



Trabajo Fin de Grado

Diseño de un polígono de combate en zonas urbanizadas con paredes móviles para ejercicios de tiro con fuego real

Autor

Jorge Parreño Duque

Director/es

Director académico: Marcos Pueo Arteta

Director militar: Cap. Iñaki Bengoa García

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2016-2017

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo del personal de la Brigada "Rey Alfonso XIII" de La Legión, desde su General hasta los Caballeros Legionarios de la Bandera de Zapadores que me han ayudado en lo que les he pedido y en lo que no. En este aspecto me gustaría agradecer especialmente la enorme labor llevada a cabo por la Teniente Blanca de Murga Solana, destacando su conocimiento de la materia y su gran ayuda a la hora de manejar programas necesarios y facilitarme la búsqueda de información para hacer posible este proyecto.

No puedo olvidar al profesor del Centro Universitario de la Defensa Marcos Pueo Arteta cuyos consejos y disponibilidad en todo momento me han ayudado a ir resolviendo las dudas que me iban surgiendo. Por su implicación de principio a fin puedo asegurar que ha sido un placer trabajar con él.

De igual modo, agradecer en gran medida a mi familia y amigos su apoyo en estos meses de trabajo, siempre preguntándome cómo iba y obligándome a trabajar en este TFG desde la distancia, gracias por todo ese apoyo.

RESUMEN

En este trabajo de fin de grado se presenta el diseño de un polígono de combate en población (PCP) en el Campo de maniobras «Álvarez de Sotomayor» de Viator (Almería), zona de instrucción de diferentes unidades del Ejército, principalmente la Brigada Rey Alfonso XIII de La Legión.

Estas instalaciones se quieren dotar de muros construidos con materiales específicos, de tal manera que permitan el uso de fuego real, tanto dentro como fuera de las casas durante los ejercicios que realicen las unidades. Además, el uso de paredes modulares puede facilitar la recreación de múltiples escenarios que permite adaptar la instrucción en función del nivel necesario, dotándolo de una mayor flexibilidad en los ejercicios. Para ello, se ha considerado el diseño de los poblados clásicos de Oriente Medio, lugar más probable de actuación de nuestras tropas y, por lo tanto, la necesidad de cualquier ejército de la OTAN a día de hoy.

Además, se propone la incorporación de una pasarela para instructores que quieran observar los ejercicios desde una mejor posición. Por incorporar la posibilidad de hacer fuego real a un campo de maniobras que carece de una instalación de este tipo, y por la posible mejora de la instrucción y el adiestramiento en un combate urbano en auge, se puede justificar la futura ejecución del proyecto.

ABSTRACT

In this end-of-degree project, I am ready to present a project consisting of the design for the subsequent laying of a simulated urban training zone in Viator (Almería), in the field of maneuvers Álvarez de Sotomayor, an important training area for several units of the Spanish Army, mainly the Legion Brigade "Rey Alfonso XIII".

These facilities built with specific materials will allow the execution of real fire exercises by different units, inside as well as outside of the houses. They will be equipped with sliding modular walls to recreate multiple scenarios depending on the level of instruction required. To do more realistic exercises, the model of town that has been followed is that of urban areas of the Middle East, the most likely area of operation for our troops nowadays.

The project will also include features such as a runway for the instructors who want to observe the exercises from a better position. Because of its location, in a field of maneuvers lacking an urban training zone in which real fire can be used, as well as by the level of realism in urban warfare, I trust on the need to carry out this project.

Contenido

1.	Introducción	10
1.1.	Objetivos, estrategias y alcance del proyecto.....	10
1.2.	Utilidad del proyecto	12
1.3.	Polígonos de combate en población existentes.....	13
1.4.	ANÁLISIS DAFO.....	16
2.	Análisis del proyecto.....	17
2.1.	Emplazamiento y condiciones del terreno	17
2.2.	Trabajos a realizar	18
2.3.	Características del PCZURB	19
2.3.1.	Características generales y materiales del proyecto	20
2.3.2.	Características técnicas del proyecto	24
2.3.3.	Mantenimiento	31
2.3.4.	Estimación de costes.....	31
2.3.5.	Funcionalidad	31
3.	Estudio de riesgos, calidad y costes	32
3.1.	Metodología y datos	32
3.1.1.	Riesgos.....	32
3.1.2.	Calidad	32
3.1.3.	Costes	33
3.2.	Resultados y discusión	34
3.2.1.	Riesgos.....	34
3.2.2.	Calidad	35
3.2.3.	Costes	36
4.	Conclusión	37
4.1.	Conclusiones principales	37
4.2.	Lecciones aprendidas y puntos mejorables.....	38
4.3.	Líneas futuras de acción.....	38
5.	Bibliografía	39

Lista de Figuras

<i>Figura 1.1. Poblado de Casas Altas de Zaragoza.....</i>	14
<i>Figura 1.2. Casa de Goma del campo de maniobras de Toledo.....</i>	14
<i>Figura 1.3. Zona de combate en población de Almería.....</i>	15
<i>Figura 1.4. Plaza del pueblo del “Mojave Desert Combat Town”.....</i>	16
<i>Figura 2.1 CTyM “Álvarez de Sotomayor”.....</i>	17
<i>Figura 2.2 Ubicación exacta.....</i>	17
<i>Figura 2.3 Medidas del Poblado e identificación de las casas</i>	20
<i>Figura 2.4 Estructura de los techos.....</i>	22
<i>Figura 2.5 Posiciones posibles de los paneles</i>	23
<i>Figura 2.6 Estructura interna de los paneles móviles.....</i>	25
<i>Figura 2.7 Guías superiores del panel</i>	26
<i>Figura 2.8 Sistema de anclaje.....</i>	27
<i>Figura 2.9 Muro de la zona de espera</i>	28
<i>Figura 2.10 Edificación ejemplo para el cálculo de losa.....</i>	29
<i>Figura 2.11 Cobertizo Kent</i>	30

Lista de Tablas

<i>Tabla 3.1 Material suministrado por cadena logística</i>	34
<i>Tabla 3.2 Matriz de Probabilidad e impacto</i>	35
<i>Tabla 3.3 Resumen de los principales costes del proyecto</i>	36

Lista de Anexos

<i>Anexo A Dibujos.....</i>	43
<i>Anexo B Instalaciones existentes en el CTyM</i>	50
<i>Anexo C Análisis DAFO</i>	51
<i>Anexo D Geología.....</i>	52
<i>Anexo E Costes</i>	55
<i>Anexo F Estudio de los Riesgos</i>	59
<i>Anexo G Planos</i>	61

Lista de abreviaturas

PCP: Polígono de Combate en Población

BRILEG: Brigada de La Legión

BZAP: Bandera de Zapadores

GACA: Grupo de Artillería de Campaña

NTE: Norma Tecnológica de la Edificación

IGE: Inspección General del Ejército

AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos

SDGINsert: Subdirección General de Inspección y Servicios Técnicos de la Dirección General de Armamento y Material

ET: Ejército de Tierra

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

IT: Instrucción Técnica

CTyM: Campo de Tiro y Maniobras¹

APQP: Planificación Avanzada de la Calidad del Proyecto

TTP, s: Tácticas, Técnicas y Procedimientos

MINISDEF: Ministerio de Defensa

EGDAO: Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador

¹ Los CTyM, s son el conjunto de terrenos e instalaciones militares adecuadas para la realización de actividades de instrucción y adiestramiento relacionadas con el tiro con diferentes armas, así como para la evolución de unidades en orden de combate.

1. Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del trabajo de fin de grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es “DISEÑO DE UN POLÍGONO DE COMBATE EN ZONAS URBANIZADAS CON PAREDES MÓVILES PARA EJERCICIOS DE TIRO CON FUEGO REAL”. Simultáneamente a la realización del TFG, se han llevado a cabo las prácticas externas en la Bandera de Zapadores de la Brigada Rey Alfonso XIII de La Legión.

1.1. Objetivos, estrategias y alcance del proyecto

Irak, Afganistán o Siria han dejado claro que los conflictos contemporáneos son urbanos², es decir, que se desarrollan y deciden en las ciudades. El conflicto actual es asimétrico³ y enfrenta a fuerzas convencionales contra fuerzas insurgentes irregulares que se ocultan en las ciudades donde la superioridad tecnológica y la potencia de fuego de una fuerza occidental moderna no es tan efectiva. Por lo tanto, la instrucción en este tipo de combate se convierte en la razón de ser de los ejércitos modernos. En España, cada brigada cuenta con unas mínimas instalaciones, no normalizadas, que se aprovechan para realizar las prácticas de CZURB. Normalmente son grupos de edificios abandonados, ruinas, contenedores o construcciones rehabilitadas dedicadas a la instrucción hasta nivel pelotón y en algunos casos sección, en las que no se permite el uso de munición real.

El objetivo de este proyecto es llevar a cabo el diseño, para su posterior construcción por parte de la Compañía de Apoyo de la Bandera de Zapadores de la BRILEG, de un polígono de combate en población en el campo de maniobras “Álvarez de Sotomayor” en Viator (Almería).

El proyecto permitirá al Ejército de Tierra disponer de una instalación con diferentes estructuras en la que se pueda instruir a una fuerza operativa⁴, hasta entidad sección, en la limpieza interior de la misma usando fuego real. En dicha instalación se realizará fuego en el interior y exterior de las construcciones existentes con el armamento individual:

- FUSA HK y MG4: 5.56mm.
- Pistola: (9mm Parabellum u otro calibre según modelo utilizado).

² Actualmente, las misiones de imposición y mantenimiento de paz son una constante, generalmente esto implica realizar dichas misiones en zonas urbanas en las cuales hay que tratar de mantener la paz.

³ La brecha tecnológica entre los ejércitos de primer y segundo nivel (insurgentes) hace, para estos últimos, que el combate urbano sea una gran tentación precisamente por esta asimetría en los medios.

⁴ Es una unidad temporal establecida para trabajar en una operación o misión concreta.

Aunque no se contempla la utilización de explosivos para apertura de puertas o de brechas en las paredes, su capacidad para el uso de fuego real (objetivo principal de este trabajo), hace de este un proyecto a tener en cuenta en la instrucción de las unidades del Ejército de Tierra.

Para poder alcanzar el objetivo principal es necesario plantear unos objetivos parciales. Estos son estudiar las instalaciones existentes en la actualidad referentes al combate en población, satisfacer las necesidades derivadas de la instrucción en combate urbano en el CTyM “Álvarez de Sotomayor”, aplicar la normativa de seguridad vigente, proponer mejoras a los problemas (debilidades) encontrados en los actuales y nuevas propuestas para hacerlos más completos.

Las mejoras que se conseguirán con estos objetivos secundarios son principalmente la modularidad de algunos de sus muros interiores, que obligará a las unidades a pensar nuevas formas de progresión en cada ejercicio e instruirse en un escenario diferente en cada ocasión según las necesidades del mando. Esto le dará una mayor flexibilidad a la hora de planear ejercicios relacionados con este aspecto del adiestramiento que toda unidad debe recibir. Además, se propone incluir una pasarela desde la cual cuadros de mando o instructores del ejercicio podrán observar el avance por las avenidas y la entrada en las casas, siempre y cuando sea un ejercicio con fogeo o en seco, y no con fuego real por motivos de seguridad.

Con el fin de dar solución a problemas existentes en otros polígonos de este tipo, se han observado inconvenientes a la hora de anclar de los paneles al suelo. Efectivamente, estas paredes modulares ya existen en otros campos de maniobras, como se explicará más adelante, sin embargo, fallos en los cerrojos que las fijaban al suelo derivaban en la ruptura de las mismas, entorpeciendo la instrucción de las unidades y suponiéndole un coste extra al ejército. Para dar solución a este problema, se propone una mejora en la funcionalidad del sistema de bloqueo de los paneles, similar al ya desarrollado en 2015 por el ahora teniente Antonio L. Gómez Portela en su trabajo fin de grado [1]. La principal diferencia entre dicho sistema de bloqueo y el de este proyecto reside que Gómez Portela propuso un anclaje mediante dos placas, una a cada lado del panel, mientras que en este proyecto se quiere emplear una única pieza que deslice a lo largo de todo el panel por su hendidura inferior. Como se muestra más adelante en el apartado 2.3.2, esta nueva solución puede presentarse como un sistema más adecuado por su simplicidad. De hecho, el Teniente Gómez Portela está actualmente destinado en la Brigada Rey Alfonso XIII y sus consejos han sido de gran ayuda a la hora de elegir y desarrollar este tipo de sistema de bloqueo para el proyecto.

Además, este conjunto de casas, orientadas a la instrucción, debería contar con ciertas características esenciales en estos casos como tener recambios previstos para los muros móviles en caso de que alguno se rompa o siluetas, para poner sobre los muros en los cuales se realizará fuego, aumentando elrealismo de la recreación del combate urbano. Para guardar todo este material a mano, se colocará un cobertizo junto a la entrada que hará las funciones de almacén.

La ejecución de estas obras se enmarcará dentro del Programa Funcional de Actividades de Ingenieros en Instalaciones del ET⁵. Por las características de la instrucción en combate urbano del ejército, este PCP será utilizado la mayoría de las veces por pequeñas unidades, independientemente de su especialidad fundamental⁶.

1.2. Utilidad del proyecto

Tras la entrada en vigor de la Directiva 08/08⁷, el ET está realizando un gran esfuerzo para proporcionar a las unidades las instalaciones necesarias para llevar a cabo su preparación. Con el fin de plantear la motivación de este proyecto en base a las necesidades de la Brigada Rey Alfonso XIII de La Legión, se puede justificar la utilidad del mismo ya que esta unidad, puntera a nivel OTAN en este tipo de combate [2], necesita un polígono en el cual se pueda utilizar fuego real [3]. Dando por hecho que la casa de goma con la que contaba el CTyM (la están desmantelando) no es un PCZURB, la elección de esta ubicación resulta la más adecuada dentro de las distintas opciones posibles.

Los avances en este tipo de combate con los que cuenta el proyecto mejorarán la instrucción del ejército español aumentando su preparación de cara a situaciones adversas, permitiéndole ser más eficiente. Es un hecho que el combate en población es cada día más importante en la instrucción de nuestras unidades al ser hoy en día los poblados y ciudades de oriente medio u oriente próximo, el escenario más probable de actuación en operaciones [4].

