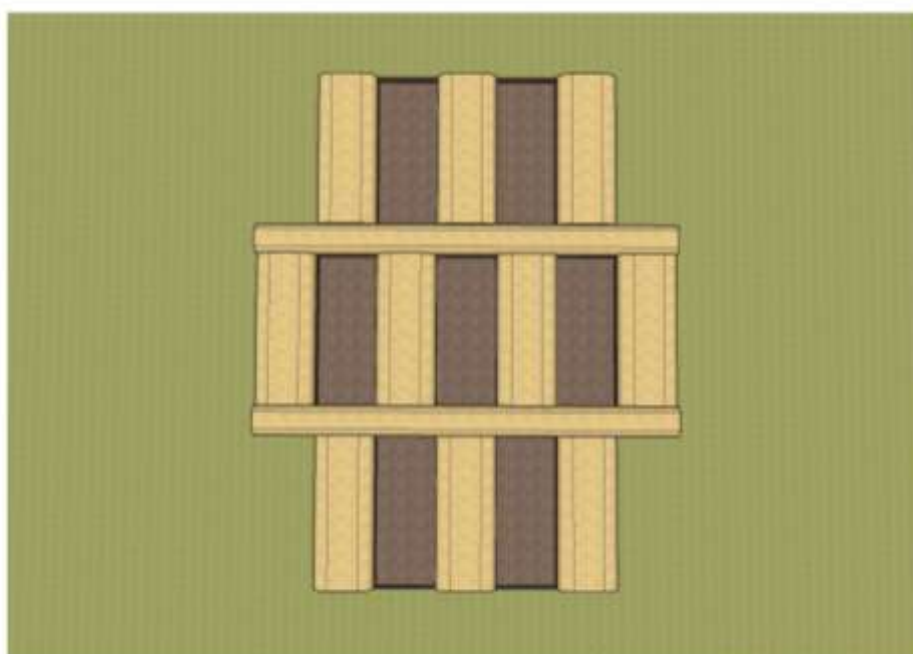


Figura 37. Vista en planta del diseño "C" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia



