



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# Diseño y puesta en obra de una pista de circunstancias

---

Autor

Luis Hernández Novella

Directores

D. Beatriz Rodríguez Soria

D. Daniel Martín Díaz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2016



## **RESUMEN**

El proyecto consistirá en el diseño y la posterior puesta en obra de una pista de circunstancias, en la comandancia de Melilla, para mejorar la instrucción y adiestramiento de sus unidades, que dotaría a la plaza de una instalación para completar el adiestramiento físico-militar, de la cual hoy carece.

Este complejo, dotado de múltiples obstáculos, permitirá el adiestramiento del combatiente en múltiples situaciones de paso de obstáculos. Las innovaciones propuestas en el proyecto se refieren al diseño de los obstáculos, y se desarrollan otros nuevos que se adaptan a las situaciones que se dan en las misiones.

---

## **ABSTRACT**

The project is about design and built an assault course in Melilla. Which will give the units placed in Melilla the chance to train obstacles pass. Therefore, nowadays, the city doesn't have these facilities.

This track, composed by multiple obstacles, will be used to train privets in different situations when pass an obstacle is needed. The innovations of my project are a new design, which copy real situations from the international missions.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de fin de grado quiero agradecerlo a mi tutor académico cuya dedicación e interés lo han hecho posible. A los tenientes Daniel Martín Díaz y Ana Fernández Llamazares, además del sargento Diego Rubiales Atienza.



## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Resumen</b>   |           |
| <b>Abstract</b>  |           |
| <b>Agradecimientos</b>   |           |
| <b>Índice</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>Lista de figuras</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>Lista de tablas</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>Lista de Anexos</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>Lista de Abreviaturas</b> .....                                   | <b>3</b>  |
| <b>1. Introducción</b> .....   | <b>7</b>  |
| 1.1. Antecedentes .....  | 7         |
| 1.2. Objetivos y alcance del proyecto .....                          | 7         |
| 1.3. Definición de estrategia.....                                   | 8         |
| 1.4. Destinatarios .....   | 8         |
| <b>2. Estado del arte</b> .....                                      | <b>9</b>  |
| 2.1. Planes Directores y otros documentos.....                       | 9         |
| 2.2. Estudio del estado actual de las instalaciones .....            | 9         |
| <b>3. Metodología de trabajo</b> .....                               | <b>14</b> |
| <b>4. Descripción de los trabajos realizados</b> .....               | <b>15</b> |
| 4.1. Estudio de las instalaciones existentes.....                    | 15        |
| 4.1.1. Análisis práctico .....                                       | 15        |
| 4.1.2. Análisis teórico .....  | 16        |
| 4.2. Estudio AMFE .....  | 16        |
| 4.3. Análisis de riesgos .....                                       | 17        |
| 4.3.1. Conclusiones de la matriz de riesgos.....                     | 17        |
| 4.4. Estudio de las instalaciones existentes y las necesidades ..... | 18        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.5.      | Estudio de terreno disponible y la ubicación.....                                  | 18        |
| 4.6.      | Estudio topográfico y replanteo del terreno .....                                  | 19        |
| 4.7.      | Trabajos de nivelación.....  | 21        |
| 4.1.      | Evacuación de aguas pluviales .....  | 22        |
| 4.2.      | Diseño y ubicación de los obstáculos en el terreno.....                            | 22        |
| 4.3.      | Diseño y cálculo de las zapatas/losa (cimentaciones).....                          | 23        |
| 4.4.      | Análisis de las situaciones tácticas para crear nuevos obstáculos y su diseño..... | 23        |
| 4.5.      | Colocación de los obstáculos en el terreno y trabajos de remate.....               | 29        |
| <b>5.</b> | <b>Presupuesto .....</b>   | <b>31</b> |
| 5.1.      | Coste producto .....   | 31        |
| 5.2.      | Coste proyecto.....  | 31        |
| 5.3.      | Coste de diseño del proyecto .....   | 31        |
| 5.4.      | Coste de combustible .....   | 32        |
| 5.5.      | Coste de personal.....   | 32        |
| 5.6.      | Coste de homologación .....  | 33        |
| 5.7.      | Creación de un presupuesto y pliego de prescripciones .....                        | 33        |
| <b>6.</b> | <b>Planificación de actividades y recursos.....</b>                                | <b>34</b> |
| 6.1.      | Detección y cálculo de material, maquinaria y mano de obra necesario .....         | 34        |
| 6.2.      | EDT (Estructura de desglose de trabajo).....                                       | 35        |
| 6.3.      | Cronograma del proyecto .....  | 35        |
| 6.4.      | Planificación de recursos y departamentos del proyecto.....                        | 35        |
| <b>7.</b> | <b>Conclusiones .....</b>  | <b>36</b> |
| 7.1.      | Lecciones aprendidas.....  | 36        |
| 7.2.      | Puntos mejorables.....   | 36        |
| 7.3.      | Conclusiones principales .....   | 36        |
| <b>8.</b> | <b>Posibles líneas futuras.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>9.</b> | <b>Bibliografía .....</b>  | <b>38</b> |

## Lista de figuras

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 2.1. Pista Acuartelamiento de los Leones [3]</i> .....            | 10 |
| <i>Figura 2.2. Pista Acuartelamiento Recarga [4]</i> .....                  | 11 |
| <i>Figura 2.3. Pista de obstáculos Kaibil, Guatemala [2]</i> .....          | 12 |
| <i>Figura 2.4. Pista de combate planta [4]</i> .....                        | 13 |
| <i>Figura 2.5. Pista de combate [6]</i> .....                               | 13 |
| <i>Figura 4.2. Ubicación pista de circunstancias en Melilla [3]</i> .....   | 18 |
| <i>Figura 4.3. Ubicación exacta [3]</i> .....                               | 19 |
| <i>Figura 4.4. Plano de la pista [3]</i> .....                              | 20 |
| <i>Figura 4.4. Croquis cunetas, nótese el detalle de la grava [3]</i> ..... | 21 |
| <i>Figura 4.5. Perfil desmonte [3]</i> .....                                | 21 |
| <i>Figura 4.6. Vaguadas naturales [3]</i> .....                             | 22 |
| <i>Figura 4.7. Obstáculo 2 [3]</i> .....                                    | 24 |
| <i>Figura 4.8. Obstáculo 3 [3]</i> .....                                    | 24 |
| <i>Figura 4.9. Obstáculo 4 [3]</i> .....                                    | 25 |
| <i>Figura 4.10. Obstáculo 5 [3]</i> .....                                   | 26 |
| <i>Figura 4.11. Obstáculo 6 [3]</i> .....                                   | 26 |
| <i>Figura 4.12. Obstáculo 7 [3]</i> .....                                   | 26 |
| <i>Figura 4.13. Obstáculo 8 [3]</i> .....                                   | 27 |
| <i>Figura 4.14. Obstáculo 9 [3]</i> .....                                   | 28 |
| <i>Figura 4.15. Obstáculo 10 [3]</i> .....                                  | 28 |
| <i>Figura 4.16. Obstáculo 11 [3]</i> .....                                  | 28 |
| <i>Figura 4.17. Obstáculo 12 [3]</i> .....                                  | 29 |
| <i>Figura 4.18. Vista general de los obstáculos sobre perfil [3]</i> .....  | 29 |
| <i>Figura 4.19. Valla perimetral [3]</i> .....                              | 30 |

## Lista de tablas

|  |    |
|--|----|
| <i>Tabla 3.1 Respuesta de los materiales [3]</i> ..... | 15 |
| <i>Tabla 3.2 Matriz de riesgo [3]</i> .....            | 17 |
| <i>Tabla 5.1 Tabla coste combustible [3]</i> .....     | 32 |

## **Lista de anexos**

*Anexo A: Planos diseño de los obstáculos*

*Anexo B: Planos de movimientos de tierras y evacuación de aguas*

*Anexo C: Cálculo de zapatas y losa*

*Anexo D: Project Charter*

*Anexo E: EDT*

*Anexo F: Costes del producto*

*Anexo G: Diagrama de fechas*

*Anexo H AMFE*

*Anexo I: Análisis de Riesgos*

## **Lista de abreviaturas**

COMGEMEL: Comandancia general de Melilla

RING 7: Regimiento de Ingenieros N°7

AGM: Academia General Militar

IGE: Instituto Geográfico Nacional

## **1. Introducción**

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo Fin de Grado, realizado en las prácticas externas en el Regimiento de Ingenieros Nº7 (RING 7) perteneciente a la comandancia de Ceuta, del grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es "DISEÑO Y PUESTA EN OBRA DE UNA PISTA DE CIRCUNSTANCIAS".

### **1.1. Antecedentes**

El título ofrecido por el RING 7 fue realizar el proyecto de una pista de combate, la cual está pendiente de ser ejecutada. Sin embargo, este proyecto deja poco margen a la innovación, pues los obstáculos son normalizados. Y debido a que el trabajo de fin de Grado debe ser un proyecto innovador, solicité el cambio de título a la construcción de una pista de circunstancias, en la cual los obstáculos son diseñados "ad hoc" para cada pista y adaptados al terreno. Se ha dejado amplio margen para la originalidad. Sin embargo, en la plaza de Ceuta ya se encontraba una pista de circunstancia realizada en mayo de 2014. Por tanto, al final se ha optado por desarrollarla para Melilla.

En la plaza de Melilla carecen de una instalación de estas características, hay un proyecto del Regimiento de Ingenieros Nº8 (RING 8) de rehabilitación de una pista inoperativa y la otra opción sería el realizar una nueva. Para cubrir dicha necesidad surge esta pista de circunstancias.

### **1.2. Objetivos y alcance del proyecto**

El objetivo de este proyecto es dotar de instalaciones para la instrucción de las unidades del Ejército de Tierra, para lo cual se dotará de una pista de circunstancias a la plaza de Melilla, de la cual hoy carece. El proyecto no es otro que realizar un diseño, seguido de la puesta en obra, de una pista de circunstancias, localizado en el acuartelamiento "Millan Astray", actual cuartel del Tercio "Gran Capitán" 1º de la Legión situado en la comandancia de Melilla (COMGEMEL).

Otro punto del proyecto que se considera importante es su localización. Llevando este complejo a Melilla ofrecemos a las unidades de la plaza una pista de obstáculos variada, pues, actualmente, si se quiere pasar este tipo de pista hay que salir de la plaza y recurrir a unas maniobras para pasarla, pudiendo utilizar esos días de maniobras para otro tipo de adiestramiento, lo cual supone también un ahorro para el Ejército.

Pudiendo encontrar el Project Charter en el Anexo D.

### **1.3. Definición de estrategia**

Las líneas de estrategias principales del proyecto son las siguientes:

- La mejora de la instrucción de los combatientes y dotar de nuevas infraestructuras para el adiestramiento de las unidades. En esta pista el combatiente se instruirá en el paso de obstáculos para evitar el estrés que supone enfrentarse a una situación novedosa en el desarrollo de una misión; las pequeñas unidades se adiestrarán en el trabajo en equipo, exigiendo a sus líderes inventiva y decisión.
- Otro punto importante de la estrategia es la reducción al máximo de los costes (siempre sin asumir riesgos relativos a la seguridad), al tratarse las Fuerzas Armadas de un organismo público se han elegido materiales económicos y resistentes, en consonancia con las políticas de austeridad, esta pista con un mínimo mantenimiento seguirá en uso durante muchos años.
- Por último, en cuanto a lo que diferencia este proyecto del resto de pistas de circunstancias de España es la innovación en los obstáculos, desarrollando obstáculos particulares para este campo. Efectivamente, ya hay pistas de circunstancias en otros lugares. Sin embargo, el dinamismo que nos dan estas instalaciones, así como su emplazamiento en un lugar de España estratégico, como es Melilla, puede ahorrar una importante cantidad de dinero a nuestro Ejército, marcando la diferencia entre este proyecto y las actuales pistas de obstáculos.

### **1.4. Destinatarios**

Los destinatarios de la pista de circunstancias son las unidades de la COMGEMEL. Sin embargo, cualquier unidad de nuestras Fuerzas Armadas así como de ejércitos aliados que lo deseen podría solicitar el poder hacer uso de estas instalaciones.

Por las características de la instalación, será utilizada la mayoría de las veces por pequeñas unidades hasta un máximo de sección, independientemente de su especialidad fundamental.

Es una pista diseñada para ser pasada por pequeños equipos. Algunos de los obstáculos es imposible que sean pasados de manera individual. Está orientada a incentivar el mando al nivel jefe de escuadra, pelotón o pequeños equipos para mejorar la cohesión de estos y la rápida toma de decisiones, para decidir la mejor forma de pasarlos.

Las unidades para las cuales se construye dicha instalación son:

Las encuadradas en la guarnición de Melilla [1]:

- Comandancia General Melilla
- Tercio “Gran capitán” 1º de la Legión
- Regimiento de Caballería acorazada “ Alcántara” 10
- Regimiento mixto de Artillería nº 32
- Regimiento de Ingenieros nº 8
- Batallón del Cuartel General de la Comandancia de Melilla
- Grupo de Regulares de Melilla nº 52
- Unidad logística nº 24

## **2. Estado del arte**

En este estado del arte se analizarán los distintos documentos, proyectos y obras que han servido para poder desarrollar el presente proyecto, haciendo un análisis de la situación actual en la que se encuentran las pistas de obstáculos.

### **2.1. Planes Directores y otros documentos**

En los últimos años se está dando prioridad en los planes directores de distintas unidades a las pistas de circunstancia. Prueba de ellos son las recientes obras realizadas en el 2014 en la Academia General Militar (AGM) de una pista en el acuartelamiento de los Leones y de la Comandancia General de Ceuta (COMGECEU). Por tanto, es previsible que próximamente se le dé en el plan director de los ingenieros de Melilla la prioridad para que se ejecute la obra.

### **2.2. Estudio del estado actual de las instalaciones**

A continuación se realizará un análisis, repasando lo más destacado referente a las pistas de obstáculos. También se analizará la pista de combate reglamentaria, que es la pista que está más difundida en el ejército, que conocen todos sus integrantes y que se tiene en mente al diseñar otras similares.

En primer lugar, se verán las dos pistas de circunstancia que se han citado antes, la primera es la pista de circunstancia que se encuentra en las proximidades de la Academia General Militar (Acuartelamiento de los Leones) y la otra es la pista que se utiliza en la comandancia de Ceuta (Acuartelamiento Recarga). Se comentará en cada caso cuáles son las mayores diferencias de estos complejos con nuestro proyecto. Por último, se analizará una pista de obstáculos Kaibil [2] que se encuentra en Guatemala, Melchor de Mencos (Escuela de operaciones especiales guatemaltecas).

1. Pista de circunstancias ( Acuartelamiento de los Leones, Zaragoza )

Esta pista de obstáculos está situada en un acuartelamiento abandonado en las proximidades de la AGM, para ser empleada principalmente por los cadetes de la General. Es un conjunto de obstáculos construidos en madera y con cimiento de hormigón, principalmente con rollizos. Se adapta al terreno, siguiendo el recorrido de diversos caminos anteriores a la pista y realizados “ad hoc” para situar los obstáculos y guiar a sus usuarios. Hay obstáculos de distinta dificultad, prima en algunos la fuerza física, la destreza o la decisión. Fue diseñada para ser pasada en pequeños grupos y estimular la iniciativa y dotes de mando ante situaciones nuevas.



*Figura 2.1. Pista Acuartelamiento de los Leones [3]*

Esta pista ha sido inspiración para desarrollar el obstáculo del muro alto. Se ha cambiado la estructura que lo soporta para asemejarla al resto de obstáculos de este proyecto. El obstáculo de troncos gruesos también se encuentra presente, habiéndolo adaptado con modificaciones en la cimentación. Además, utilizar los caminos anteriores a la pista para colocar los obstáculos es una manera de integrarla al terreno, pues los caminos tradicionales respetan la vegetación y accidentes topográficos.

2. Pista de circunstancias (Acuartelamiento Recarga, Ceuta)

La pista de reciente construcción en Ceuta dota a la comandancia de una instalación de la cual carecía. Está situada en un acuartelamiento de la Legión, pero que utilizan todas las unidades de la plaza. En su construcción fueron aprovechados los accidentes del terreno, situándola en una vaguada para aprovechar la pendiente ascendente del terreno y, además, la caída natural del agua para tener una zona fangosa. Por tanto, es una pista cuya ubicación ha sido muy cuidada y se beneficia de ello. Los obstáculos están contruidos mayormente con madera tratada y toda la pista está delimitada con alambre de espino.



*Figura 2.2. Pista Acuartelamiento Recarga [4]*

La ubicación tan cuidada de esta instalación ha sido inspiración para este proyecto, tomando de ella la utilización de las pendientes naturales de la vaguada donde se encuentra, así como los obstáculos del barrizal, la red de desembarco, el semipermanente y la alcantarilla. Todos ellos se han modificado, pero la situación táctica que recrean es la misma. Además el estar delimitada por alambre de espino, sirve de guía en la pista y de barrera con la maleza, idea muy práctica que también se ha copiado.

3. Pista de obstáculos Kaibil (Escuela operaciones especiales guatemaltecas, Melchor de Mencos, Guatemala)

Se considera una pista de gran dificultad y un referente a nivel internacional, cuyos obstáculos son copiados en otros países. Es la pista que utilizan para adiestrarse las operaciones especiales de ese país. Tiene multitud de obstáculos para conseguir distintas destrezas, entre los que cabe destacar una torre de hormigón para practicar el rápel y el rápel volado. Es una pista muy completa y su ubicación en la selva le añade realismo.



Figura 2.3. Pista de obstáculos Kaibil, Guatemala [2]

Esta instalación es de gran tamaño y muy completa. Aunque este proyecto no tenga semejante alcance esta pista es un modelo a seguir. Ha sido inspiración del obstáculo cuerda con neumáticos, aunque los anclajes, la estructura y las cimentaciones hayan sido rediseñados.

4. Pista de combate (pista de obstáculos normalizada de las Fuerzas Armadas Españolas)

Es la pista de obstáculos que más se encuentra en los cuarteles del ejército. Está compuesta por 14 obstáculos situados en una explanada distribuidos en cuatro calles. Los obstáculos están fabricados en hormigón y algunos con tubo de hierro o rollizos de madera. Están marcados por un manual de instrucción físico-militar [5], es utilizada por varios países y es un referente en pistas de obstáculos.

Está compuesta por:

- Obstáculo 1: Vallas. Serie de seis vallas bajas separadas entre sí 5 metros, con 0,40 metros de altura.
- Obstáculo 2: Picas. Serie de 6 picas clavadas en el suelo y separadas entre sí 5 metros.
- Obstáculo 3: Vallas. Serie de seis vallas separadas entre sí 5 metros, con 0,80 metros de altura.
- Obstáculo 4: Paso cuerda. Cuerda gruesa, situada a 3 metros sobre foso.
- Obstáculo 5: Puente roto. Puente inclinado con vano en su vértice superior sobre foso.
- Obstáculo 6: Tronco sobre foso. Tronco (horizontal o inclinado) sobre foso.
- Obstáculo 7: Espaldera. Espaldera con tres listones, de 2,20 metros de altura desde el suelo hasta el listón más elevado
- Obstáculo 8: Vallas. Serie de 6 vallas a una altura de 1,10 metros sobre el suelo

- Obstáculo 9: Alambrada y tubos. El obstáculo consta de dos partes:
  - Una alambrada alta y una alambrada baja
  - Tubos huecos de 1 metro de diámetro.
- Obstáculo 10: Escalas. Pórtico de 5 metros, con escalas de cuerda.
- Obstáculo 11: Red de desembarco. Pórtico de 5 metros, con red de cuerda a semejanza de una red de desembarco.
- Obstáculo 12: Trepa cuerda. Pórtico de 5 metros con cuerdas de trepa (alternando con y sin nudos de agarre).
- Obstáculo 13: Loma. Conjunto formado por pequeña loma, badén y desnivel, con una longitud total de 14,50 metros.
- Obstáculo 14: Muro. Construcción simulando pared. Dispone también de cuerda para trepa.

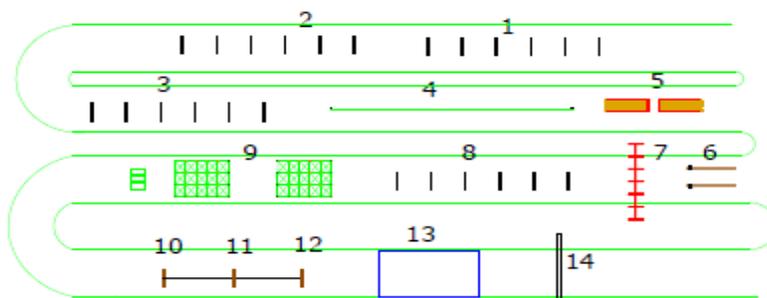


Figura 2.4. Pista de combate planta [4]

Los obstáculos tomados de esta pista son los pilotes, la alambrada y las tapias. Son los obstáculos más simples del proyecto, sin embargo son los más útiles de practicar, pues estas tres situaciones se dan con frecuencia y son fácilmente recreables en una pista de obstáculos.