Cabe destacar la unicidad de este proyecto, pues la posibilidad de utilizar fuego real unido a la movilidad de los paneles interiores, crea unas instalaciones únicas en su clase ya que todas las edificaciones contarán con al menos dos muros modulables en su interior (apreciable en el apartado 3 del Anexo A), a diferencia de los polígonos españoles actuales que tienen, en el mejor de los casos, una sola edificación modular y el resto fijas. Todo ello favorecerá que las unidades que se instruyan no reconozcan exactamente la disposición de las edificaciones de modo que no pierdan una de las claves de este tipo de instrucción: la capacidad de adaptarse rápidamente y tomar las posiciones adecuadas al entrar en una habitación cuya forma se desconoce.

⁵ Programa que permite el adiestramiento de la unidad de obra en los cometidos requeridos para los despliegues en operaciones

⁶ El ejemplo más claro es el uso por parte de la BRILEG, en la cual hará uso principal las VII y VIII bandera (infantería) pero también podrá ser utilizado por la BZAP o el GACA.

⁷ Referente a centros de adiestramiento y campos de maniobras y tiro como medios de apoyo a la instrucción y adiestramiento.

1.3. Polígonos de combate en población existentes

A continuación, se realiza un estudio previo de los diferentes polígonos de combate en población que se encuentran en España y fuera de ella hoy en día, es decir, un repaso por las instalaciones que los ejércitos de la OTAN poseen referentes a este tipo de instrucción. De esta manera, se revisan las técnicas, trabajos, modelos, prototipos, manuales y herramientas existentes hasta la fecha de forma que se pondrá de manifiesto las aportaciones que este nuevo proyecto va a proporcionar al conocimiento sobre el combate en zonas urbanas.

En primer lugar, serán analizados los dos polígonos de combate en población que los cadetes de la Academia General Militar conocen por haber realizado maniobras de combate urbano en ellos: el poblado de Casas Altas en el CENAD San Gregorio (Zaragoza) [5] y la Casa de Goma de los Alijares (Toledo) [6]. A continuación, se analizará el poblado basado en la distribución afgana que se encuentra en Almería [2] y finalmente, para tener una referencia internacional, el Mojave Desert Combat Town que se encuentra en el desierto californiano, en la costa oeste de Estados Unidos [7]. Se expondrá en cada caso cuáles son las mayores diferencias de estos complejos con respecto a este proyecto.

1. Poblado de Casas Altas de San Gregorio (Zaragoza)

Este poblado, localizado al norte del campo de maniobras zaragozano consta de 20 hectáreas y 200 casas aproximadamente, de una y dos plantas, que permiten el adiestramiento de unidades hasta tipo subgrupo táctico (*Figura 1.1*). Contiene también cercados que delimitan las calles y corrales o terrazas cercanas entre ellas para aumentar el realismo en la guerra irregular⁸. Reproduce, de manera bastante fiel, diversos escenarios urbanos de países como Afganistán o el Líbano [8]. En el interior de este poblado no está permitido el uso de fuego real debido a los prefabricados de hormigón que lo componen, que no permiten la absorción de disparos y pueden provocar rebotes. Tampoco existen paredes modulares y, por lo tanto, la unidad que se esté instruyendo acaba conociendo la distribución de las viviendas, restando realismo a este tipo de entrenamiento.

⁸ Aquella en la cual unidades militares regulares se enfrentan a fuerzas de resistencia, milicias o guerrillas.



Figura 1.1. Poblado de Casas Altas de Zaragoza

Fuente: Vice News

2. Casa de Goma del campo de maniobras de los Alijares (Toledo)

Cabe decir, antes de nada, que este campo de maniobras es un referente en lo que a combate en población se refiere [3], [9], ya que no solo cuenta con la Casa de Goma, sino que también se puede encontrar un poblado o redes de alcantarillado entre otras instalaciones. En este análisis de los polígonos existentes se estudia la Casa de Goma (*Figura 1.2*) por sus muros intercambiables y la posibilidad de usar fuego real. Sin embargo, su tamaño reducido y los continuos problemas de paneles rotos o defectuosos suponen grandes limitaciones para esta instalación.



Figura 1.2. Casa de Goma del campo de maniobras de Toledo

Fuente: Armas y cuerpos

3. Poblado afgano en CTyM Álvarez de Sotomayor (Almería)

Este complejo ha sido estudiado en profundidad a la hora de desarrollar el proyecto, al estar en el mismo campo de maniobras que el propuesto y disponer de una gran cantidad de información útil. Por sus condiciones geográficas y climatológicas, la distribución de las casas y la apariencia de las calles, similares a las afganas (*Figura 1.3*), se trata del que mayor nivel derealismo aporta en este tipo de instrucción en España [10], [11]. Cuenta con 10 instalaciones (claramente diferenciadas en el conjunto “CZURB” del Anexo B) que lo convierten en un campo de maniobras puntero en el combate en zonas urbanas, a pesar de permitir únicamente el uso de fogueo [12]. Además, dadas sus grandes dimensiones, pueden entrar vehículos mecanizados otorgándole mayores posibilidades. La idea de construir un PCP en el cual se permita el fuego real y además solucionar los problemas de los paneles rotos por fallos en un sistema de bloqueo defectuoso, hace que este proyecto pueda resultar una mejora en este tipo de instalaciones.



Figura 1.3. Zona de combate en población de Almería

Fuente: Armas y cuerpos

4. Mojave Desert Combat Town (California, EE.UU.)

Para tener una referencia de las instalaciones existentes a nivel internacional se estudiará uno de los últimos PCP, s construidos en Estados Unidos (*Figura 1.4*). Se trata de la simulación de un poblado iraquí, construido prácticamente en su totalidad por contenedores de transporte y hescos⁹, lo cual hace imposible el uso de fuego real [7]. Cuenta con diferentes casas y establecimientos con distintas alturas y ventanas e incluso con simulación C-IED en una de las carreteras. Dentro del poblado hay una casa llamada la “casa sangrienta” para que las tropas se acostumbren a ver heridas y situaciones traumatizantes. Todo ello, unido al clima desértico característico de esta zona del suroeste de Estados Unidos, aporta mucho realismo al combate en población [13].

⁹ Cesta rectangular de enrejado metálico relleno de arena y piedras muy utilizado para fortificación militar.

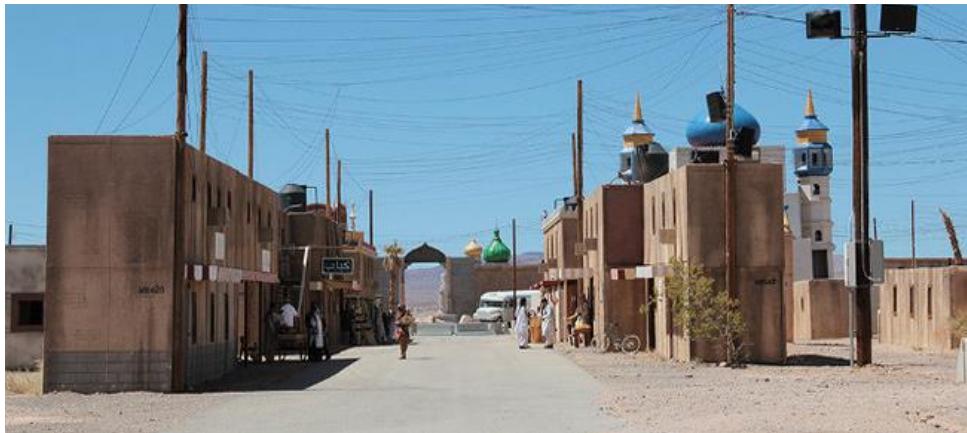


Figura 1.4. Plaza del pueblo del “Mojave Desert Combat Town”

Fuente: The Atlantic

1.4. ANÁLISIS DAFO

Una vez realizado el estudio de la situación actual del combate en población a nivel nacional e internacional, es posible llevar a cabo la relación de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (o análisis DAFO). Es una metodología de estudio de la situación de un proyecto analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada.