Foso C/C convencional

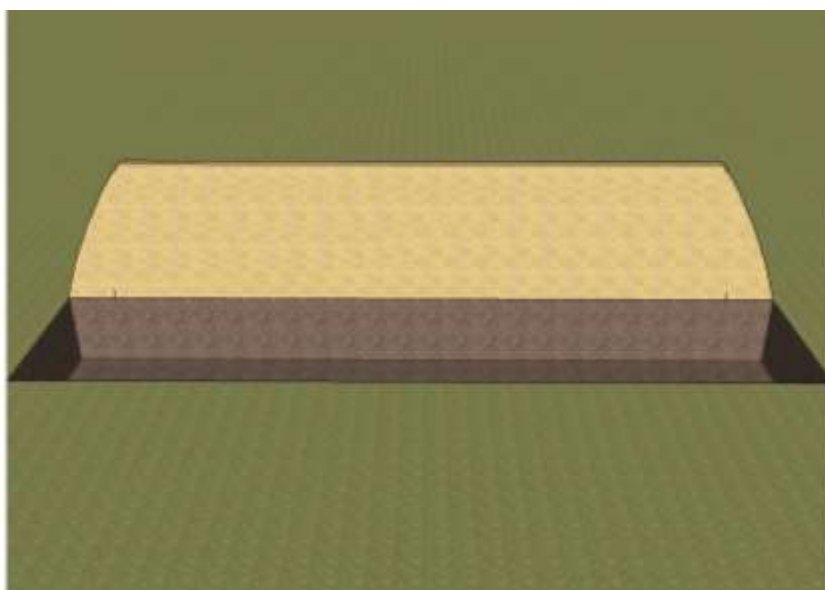


Figura 38. Vista 3D frontal de un foso C/C convencional

Fuente: Elaboración Propia

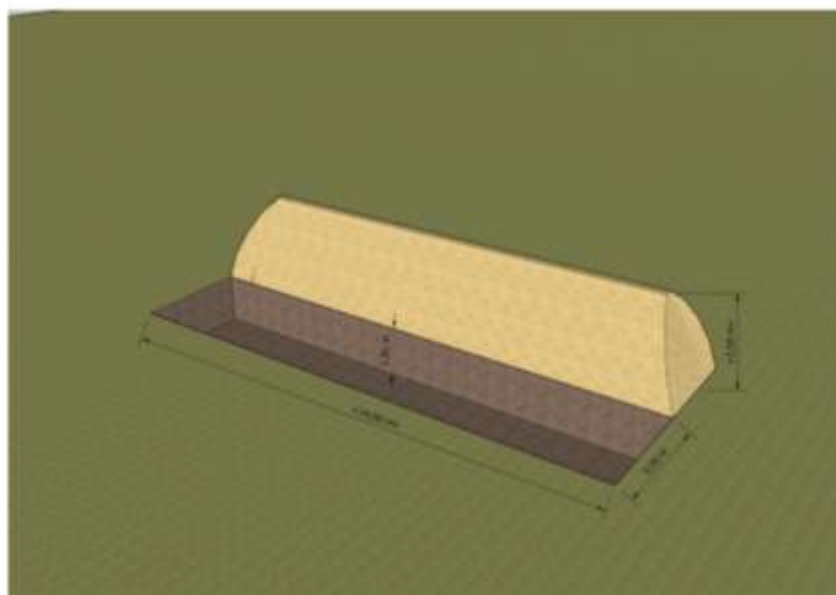


Figura 39. Vista 3D lateral acotada de un foso C/C convencional

Fuente: Elaboración Propia



Vista desde 60 m de los diseño "A" y "C" y del foso C/C convencional

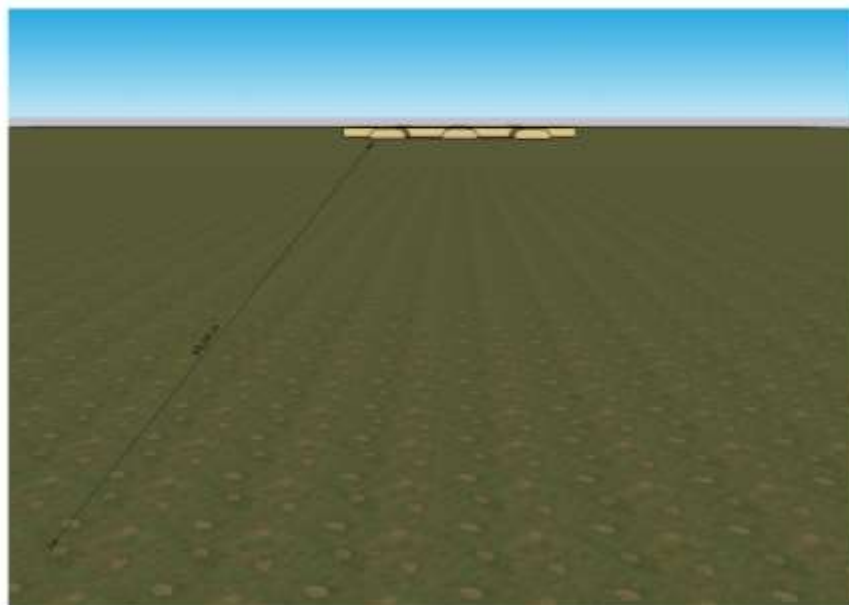


Figura 40. Vista 3D desde 60 m del diseño "A" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