Figura 2.5. Pista de combate [6]

### **3. Metodología de trabajo**

Las tareas realizadas para poder desarrollar este proyecto se pueden dividir en dos grandes grupos: trabajo de campo y trabajo de oficina.

El trabajo de campo ha sido realizado en las pistas de obstáculos que se analizaron situadas en España. Con un análisis de los obstáculos y sus cimentaciones. Además de un reconocimiento del terreno donde estaban situadas y cómo habían resuelto el problema de canalizar el agua pluvial. En este análisis se estudió con detalle los distintos materiales con los que se habían realizado los obstáculos y sus respuestas ante las distintas situaciones atmosféricas. Además de comprobar la dificultad de los distintos obstáculos para su paso.

El trabajo de oficina son los diseños propiamente de la pista y los obstáculos con la posterior redacción de la memoria. Primero se realizó un AMFE, un análisis de riesgo y un estado del arte para encaminar el diseño, los obstáculos se realizaron en AutoCAD como se puede ver el anexo A. Una vez que se tenían decididos los obstáculos se sabía el terreno necesario, pudiendo empezar a diseñar la pista de circunstancia.

El siguiente paso fue la ubicación mediante el juicio de expertos y las características específicas que debía reunir el terreno. Tras haber elegido una ubicación, con Carta digital se realizaron varias consultas de la zona referentes a pendientes y su perfil, estas consultas dieron los lugares propicios para situar cada obstáculo. Además, en el estudio topográfico se designaron las vaguadas que se usarían para canalizar el agua.

Conociendo el tipo de terreno y los obstáculos se podía calcular la cimentación. Para realizar estos cálculos se utilizaron dos programas. AMEB, un programa de cálculo de estructuras en el cual se introdujeron los dos obstáculos sometidos a unas sollicitaciones más exigentes, para obtener las fuerzas que debían contrarrestar las cimentaciones. Las cimentaciones se calcularon a mano cómo se detalla en el anexo D. Para expresar el resultado en el diseño de dos zapatas en AutoCAD. La losa, sin embargo, se calculó mediante el ordenador con el programa CYPECAD, el cual una vez introducido el diseño y las cargas que debía soportar calculó la armadura necesaria para esta cimentación.

Se terminó con la redacción de la memoria.

## 4. Descripción de los trabajos realizados

### 4.1. Estudio de las instalaciones existentes.

El análisis de las instalaciones existentes ha sido de gran utilidad en el desarrollo del proyecto.

#### 4.1.1. Análisis práctico

El estudio que se ha realizado de las pistas se ha dividido en dos: por un lado, la parte práctica y, por el otro, la teórica.

La parte práctica ha consistido en el paso de los obstáculos. Se han realizado estas pruebas en las tres pistas situadas en España, que se detallan en el estado del arte, para poder comprobar personalmente la dificultad de los distintos obstáculos, además de analizar la respuesta de distintos materiales en distintas situaciones meteorológicas.

Respuesta de materiales según meteorología:

|               | Cuerda                                     | Hormigón                                  | Metal              | Madera             |
|---------------|--|---|--------------------|--------------------|
| Tiempo seco   | Adherencia : buena<br>Heridas por abrasión | Adherencia: buena<br>Heridas por abrasión | Adherencia: normal | Adherencia : buena |
| Tiempo húmedo | Adherencia : normal                        | Adherencia: buena                         | Adherencia: mala   | Adherencia: normal |

Tabla 4.1 Respuesta de los materiales [3]

De esta tabla se deduce que los mejores materiales para construir una pista de obstáculos son la madera y el hormigón.

De este estudio práctico de las pistas de circunstancia se extraen las conclusiones que llevaron a elegir madera, cuerda y hormigón en el diseño de los obstáculos. Prefiriendo la madera frente al hormigón en los obstáculos donde hubiera mucho rozamiento.

#### **4.1.2. Análisis teórico**

En la parte teórica, el análisis se ha realizado gracias a los proyectos de la Oficina Técnica de Ceuta, el manual MI7-007 [5], además de la documentación procedente de las distintas obras del RING7 [4].

Se ha recopilado toda la documentación e información necesaria procedente de la Oficina técnica, encargada [4],[7],[8] de desarrollar y firmar los proyectos. De los proyectos se han obtenido todas las documentaciones necesarias para desarrollar un proyecto de obra. Se centra este estudio en el proyecto de la pista de circunstancias construida en mayo de 2014 por la sección de obras del RING 7 en el acuartelamiento "Recarga" en Ceuta.

Se han recopilado la documentación y las instrucciones relativas a las pistas de circunstancias. En el manual se han encontrado las directrices técnicas para desarrollar los obstáculos normalizados y, aunque esta pista no tenga ninguno de ellos como detalla el manual, ha servido este estudio unido al análisis de la pista de combate para poder ver desde el punto de vista técnico y de la práctica el mismo obstáculo, comprobando cómo se cumplen las directrices y se aplica el conocimiento teórico.

Se ha recopilado toda la información procedente de las distintas obras realizadas por la unidad de ingenieros y adecuación al formato normalizado. Para el desarrollo de este trabajo, las directrices y procedimientos utilizados por la sección de construcción del regimiento han sido de gran utilidad para la concreción de los procedimientos y tareas necesarios para la puesta en obra del proyecto.

#### **4.2. Estudio AMFE**

Tras realizar el estado del arte se ha visto la necesidad de diseñar los obstáculos de forma específica para esta pista, para lo cual se realizó un análisis modal de los fallos y efectos de una pista genérica, que se presenta como Anexo H.

Como resultado se han obtenido dos cambios significativos:

- a. Diseño de obstáculos específicos.
- b. Rediseño de un último obstáculo que sea un examen.

Estas situaciones recreadas con los obstáculos, junto con la novedad del último obstáculo, que es un examen para comprobar que el combatiente mantiene su instrucción tras pasar la pista de condiciones de estrés y fatiga, hacen de la pista una instalación distinta de las actuales y soluciona los problemas encontrados.

Los datos utilizados para la realización del AMFE provienen de la opinión de expertos. Los dos tenientes que ejecutan las obras en Ceuta y Melilla, además de los sargentos que desarrollan proyectos. Creándose estos sus opiniones desde la experiencia personal al haber realizado obras similares, además de las críticas y sugerencias de los usuarios que las utilizan.

### 4.3. Análisis de riesgos

Este apartado consiste en un estudio detallado de los riesgos potenciales a la hora de llevar a cabo la pista de circunstancias [10]. Se puede ver dicho estudio como Anexo I. Esto supone un análisis de los riesgos desde el punto de vista cuantitativo.

Según la probabilidad y el impacto de los riesgos se elabora la siguiente matriz, a modo de análisis cualitativo de los mismos.

| Project Risk Matrix |   |        |        |      | Statistic               |    |
|---------------------|---|--------|--------|------|-------------------------|----|
| Probability         | 3 | 0      | 0      | 0    | Risk-Class              | Nr |
|                     | 2 | 1      | 1      | 0    | High (red)              | 0  |
|                     | 1 | 5      | 1      | 1    | High to Medium (orange) | 0  |
|                     |   | Low    | Medium | High | Medium (yellow)         | 4  |
|                     |   | Impact |        |      | Low (green)             | 5  |
|                     |   |        |        |      | Total:                  | 9  |

Tabla 4.2 Matriz de riesgo [3]

#### 4.3.1. Conclusiones de la matriz de riesgos

De los riesgos de efecto negativo se pueden remarcar estos tres grandes grupos:

- Desuso de las instalaciones
- Sobrepaso del tiempo planificado
- Desviación del presupuesto (sobrecoste)

En estos efectos es importante subrayar que cada día de retraso en la fase final se traduce en 1069,65 €/día de sobrecoste. En cuanto a los riesgos de sobrecoste se deben intentar paliar mediante una partida para incidencias. Y en cuanto al desuso de las instalaciones, se debe convencer al mando de la importancia de adiestrar a las unidades en el paso de obstáculos.

El riesgo de mayor probabilidad y efecto es de carácter positivo. Consiste en que otra gran unidad solicite una pista de circunstancia semejante, esto sería positivo para el Ejército y se partiría de la base de esta pista para diseñar la segunda.

#### 4.4. Estudio de las instalaciones existentes y las necesidades

La plaza de Melilla dispone de pista de combate, orientada al paso individual. Esta pista es la más utilizada en el ejército, están sus obstáculos contemplados en el manual de instrucción físico-militar [5]. Posteriormente, en el estado del arte se analizará. Esta pista, que se realiza en una explanada, está destinada a cubrir las necesidades de una entidad máxima de sección. En el pasado, Melilla tenía una pista de circunstancias; sin embargo, debido a la falta de mantenimiento esta pista ha quedado inoperativa [11]. Constaba de tres calles con seis obstáculos, además, el principal problema que presenta dicha instalación, actualmente inoperativa, es su ubicación, pues se encuentra fuera de terreno militar. Por esta razón, hoy en día es difícil su utilización y su mantenimiento. La antigua pista estaba orientada a cubrir las necesidades de una entidad de sección.

#### 4.5. Estudio de terreno disponible y la ubicación

En el estudio de la ubicación de la pista se ha recurrido principalmente a la opinión de expertos, pues el teniente de la sección de construcción de Melilla y el sargento encargado de desarrollar los proyectos han informado de los lugares más propicios para la ubicación de la pista de circunstancias.

Estas opiniones unidas a las tres características necesarias:

1. Que sea terreno militar y, por tanto, se pueda disponer de él. Para realizar la obra, el mantenimiento y se pueda utilizar por parte del personal militar sin necesidad de autorización especial.

2. Su buena comunicación. Las unidades de la plaza de Ceuta tendrán que desplazarse hasta el inicio de la pista; por tanto, se ha elegido un lugar donde hay caminos transitables por vehículos. Para que las unidades puedan llegar con los medios propios.

3. Que el terreno sea de una capacidad portante adecuada para poder sustentar la obra y evitar corrimientos de tierra. Además de ofrecer una vaguada que conduzca el agua para crear un barrizal como obstáculo y cierta inclinación para situar los obstáculos en pendiente ascendente.



Figura 4.1. Ubicación pista de circunstancias en Melilla [3]



Figura 4.2. Ubicación exacta [3]

La ubicación elegida es el barranco de las Adelfas dentro del acuartelamiento “Millan Astray” por tres motivos. La disponibilidad del terreno dentro de recinto militar, unido a su buena comunicación por caminos, lo convierten en el lugar adecuado para emplazar el proyecto. El terreno es grava mezclada con arena medianamente densa, por lo tanto tiene una capacidad portante aceptable. Además de la existencia de una vaguada, la cual permite tener un obstáculo del barrizal, al canalizar las aguas y concentrarlas en dicho obstáculo, además ofrece una pendiente ascendiente para situar el resto de obstáculos. Los obstáculos se sitúan cuesta arriba en las laderas del entrante para minimizar la humedad, alargando su vida útil, y añadiendo el cansancio de ascender la pendiente al pasar la pista.

#### 4.6. Estudio topográfico y replanteo del terreno

El estudio topográfico se ha realizado mediante el software Carta Digital, gracias a los planos [9] obtenidos del Instituto Geográfico Nacional (IGE). Este estudio se ha iniciado con una ortofoto y un plano topográfico. Una vez elegida la ubicación se estudian los caminos y pistas que discurren por la zona para comprobar que no se obstaculiza ninguna ruta importante. Además, se analiza la utilización de los caminos ya existentes como pista para los obstáculos.

Tras esto se realiza el perfil: este perfil, pasado a AutoCAD, permite realizar el estudio de desmonte y calcular el movimiento de tierra necesario para la realización de la pista. Una vez calculado el desmonte, se superpone el perfil elegido a la ortofoto y al plano topográfico, y se obtienen tras este proceso los lugares más adecuados para la ubicación de los obstáculos. Como se puede ver en el Anexo B.

El replanteo se hace mediante Carta Digital comparando los archivos generados, conociendo la anchura de la pista y el tamaño de cada uno de ellos.

La pista empieza en el centro de la vaguada a una altura sobre el nivel del mar de 56,1 m en coordenadas (503327.00/3907140.25), continua en la vaguada para encontrarse con el primer obstáculo donde se recoge el agua para crear un barrizal, punto más bajo de todo el recorrido. Tras esto, prosigue por la media ladera este hasta llegar a la cuerda de 25 m, que cruza la vaguada y lleva al usuario a la ladera oeste, donde se prosigue subiendo a media ladera hasta salir de la vaguada y llega al último obstáculo situado en la parte más alta de la pista a una altura de 79.8m, con un desnivel acumulado de 26,5 metros positivos en coordenadas (503512.00/3907210.88). La pista recorre 230 metros, y la pendiente no sobrepasa el 20 % en ningún tramo. Pudiendo moverse con esta pendiente toda la maquinaria necesaria para ejecutar la obra.



Figura 4.3. Plano de la pista [3]

La pista construirá a la inversa para aprovechar la pendiente descendente para el movimiento de tierra: partirá desde el llano superior, para descender por un pequeño entrante hasta llegar a la vaguada del Barranco de las Adelfas, donde seguirá el actual sendero que discurre por su fondo.

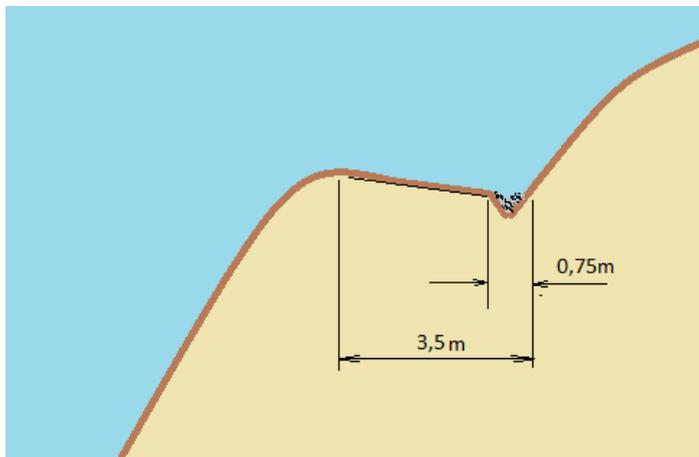
En coordenadas:

|                             |                  |            |
|-----------------------------|------------------|------------|
| 1. Foso y Puente            | (503327/3907140) | cota: 53,3 |
| 2. Red de desembarco        | (503332/3907146) | cota: 56,1 |
| 3. Pilotes                  | (503348/3907160) | cota: 57,3 |
| 4. Cuerda con neumáticos    | (503361/3907175) | cota: 61,4 |
| 5. Alambrada                | (503374/3907184) | cota: 61,8 |
| 6. Cuerda larga             | (503383/3907201) | cota: 62,5 |
| 7. Tapias                   | (503403/3907184) | cota: 67,9 |
| 8. Muro                     | (503427/3907193) | cota: 68,2 |
| 9. Troncos gruesos          | (503460/3907197) | cota: 73,7 |
| 10. Obstáculos contra carro | (503485/3907192) | cota: 74,6 |
| 11. Alambrada               | (503505/3907193) | cota: 77,4 |
| 12. Edificación             | (503515/3907206) | cota: 79,8 |

Las coordenadas expresadas corresponden a la situación del inicio del obstáculo.

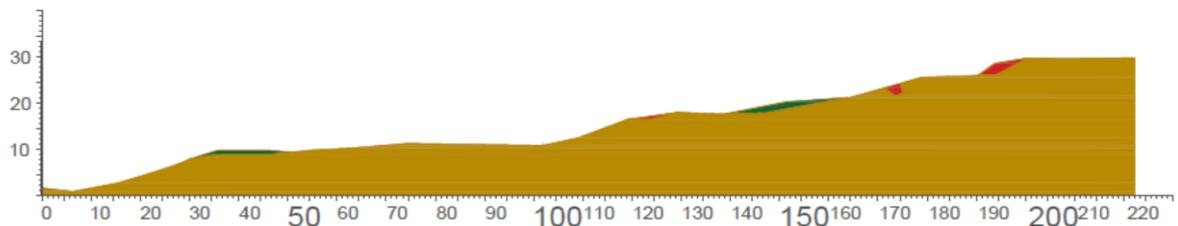
#### 4.7. Trabajos de nivelación

El primer trabajo será la construcción de una pista de 3,5 m de ancho, en la cual se destina 0,75 para la cuneta. Esta pista discurre por ambas laderas y el fondo de la vaguada, en las zonas donde, posteriormente, se situarán los obstáculos. La cuneta de 0,75 m será colocada en ambas laderas en el lado más próximo a la pendiente para evitar que la lluvia lave el camino, como se puede ver en la *Figura 4.4*. Esta pista se realizará primero con el bulldozer; tras este, pasará la motoniveladora dando una pendiente lateral homogénea del 2,5% y con la caída de agua hacia el lado interior. Después se realizará la cuneta de 0,75 m, estas cunetas van rellenas de grava 20-40 en el fondo, para evitar la bajada torrencial de agua. Y la terminación se dará con el rodillo, compactando el terreno a excepción de las zonas donde luego irá un obstáculo, las cuales se dejarán replanteadas y niveladas, pero sin compactar.



*Figura 4.4. Croquis cunetas, nótese el detalle de la grava [3]*

En los trabajos de movimientos de tierras hay que extraer un total de 106,435 m<sup>3</sup> (zona roja de la figura 4.5) y hay que añadir un total de 105,665 m<sup>3</sup> (zona verde de la figura 4.5), como se explica en el apartado 4.6. Por tanto, el movimiento neto de tierra será prácticamente nulo. No teniendo que añadir tierra, ni que desechar. Evitando un coste añadido. Como se puede ver en el anexo B.



*Figura 4.5. Perfil desmonte [3]*

La superficie del perfil que se desea extraer o añadir multiplicada por el ancho de la pista que se construye, nos da el volumen de tierra que hay que mover para conseguir el perfil deseado.

#### 4.1. Evacuación de aguas pluviales

Y estas cunetas desaguarán en las vaguadas naturales, las cuales la conducirán y la llevarán al terreno. Como se puede observar la *Figura 4.5*.



*Figura 4.6. Vaguadas naturales [3]*

Para la evacuación del agua se utilizará la cuneta que discurre en el lateral interno del camino, las cuales conducen el agua a la vaguada natural y esta la recoge y la conduce de forma natural, como se puede observar en el Anexo B.

#### 4.2. Diseño y ubicación de los obstáculos en el terreno

Para el diseño de los obstáculos, se ha partido de la situación táctica que se quería simular. Esta situación táctica se ha simplificado para poder convertirla en un obstáculo.

Siendo las situaciones simuladas el paso de muros, alambradas y pedregales. También se recrea un obstáculo contra carro para que lo pase el personal a pie, así como una edificación o un paso semipermanente de escalada. Además de recrearse un tramo de alcantarillado y una red de desembarco.

La ubicación se ha elegido dando un mayor peso a los obstáculos que son más exigentes físicamente al inicio de la pista pasando a obstáculos de decisión en el final. Esta premisa unida al estudio topográfico del terreno mediante Carta Digital, obteniendo un perfil detallado del terreno ha llevado a elegir la ubicación definitiva de los obstáculos, eligiendo los lugares más propicios, como se puede observar en el Anexo B. Por ejemplo, para la cuerda larga se ha elegido que salve un desnivel o para el barrizal un lugar donde se acumula el agua en medio de la vaguada principal.

En relación con las pistas de circunstancias ya existentes en las instalaciones del Ejército, esta pista innova en el diseño de sus obstáculos y, en especial, con el último obstáculo, el cual es una prueba de paso de obstáculo, pero, además, es un examen para comprobar si se mantienen la concentración y los procedimientos una vez pasada la pista completa.

Es una mejora el concepto de que después de haber pasado la pista, en condiciones de estrés y fatiga, se pueda comprobar, sin tener que cambiar de instalación, si el combatiente es capaz de seguir combatiendo en población, entrando de forma correcta a la edificación y progresando por sus dependencias de una manera segura.

### **4.3. Diseño y cálculo de las zapatas/losa (cimentaciones)**

Para el cálculo de las zapatas y de las cimentaciones se han utilizado diversos programas.

Para poder calcular la cimentación de un obstáculo primero hay que saber las solicitaciones que tiene esa estructura, para ello se ha realizado una idealización de los obstáculos mediante un software de cálculo AMEB, utilizado en las asignaturas de la especialidad de ingenieros.