En este análisis que se encuentra como Anexo C, se puede ver que, después de comparar con lo que existe en este campo de la instrucción militar a nivel nacional e internacional, se observan limitaciones o amenazas que se pueden encontrar, como los posibles riesgos de seguridad, inherentes al uso de fuego real. Pese a existir ciertos aspectos negativos que pueden generar dudas como el hecho de ser el primer polígono con estas características, las oportunidades y las fortalezas como el aumento del realismo en la instrucción o la capacidad operativa son lo más importante. Se puede decir que el hecho de ser la primera vez que se realiza un proyecto de este tipo aparece como una debilidad, pero que puede convertirse en una oportunidad si los resultados del proyecto son buenos. Las mejoras que aporta este proyecto son considerables: el uso de fuego real tanto dentro como fuera de las edificaciones, la movilidad de las paredes y el añadido de la pasarela. Todas estas mejoras justifican la ejecución del proyecto.

2. Análisis del proyecto

2.1. Emplazamiento y condiciones del terreno

La ubicación escogida permite principalmente la instrucción y adiestramiento de la Brigada Rey Alfonso XIII de La Legión por su proximidad. No obstante, las características tan especiales de las que se va a dotar a estas instalaciones abre la posibilidad a que sean utilizadas como instalaciones de referencia y que otras unidades del ET y de otros ejércitos puedan incluir este escenario dentro de su formación. Los trabajos se realizarán en el campo de maniobras “Álvarez de Sotomayor” en Almería tal y como se puede ver en la *Figura 2.1* y en la *Figura 2.2*. Se trata de un terreno de secano en el que apenas existe vegetación y carente de arroyos o ríos, con una dimensión de 59.612,295 m².



Figura 2.1 CTyM “Álvarez de Sotomayor”

Fuente: Google Maps



Figura 2.2 Ubicación exacta

Fuente: Google Maps

El terreno dentro del CTyM sobre el que se pretende construir el PCP tiene una forma rectangular y una topografía relativamente llana, lo que facilitará los trabajos de nivelación. La geología detallada de la zona viene dada por el inventario de recursos naturales en propiedades del ministerio de defensa en el Anexo D. Tras un estudio del terreno, se puede afirmar que se trata de un suelo de arcilla semidura, por lo que es necesario para evitar problemas a lo largo de los años, la retirada de la capa vegetal, una primera nivelación y compactación del terreno natural y la instalación de tela asfáltica, además del aporte de una capa de arena de río para evitar rebotes. La tipología del suelo facilitará la limpieza inicial del campo y su desbroce, así como la ejecución de la losa de cimentación de cara a evitar asientos diferenciales, de la cual se hablará más adelante. La zona es adecuada para la instrucción de fuego real al estar encajonada en una vaguada, lo que proporciona mayor seguridad durante el ejercicio y además permite no tener que hacer grandes merlones de tierra alrededor de la casa de tiro, reduciendo los costes y la duración de la obra. Por otra parte, su buena comunicación por caminos lo convierte en el lugar adecuado para emplazar el proyecto por esta accesibilidad, a la hora de llevar hasta allí el material necesario para la construcción, desplazar las máquinas que se usarán o contar con vías de evacuación sanitaria en caso de accidente durante el transcurso de los ejercicios.

2.2. Trabajos a realizar

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de la construcción son principalmente la seguridad, la resistencia mecánica y estabilidad, la durabilidad, la inversión a realizar y la facilidad para construir. Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del CTE [14].

Todas las partes del PCP se construyen según lo establecido en la Instrucción Técnica¹⁰ 01/06 [15] sobre regulación de instalaciones, particularmente para el uso de fuego real en interior de edificios. Según esta IT, un recinto de estas características estará compuesto por:

- Una zona de espera, donde debe permanecer todo el personal que no esté implicado en ese momento en el ejercicio, libre de todo peligro relacionado con la actividad.
- Unas paredes exteriores de la zona de tiro, que rodean exteriormente la zona interior modulada.
- Una zona interior modulada, que simula la planta de un edificio con habitaciones y dependencias.
- Un recinto restringido, que incluye en su interior a los anteriores y donde está prohibida la estancia de personal ajeno a la actividad mientras se estén realizando ejercicios con fuego real.

¹⁰ Se refiere a un procedimiento en el que se explica y describe con detalle la metodología de realización de un proceso.

Por lo tanto, para la construcción del PCP, se deben realizar cinco tareas, cada una de ellas con una finalidad clara y definida.

- Limpieza superficial del campo y desbroce; con el empleo de maquinaria se pretende desbrozar la superficie que albergará el PCP, así como las inmediaciones dejando una superficie lisa y nivelada.
- Ejecución de las losas de hormigón que servirán de cimentación para cada una de las 11 edificaciones y acondicionamiento del terreno conforme a la NTE correspondiente [16]; se instalará tela asfáltica, limpiando todo material que pudiera producir rebotes ocasionados por munición de fusilería y encima una capa de arena de río de 20 cm de altura.
- Replanteo y ejecución de la zona interior modulada del PCP; trabajos relacionados con la construcción del interior del poblado.
- Ejecución paredes exteriores de la zona de tiro y de la zona de espera; instalación de un muro de hescos alrededor de todo el PCP con una entrada y una salida, una pasarela de observación y un cobertizo.
- Ejecución recinto restringido; instalación de seto de alambre de espino perimetral y señalización de peligro mediante carteles indicativos.

2.3. Características del PCZURB

Una vez recopilada la información necesaria sobre combate en zonas urbanizadas y realizado el análisis de las innovaciones que aporta el proyecto, se definen sus principales características generales y técnicas. La instalación del PCP ocupa una superficie total de 5952 m^2 ($96 \times 62\text{ m}$) con aperturas de entrada y salida del recinto restringido de 5 m (*Figura 2.3*). Está compuesta por 11 casas cuyas medidas vienen detalladas una por una en el Anexo G, siendo la de mayor dimensión de $15,49 \times 15,02\text{ m}$ y la de menor de $7,42 \times 7,93\text{ m}$. Este Anexo consta de un primer plano general del poblado con las medidas principales del mismo, además de planos individuales de cada casa en los cuales se indica que paneles son móviles (en amarillo) y que rieles siguen (representados en color gris más claro para diferenciarlos de los muros de las casas). Se ha elegido la casa 4 por ser la de menor superficie para hacer el plano completo con diferentes vistas, detalles y medidas, el cual se puede ver como *Anexo G.4*. Para las demás casas que se construirán de la misma forma, los planos consistirán en una vista en planta en la cual se aprecia la distribución de las habitaciones y todas las medidas de las mismas.