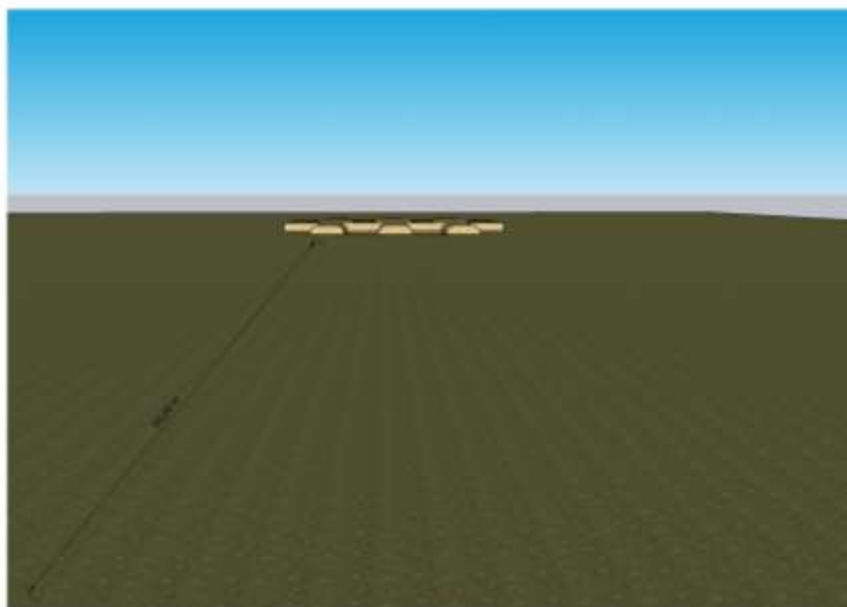


Figura 41. Vista 3D desde 60 m del diseño "C" de foso ajedrezado

Fuente: Elaboración Propia

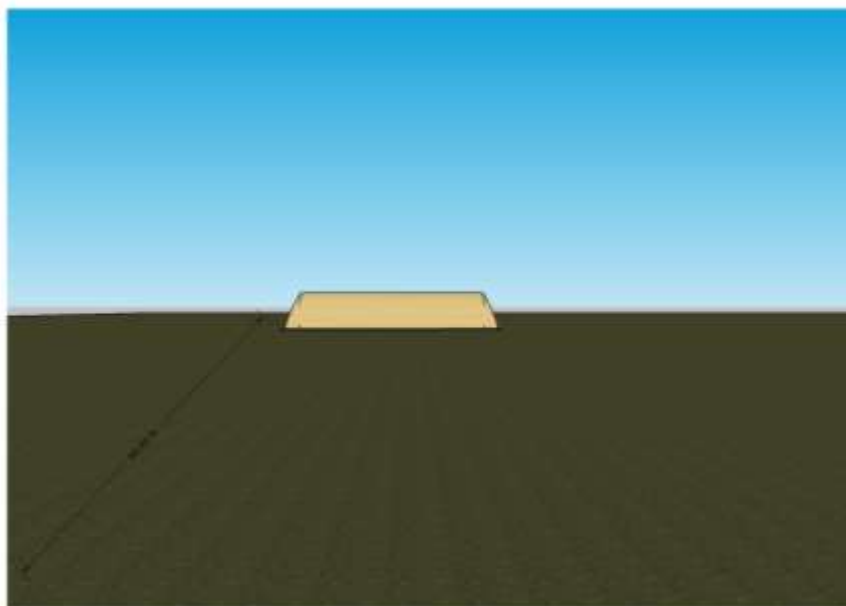


Figura 42. Vista 3D desde 60 m de un foso C/C convencional

Fuente: Elaboración Propia



Anexo XI. Fotografías de los diseños, de la prueba de paso de vehículos y retirada del foso ajedrezado

En el siguiente anexo se adjuntan fotografías realizadas por la autora del TFG durante el ensayo experimental, tanto de la fase de excavación y el paso de vehículos, como durante la fase de apertura de brecha o retirada del foso ajedrezado.



Figura 43. Fotografía de una zanja del diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 44. Fotografía de una zanja del diseño "C"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 45. Fotografía del Diseño A desde la altura

Fuente: Elaboración Propia



Figura 46. Fotografía del diseño "C" desde la altura

Fuente: Elaboración Propia



Figura 47. Fotografía de la visibilidad del diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 48. Fotografía de la visibilidad del diseño "C"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 49. Fotografía del VCI Pizarro encajonado en el diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 50. Fotografía frontal del VCI Pizarro en el diseño "C" con la panza apoyada sobre el merlón

Fuente: Elaboración Propia



Figura 51. Fotografía lateral del VCI Pizarro en el diseño "C" con la panza apoyada sobre el merlón

Fuente: Elaboración Propia



Figura 52. Fotografía del VCI Pizarro en el diseño "C" con las cadenas sin apoyar en la zanja