Una vez que se tiene la estructura con sus cargas, se analizan las solicitaciones a las que se ven sometidos sus anclajes y de esta manera se ha conseguido calcular las zapatas adecuadas a los obstáculos como se describe en el anexo D. Se han calculado dos tipos de zapata: las de los obstáculos con rollizos de 0,3 m y las del obstáculo de 0,5 m. De los obstáculos de 0,3 se ha tomado el obstáculo sometido a mayores solicitaciones para de esta manera asegurar que el resto aguantará. Las zapatas se han calculado a mano con el procedimiento de la signatura de la especialidad hormigón armado y pretensado [10].

La losa se ha realizado de una manera distinta, el diseño mediante AutoCAD, una vez que se ha conseguido el diseño, este se introduce en CYPECAD, programa también usado en asignaturas de la especialidad, una vez introducidos los datos del suelos y las cargas a las que se veía sometido se ha calculado la armadura necesaria para la losa, necesaria en el duodécimo obstáculo.

Tras el cálculo de ambas cimentaciones se ha realizado una lista de materiales necesarios que ha pasado a engrosar el presupuesto de materiales. Además, para la losa se ha creado una hoja de prescripciones específicas. Tanto el plano para su ejecución en obra como los cálculos se pueden encontrar en el Anexo C.

### **4.4. Análisis de las situaciones tácticas para crear nuevos obstáculos y su diseño**

Con los catorce obstáculos de la pista se intenta simular la mayoría de las eventualidades que nos podemos encontrar en el campo de batalla, en lo referente a salvar obstáculos, evitando de este modo el estrés de exponer al combatiente a una situación novedosa. Estos obstáculos se han plasmado mediante AUTOCAD en los planos del anexo A.

Todas estas eventualidades se pueden dar en el desarrollo de una misión, y debido a su variedad dan una experiencia al combatiente, que le permitirá salir con éxito de múltiples situaciones. Todo ello orientado a la instrucción físico-militar [5].

- **Obstáculo 1: Foso/puente.** En el fondo de la vaguada, una bañera donde se recolecta el agua conducida por la vaguada, con una profundidad no superior a medio metro. O dos rollizos de 0,3 m de diámetros a modo de puente que salvan la zona inundada. La innovación con respecto a la mayoría de las pistas, es la utilización de la bajada natural del agua para crear el barrizal, a diferencia de la mayoría donde que se crea una bañera artificial sin cuidar tanto la ubicación, además de dar una alternativa de paso prevista como es el puente.

- **Obstáculo 2: Red de desembarco.** Anexo A.1. Pórtico de 5 metros de altura y 2 m de ancho, con una red de cuerda semejante a una red de desembarco, a la cual simula. Este obstáculo se puede encontrar en muchas pistas, debido a la semejanza con la situación que imita.

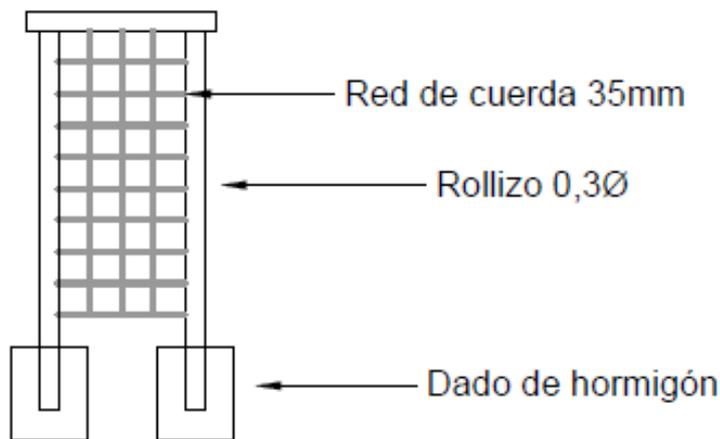


Figura 4.7. Obstáculo 2 [3]

- **Obstáculo 3: Pilotes.** Anexo A.1. Serie de diez pilotes separados entre sí 1/0,8 metros, con 0,30 metros de altura y 0,20 m de diámetro, para hacer equilibrio sobre ellos. Simula los pedregales de montaña, la característica incluida es situarlos en una pendiente ascendente.

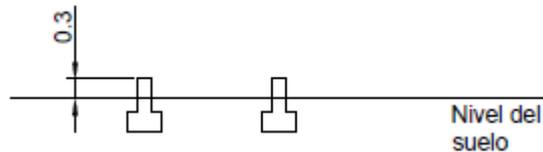


Figura 4.8. Obstáculo 3 [3]

- Obstáculo 4: Cuerda con neumáticos. Anexo A.2. Dos Cuerdas gruesas de 7 m, situadas a 1 m de altura con neumáticos en ellas, para pasar a través de ellos y simular el paso de lugares estrechos, en los que hay que quitarse el equipo y arrastrarlo. Los apoyos han sido especialmente desarrollados para este proyecto.

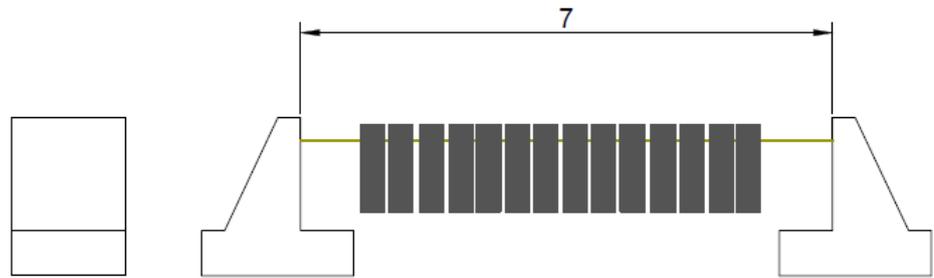


Figura 4.9. Obstáculo 4 [3]

- Obstáculo 5: Alambrada. Anexo A.2. Dos calles de alambrada sobre un arenero de arena de ro, las cuales comienzan en 60 cm y bajan progresivamente hasta los 30 cm de altura. Simula el paso reptando por debajo de una alambrada.

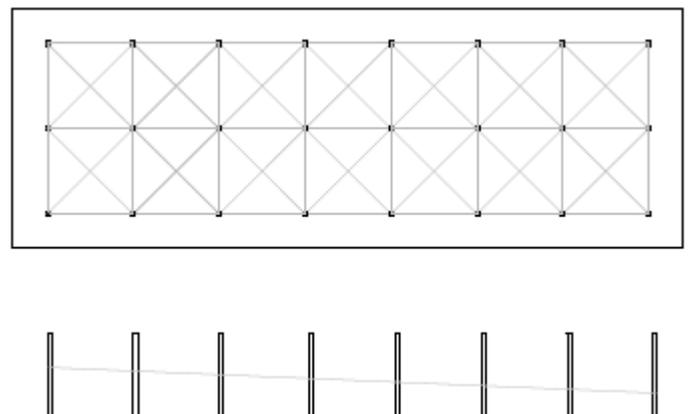


Figura 4.10. Obstáculo 5 [3]

- Obstáculo 6: Cuerda tensa. Anexo A.3. Cuerda de escalada estática sujeta a dos pilotes y tensada, con otra cuerda superior a modo de pasamanos. Simulación de un semipermanente de montaña. Este obstáculo, prepara a los soldados para salvar desniveles sin exponerles al peligro de una caída en altura.

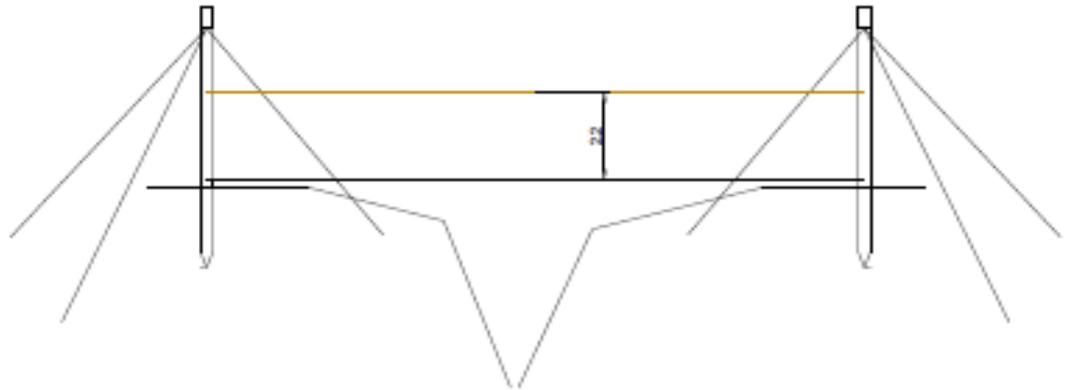


Figura 4.11. Obstáculo 6 [3]

- Obstáculo 7: Tapias. Anexo A.3. Dos tapias de 1 m y 1,5 m, separadas 3 m para saltarlas por encima, con una pequeña superficie en su parte alta para impulsarse en el salto. Pequeñas tapias para pasarlas de un salto. Similares al obstáculo normalizado.

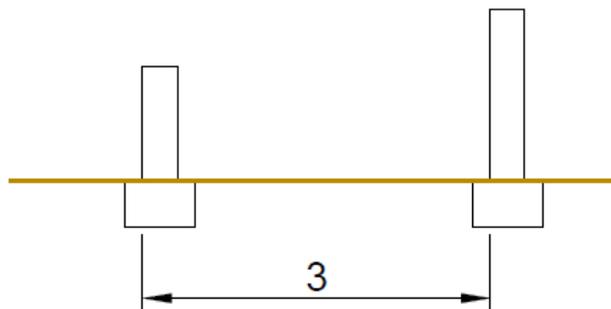


Figura 4.12. Obstáculo 7 [3]

- Obstáculo 8: Muro de madera. Anexo A.4. Muro de 5 m de altura con una pequeña plataforma superior, la cual solo se puede pasar gracias al trabajo colaborativo y el ingenio del mando. Se ha añadido una plataforma superior para albergar al personal que ayuda al izado de los compañeros, además de rediseñar la estructura que soporta los tablonces que conforman el muro.

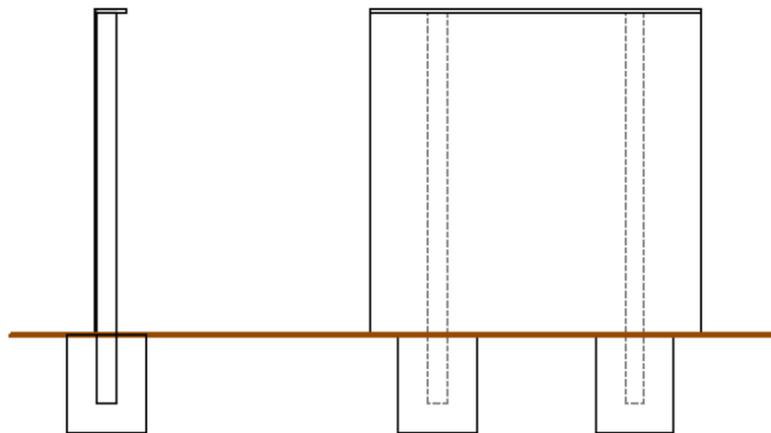


Figura 4.13. Obstáculo 8 [3]

- Obstáculo 9: Troncos gruesos. Anexo A.4. El obstáculo consta de tres troncos de un grosor de 0,5 m, colocados a 1m, 2m y 3m de altura y separados 1,5 m. Simula barras y otros lugares altos desde los que hay que saltar para continuar, obstáculo similar a uno presente en la pista del acuartelamiento de los Leones a excepción de la cimentación.

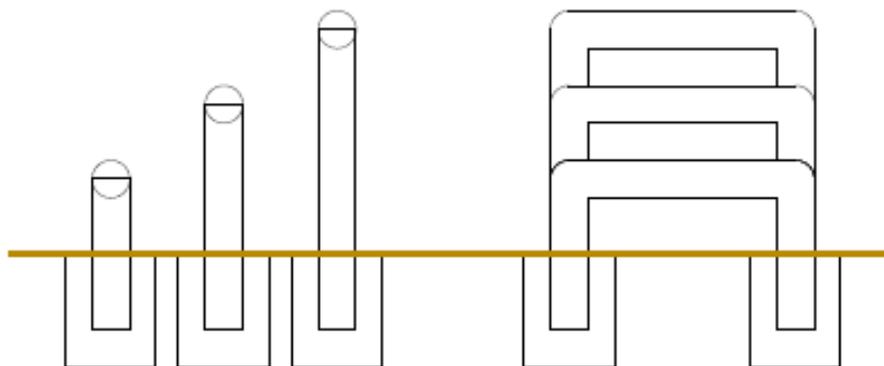


Figura 4.14. Obstáculo 9 [3]

- Obstáculo 10: Obstáculo contra carro. Anexo A.5. El obstáculo consta de dos partes: un campo con 4 erizos contra carro realizados con rollizos y un foso contra carro, situados en pendiente máxima. El diseño de este obstáculo es innovador, pues adapta un obstáculo contra carro para el paso del personal, situación habitual en los conflictos simétricos.

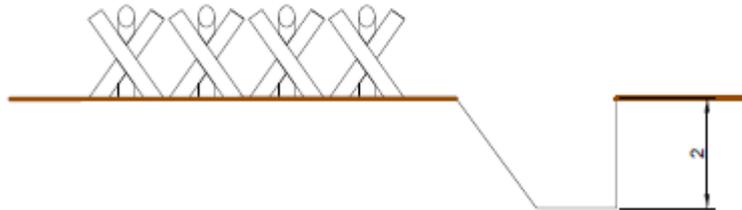


Figura 4.15. Obstáculo 10 [3]

- Obstáculo 11: Alcantarilla. Anexo A.5. Túnel que conduce a un tubo de alcantarilla, que se estrecha, y llega a una escalerilla, todo ello en oscuridad. La idea parte del combate en población dentro de alcantarilla, se ha tomado una entrada de un colector general que luego se estrecha para obligar al personal a progresar reptando, para después dar a una salida con tapa similar a las alcantarillas de las ciudades.

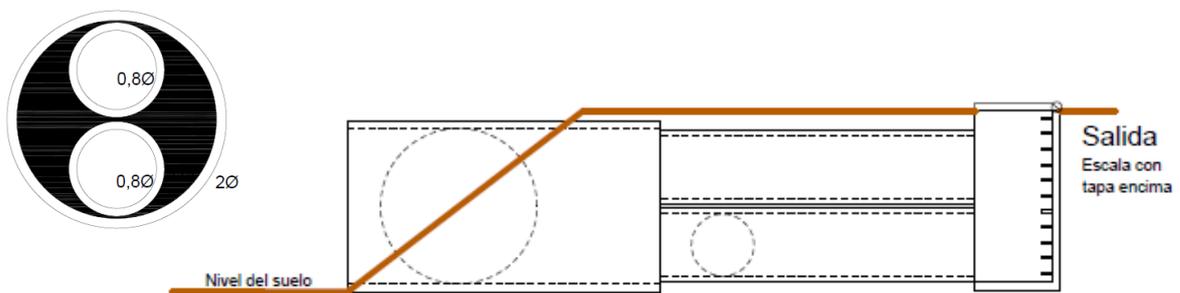


Figura 4.16. Obstáculo 11 [3]

• Obstáculo 12: Edificación. Anexo A.6. Edificación construida a tal efecto para pasar través de las puertas, ventanas y gateras. Último obstáculo para poner a prueba si se sigue manteniendo las directrices de combate después de pasar la pista. Idea innovadora implementada en este proyecto, que el último obstáculo de la pista sea una prueba, la cual marca claramente el final y sirve para evaluar al combatiente.

Sobre una losa de 30 cm, con mallazo de 12mm cada 30 cm en ambas direcciones, que sirve a la vez de cimiento y superficie para transitar, está construida la edificación sin tejado en bloque de hormigón expandido de 20x20x40.

Está dotada de 4 ventanas, 2 gateras y un butrón, para seguir en el paso de obstáculos a la vez que se progresa a través de la edificación.

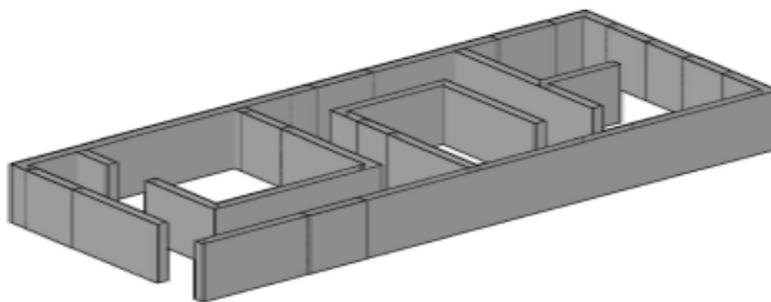


Figura 4.17. Obstáculo 12 [3]

#### 4.5. Colocación de los obstáculos en el terreno y trabajos de remate

Los obstáculos se realizarán en la pista, en los lugares preparados. Hay que tener la precaución de, en la ejecución, empezar por los obstáculos centrales, pues una vez construido les será imposible a las máquinas llegar a dicha posición. Algunos obstáculos se realizarán "in situ" (obstáculos 1,3,4,5,6,7,11 y 12), mientras que otros se podrán realizar en talleres para después llevarlos y tan solo hacer en obra la cimentación (obstáculos 2,8,9 y 10). Quedan todos los obstáculos como se pueden ver en la Figura 4.17.

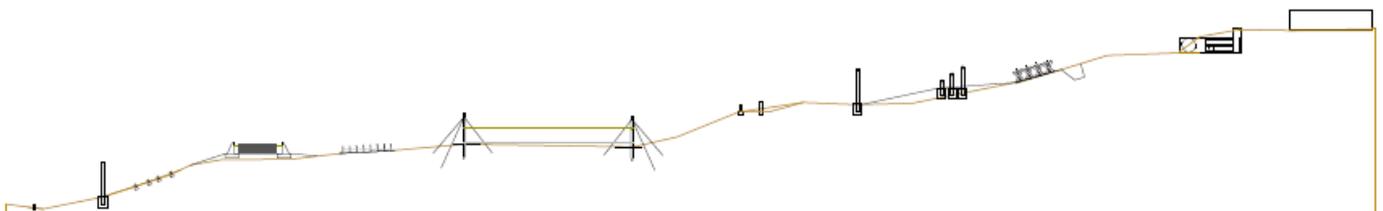
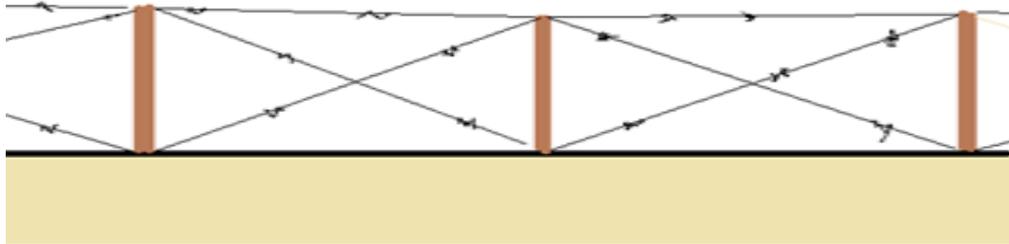


Figura 4.18. Vista general de los obstáculos sobre perfil [3]

Las vallas laterales situadas en el lado exterior del camino delimitarán la pista por la cual se deben abordar los obstáculos. Estas vallas laterales serán realizadas con piquetas largas y alambre de espino. Están separadas 3 metros y entre ellas hay alambre de espino formando un cuadrado con un aspa dentro. Como se puede ver en la *Figura 4.18*.



*Figura 4.19. Valla perimetral [3]*

## 5. Presupuesto

### 5.1. Coste producto

Se ha detallado el coste del material utilizado en el Anexo F.

Por lo tanto el coste total de los materiales serán **28076,00 €**

### 5.2. Coste proyecto

El coste del proyecto se compone de coste de diseño del proyecto, coste de personal, coste de transporte y coste de homologación. Los cuales se especificarán posteriormente.