Cuenta con una zona de espera, una zona interior modulada habilitada para hacer los ejercicios de fuego real, una zona de descarga de armamento y un cobertizo, todo ello en el interior de un recinto restringido. Todas estas zonas se pueden ver claramente diferenciadas en el apartado 2 del Anexo A.

Las alturas serán las mismas para todo el poblado, con muros de 3 m de alto (evitando de esta manera salida de ningún proyectil perdido de la zona interior por el primer sector) incluidos los de las zonas de espera y descarga de armamento, con la única excepción del mástil para poner la banderola roja de ejercicio en curso, que medirá 9 m y el cobertizo que tendrá una altura de 1,98 m. En todas las figuras, así como en los dibujos, el poblado estará representado sin techos con el fin de poder ver la distribución interior de las edificaciones.

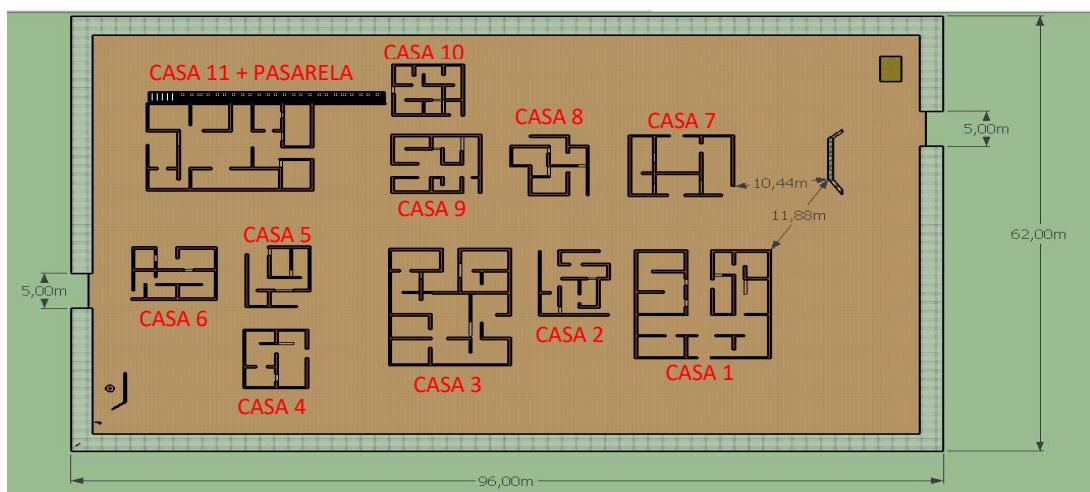


Figura 2.3 Medidas del Poblado e identificación de las casas

Fuente: elaboración propia (SketchUp)

2.3.1. Características generales y materiales del proyecto

Este proyecto de PCP se diferencia de los actuales en la posibilidad de realizar ejercicios con fuego real en interior y exterior de las edificaciones. Esto afecta principalmente al tipo de material con el que se debe contar a la hora de construir. Comenzando con una primera comparativa de los materiales, en un primer momento, se han estudiado diferentes materias primas que se podrían emplear para cumplir el objetivo principal de poder hacer fuego dentro del polígono. Las tres principales propuestas fueron:

- Neumáticos: siguiendo el ejemplo de la casa de tiro ubicada en el CTyM “Álvarez de Sotomayor”, construida con pilas de neumáticos usados rellenos de arena. Este sistema es muy efectivo (ya que tiene una gran capacidad de absorción de impactos) a la par que económico por la facilidad de encontrar repuestos, por lo que se presenta como una alternativa muy interesante. Sin embargo, la actual normativa medioambiental [17] prohíbe su uso.

- Madera: es también una opción económica y fácilmente reemplazable. Ofrece menor absorción ante los disparos, se deteriora con facilidad (más aun teniendo en cuenta la proximidad del CTyM al mar) y pueden provocarse incendios si la madera no es tratada previamente, lo cual aumentaría también los costes. Esta opción es por lo tanto desaconsejable.
- Paneles de aluminio aleado recubierto de losetas de caucho anti rebote: estos recubrimientos, similares a los que se pueden encontrar en pistas de atletismo o parques infantiles, sirven de “atrapa balas” y aunque su coste es mayor al de los materiales expuestos anteriormente, cumple con la normativa y garantiza la seguridad de las unidades que lo usen. Además de las propiedades anti rebote, tiene otras ventajas como el hecho de ser insonorizante (importante al hacer fuego en el interior de las casas), antideslizante y de fácil instalación y limpieza [18].

Finalmente, esta opción se considera la más adecuada para la construcción del PCP por sus propiedades y fácil reposición, sin que conlleve el cambio de otros elementos estructurales¹¹. Esta se llevará a cabo cuando existan desperfectos ocasionados por las inclemencias atmosféricas o por el uso continuado de la instalación, al existir riesgo de que el personal a instruir impacte con sus disparos sobre las paredes de la vivienda. Estos materiales permitirán cumplir el objetivo principal de poder utilizar fuego real.

Las habitaciones de las casas donde se realizará fuego se construirán de la siguiente manera:

- Suelos: capa de arena lavada de río de 20 cm de espesor, limpia de piedras y objetos duros que puedan ser proyectados, obstáculos y vegetación. La zona de los rieles en los que se introduce la placa para el anclaje de los paneles estará protegida por una parte del propio riel (como se verá más adelante en el apartado 2.3.2) para evitar que entre arena.
- Paredes fijas exteriores/interiores: sobre muros de hormigón de 10 cm de espesor. Se usarán bloques serie 50 de 9 x 20 x 50 cm (hacen falta 10 por metro cuadrado). El hormigón se recubrirá por cada lado por 10 cm de caucho anti rebote que sirve de “atrapa balas”.
- Paneles móviles (28 en total): sobre una estructura de aluminio aleado recubierto de losetas de caucho anti rebote de 10 cm de espesor que sirven de “atrapa balas”.
- Techos: Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas y recubierta igualmente por losas de caucho (*Figura 2.4*). Se atornillarán los raíles superiores por lo que irán los paneles.

¹¹ Con cambiar la losa de caucho cuando el plan de mantenimiento así lo determine es suficiente.

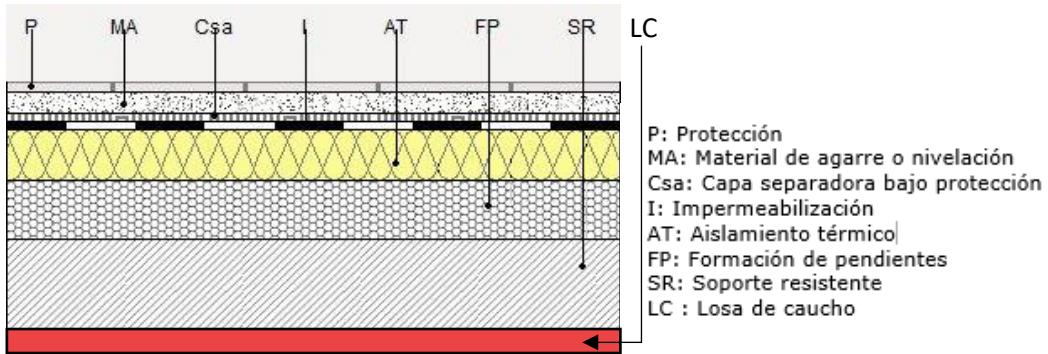


Figura 2.4 Estructura de los techos

Fuente: Generador de precios Cype

Por motivos de seguridad, existirán unas zonas en el interior del PCP en las cuales no se permitirá hacer fuego ya que podría darse el caso de disparos dirigidos hacia la avenida principal, incurriendo en un problema importante de seguridad. Estas fachadas estarán recubiertas de caucho de color azul, para diferenciarse de aquellas donde sí se puede, que tendrán un tono rojizo, como se muestra en el apartado 1 del Anexo A. Ambos tipos de caucho, suministrados por la misma empresa, no presentan ninguna diferencia en sus propiedades a excepción del color, por lo que tienen la misma validez en cuanto a capacidad de absorber disparos.