Fuente: Elaboración Propia



Figura 53. Fotografía del CC Leopard 2E en la primera zanja del diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 54. Fotografía del CC Leopard 2E en la segunda zanja del diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 55. Fotografía de la cadena salida a causa de la tierra suelta del CC Leopard 2E tras cruzar el diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 56. Fotografía del CZ retirando el diseño "A"

Fuente: Elaboración Propia



Figura 57. Fotografía de la "Bulldozer Caterpillar D7-R" retirando el diseño "C"

Fuente: Elaboración Propia



Anexo XII. Guion de la entrevista realizada a los jefes de vehículo involucrados en la prueba de paso y respuestas

A continuación, se añade el guión de la entrevista realizada de manera informal con los jefes de vehículos que realizaron la prueba de paso y se añaden las respuestas aportadas por ambos.

En primer lugar (A), se reflejan las respuestas dadas por el Sargento D. Juan Manuel Vinagre Cocaño, jefe de vehículo del CC "Leopardo 2-E", y en segundo lugar (B), las aportadas por el Capitán D. Jaime Mallol de la Cierva, jefe de vehículo del VCI "Pizarro".

1. Si estuviera en una situación real, ¿qué decisión tomaría respecto al obstáculo: pasar, rodear, solicitar apoyo de ingenieros...?
 - A) Rodearlo.
 - B) Rodearlo o solicitar apoyo de ingenieros.
2. A la hora de cruzar el obstáculo, ¿le resultó más complicado hacerlo de lo que pensó cuando lo detectó? ¿Por qué?
 - A) Desde el principio ya ví que cruzar este obstáculo requeriría gran habilidad del conductor y cruzarlo llevando un ritmo lento.
 - B) Encontré el primer diseño más complicado de lo que creía. Fue más peligroso de lo estimado y solo he avanzado 4 metros con riesgo de vuelco.
3. Con su experiencia, ¿a qué distancia es capaz de detectar un foso C/C convencional de 100 m de frente y 3,3 m de ancho?
 - A) No sabría contestar a esta pregunta. Dependería en gran medida de la zona en la que se encuentre o de su grado de enmascaramiento.
 - B) Es difícil dar una distancia concreta.
4. ¿Qué medios utilizaría para cruzar un foso C/C convencional de dichas dimensiones?
 - A) Un Vehículo Lanzapuentes Deslizable.
 - B) Un Vehículo Lanzapuentes Deslizable, aunque es posible que su instalación no pueda llevarse a cabo al no tener un lugar estable sobre el que apoyarlo, pues tal vez una parte del puente coincida con una zanja y otra con un merlón.
5. ¿Reconocería este obstáculo a la misma distancia a la que reconoce un foso C/C convencional o necesitaría acercarse más distancia?
 - A) No, tendría que acercarme una mayor distancia para detectar el obstáculo, y además, aun detectándolo, no sabría identificar de qué tipo de obstáculo se trata al no haber visto nada parecido anteriormente.
 - B) Claramente no, el foso C/C convencional es fácilmente detectable y este tipo de obstáculo resulta más discreto.
6. ¿Ha sido capaz de cruzar el nuevo obstáculo?
 - A) Sí.



B) No, en el primer diseño me quedé encajonado en la primera zanja, y en el segundo diseño tras llegar a la segunda, la panza del Pizarro quedó apoyada sobre un merlón y las cadenas no tocaban el fondo de la zanja.

7. En caso afirmativo, ¿cuánto tiempo le ha supuesto hacerlo? ¿Considera que el foso ajedrezado es capaz de ralentizar el ritmo de la unidad enemiga?

A) 1 minutos y 58 segundos. Sí, aunque pueda llegar a cruzar el obstáculo, el hecho de tener que meterse en estas zanjas le está obligando a bajar considerablemente el ritmo de la unidad.

8. Si no ha sido capaz, ¿qué medios necesitaría para hacerlo?

B) Con un Vehículo Lanzapuentes Deslizable podría cruzar el obstáculo. Otra manera sería que los Ingenieros abrieran brecha antes de la llegada de mis vehículos al obstáculo.