### 5.3. Coste de diseño del proyecto

Este coste se refiere al tiempo empleado y dedicado por el equipo de proyecto en la fase de planeamiento y diseño, durante dos meses y medio (07/01/2017-15/03/2017).

|                     |                 |                   |
|---------------------|-----------------|-------------------|
| Destino en unidades |                 |                   |
| Categoría           | Salario Mensual | Salario anual     |
| Teniente            | desde 1985,51 € | desde 27.609,27 € |

Por lo tanto, el coste total de diseño del proyecto es  $1985,51 \times 2,5 = 4963,775 \text{ €}$

#### 5.4. Coste de combustible

| COMBUSTIBLE                                 |                  |                  |                        |               |
|---|------------------|------------------|------------------------|---------------|
| ACTIVIDAD                                   | MAQUINA/MEDIO    | HORAS DE TRABAJO | CONSUMO L/H            | TOTAL         |
| ACONDICIONAMIENTO, EXCAVACIÓN Y CIMENTACIÓN | BULLDOZER        | 14               | 20                     | 280           |
|   | MOTONIVELADORA   | 12               | 20                     | 240           |
|   | RODILLO          | 12               | 20                     | 240           |
|   | RETROEXCAVADORA  | 10               | 20                     | 200           |
| EXTRACCIÓN Y APORTE DE MATERIAL             | CARGADORA        | 8                | 20                     | 160           |
|   | CNPTT VOLQUETE   | 8                | 20                     | 160           |
| LIMPIEZA VEGETACIÓN                         | DESBROZADORA (2) | 2                | 400                    | 800           |
|   | MOTOSIERRA       | 0,5              | 200                    | 100           |
|   |                  |                  | TOTAL LITROS           | 2180 l        |
|   |                  |                  | <b>COSTE (1,1 e/L)</b> | <b>2398 €</b> |

Tabla 5.1 Tabla coste combustible [3]

Por lo tanto, el coste en combustible total será **2398 €**

#### 5.5. Coste de personal

Costes derivados del trabajo de la sección de máquinas durante 25/03/2017-30/05/2017.

|    |                     |
|----|---------------------|
| 1  | Teniente: 1985,51 € |
| 3  | Sargento: 1624,3 €  |
| 3  | Cabo 1º: 1202,26 €  |
| 3  | Cabo: 1108,41 €     |
| 18 | Soldado: 1016,62 €  |

Coste de la sección mensual:

32089,58 €/mes

Coste diario:

1069,65 €/día

Coste:

$(30 \cdot 2 + 5) \cdot 1069,65 = 69527,25 \text{ €}$

Sin embargo, este coste no se computa al proyecto, pues estos salarios son asumidos por el ministerio de defensa, el coste existe, pero la sección lo cobrará trabajo en este proyecto o en otro. Además, no tendrán dedicación absoluta, dedicándose también a otras tareas mientras se realiza esta pista. Este coste sólo se tomará para calcular el sobre coste generado por cada día de retraso en la fase de ejecución de obra.

## 5.6. Coste de homologación

|             |             |          |
|-------------|-------------|----------|
| Dietas      |             |          |
| Manutención | Alojamiento | Total    |
| 37,40 €     | 65,97 €     | 103,37 € |

Se encargó de la homologación un subteniente durante las fechas 01/06/2017 – 08/06/2017.

Por lo tanto, el coste de homologación total será  $103,37 \times 8 = 826,96 \text{ €}$

**Costes totales = 28076,00 +4963,77+2398+826,96 = 31794,73 €**

## 5.7. Creación de un presupuesto y pliego de prescripciones

Este proyecto, al no superar los 100.000 euros, no necesita ser sacado a concurso público. Por tanto, para este proyecto se ha realizado un análisis de mercado dentro de las principales empresas hormigoneras y de materiales de construcción españolas que actúa en Ceuta, en el cual ha primado la competitividad en el precio y el cumplimiento de toda la normativa de calidad de obra UNE. Sin embargo, el limitado número de proveedores ha provocado que el precio no sea tan competitivo como sería deseable.

La empresa seleccionada ha sido Calmi s.a. [13] La misma que usa el regimiento de Melilla, la cual proporcionará los materiales desde su planta en Melilla. (Polígono industrial, Calle Falangista Rettschlag, 34, 52003 Melilla).

Esta empresa ofrece soluciones de ejecución de obra, de las cuales se contratará el camión hormigonera pactando el precio por metro cúbico de hormigón, actualmente  $86 \text{ €/m}^3$ .

El presupuesto se ha detallado en el Anexo G en función de los precios que el proveedor seleccionado ha proporcionado.

## 6. Planificación de actividades y recursos

### 6.1. Detección y cálculo de material, maquinaria y mano de obra necesario

Para la ejecución de los obstáculos se ha recurrido principalmente a rollizos de madera tratada y hormigón hecho en fábrica para las cimentaciones. Los cuales se recogerán en el polígono industrial de Melilla, junto al resto de materiales y serán transportados hasta el RING 8 en camiones militares.

Los materiales que se van a adquirir son:

- 41 m<sup>3</sup> de hormigón HM-35/B/20/IIa realizado en fábrica
- Ferralla de  $\varnothing$  12 mm, mallazo de 12,5x5,5 y 140 metros
- 2 Tubos de hormigón colector general  $\varnothing$  2 m
- 8 Tubos de hormigón colector  $\varnothing$  0,8 m
- 97 m Rollizos 0,3
- 27 m Rollizos 0,5
- 1 Red de cuerda 2x5 m
- 18 Tablones tratados 3 x 0,2 m
- 14m Cuerda 35 mm d
- 21 Piqueta larga
- 72 m alambre de espino
- 50 m Cable acero 10 mm
- Anclajes tensión cuerda
- 25 m Cuerda 11 mm estática
- 10,5 m<sup>2</sup> Mallazo
- 40 (Palet 70 U,s) Bloques hormigón
- 5 (Palet 40 U,s) Sacos cemento albañilería
- 9 m<sup>3</sup> Grava 20-40
- 13 m<sup>3</sup> Arena lavada de río

La maquinaria necesaria para la realización de esta obra es:

Para la realización de la pista se necesita la intervención de tres máquinas: la empujadora, que crea el camino, la motoniveladora que lo nivela y le da la pendiente del 2,5% a un lado y el rodillo que lo compacta y termina.

La cargadora y el volquete para los movimientos de tierra y grava, para poder mover los aproximados 105 m<sup>3</sup>. Además de la retroexcavadora para realizar el cajeadado para la cimentación de los obstáculos.

La dos desbrozadoras para las necesidades de limpiar una zona donde la empujadora no llegue y la motosierra ante la eventualidad de tener que cortar un árbol, lo cual se intentará evitar para no dañar la flora del lugar de la construcción acorde a las políticas de conservación medioambiental del Ejército.

Las horas de trabajo de cada una de las maquinas vienen recogidas en una tabla en el apartado 5.4 coste de combustible y han sido calculadas mediante la división: material que se debe extraer o añadir / capacidad en metros cúbicos de trabajo por hora de esa máquina. Añadiendo un mínimo de dos horas para eventualidades en la ejecución.

La mano de obra empleada será la sección de obras del RING 8, durante las fechas señaladas en el EDT.

## **6.2. EDT (Estructura de desglose de trabajo)**

Las fases y actividades del proyecto se encuentran detalladas en la EDT, en la que también se observan la unidad encargada de cada tarea, como así las fechas de inicio y finalización de dichas actividades. Ver la EDT en el anexo E.

## **6.3. Cronograma del proyecto**

El cronograma del proyecto se encuentra detallado en el Anexo G. Es la manera más práctica de mostrar la EDT gráficamente, mostrando así las secuencias y el desglose de las actividades en el tiempo.

## **6.4. Planificación de recursos y departamentos del proyecto**

Aquí se subdividen las tareas en diferentes departamentos, que en la ejecución se podrían dar a terceros para aliviar de trabajo al jefe del proyecto.

- Jefe de proyecto

El jefe del proyecto tiene la libertad para establecer reuniones para el cumplimiento de las fechas estipuladas, indicadas en la EDT. El jefe del proyecto es el mando y al que todos informarán de las novedades de cada departamento.

- Departamento de adquisición y diseño

. Encargado de estar en contacto con los proveedores y el responsable de trabajar con la empresa subcontratada, además de estar en contacto con las diferentes interesadas en la utilización de la pista de circunstancias. Estará en contacto en todo momento con el jefe del proyecto y los demás encargados de los diferentes departamentos.

- Departamento de finanzas

Encargado del ámbito económico del proyecto, el que aprobará cualquier desembolso de dinero. Aprobará la compra del material necesario y realizará un seguimiento de todos los costes del proyecto.

- Departamento de requisitos y calidad

. Encargado de establecer los requisitos de la pista de circunstancias, de realizar los pertinentes controles de calidad a las piezas compradas así como a la puesta en obra y construcción de la pista de circunstancias. Será el encargado de realizar las pruebas finales de calidad a la pista de circunstancias. Responsable de las visitas para la homologación y auditorías por parte del Ejército de Tierra.

## **7. Conclusiones**

### **7.1. Lecciones aprendidas**

En la elaboración del trabajo durante las prácticas y en especial durante la redacción de la memoria, he podido aprender las dificultades que lleva desarrollar un proyecto de obra de principio a fin. Esto me será de gran utilidad para en el futuro redactar los proyectos de obra, especialmente si voy destinado a una unidad encargada de ejecutar obras o a una Oficina Técnica. He adquirido además soltura y conocimiento de cómo tratar con proveedores, así como de pedir presupuestos. De cómo se deben estimar los días de trabajo necesarios para cada trabajo, así como realizar la asignación de máquina/trabajo, y a partir de esta estimación obtener las necesidades de combustible. Además, me ha servido para refrescar el uso de herramientas dadas en muchas asignaturas del Grado, así como continuar en el autoaprendizaje del AutoCAD. El título me pareció poco atractivo debido a la poca innovación que se puede incorporar en un proyecto de pista de obstáculos, pero cambiada a una pista de circunstancia daba mucha mayor libertad a la innovación. Creo haberlo compaginado bien con las prácticas externas en la unidad, dedicando todas las horas posibles al funcionamiento de la unidad.

### **7.2. Puntos mejorables**

Este trabajo sería más completo si en vez de haber tomado un estudio del suelo tabulado, lo hubiera podido realizar personalmente, pero debido al cambio de título, el proyecto se ha desarrollado para Melilla mientras que he realizado las prácticas en Ceuta. Este análisis le daría veracidad al proyecto al mismo tiempo que aumentaría la parte práctica del mismo.

### **7.3. Conclusiones principales**

Durante los anteriores apartados he querido remarcar dos características que hacen a este proyecto, por un lado, innovador y, por el otro, viable, las conclusiones las remarcarán:

- El último obstáculo de la pista, la edificación para poner a prueba el paso de obstáculos y el combate en población. Este obstáculo está diseñado para que, cuando el equipo haya pasado la pista, se encuentre ante una situación distinta, que le marcará el fin de la pista y servirá de examen. Tras pasar la pista, encontrándose ya en condiciones de fatiga, tendrán que progresar por el interior de una edificación, además de tener que superar obstáculos como gateras o butrones, será lo más importante entrar de una forma segura y progresar limpiando sus habitaciones, siguiendo las técnicas, tácticas y procedimientos propios del combate en población. Suponiendo un examen para su instrucción.

- Su localización. Instalado en el acuartelamiento "Millan Astray" en la comandancia de Melilla. En Melilla, había una pista de circunstancias que hoy se encuentra inoperativa, por tanto, este proyecto vuelve a dotar a la comandancia de la pista de la cual hoy carece. Permitiendo a todas las unidades de la comandancia instruirse en el paso de obstáculos en pequeñas unidades. Sin necesidad de tener que ir a Ceuta o la península, donde se encuentran las instalaciones similares más cercanas.

En el AMFE, así como en la matriz de riesgos, se puede observar que muchos de los posibles problemas que puede tener la pista se subsanan con un mantenimiento regular. Además, conociendo el estado en el que está la antigua pista de circunstancias, se hace más importante enfatizar la importancia del mantenimiento. La unidad receptora, en este caso el 1º Tercio de la Legión, se hará cargo de esta obra y deberá redactar normas de uso, mantenimiento y seguridad.

## **8. Posibles líneas futuras**

Actualmente se está desarrollando el combate subterráneo, es por tanto una posible línea futura en la creación de pistas de circunstancias en ese ámbito subterráneo. Para lo cual se debería analizar las distintas situaciones tácticas que se dan en ese tipo de combate y desarrollar obstáculos consecuentes.

El aumento de las pistas de circunstancias en las que estén más presentes obstáculos que necesiten del trabajo en grupo para su paso. Tales como el muro de 5 m. Para fomentar la cohesión al pasar la pista e incentivar a los líderes de equipos.

## 9. Bibliografía

[1] <http://www.ejercito.mde.es/unidades/Melilla/>

[2] <http://perspectivamilitar.blogspot.com.es/2007/04/pista-de-obstculos-kaibil.html>

[3] Elaboración propia

[4] Proyecto pista de combate y circunstancias 05\_14. / Documentación anexa. Autores: Daniel Martín Díaz y Diego Rubiales Atienza

[5] MI7-007 (MANUAL INSTRUCCIÓN-ADIESTRAMIENTO FISICOMILITAR)

[6] <http://pistadepentlatonmilitar.blogspot.com.es/>

[7] Informe vallado pista combate. Autores: Daniel Martín Díaz

[8] NORMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS. Autor: Mando de ingenieros

[9] <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

[10] "Ingeniería de la Calidad" Autores: Raquel Acero, Jorge Pastor, Joaquín Sancho, Marta Torralba. Textos docentes CUD.

[11] Presentaciones de la asignatura. Hormigón armado y pretensado. Autora: Beatriz Rodríguez Soria.

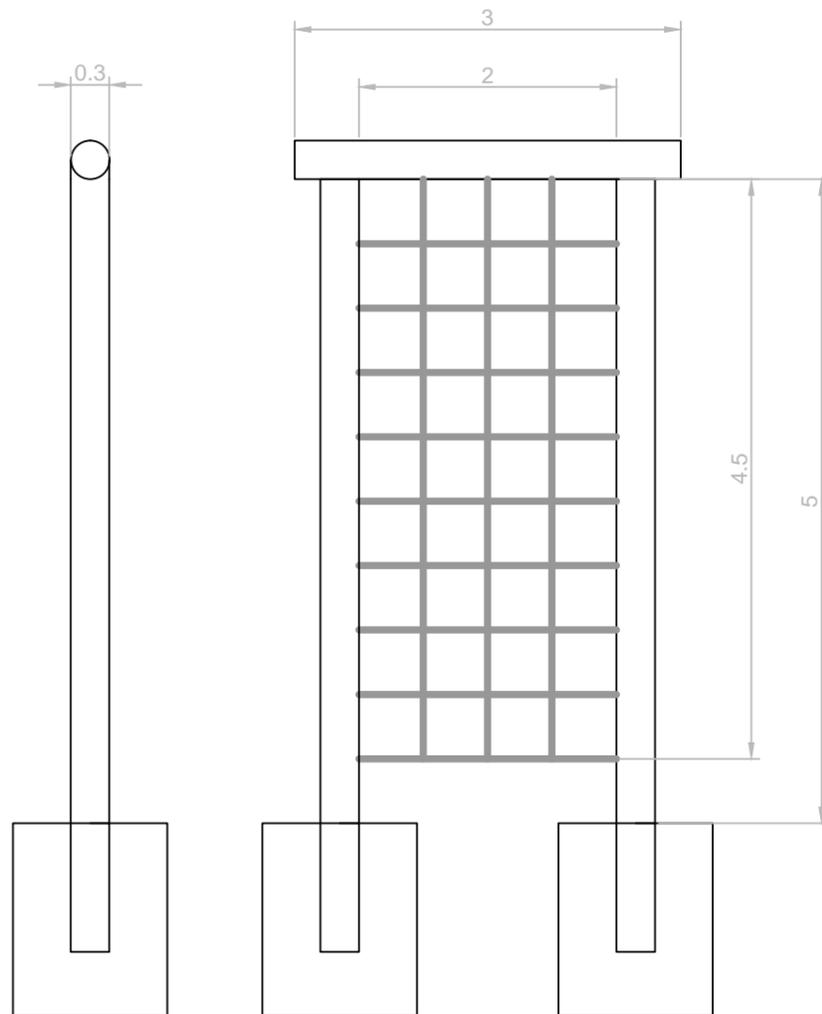
[12] Proyecto rehabilitación de pista obstáculos Autor: Ana Fernández Llamazares

[13] [http://www.informa.es/directorio-empresas/Empresa\\_CALMI.html](http://www.informa.es/directorio-empresas/Empresa_CALMI.html)

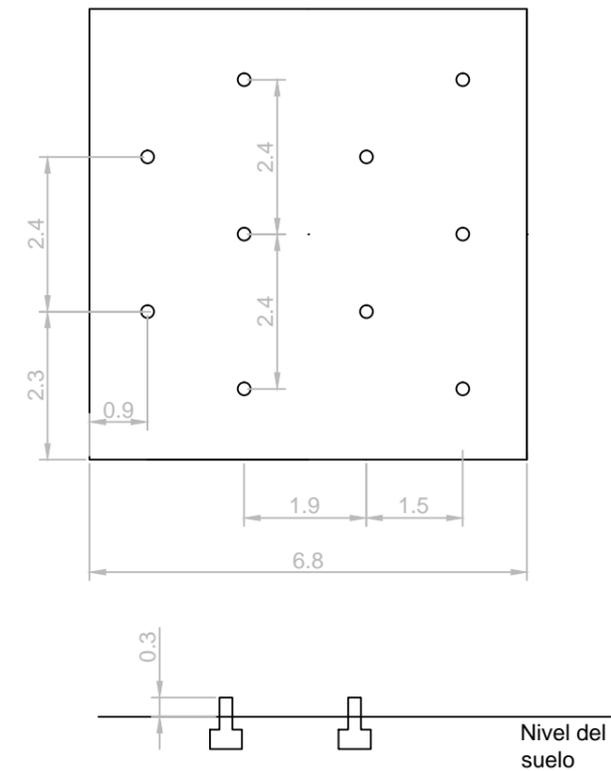
# **ANEXOS**



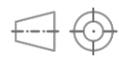
## Obstáculo 2. Red de desembarco



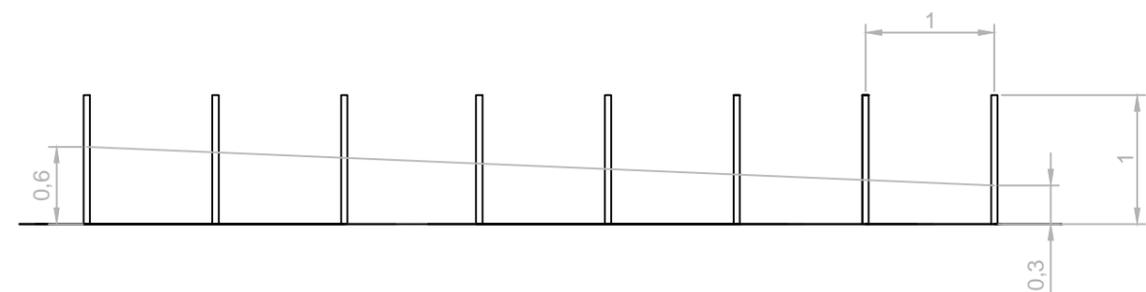
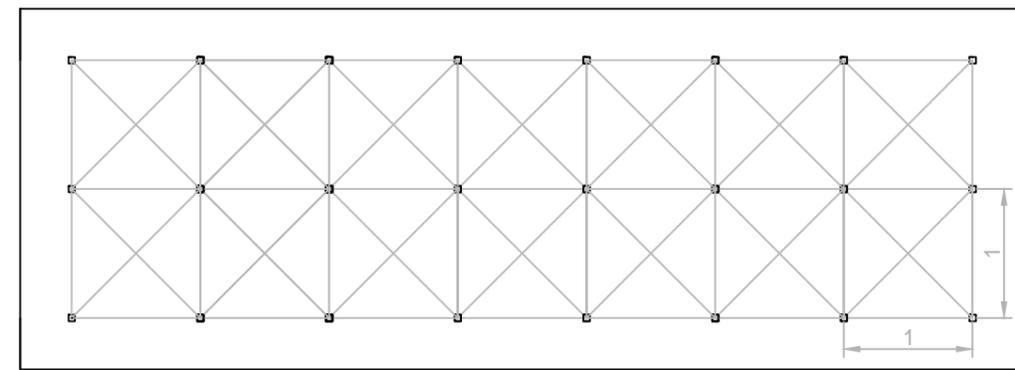
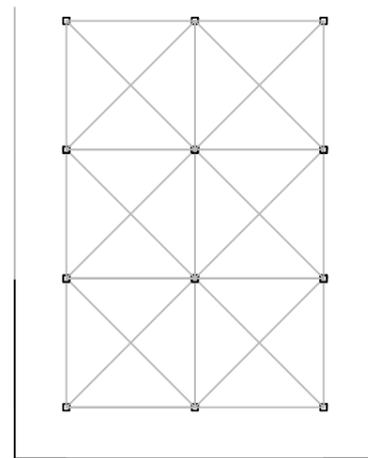
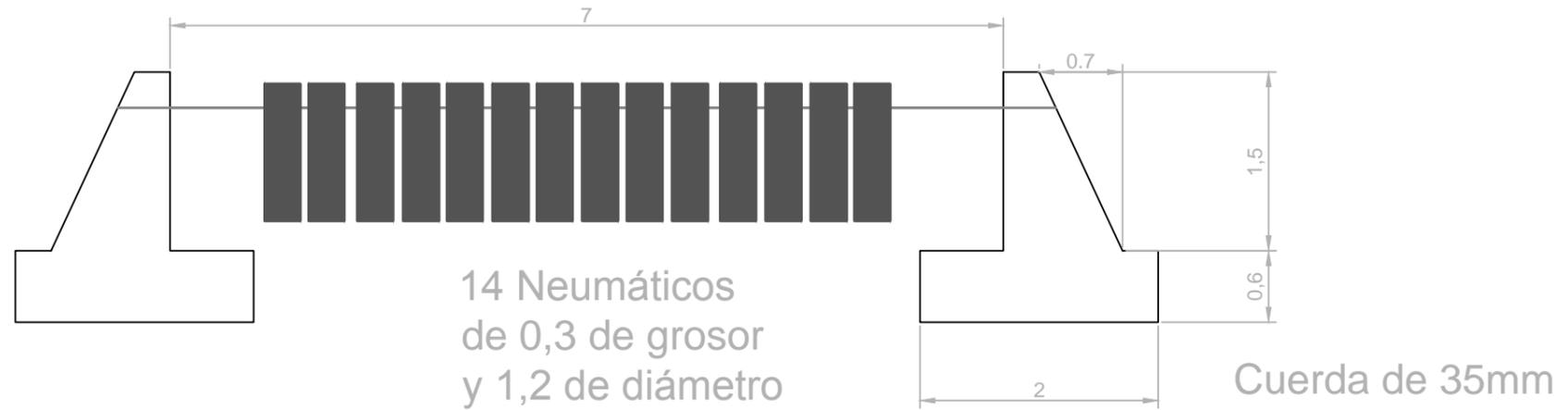
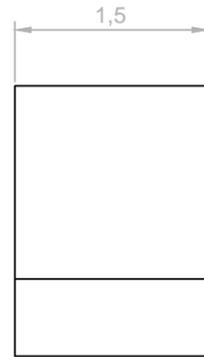
## Obstáculo 3. Pilotes