Del mismo modo, se colocará una zona a la salida de las casas para descargar el armamento (un “cajón de arena”, hecho a partir de un barril, donde todos los participantes puedan descargar el arma una vez finalizado el ejercicio para comprobar que no les queda munición en la recámara) y un mástil para poder poner la banderola roja que indique el ejercicio en curso.

Un segundo aspecto importante a la hora de construir el polígono es la modularidad que existe en todas sus edificaciones. En la actualidad, en España los paneles móviles se reducen a una sola habitación de ciertos PCP, s. El proyecto propuesto es un conjunto de 11 edificaciones con partes modulares. Esto permite que las unidades se instruyan en un edificio distinto cada vez, para acostumbrarse a las misiones internacionales en las cuales cada casa será distinta. Se puede hacer un pequeño cálculo para tener una idea de la versatilidad que ofrece esta modularidad gracias a una sencilla fórmula¹² que muestra que si hay 28 paneles móviles, asumiendo que cada uno puede estar en dos posiciones posibles (A o B como se muestra en la Figura 2.5), el número de configuraciones posibles que ofrece este poblado es de $2^{28} = 268.435.456$. El panel se desplazará únicamente de A hacia B, en un movimiento unidireccional siguiendo el riel.

¹² Si hay n posiciones para elegir y r ocasiones de hacerlo, las permutaciones posibles son:
 $n \times n \times \dots \text{ (r veces)} = n^r$

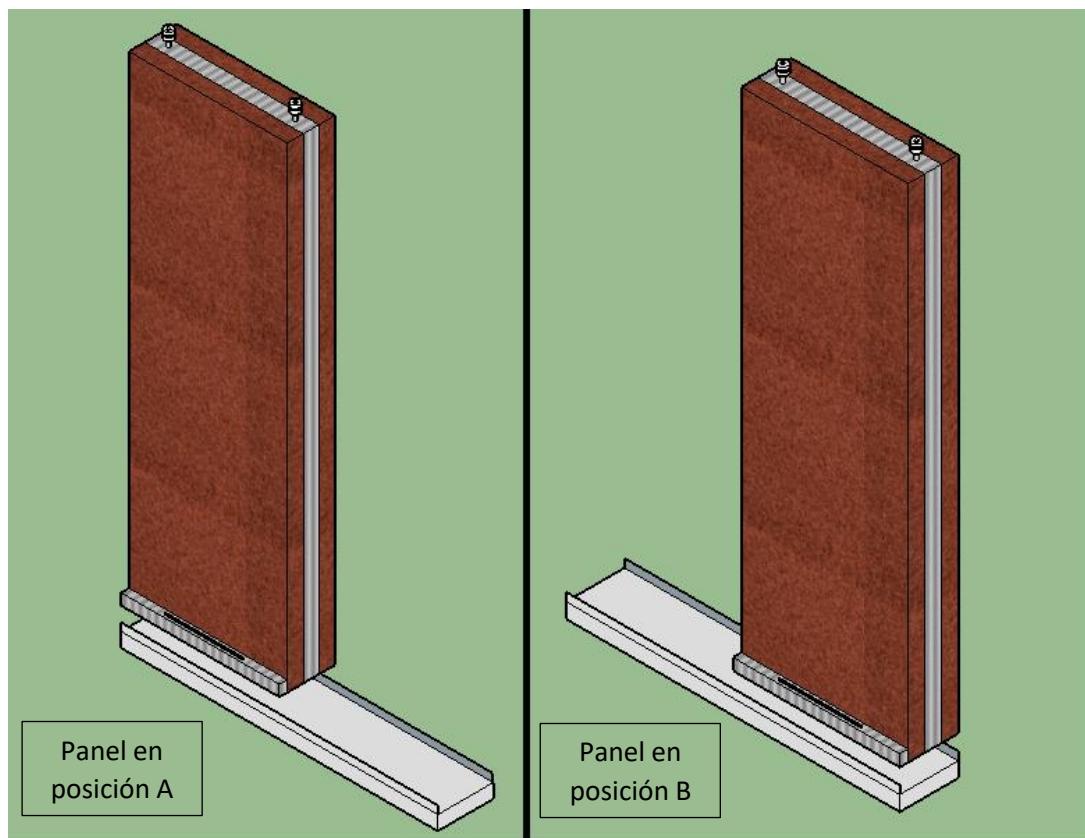


Figura 2.5 Posiciones posibles de los paneles
Fuente: elaboración propia (SketchUp)

El conjunto del poblado simula una pequeña parte de una ciudad de Oriente Próximo, de casas abigarradas y callejones estrechos con una vía central, hay una carretera que sirve de eje de comunicación y en sus márgenes se forma la localidad, la cual se compone de once edificaciones y varios patios, con una vía principal que lo divide en dos núcleos. Hasta la zona de espera que da a la vía principal, se podrá acceder con vehículo para el desembarco de personal y su posterior progresión por las edificaciones. Cuenta además con un almacén junto a la entrada para guardar el material de instrucción, como recambios y siluetas principalmente y una pasarela con escalera de entrada, lugar idóneo para la observación y corrección¹³ de ciertos ejercicios ejecutados. Todo ello puede apreciarse en el apartado 2 del Anexo A.

¹³ Los instructores que observen el ejercicio pueden ir cambiando la distribución de las habitaciones o ir corrigiendo a las unidades sobre el terreno viendo desde una posición privilegiada el avance de las mismas.

2.3.2. Características técnicas del proyecto

1. Edificaciones modulares

La zona interior modular será aquella en la que se compartimentará la superficie simulando el interior de una vivienda. El suelo estará constituido por arena lavada de río de granulometría hasta 4mm. Esta base de arena apisonada será de 20 cm, según los consejos de expertos que han participado en proyectos similares y en los que se decantaron por este tipo de suelo [19], [20], [21], y estará limpia de piedras y objetos duros que puedan ser proyectados, además deberá estar libre de obstáculos y limpio de vegetación para evitar tropiezos. Irá directamente encima de la losa de cimentación, la cual se puede ver en detalle en el apartado 8 del Anexo A. Al tener el recinto unas dimensiones de 96 x 62 m, el aporte de arena necesario será de:

$$(96 \times 62 \times 0,2) = 1190,4 \text{ m}^3$$

Que al multiplicar por el coeficiente de esponjamiento de 20% se queda en:

$$1190,4 \times 1,2 = 1428,48 \text{ m}^3 \text{ de arena de río.}$$

En lo que respecta a las edificaciones, hay que diferenciar entre los paneles móviles y aquellos que no lo son. Los primeros, podrán ser de 1, 2, 3 o 4 m de largo y estarán construidos sobre una estructura metálica rectangular de aluminio de 8 x 4 cm (*Figura 2.6*), con el fin de aligerar el panel y facilitar su movimiento, ya que este proceso se hará a mano, y no por medios mecánicos (se moverán antes de empezar el ejercicio siguiendo la configuración que determine el mando). Este aluminio estructural se recibirá en forma de tubos de 10 m que se irán cortando para conformar la estructura de la *Figura 2.6* una vez soldados. Existirá una segunda placa de aluminio de 1 cm de grosor por 3 m de alto y 1 m de largo (si el panel es de 1 m, sino será de 2, 3 o 4 m de largo) a cada lado de dicha estructura. Finalmente, todo estará recubierto a cada lado de losetas de caucho anti rebote, de 10 cm, de formas simples y esquinas rectas. Esta combinación de materiales (aluminio y caucho), además de absorber los impactos, aporta mayor robustez a los paneles que los antiguos de plástico que rompen con facilidad, como está sucediendo por ejemplo en la casa de goma de Toledo. La distribución de los paneles móviles en el poblado viene detallada en el apartado 3 del Anexo A, donde aparecen en amarillo para diferenciarlos de los fijos.

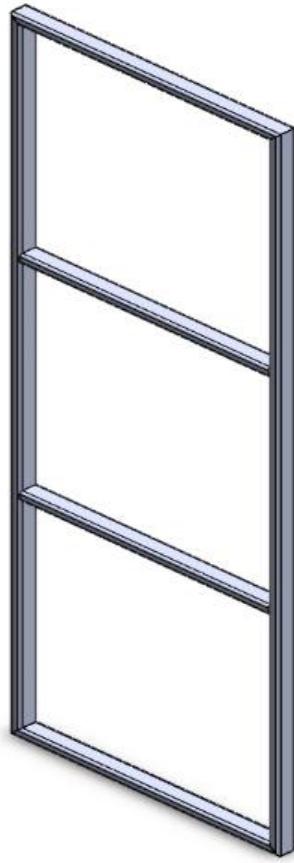


Figura 2.6 Estructura interna de los paneles móviles
Fuente: elaboración propia (SolidWorks)

El peso de un panel de $3 \times 1 \times 0,3$ m se ha calculado sumando el peso que le aporta el revestimiento de caucho (de densidad 800 kg/m^3) y el del aluminio aleado (de densidad 2690 kg/m^3):

$$\text{Volumen de la estructura de aluminio: } = 0,08 \times 0,04 \times (3 + 3 + 0,92 \times 4) = 0,030976 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de las placas de aluminio: } 2 \times (1 \times 3 \times 0,01) = 0,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de aluminio} = 0,06 + 0,030976 = 0,090976 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del aluminio: } 0,090976 \times 2690 = 244,7 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen de las losas de caucho: } 2 \times (1 \times 3 \times 0,1) = 0,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del caucho: } 0,6 \times 800 = 480 \text{ kg}$$

$$\text{Peso TOTAL de un panel de } 3 \times 1 \times 0,3 \text{ m} = 244,7 + 480 = 724,7 \text{ kg.}$$

Para el resto de muros fijos, la construcción se realizará con bloques específicos para muros de hormigón de 10 cm de espesor, los cuales irán llenos de hormigón aportando mayor robustez, de acuerdo al pliego de prescripciones técnicas existente [22]. Estos muros llegarán hasta la losa que sirve de cimentación.

Aunque tanto los bloques de hormigón como el caucho vienen con unas medidas dadas, podrán ser recortados para cumplir con las medidas de las casas que se indican en el Anexo G.

Tal y como propone el Teniente Gómez Portela [1], para el movimiento de los paneles se utilizará un sistema basado en unos raíles en el techo en forma de "C", constituidos en frío por pletinas plegadas, sobre los que se desliza el panel, provisto de dos guías en cada extremo (ver *Figura 2.7*). Estas guías en forma de T y cabeza cilíndrica engancharán el panel por arriba desplazándolo siguiendo los rieles que se atornillan en el techo. Los paneles tienen una hendidura en la parte inferior por la cual se desliza el seguro, que lo ancla al suelo del cual hablaremos más adelante. Tanto los rieles atornillados al techo como los que van por el suelo, por donde el panel se mueve, tienen una longitud de 2 metros, sin embargo, al igual que en el caso de los paneles se pueden juntar dos, por ejemplo, pudiendo desplazar así el panel a lo largo de 4 metros.

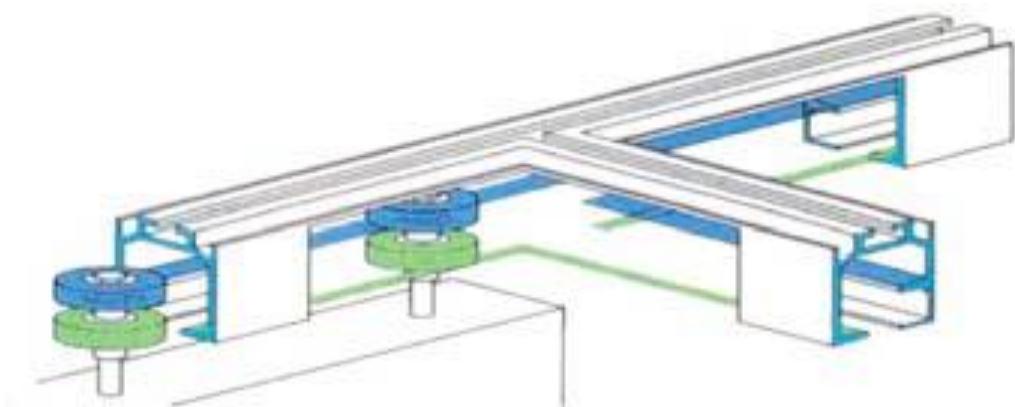


Figura 2.7 Guías superiores del panel

Fuente: TFG Gómez Portela [1]

La cubierta que sirve de techo a cada una de las edificaciones será plana y transitable, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas diseñada de tal manera que soporte el peso de los paneles. Los rieles se fijarán al techo con el tornillo DIN 931 Inox A4 20 de 20 x 140 mm. Los tornillos de fijación se colocarán alineados verticalmente sobre los rieles cada 25 cm para repartir el peso de forma eficiente.

2. Sistema de anclaje de los paneles

Tener una serie de paneles enganchados por dos guías en su parte superior, las cuales se desplazan por unos rieles atornillados al techo, es una forma sencilla de dotarlos de movilidad. Además, en la parte inferior llevarán dos ruedas fijas de 11 cm de diámetro, una a cada lado, dotando al panel de dos puntos de apoyo para deslizarlo por los rieles del suelo. Sin embargo, desde un punto de vista operativo es importante el hecho de que se va a realizar fuego sobre ellos, por lo que es necesario dotarlos de una mayor rigidez de la que pueden aportar esas dos simples guías, y así evitar que se rompan fácilmente por su unión al raíl. Por ello, los rieles inferiores dispondrán de una hendidura en la que se introducirá una chapa de 1 cm de grosor y 31 cm de alto con 50 cm de ancho con forma de T, la cual se introducirá también en la hendidura inferior del panel, facilitando su anclaje al suelo e impidiendo el vuelco, como se puede ver en la *Figura 2.8*. Los rieles estarán protegidos a los lados por la propia chapa para evitar, en la medida de lo posible, que se llenen de tierra y suciedad e impidan el movimiento de los paneles. Con este sistema se gana en robustez, pero de una forma simple por el tipo de piezas necesarias, las cuales, en caso necesario, pueden ser repuestas fácilmente.