Los pilotes están enterrados en su mayoría y sujetos entre sí por una solera. La parte exterior es un botón de 30 cm de altura y 20 de diámetro.

|                               |       |   |  |                  |
|-------------------------------|-------|---|--|------------------|
| 1                             | 1     | Obstáculo 2 y 3   | 1  | Hormigón/Madera  |
| Item                          | Cant. | Designación   | Nº de plano  | Norma / Material |
| Dibujado: Hernández Novella   |       |  | Título:  |                  |
| Comprobado: Hernández Novella |       |   | Obstáculo 2 Red de desembarco<br>Obstáculo 3 Pilotes |                  |
| Anexo A.1                     |       | Escala:<br>1:50   |  |                  |
| Tipo de plano: Obstáculo      |       | Fecha: 26/10/16   | Nº de plano: 1                                       | Hoja: 1          |

### Obstáculo 3. Cuerda con neumáticos

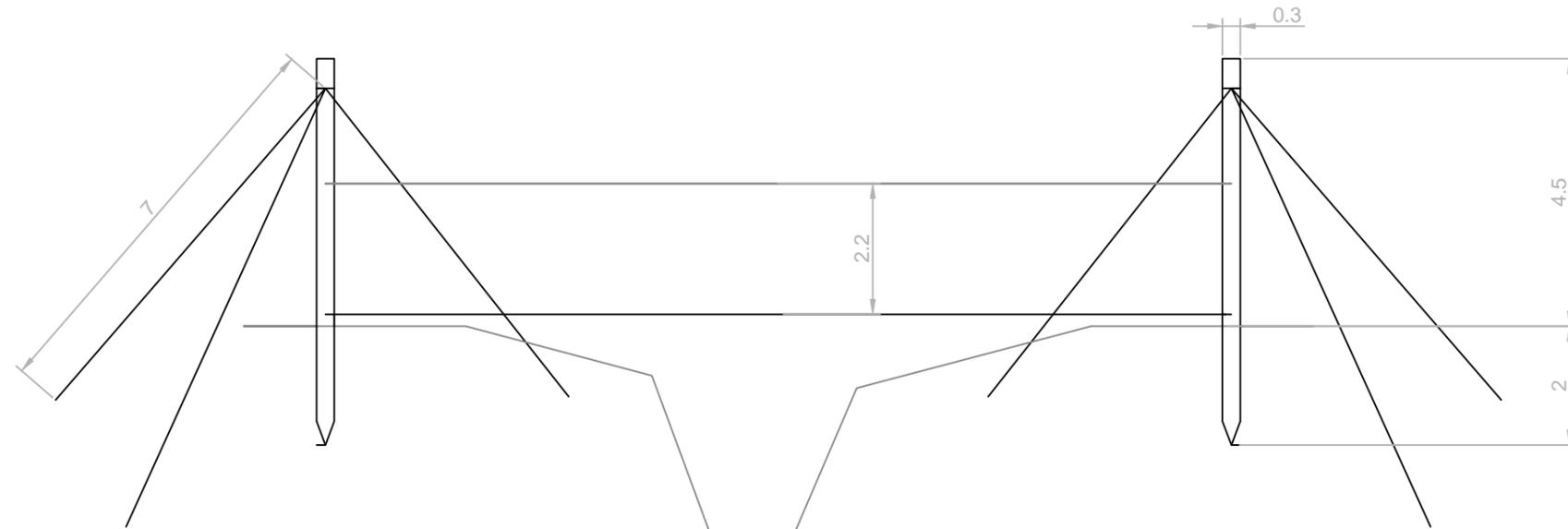


### Obstáculo 4. Alambrada

Piquetas de 1,2 m con perfil en L  
Alambre de 1,5 mm

| Item                          | Cant. | Designación   | Nº de plano  | Norma / Material |
|-------------------------------|-------|---|--|------------------|
| 1                             | 1     | Obstáculo 3 y 4   | 1  | Varios           |
| Dibujado: Hernández Novella   |       |  | <b>Título:</b><br>Obstáculo 3. Cuerda con neumáticos<br>Obstáculo 4. Alambrada |                  |
| Comprobado: Hernández Novella |       |   |  |                  |
| <b>Anexo A.2</b>              |       | Escala:<br>1:50   |  |                  |
| Tipo de plano: Obstáculo      |       | Fecha: 26/10/16   | Nº de plano: 1   | Hoja: 2          |

# Obstáculo 6. Cuerda tensa



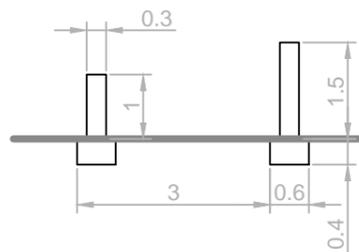
En cada uno de los vientos se situará una piqueta de tienda de campaña modular , son perfiles en L de acero revestido, con una longitud de 1m y con sus caras de 50 mm y un grosos de 2,5mm

Tanto los vientos como la cuerda de apoyo y la superior, llevarán unos tensores de cable de acero comprados a tal efecto para darle resistencia

El cable de apoyo y los cables que arriostan la estructura son cables de acero trenzado de 10 mm,, el apoyo superior es cuerda estática de 11mm

# Obstáculo 7. Tapias

En el interior de los dos muros llevarán un mallazo de 6mm , y también en la zapata corrida que sirve de base

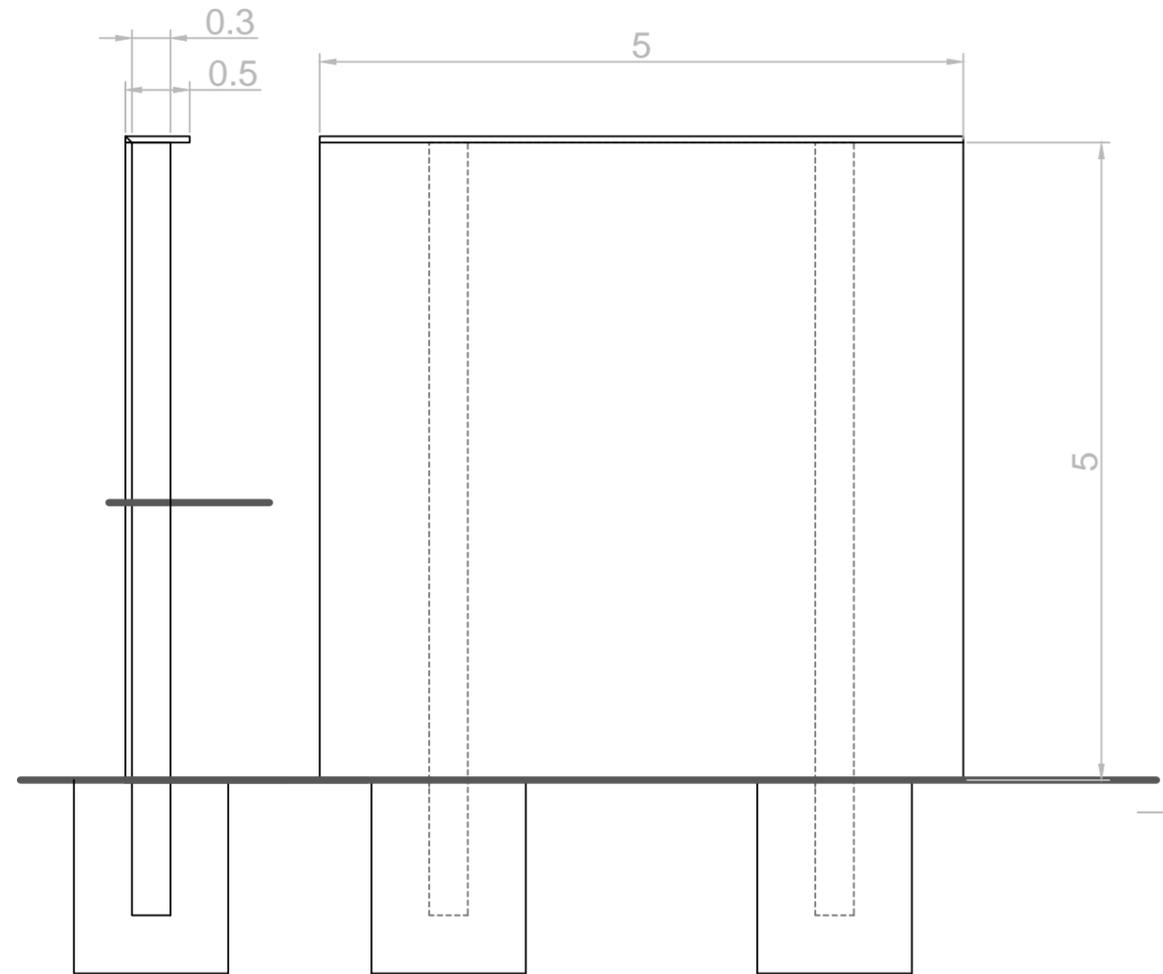
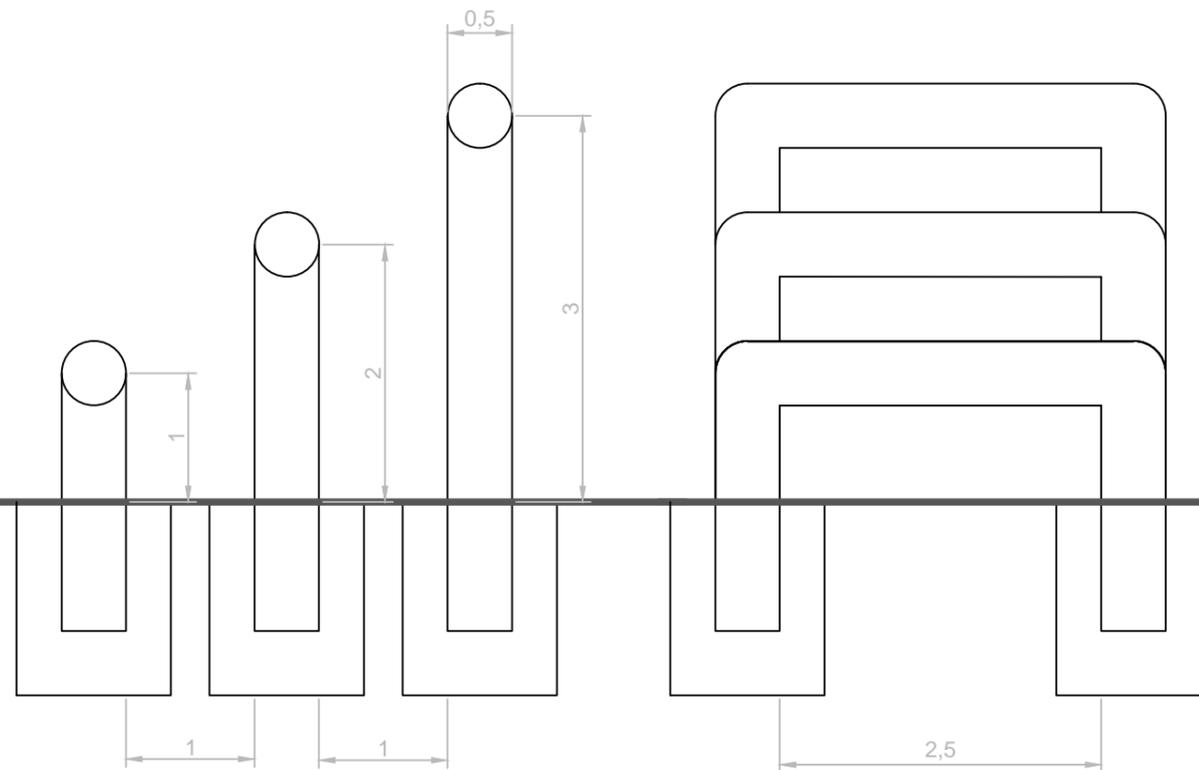


| 1                             | 1     | Obstáculo 6 y 7   | 1   | Hormigón/Madera  |
|-------------------------------|-------|---|---|------------------|
| Item                          | Cant. | Designación   | N° de plano   | Norma / Material |
| Dibujado: Hernández Novella   |       |  | Título:<br>Obstáculo 6. Cuerda tensa<br>Obstáculo 7. Tapias |                  |
| Comprobado: Hernández Novella |       |   |   |                  |
| Anexo A.3                     |       | Escala:<br>1:50   | N° de plano: 1  |                  |
|                               |       | Fecha: 26/10/16   |   |                  |
| Tipo de plano: Obstáculo      |       |   |   |                  |

# Obstáculo 8. Muro

El panel está construido en tablonés de 3 x 0,2 de 50mm de grosos, clavados a los rollizos

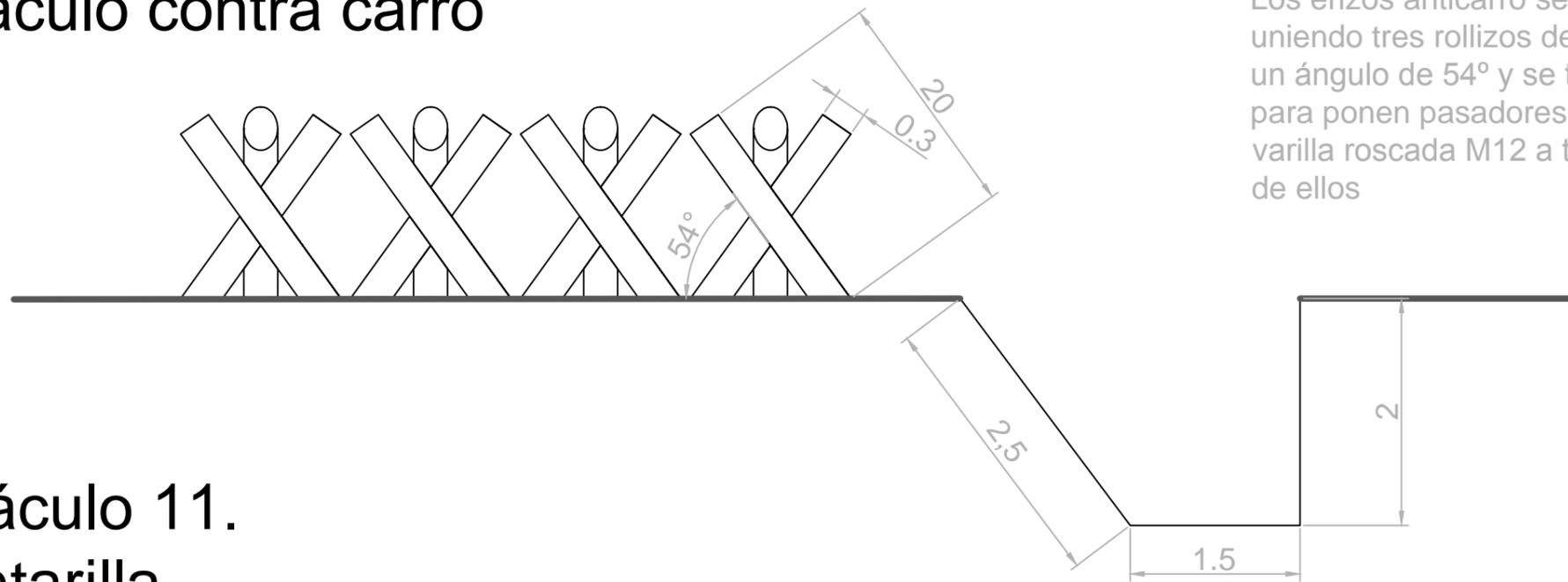
# Obstáculo 9. Troncos gruesos



El obstáculo se mostrará in situ en el cajeado preparado para a la cimentación, sobre su armado y se rellenara con hormigón

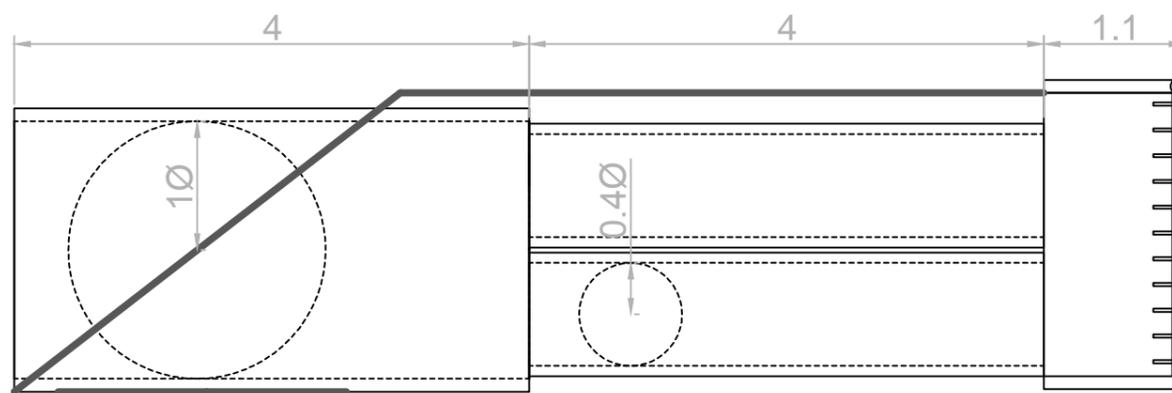
| 1                             | 1     | Obstáculo 8   | 1                            | Madera           |
|-------------------------------|-------|---|------------------------------|------------------|
| Item                          | Cant. | Designación   | N° de plano                  | Norma / Material |
| Dibujado: Hernández Novella   |       |  | Título:<br>Obstáculo 8. Muro |                  |
| Comprobado: Hernández Novella |       |   |                              |                  |
| Anexo A.4                     |       | Escala:<br>1:50   | N° de plano: 1<br>Hoja: 4    |                  |
|                               |       | Fecha: 26/10/16   |                              |                  |
| Tipo de plano: Obstáculo      |       | A3  |                              |                  |

# Obstáculo 10. Obstáculo contra carro

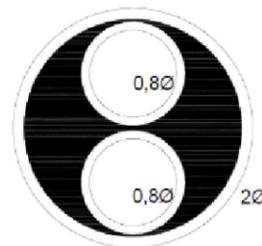


Los erizos anticarro se realizan uniendo tres rollizos de 2 m en un ángulo de 54° y se taladran para poner pasadores de varilla roscada M12 a través de ellos

# Obstáculo 11. Alcantarilla

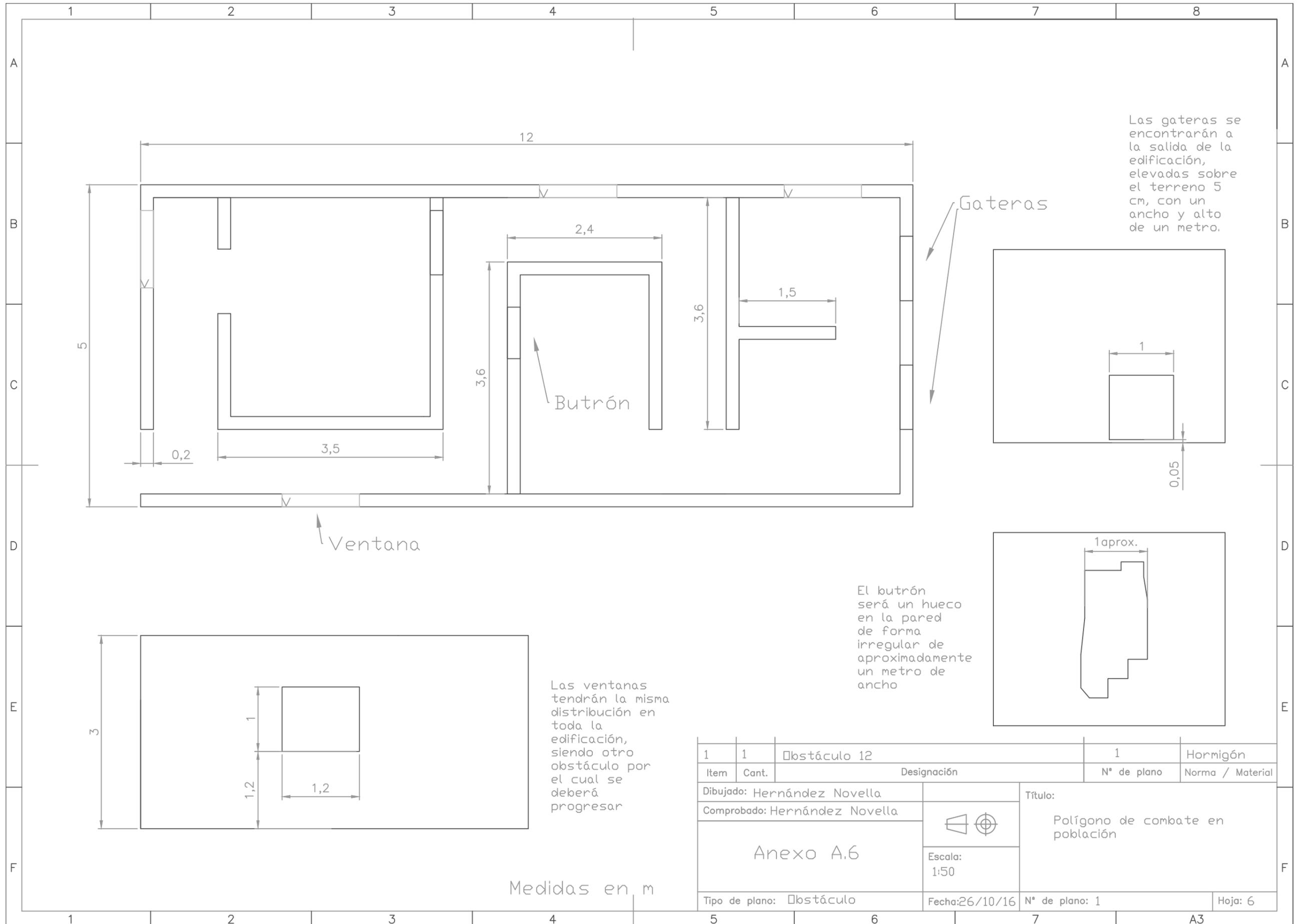


Salida de 1x1 m de ladrillo ahuecado de un pie, en la pared contraria se sitúan peldaños. En la parte superior se sitúa una tapa de madera tratada con bisagras para crear la oscuridad en el interior.



Detalle de la sección

| 1                             | 1     | Obstáculo 10 y 11 | 1   | Hormigón/Madera  |
|-------------------------------|-------|-------------------|---|------------------|
| Item                          | Cant. | Designación       | N° de plano   | Norma / Material |
| Dibujado: Hernández Novella   |       |                   | Título:<br>Obstáculo 10.Obstáculo contra carro<br>Obstáculo 11.Alcantarilla |                  |
| Comprobado: Hernández Novella |       |                   |   |                  |
| Anexo A.5                     |       | Escala:<br>1:50   | N° de plano: 1  |                  |
|                               |       | Fecha:26/10/16    |   |                  |
| Tipo de plano: Obstáculo      |       |                   |   |                  |



Las gateras se encontrarán a la salida de la edificación, elevadas sobre el terreno 5 cm, con un ancho y alto de un metro.

Gateras

Butrón

Ventana

El butrón será un hueco en la pared de forma irregular de aproximadamente un metro de ancho

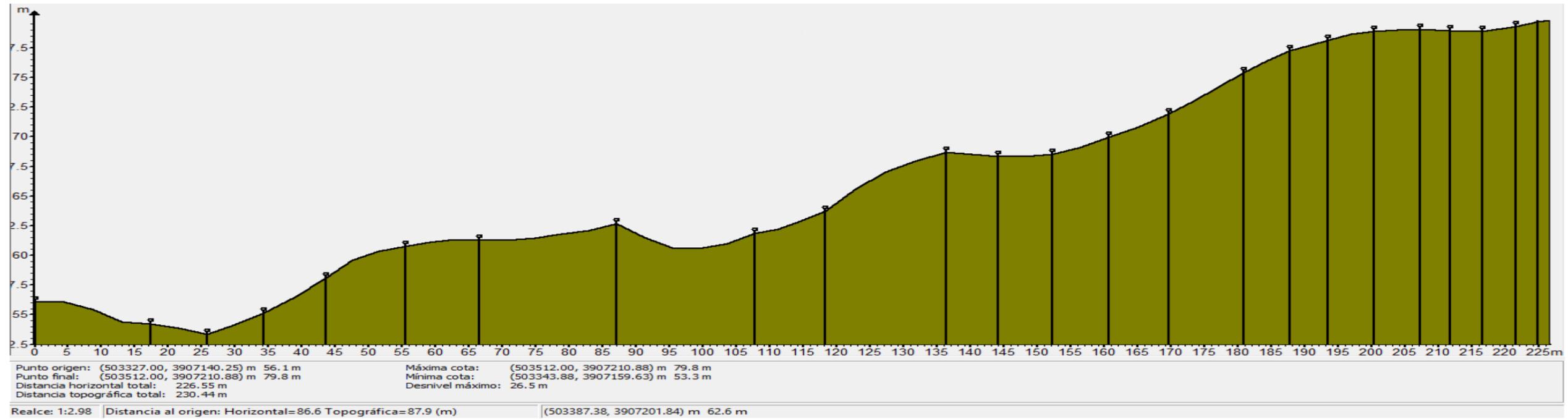
Las ventanas tendrán la misma distribución en toda la edificación, siendo otro obstáculo por el cual se deberá progresar

Medidas en m

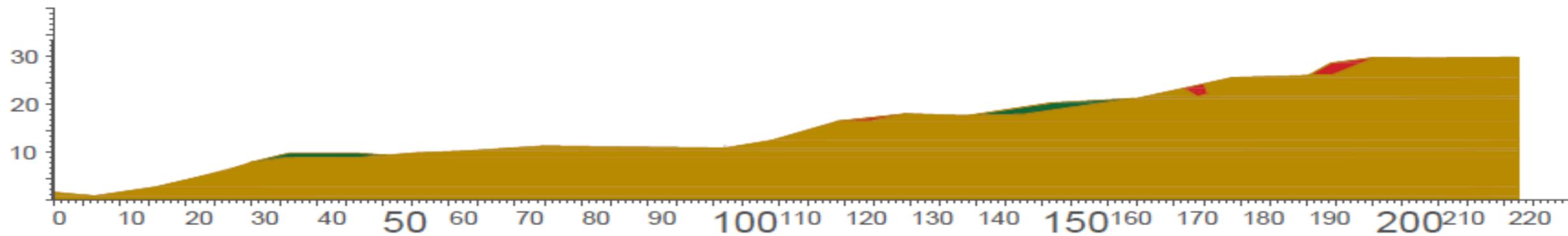
|                               |       |   |   |                  |
|-------------------------------|-------|---|---|------------------|
| 1                             | 1     | Obstáculo 12  | 1   | Hormigón         |
| Item                          | Cant. | Designación   | N° de plano                                 | Norma / Material |
| Dibujado: Hernández Novella   |       |  | Título:<br>Polígono de combate en población |                  |
| Comprobado: Hernández Novella |       |   |   |                  |
| Anexo A.6                     |       | Escala:<br>1:50   | N° de plano: 1<br>Hoja: 6                   |                  |
| Tipo de plano: Obstáculo      |       | Fecha: 26/10/16   |   |                  |

## Anexo B: Movimiento de tierras y evacuación de aguas

### Movimiento de tierras

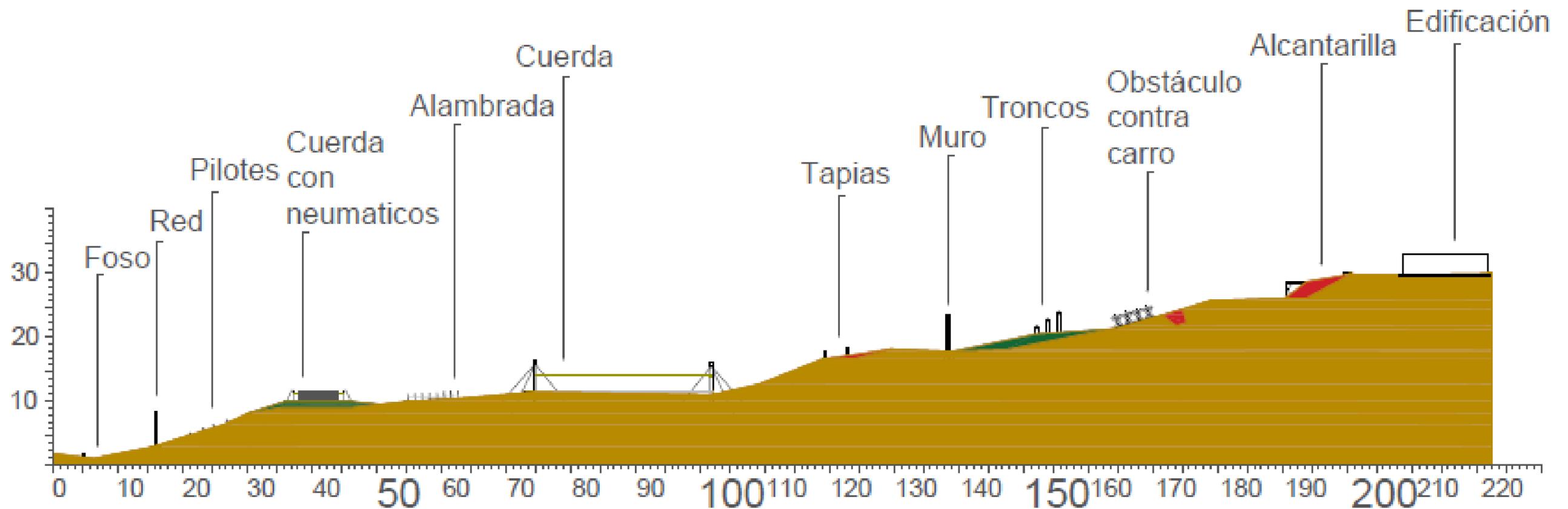


### Perfil inicial



### Perfil final

Los resultados son que hay que extraer 106,435 m<sup>3</sup> (zona roja) y añadir 105,665 m<sup>3</sup>(zona verde)

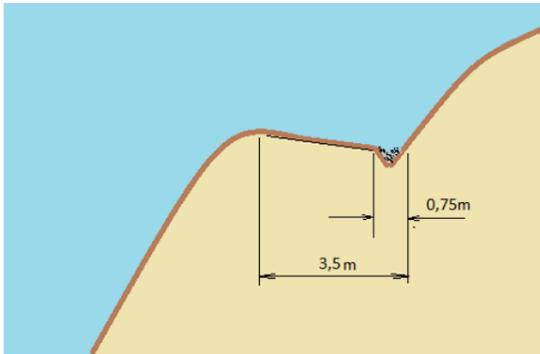


## Perfil final con obstáculos

El estudio se ha realizado mediante el software Carta Digital, gracias a los planos obtenidos del Instituto Geográfico Nacional (IGE). Se realiza el perfil: este perfil, pasado a AutoCAD, permite realizar el estudio de desmonte y calcular el movimiento de tierra necesario para la realización de la pista. Sobre el perfil inicial se realiza un calco, de este se obtiene una curva cerrada, pudiéndose calcular su superficie. Tras esto se dibuja los cambio en el perfil que se desean realizar adaptándolos a los obstáculos, obteniendo unas superficies, esta superficie multiplicada por el ancho de la pista es el volumen que se debe mover. Diferenciándose el volumen que se debe extraer y el que se debe añadir, se ha intentado que el volumen de material añadido y extraído sea el mismo para evitar el gasto de tener que comprar material o darle a un gestor la tierra sobrante. Una vez calculado el desmonte, se superpone el perfil elegido a la ortofoto y al plano topográfico, y se obtienen tras este proceso los lugares más adecuados para la ubicación de los obstáculos.

## Evacuación de aguas pluviales

El primer trabajo será la construcción de una pista de 3,5 m de ancho, en la cual se destina 0,75 para la cuneta. Esta pista discurre por ambas laderas y el fondo de la vaguada, en las zonas donde, posteriormente, se situarán los obstáculos. La cuneta de 0,75 m será colocada en ambas laderas en el lado más próximo a la pendiente para evitar que la lluvia lave el camino, como se puede ver en la figura de la cuneta. Esta pista se realizará primero con la empujadora; tras esta, pasará la motoniveladora dando una pendiente lateral homogénea del 2,5% y con la caída de agua hacia el lado interior. Después se realizará la cuneta de 0,75 m, estas cunetas van rellenas de grava 20-40 en el fondo, para evitar la bajada torrencial de agua. Y estas cunetas desaguarán en las vaguadas naturales, las cuales la conducirán y la llevarán al terreno. Como se puede observar la figura de las vaguadas.



Croquis cunetas, nótese el detalle de la grava



Figura vaguadas naturales

# Anexo C: Cálculo de zapatas y losa

Calculo de las reacciones en los apoyos para obtener cimentación

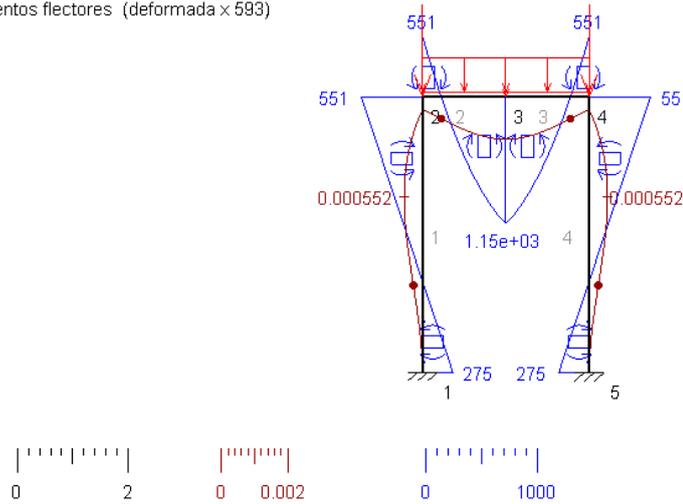
Obstáculo 2.

El obstáculo más exigente de rollizos de 0,3

Obstáculo 2. Red de desembarco (estado 1)

Momentos flectores (deformada x 593)

AMEB



-El soldado con su equipo suponemos 100kg situado en el lugar más desfavorable para la estructura

Resultado

Los esfuerzos que tiene que aguantar la cimentación son:

Eje X:  $-1.6510 \times 10^2$  N

Eje Y:  $4.5955 \times 10^3$  N

Momento:  $2.7485 \times 10^2$  Nxm

De esta manera la cimentación debe ser

Una zapata de  $0,75 \times 0,75 \times 0,4$  con  $5\phi 12$  en la dirección longitudinal y  $3\phi 12$  en la transversal

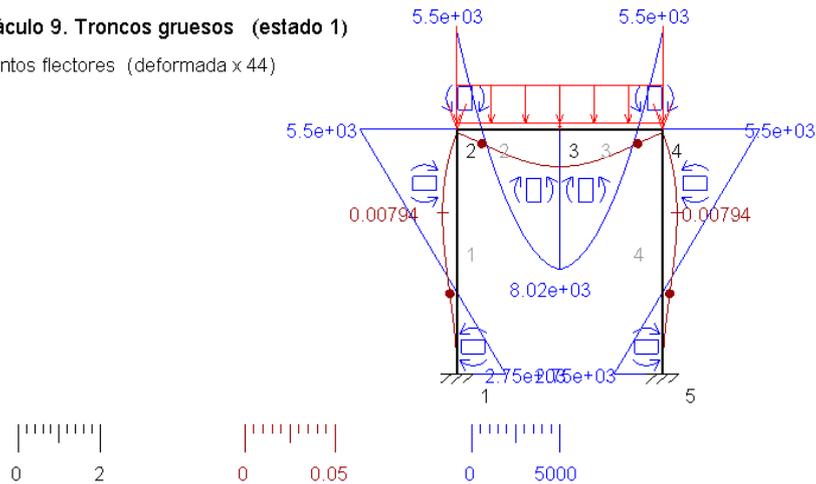
Obstáculo 9.

El más pesado y exigente para la cimentación

### Obstáculo 9. Troncos gruesos (estado 1)

Momentos flectores (deformada x 44)

AMEB



Los esfuerzos a los que está sometido son el peso propio de los rollizos y el de un soldado con equipo:

-Rollizos de 50 cm de grosos con una densidad de  $800 \text{ kg/m}^3$

-El soldado con su equipo suponemos  $100 \text{ kg}$  situado en el lugar más desfavorable para la estructura

Resultado

Los esfuerzos que tiene que aguantar la cimentación son:

Eje X:  $-1.3741 \times 10^3 \text{ N}$

Eje Y:  $1.9739 \times 10^4 \text{ N}$

Momento:  $2.7452 \times 10^3 \text{ Nxm}$

De esta manera la cimentación debe ser:

Una zapata de  $1 \times 1 \times 0,4$ , con  $6 \varnothing 12$  en la dirección longitudinal y  $3 \varnothing 12$  en la transversal

Cálculo cimentación:

Peso hormigón:  $25 \text{ kN/m}^3$

Tensión máxima admisible del suelo (tomamos el menor de los valores):

$\sigma = 200 \text{ kN/cm}^2$

|   |   |           |   |
|---|---|-----------|---|
| Suelos granulares (% finos inferior al 35% en peso) | Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas                   | >0,6      | Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta |
|   | Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas | 0,2 a 0,6 |   |
|   | Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas                      | <0,2      |   |
|   | Arena muy densa   | >0,3      |   |
|   | Arena medianamente densa  | 0,1 a 0,3 |   |

Figura de la zapata con esfuerzos

Estimación de la dimensión de la zapata. El área inicial suele aproximarse a:  $A_i = \frac{1,25N}{\sigma_{adm}}$

$$A_i = 1,25 \times 0,165 / 200 = 0,00103125 \text{ m}^2$$

Para zapata cuadrada:

$$- a_i = \sqrt{A_i}$$

$a_i = \sqrt{A_i} = \sqrt{0,00103125} = 0,032113081 \text{ m}$  es demasiado pequeño, se toma la medida mínima por normativa  $a_i = 0,5 \text{ m}$ , sin embargo al tratarse de un rollizo de madera de 0,5 m de grosor, es 1 m, lo mínimo que admite todo el armado necesario.

### 3º: INCORPORACIÓN DEL EFECTO DEL PESO DE LA ZAPATA

Se incorpora como un factor del axil, multiplicando éste por:  $1+\beta$ , siendo  $\beta$ :

$$\beta = \frac{25 - 0,075\sigma_{adm}}{100} \geq 0,05 \quad \text{con } \sigma_{adm} \text{ en kN/m}^2$$

$$\beta = 25 - 0,075(200) / 100 = 0,1 > 0,05 \text{ cumple la comprobación}$$

### 4º: ÁREA EN PLANTA DE LA ZAPATA

$$A = a * b = \frac{N(1 + 3\eta) \cdot (1 + \beta)}{\sigma_{adm}}$$

$$A = 0,165(1 + 3 \times 0,8333) \times (1 + 0,1) / 200 = 0,003176$$

$A = 0,00317 \rightarrow 0,5 \text{ m}$  mínimo por normativa  $\rightarrow 1 \text{ m}$  mínimo que se puede ejecutar en obra

Las zapatas rígidas suelen usarse cuando  $\sigma_{adm} < 250 \text{ kN/m}^2$ .

Canto óptimo: aquel para el que no es necesario disponer armadura de cortante.

Cuando  $160 < \sigma_{adm} < 250 \text{ kN/m}^2$ . (cortante)

$$V_d = \sigma_t \cdot b \cdot (v - d) = V_{u2} = V_{cu} = f_{cv} \cdot b \cdot d$$

$$d_c = \frac{2,09 \sigma_t}{\sigma_t + 1120} (v - 0,23) > 0,24 \text{ m} \quad \sigma_t = N_d / (ab)$$

V: el mayor de los vuelos

Tensión máxima admisible del suelo:  $\sigma = 200 \text{ kN/cm}^2$ , por tanto estamos dentro de esos valores

$$V_d = 2,27$$

Comprobación al vuelco

$$V < 2 \times d_c \quad V = 0,25 \quad d_c = (2,09 \times 200) \times (0,25 - 0,23) / (200 + 1120) = 0,0063$$

$0,25 < 2 \times 0,00633 = 0,01266$  cumple, por tal se puede aceptar el cálculo de zapata rígida

Se sustituye la carga y el momento por dos fuerzas situadas en el centro de gravedad de las dos mitades del pilar.



$$N_{1d} = \frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{a/2} \quad R_{1d} = \frac{N_d}{2} (1 + 3\eta)$$

$$N_{2d} = \frac{N_d}{2} - \frac{M_d}{a/2} \quad x_1 = a \frac{1 + 4\eta}{4 + 12\eta}$$

Se calculan las reacciones del terreno suponiéndolas concentradas en el c.d.g. de las dos mitades de la zapata.

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} (x_1 - 0,25 \cdot a) = A_s \cdot f_{yd}$$

$$X_1 = 1 \times (1 + (4 \times 0,833)) / (1 + 12 \times 0,833) = 0,39394$$

$$R_{1d} = (0,165/2) \times (1 + 3 \times 0,8333) = 0,28874$$

$$(0,28874 / 0,85 \times d) \times (0,39394 - 0,25) = 0,018 \times d \times 500 / 1,15 \quad d = 0,01085$$

$d = 0,01085 \rightarrow 0,4 \text{ m}$  dimensión mínima

Tamaño  $1 \times 1 \times 0,4$

$A_s = 0,018 \times 1 \times 0,4 = 0,0072 = 7,2 \text{ cm} \rightarrow$  superficie mínima de los redondos

6 redondos de 12 mm -  $6 \phi 12$

En la dirección transversal ponemos el 20%

$0,2 \times 7,2 = 1,44$  mínimo armado  $2 \phi 12$  mínimo de 30 cm de separación, por tanto  $3 \phi 12$

### SEGURIDAD AL VUELCO

$$\frac{\sum Mom.estabilizadores}{\sum Mom.desestabilizadores} = \frac{(N + P) \times \frac{a}{2}}{M + V \times h} \geq 2$$

$$((0,165+10) \times \frac{1}{2}) / (0,275+2,27 \times 0,4) = 14,5698 > 2 \text{ Cumple}$$

### SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

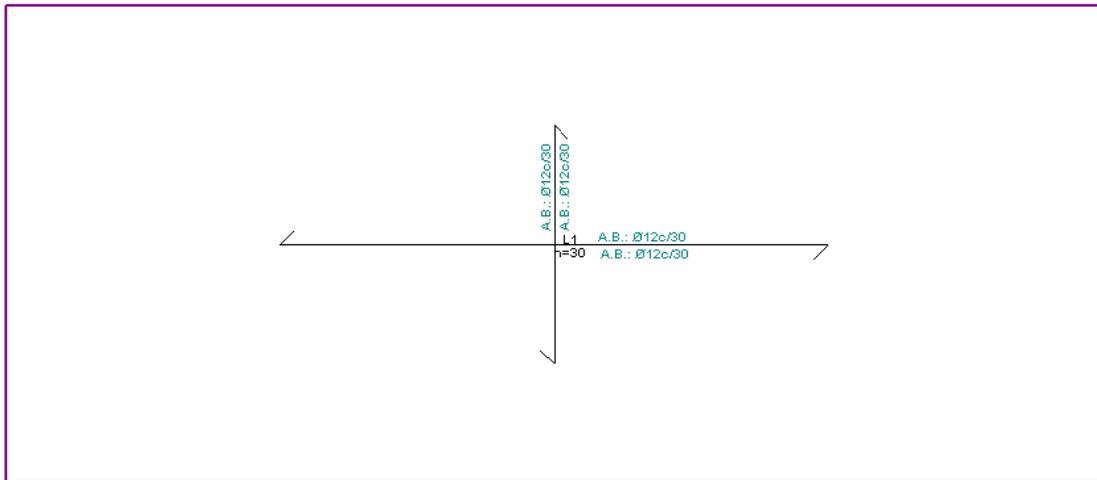
$$\frac{(N + P) \times tg(2\phi/3)}{V} \geq 1,5$$

$$((1,165+10) \times tg(2 \times 28^\circ/3)) / 2,47 = 1,527 > 1,5 \text{ Cumple}$$

Por tanto queda una zapata de 1 x 1 x 0,4

### SOLERA

Calculado con CYPECAD



Cimentación

Hormigón HA-35 Yc=1.5

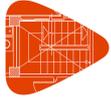
Acero de cimentación B 500 S Ys= 1.15

Armadura base en losas de cimentación

Longitudinal  $\varnothing 12$  cada 30 cm

Transversal  $\varnothing 12$  cada 30 cm

|  |   |
|--|---|
| 1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA.....                                   | 2 |
| 2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA.....  | 2 |
| 3.- NORMAS CONSIDERADAS.....   | 2 |
| 4.- ACCIONES CONSIDERADAS.....   | 2 |
| 4.1.- Viento.....  | 2 |
| 4.2.- Sismo .....  | 2 |
| 4.3.- Hipótesis de carga.....  | 2 |
| 4.4.- Listado de cargas.....   | 2 |
| 5.- ESTADOS LÍMITE.....  | 3 |
| 6.- SITUACIONES DE PROYECTO.....   | 3 |
| 6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (g) y coeficientes de combinación (y)..... | 3 |
| 6.2.- Combinaciones.....   | 4 |
| 7.- COTA DE CIMENTACIÓN.....   | 5 |
| 8.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN.....  | 5 |
| 9.- MATERIALES UTILIZADOS.....   | 5 |
| 9.1.- Hormigones.....  | 5 |
| 9.2.- Aceros por elemento y posición.....  | 5 |
| 9.2.1.- Aceros en barras.....  | 5 |
| 9.2.2.- Aceros en perfiles.....  | 5 |



## 1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2014

Número de licencia: 117481

## 2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: Obstaculo12

Clave: Edificación

## 3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: EHE-08

Aceros conformados: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Categoría de uso: A. Zonas residenciales

## 4.- ACCIONES CONSIDERADAS

### 4.1.- Viento

Sin acción de viento

### 4.2.- Sismo

Sin acción de sismo

### 4.3.- Hipótesis de carga

|             |  |
|-------------|--|
| Automáticas | Peso propio<br>Cargas muertas<br>Sobrecarga de uso |
|-------------|--|

### 4.4.- Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en t, t/m y t/m<sup>2</sup>)

| Grupo | Hipótesis      | Tipo   | Valor | Coordenadas                   |
|-------|----------------|--------|-------|-------------------------------|
| 0     | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 0.10, 4.85) ( 0.15, 0.15)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 0.15, 0.15) ( 5.80, 0.15)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 5.80, 0.15) ( 8.00, 0.15)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 7.95, 0.15) ( 11.90, 0.15)  |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 11.90, 0.15) ( 11.85, 4.80) |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 11.85, 4.80) ( 4.55, 4.80)  |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 4.55, 4.80) ( 1.35, 4.85)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 1.35, 4.85) ( 0.05, 4.85)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 1.35, 4.85) ( 1.35, 1.35)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 1.35, 1.35) ( 4.55, 1.35)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 4.55, 1.35) ( 4.55, 4.75)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 5.80, 0.10) ( 5.80, 3.70)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 5.80, 3.70) ( 7.90, 3.65)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 7.90, 3.65) ( 7.95, 0.15)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 9.20, 4.80) ( 9.20, 1.35)   |
|       | Cargas muertas | Lineal | 0.64  | ( 9.20, 2.70) ( 10.70, 2.70)  |



## 5.- ESTADOS LÍMITE

|   |  |
|---|--|
| E.L.U. de rotura. Hormigón                  | CTE  |
| E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones | Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m |
| Tensiones sobre el terreno                  | Acciones características                         |
| Desplazamientos                             |  |

## 6.- SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{0,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{0,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Producido por una versión educativa de CYPE

### 6.1.- Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) y coeficientes de combinación ( $\psi$ )

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08

|                      | Persistente o transitoria                        |              |  |                             |
|----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.000  | 1.350        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)       | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.700                       |

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C



| Persistente o transitoria |  |              |  |                             |
|---------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                           | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                           | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_s$ ) |
| Carga permanente (G)      | 1.000  | 1.600        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)            | 0.000  | 1.600        | 1.000                                  | 0.700                       |

Tensiones sobre el terreno

| Característica       |  |              |  |                             |
|----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_s$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.000  | 1.000        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)       | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |

Desplazamientos

| Característica       |  |              |  |                             |
|----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_s$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.000  | 1.000        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)       | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |

Producido por una versión educativa de CYPE

## 6.2.- Combinaciones

- Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso

- E.L.U. de rotura. Hormigón

| Comb. | PP    | CM    | Qa    |
|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 1.000 | 1.000 |       |
| 2     | 1.350 | 1.350 |       |
| 3     | 1.000 | 1.000 | 1.500 |
| 4     | 1.350 | 1.350 | 1.500 |

- E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

| Comb. | PP    | CM    | Qa    |
|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 1.000 | 1.000 |       |
| 2     | 1.600 | 1.600 |       |
| 3     | 1.000 | 1.000 | 1.600 |
| 4     | 1.600 | 1.600 | 1.600 |



- Tensiones sobre el terreno
- Desplazamientos

| Comb. | PP    | CM    | Qa    |
|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 1.000 | 1.000 |       |
| 2     | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

## 7.- COTA DE CIMENTACIÓN

| Grupo | Nombre del grupo | Cota |
|-------|------------------|------|
| 0     | Cimentación      | 0.00 |

## 8.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

| Losas cimentación | Canto (cm) | Módulo balasto (t/m <sup>3</sup> ) | Tensión admisible en situaciones persistentes (kp/cm <sup>2</sup> ) | Tensión admisible en situaciones accidentales (kp/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|------------|------------------------------------|---|---|
| Todas             | 30         | 10000.00                           | 2.00  | 3.00  |

## 9.- MATERIALES UTILIZADOS

### 9.1.- Hormigones

| Elemento                     | Hormigón | $f_{ck}$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $\gamma_c$ |
|------------------------------|----------|--------------------------------|------------|
| Vigas y losas de cimentación | HA-35    | 357                            | 1.50       |
| Forjados                     | HA-35    | 357                            | 1.40       |

### 9.2.- Aceros por elemento y posición

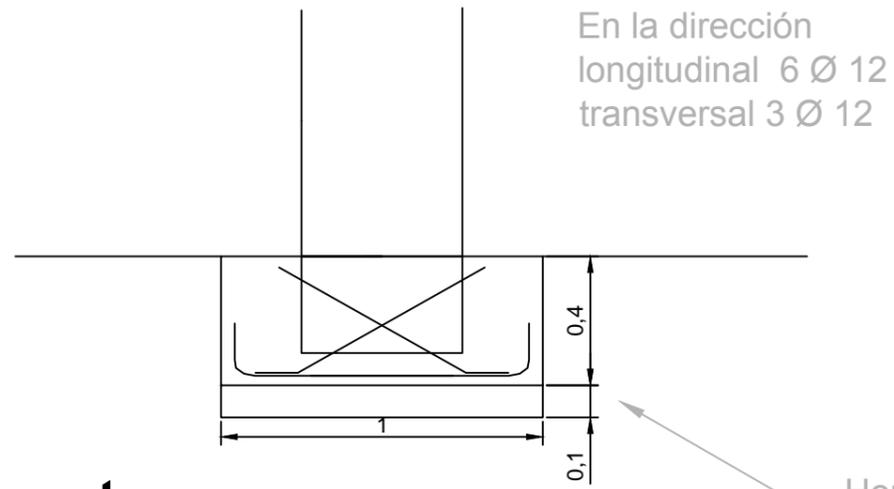
#### 9.2.1.- Aceros en barras

Para todos los elementos estructurales de la obra: B 500 S;  $f_{yk} = 5097$  kp/cm<sup>2</sup>;  $\gamma_s = 1.15$

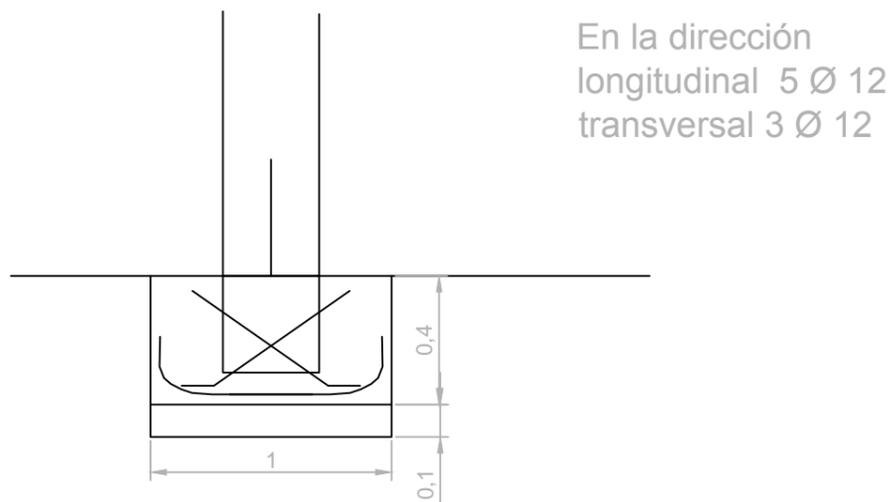
#### 9.2.2.- Aceros en perfiles

| Tipo de acero para perfiles | Acero | Límite elástico (kp/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (kp/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|-------|---------------------------------------|---|
| Acero conformado            | S235  | 2396                                  | 2140673                                     |
| Acero laminado              | S275  | 2803                                  | 2140673                                     |

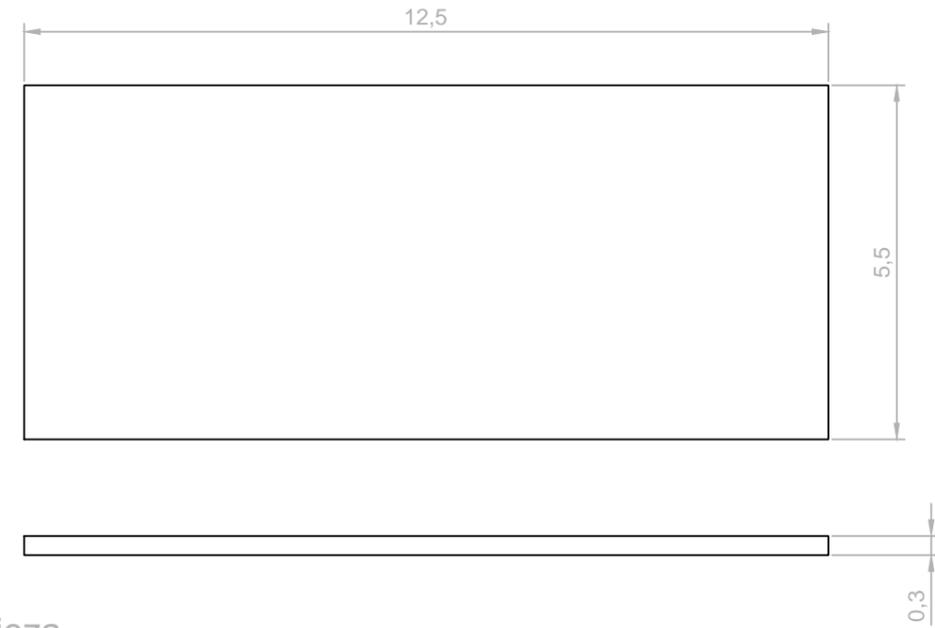
# Zapata obstaculo 9



# Zapata obstáculos rollizo 0,3Ø



# Losa



En la dirección  
longitudinal Ø 12  
Repartidas cada 0,3 m  
transversal Ø 12  
Repartidas cada 0,3 m

Las cimentaciones se realizarán  
con ferralla de 12 mm

Medidas en m

| Item                          | Cant. | Designación  | Nº de plano  | Hormigón/Ferralla<br>Norma / Material |
|-------------------------------|-------|--|--|---------------------------------------|
| 1                             | 1     | Cimentaciones  | 1  | Hormigón/Ferralla                     |
| Dibujado: Hernández Novella   |       | <br>Escala:<br>Varias | Título:<br>Zapata para el obstáculo 9<br>Zapata para los obstáculos de rollizos<br>0,3 m<br>Losa |                                       |
| Comprobado: Hernández Novella |       |  |  |                                       |
| Tipo de plano: Cimentaciones  |       | Fecha: 31/10/16  | Nº de plano: 1   | Hoja: 1                               |

Anexo C.1

A3

## Anexo D: Project charter

| PROJECT CHARTER  |  |  |                  | TFG           |                               |                  |            |
|--|--|---|------------------|---------------|-------------------------------|------------------|------------|
| <b>Título:</b>   | Diseño y puesta en obra de una pista de circunstancia  | <b>Fecha:</b>   | 07/01/2017       |               |                               |                  |            |
| <b>Project Leader:</b>   | Luis Hernández Novella   | <b>Localización:</b>  | Melilla          |               |                               |                  |            |
| <b>Recursos personal:</b>  | Un alférece  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Equipo de proyecto:</b>   | Luis Hernández Novella   |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Stakeholders:</b>   | Equipo de proyecto, empresa externa, sección de Zapadores, unidades de la Comandancia General de Melilla(COMGEMEL) |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Descripción general del proyecto:</b>   |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <p>Diseño y posterior ejecución de una pista de circunstancia de doce obstáculos, localizado en Melilla, en el barranco de las Adelfa. En el acuartelamiento "Millan Astay", actual cuartel del Tercio "Gran Capitán" 1º de la Legión. Los doce obstáculos intentan simular los distintos tipos de obstáculos que podemos encontrar en la realidad. Pudiendo adiestrarse en el paso de muros, alambradas y pedregales. También se recrea un obstáculo contra carro para que lo pase el personal a pie, así como una edificación y un paso semipermanente de escalada. Además de recrearse un tramo de alcantarillado y una red de desembarco.</p>                                  |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Business case:</b>  |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <p>Para suplir las necesidades y carencias de la COMGEMEL de Melilla en lo referente a instrucción en el paso de obstáculos. Volveremos a dar a la plaza de Melilla de una instalación de la cual antes tenía para la instrucción de sus unidades, pero que el paso del tiempo y la falta de mantenimiento han dejado inoperativa. Este proyecto por tanto volverá a dotar a la Comandancia de capacidades que antes tenía, además de suponer un ahorro en transporte todos años, por tanto la inversión en el proyecto se recuperará pasado el tiempo.</p>  |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Objetivos y requisitos del proyecto:</b>  |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <p>Dotar a las unidades de la plaza de Melilla de una infraestructura apropiada para la instrucción en el paso de obstáculos ya que la más cercana se encuentran en la península. Proporcionar a los soldados, así como a las unidades que lo deseen los elementos necesarios para la instrucción en el paso de obstáculos. Construir obstáculos diversos para tener personal instruido en el paso de diferentes eventualidades evitando el estrés de encontrarse una situación nueva en el combate. Dotar de unas instalaciones que sean un reto de paso para pequeños equipos, escudra/pelotón, para incentivar la iniciativa y velocidad de reacción del mando a ese nivel.</p> |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Entregables e hitos:</b>  |  | <b>Fecha inicio</b>   | <b>Fecha fin</b> |               | <b>Fecha inicio</b>           | <b>Fecha fin</b> |            |
| <b>Proyecto:</b>   | Construcción pista de circunstancia  | 07/01/2017  | 30/06/2017       | M4            | Ejecución obra                | 25/03/2017       | 30/05/2017 |
| <b>M1</b>  | Planeamiento del Proyecto  | 07/01/2017  | 01/02/2017       | M5            | Homologación                  | 01/06/2017       | 12/06/2017 |
| <b>M2</b>  | Diseño de la pista de circunstancias   | 02/02/2017  | 15/03/2017       | M6            | Redacción informe fin de obra | 13/06/2017       | 30/06/2017 |
| <b>M3</b>  | Recepción de materiales  | 16/03/2017  | 25/03/2017       |               |                               |                  |            |
| <b>Riesgos de alto nivel:</b>  |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <p>Fallo de seguridad en la instalación y que se abandone debido a las potenciales lesiones que puedan producir los obstáculos por un mal diseño. Que no se utilice la instalación debido a la mejora de los transportes en la zona o dejar de incluir el paso de obstáculos en los planes de instrucción.</p>   |  |   |                  |               |                               |                  |            |
| <b>Aprobación y firma:</b>   |  | Luis Hernandez Novella  |                  | <b>Fecha:</b> |                               | 07/01/2017       |            |

## Anexo E: Estructura de desglose de trabajo (EDT)

| Nombre proyecto: Pista de circunstancia |   |  |              |            |                    | Fecha: 07/01/2017 0:00 |
|---|---|--|--------------|------------|--------------------|------------------------|
| Project manager: Luis Hernández Novella |   |  |              |            |                    |                        |
| ID                                      | Nombre tarea  | Descripción  | Fecha inicio | Fecha fin  | Status             |                        |
| <b>1</b>                                | <b>Planeamiento del proyecto</b>                      | Reunión inicial del equipo de proyecto                         | 07/01/2017   | 01/02/2017 | <b>En progreso</b> |                        |
| 1,1                                     | Análisis proyecto                                     | Estudio del porqué del proyecto                                | 07/01/2017   | 10/01/2017 | Abierta            |                        |
| 1,2                                     | Estudio de costes                                     | Análisis de los costes y recálculo del presupuesto disponible  | 10/01/2017   | 18/01/2017 | En progreso        |                        |
| 1,3                                     | Estudio de riesgos                                    | Investigación de los posibles riesgos del proyecto             | 10/01/2017   | 18/01/2017 | Abierta            |                        |
| 1,4                                     | Estudio de mercado                                    | Ventajas de nuestro proyecto frente a otros.                   | 19/01/2017   | 25/01/2017 | Abierta            |                        |
| 1,5                                     | Planificación temporal                                | Organización temporal  | 19/01/2017   | 30/01/2017 | En progreso        |                        |
| 1,6                                     | Planificación de recursos                             | Distribución y asignación de los recursos                      | 25/01/2017   | 30/01/2017 | Abierta            |                        |
| 1,7                                     | Definición de localización geográfica y emplazamiento | Estudio de la zona geográfica disponible en Melilla            | 11/01/2017   | 30/01/2017 | En progreso        |                        |
| 1,7,1                                   | Estudio del terreno                                   | Comprobación del terreno                                       | 11/01/2017   | 20/01/2017 | En progreso        |                        |
| 1,7,2                                   | Peticiones al IGE                                     |  | 21/01/2017   | 29/01/2017 | En progreso        |                        |
| <b>2</b>                                | <b>Diseño de la pista de circunstancia</b>            |  | 02/02/2017   | 15/03/2017 | <b>Abierta</b>     |                        |
| 2,1                                     | Estudio de normativa aplicable                        |  | 02/02/2017   | 15/03/2017 | Cerrada            |                        |
| 2,2                                     | Diseño pista  |  | 02/02/2017   | 15/03/2017 | En progreso        |                        |
| 2,3                                     | Diseño obstáculos                                     |  | 15/02/2017   | 01/03/2017 | Cerrada            |                        |
| 2,4                                     | Definición de lista de materiales                     | Establecer los materiales necesarios                           | 01/02/2017   | 15/03/2017 | Cerrada            |                        |
| 2,5                                     | Lista de máquinas                                     | Definición de las máquinas para la obra disponibles en el RING | 19/02/2017   | 01/03/2017 | Cerrada            |                        |
| 2,6                                     | Asignación maquina/tajo                               |  | 01/03/2017   | 10/03/2017 | Abierta            |                        |
| 2,7                                     | Conformidad de la Oficina Técnica                     |  | 10/03/2017   | 15/03/2017 | Abierta            |                        |

|          |   |   |            |            |                    |
|----------|---|---|------------|------------|--------------------|
| <b>3</b> | <b>Recepción y compra de los materiales</b>         |   | 15/03/2017 | 25/03/2017 | <b>Abierta</b>     |
| 3,1      | Comprobación fodos asignados                        |   | 15/03/2017 | 15/03/2017 | Cerrada            |
| 3,2      | Estimación de necesidades (uds)                     | Cantidad de material a requerir                                 | 15/03/2017 | 16/03/2017 | Cerrada            |
| 3,3      | Selección de proveedores materiales                 | Estudio de mercado y contratación de la empresa externa         | 16/03/2017 | 17/03/2017 | Cerrada            |
| 3,3,2    | Publicación y licitación                            |   | 18/03/2017 | 20/03/2017 | Abierta            |
| 3,3,3    | Adjudicación del contrato                           | Empresa proveedora  | 21/03/2017 | 21/03/2017 | Cerrada            |
| 3.3.4    | Firma del contrato y acuerdo de condiciones         |   | 21/03/2017 | 22/03/2017 | Cerrada            |
| 3,4      | Pedido de rollizos y demas materiales               | Según especificaciones  | 22/03/2017 | 22/03/2017 | Cerrada            |
| 3,5      | Recepción de materiales                             |   | 23/03/2017 | 25/03/2017 | Abierta            |
| 3,6      | Inspección de materiales y aprobación               | Inspección a primera vista no se realizan pruebas al material   | 23/03/2017 | 25/03/2017 | Abierta            |
| <b>4</b> | <b>Ejecución de obra</b>                            | Trabajo de una seccion de máquinas                              | 26/03/2017 | 30/05/2017 | <b>Abierta</b>     |
| 4,7      | Asignación de la obra al regimiento de ingenieros 8 |   | 26/03/2017 | 26/03/2017 | Cerrada            |
| 4,7,1    | Transferencia de documentación técnica              |   | 27/03/2017 | 28/03/2017 | En progreso        |
| 4,7,2    | Reunión explicativa del proyecto                    |   | 29/03/2017 | 30/03/2017 | Abierta            |
| 4,7,3    | Montaje de los obstáculos en el cuartel             |   | 30/03/2017 | 15/04/2017 | Abierta            |
| 4,8      | Ejecución obra general                              |   | 30/03/2017 | 30/05/2017 | Abierta            |
| 4,8,1    | Desbroce,compactación y nivelación                  | Tareas inicales de la obra                                      | 01/04/2017 | 10/04/2017 | Abierta            |
| 4,8,2    | Cimentación de los obstáculos                       |   | 10/04/2017 | 15/04/2017 | Abierta            |
| 4,8,3    | Cimentaciones en obstáculos 3,4,8 y 12              | Primera capa de hormigón  | 10/04/2017 | 16/04/2017 | Abierta            |
| 4,8,4    | Colocación de los obstáculos                        | Montados en el acuartelamiento                                  | 17/04/2017 | 30/05/2017 | Abierta            |
| 4,4      | Construcción de la edificación                      | Último obstáculo que se realizará a pie de obra                 | 17/04/2017 | 15/05/2017 | Abierta            |
| 4,5      | Instalación de cuerdas y últimos elementos          | Ultimar los detalles y comprobar que no queda nada peligroso en | 19/03/2017 | 29/05/2017 | Abierta            |
| 4,6      | Control de calidad                                  | Prueba para comprobar el cumplimiento de todos los requisitos y | 29/05/2017 | 30/05/2017 | Abierta            |
| <b>5</b> | <b>Homologación</b>                                 | Comprobación de que cumple los requisitos                       | 01/06/2017 | 12/06/2017 | <b>Abierta</b>     |
| 5,1      | Auditoria   |   | 01/06/2017 | 08/06/2017 | Abierta            |
| 5,2      | Recepción certificado                               |   | 08/06/2017 | 10/06/2017 | Abierta            |
| 5,3      | Enviar a SDGINSTERT                                 |   | 10/06/2017 | 12/06/2017 | Abierta            |
| <b>6</b> | <b>Redacción informe fin de obra</b>                |   | 13/06/2017 | 30/06/2017 | <b>En progreso</b> |
|          | Redacción informe fin de obra                       |   | 13/06/2017 | 30/06/2017 | En progreso        |

## Anexo F: costes

| Obstáculo 1: Foso/puente                 |          |               |                                |               |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|---------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |               |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros) |  |
| Rollizos 0,3m diámetro 6m de largo       | 2        |               | 300                            | 600           |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 2        | m3            | 86                             | 172           |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 75,4          |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 847,4         |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 52,78         |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>900,18</b> |  |

| Obstáculo 2: Red de desembarco           |          |               |                                |                  |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|------------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |                  |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)    |  |
| Rollizos 0,3m diámetro 6m de largo       | 2        |               | 300                            | 600              |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 1        | m3            | 86                             | 86               |  |
| Red 2x5                                  | 1        |               | 500                            | 500              |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 144,65           |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 1330,65          |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 93,1455          |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>1423,7955</b> |  |

| Obstáculo 3: Pilotes                     |          |               |                                |                |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|----------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |                |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)  |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 4        | m3            | 86                             | 344            |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 30,8           |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 374,8          |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 26,236         |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>401,036</b> |  |

| Obstáculo 4: Cuerda con neumáticos       |          |               |                                |                 |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|-----------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |                 |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)   |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 5,5      | m3            | 86                             | 473             |  |
| Neumático desecho                        | 17       |               | 0                              | 0               |  |
| Cuerda 35mm d                            | 14       | m             | 5                              | 70              |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 49,35           |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 592,35          |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 41,4645         |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>633,8145</b> |  |

| Obstáculo 5: Alambrada                   |           |               |                                |                |
|--|-----------|---------------|--------------------------------|----------------|
| MATERIALES                               |           |               |                                |                |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD  | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)  |
| Piqueta larga                            | 21        |               | 9                              | 189            |
| Almbre                                   | 72 m      |               | 2                              | 144            |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10% TOTAL |               |                                | 33,3           |
|  |           |               | TOTAL MATERIAL                 | 366,3          |
|  |           |               | IPSI 7%                        | 25,641         |
|  |           |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>391,941</b> |

| Obstáculo 6: Cuerda tensa                |           |               |                                |               |
|--|-----------|---------------|--------------------------------|---------------|
| MATERIALES                               |           |               |                                |               |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD  | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros) |
| Cuerda 25m estática                      | 1 m       |               | 2                              | 50            |
| Cable acero 50m                          | 1 m       |               | 4                              | 200           |
| Anclajes tensión cuerda                  | 10        |               | 25                             | 250           |
| Rollizos 0,3m diámetro 5m de largo       | 2 m3      |               | 250                            | 500           |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10% TOTAL |               |                                | 100           |
|  |           |               | TOTAL MATERIAL                 | 1100          |
|  |           |               | IPSI 7%                        | 77            |
|  |           |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>1177</b>   |

| Obstáculo 7: Tapias                      |           |               |                                |                 |
|--|-----------|---------------|--------------------------------|-----------------|
| MATERIALES                               |           |               |                                |                 |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD  | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)   |
| Hormigón HM-35/B/20/1ia                  | 6 m3      |               | 86                             | 516             |
| Mallazo                                  | 10,5 m2   |               | 15                             | 157,5           |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10% TOTAL |               |                                | 61,95           |
|  |           |               | TOTAL MATERIAL                 | 735,45          |
|  |           |               | IPSI 7%                        | 51,4815         |
|  |           |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>786,9315</b> |

| Obstáculo 8: Muro de madera              |           |               |                                |                  |
|--|-----------|---------------|--------------------------------|------------------|
| MATERIALES                               |           |               |                                |                  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD  | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)    |
| Hormigón HM-35/B/20/1ia                  | 1 m3      |               | 86                             | 86               |
| Rollizos 0,3m diámetro 6m de largo       | 2         |               | 300                            | 600              |
| Tablones tratados 3 x 0,2m               | 18        |               | 50                             | 900              |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10% TOTAL |               |                                | 184,65           |
|  |           |               | TOTAL MATERIAL                 | 1770,65          |
|  |           |               | IPSI 7%                        | 123,9455         |
|  |           |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>1894,5955</b> |

| Obstáculo 9: Troncos gruesos             |          |               |                                |                  |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|------------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |                  |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)    |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 3        | m3            | 86                             | 258              |  |
| Rollizo 0,5 de 3m                        | 5        |               | 300                            | 1500             |  |
| Rollizo 0,5 de 4m                        | 3        |               | 400                            | 1200             |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 373,95           |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 3331,95          |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 233,2365         |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>3565,1865</b> |  |

| Obstáculo 10: Obstáculo contra carro     |          |               |                                |                 |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|-----------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |                 |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)   |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 5,5      | m3            | 86                             | 4773            |  |
| Rollizos 0,3m diámetro 3m de largo       | 17       |               | 150                            | 2550            |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 285,8           |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 7608,8          |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 532,616         |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>8141,416</b> |  |

| Obstáculo 11: Alcantarilla               |          |               |                                |                |  |
|--|----------|---------------|--------------------------------|----------------|--|
| MATERIALES                               |          |               |                                |                |  |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)  |  |
| Tubo hormigón colector general d 2 m     | 2        |               | 300                            | 600            |  |
| Tubo hormigón colector 0,8 m             | 4        |               | 50                             | 100            |  |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 1        | m3            | 86                             | 86             |  |
| Material Auxiliar y de riesgos laborales | 10%      | TOTAL         |                                | 77,7           |  |
|  |          |               | TOTAL MATERIAL                 | 863,7          |  |
|  |          |               | IPSI 7%                        | 60,459         |  |
|  |          |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>924,159</b> |  |

| Obstáculo 12: Edificación                |            |               |                                |                 |
|--|------------|---------------|--------------------------------|-----------------|
| MATERIALES                               |            |               |                                |                 |
| DENOMINACIÓN                             | CANTIDAD   | UNIDAD MEDIDA | COSTE (Euros)/UNIDAD DE MEDIDA | COSTE (Euros)   |
| Hormigón HM-35/B/20/IIa                  | 9,25       | m3            | 86                             | 795,5           |
| Bloques hormigón(Palet 70 Us)            | 40         | palet         | 125,2                          | 5008            |
| Sacos cemento albañilería (Palet 40 U,s) | 5          | 128           |                                | 640             |
| ARENA RUBIA (1 m3)                       | 13         | 45            |                                | 585             |
|  |            |               | TOTAL MATERIAL                 | 7028,5          |
|  |            |               | IPSI 7%                        | 491,995         |
|  |            |               | <b>TOTAL</b>                   | <b>7520,495</b> |
| Grava 20-40                              | 9          | m3            | 35,05                          | 315,45          |
| Ferralla 12mm                            | 140        | m3            | 0,95                           | 133             |
| Mallazo 12 mm cada 0.3 m                 | 12.5 x 5.5 | m             |                                | 494,8           |
| <b>TOTAL</b>                             |            |               | <b>28703,8005</b>              |                 |

| Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada | Aplicabilidad | Obligatoriedad | Sistema |
|---|---------------|----------------|---------|
| UNE-EN 13163:2013   | 01/09/2013    | 01/09/2013     | 1/3/4   |

(1) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia  
(2) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE  
(3) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones







**Fase V: Homologación (01/06/2017 al 12/06/2017)**

| FECHAS                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Homologación          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Auditoria             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Recepción certificado |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Enviar a SDGINSTERT   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

**Fase VI: Emisión del certificado fin de obra (12/06/2017 al 30/06/2017)**

El certificado fin de obra aunque se pone como el última de los hitos, se ha estado redactando en todo el tiempo que dura el proyecto quedando las conclusiones y los puntos a mejorar para completar al final.



## Anexo I: Análisis de riesgos

|  <span style="margin-left: 150px;"><b>Risk Assesment - Measure List</b></span> <span style="float: right;">TGF</span> |  |   |  |                            |                     |            |   |   |   |                |                           |        |  |
|--|--|---|--|----------------------------|---------------------|------------|---|---|---|----------------|---------------------------|--------|--|
| Project Name:  |  | Diseño y puesta en obra de una pista de circunstancia |  |                            |                     |            |   |   | Date of Change:                         |                | 30/06/17                  |        |  |
| Project Leader:  |  | Luis Hernández Novella                                |  |                            |                     |            | Start Date:   |   | 07/01/2017                              |                |                           |        |  |
| Risk Evaluation  |  |   |  |                            |                     |            |   |   |   |                |                           |        |  |
| ID   | Risk Description   | Risk categories                                       | Reason for risk  | Impact (low, middle, high) | Probability (1,2,3) | Risk-class | Risk Effects  | Measure   | Risk class after measure implementation | Scheduled date | Estimated completion date | Status | impacto económico (Euros)                                  |
| 1  | Sobrepasar el tiempo especificado por retraso en recibo de los materiales                    | Requerimientos cliente                                | Retrasos en la entrega   | L                          | 1                   | 1L         | Retraso en la entrega en 3 días                     | Pactar compensación económica a la empresa en caso de retraso   | 1L                                      | 30/06/2017     | 30/06/2017                | Open   | Ganaríamos la compensación económica                       |
| 2  | Sobrepasar el tiempo especificado por retraso en tarea de nivelación y compactación en 1 día | Requerimientos cliente                                | Meteorología adversa   | L                          | 1                   | 1L         | Retraso en la entrega de 1 día                      | Planificar días de colchón para estos contratiempos   | 1L                                      | 30/06/2017     | 30/06/2017                | Open   | 1069,65 €/día en caso de no ser debido a retrasos externos |
| 3  | Ruptura de los obstáculos  | Diseño  | Uso incorrecto de las instalaciones  | M                          | 1                   | 1M         | Menor capacidad para instruir                       | Realización de un AMFE, resultado: cambio en el sistema de bloqueo de los paneles   | 1L                                      | 30/06/2017     | -                         | Open   | coste según obstáculo                                      |
| 4  | Desuso   | Gubernamental   | Ya no se incluye el paso de obstáculos en la instrucción   | H                          | 1                   | 1H         | Desamortización del proyecto                        | Convencer al mando de la importancia del paso de obstáculos   | 1L                                      | 30/06/2017     | 30/06/2017                | Open   | depende del momento del cierre                             |
| 5  | Desuso   | Uso   | Falta de tiempo en la instrucción en el paso de obstáculos   | L                          | 1                   | 1L         | Menor grado de instrucción en el paso de obstáculos | Incluir el proyecto en la instrucción de las unidades próximas.   | 1L                                      | 30/06/2017     | 30/06/2017                | Open   | Proyecto no se amortiza                                    |
| 6  | Obstáculos en mal estado   | Mantenimiento   | Mal mantenimiento  | L                          | 2                   | 2L         | Dificultad en la sustitución de un obstáculo dañado | Concienciar al usuario de la importancia del buen mantenimiento, y se recomendará un plan de mantenimiento a realizar por el usuario consistente en la limpieza de los obstáculos, la reposición de las cuerdas y repaso de clavos u otros elementos potencialmente pleigrosos. | 1L                                      | 30/06/2017     | -                         | Open   | Proyecto no se amortiza                                    |
| 7  | Sobrepasar el presupuesto esperado debido al retraso en la finalización del proyecto         | Coste   | Sobrepasar el tiempo esperado  | L                          | 1                   | 1L         | Aumenta el coste del proyecto                       | Tener una partida de dinero especial para contingencias   | 1L                                      | 30/06/2017     | 30/06/2017                | Open   | 1069,65 €/día en caso de no ser debido a retrasos externos |
| 8  | Sobrepasar el presupuesto esperado debido a un cambio en el precio de los materiales         | Coste   | Subestimación en el coste de los materiales o subida de materias primas  | L                          | 1                   | 1L         | Aumenta el coste del proyecto                       | Poder optar entre varios proveedores, comprar los materiales en una sola entrega  | 0L                                      | 42810          | 42819                     | Open   | Según la desviación en el presupuesto                      |
| 9  | Duplicar el proyecto   | Mercado   | Otra gran unidad solicita una pista de circunstancias  | M                          | 2                   | 2M         | beneficioso   | Realizar un proyecto adaptado   |   | 07/01/2017     | -                         | Open   |  |
|  |  | Comentarios:  | No está previsto el uso por parte de los civiles ni el uso por parte de otros ejércitos, pero no se les exigiría coste por ello. |                            |                     |            |   |   |   |                |                           |        |  |

Coste medio de la seccion por día de trabajo (incluidas dietas)

1069,65 €/día