Tanto las medidas de estas piezas como toda la información gráfica del sistema de anclaje vienen reflejadas en el apartado 7 del Anexo A.

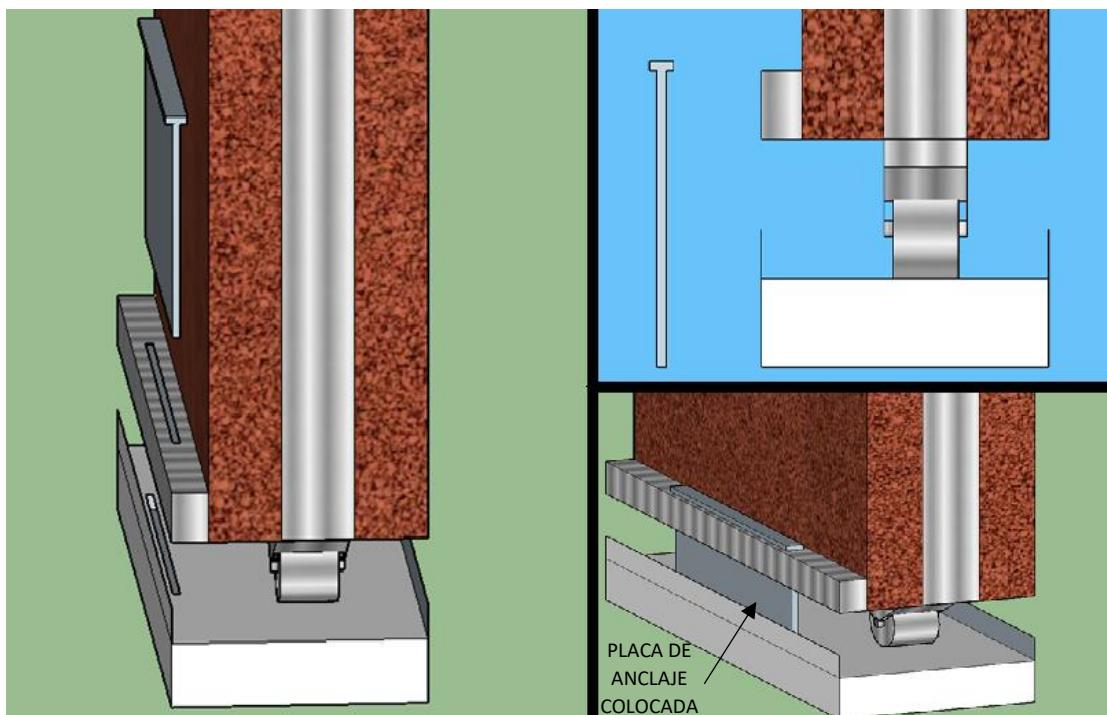


Figura 2.8 Sistema de anclaje
Fuente: elaboración propia (SketchUp)

Actualmente, los sistemas de paneles móviles en las casas de tiro están basados en una barra cilíndrica, que se introduce en el suelo a modo de cerrojo (como se puede ver en el apartado 7.3.1 del Anexo A). El inconveniente es que en ciertas ocasiones estos sistemas de anclaje dan problemas, pues las barras, al ser golpeadas se doblan, imposibilitando el uso de los paneles. La solución aportada, aunque diferente, guarda características similares a las del sistema de anclaje diseñado por el Teniente Gómez Portela [1] y parece la mejor manera de solventar los problemas explicados anteriormente.

3. Zona de espera y recinto restringido

La zona de espera consistirá en un muro de protección a base de bloques de hormigón en forma de media luna (*Figura 2.9*). Su altura será de 3 m, se mimetizará con pintura verde y estará situada dentro de recinto restringido, a más de 10 m de la zona de entrada como marca la normativa vigente [15] (se pueden ver estas medidas en la *Figura 2.3*). Este recinto, que incluye a la totalidad del poblado, se materializará mediante hescos, seguidos de un seto de alambre de espino perimetral con carteles indicativos, es decir, contará con una alambrada rápida alrededor de la valla perimetral representada.

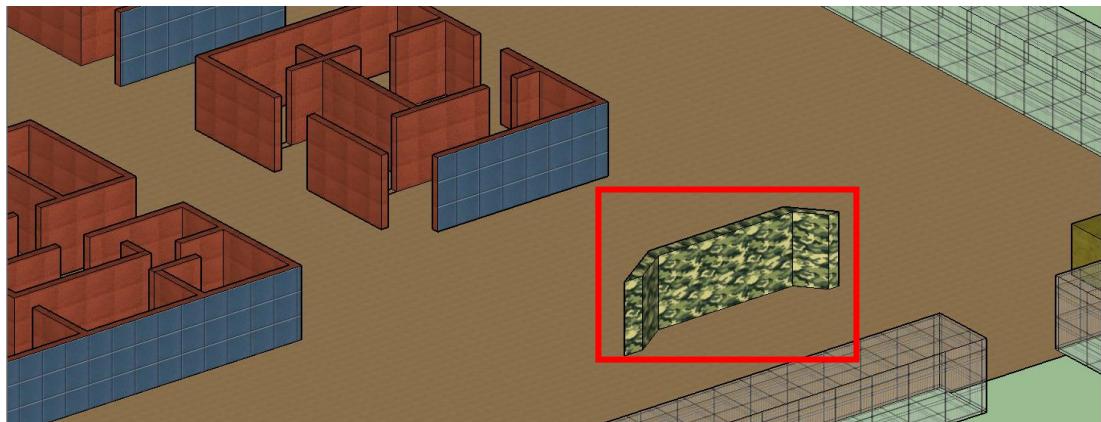


Figura 2.9 Muro de la zona de espera

Fuente: elaboración propia (SketchUp)

4. Cimentación

La cimentación de las edificaciones se hará en base a losas de hormigón. Es la mejor opción debido a que habrá paneles móviles y a que esta estructura responde de forma óptima en suelos poco homogéneos en los que se prevén asientos diferenciales. Serán losas de cimentación con 20 cm de hormigón HA-25 / B / II y 10 cm de grava de granulometría 16-32 mm, con mallazo del 8 con las esperas en las esquinas. Este espesor reducido se debe principalmente a que no se esperan grandes cargas que soportar, ya que no pasarán vehículos por encima ni se prevén sobrecargas de uso accidentales

fuertes como por ejemplo nieve. Se colocará una capa de tela asfáltica a modo de aislante por su elevado poder de impermeabilización, así como para evitar que el material aportado sea absorbido por el terreno debido a su naturaleza arcillosa. En el apartado 8 del Anexo A se puede apreciar en detalle esta cimentación. Es una opción más simple y más rápida que la de usar zapatas corridas, encofrando la forma exterior y no conformando los zunchos in situ. Para el cálculo del precio de este tipo de cimentación se usa como ejemplo la losa de la casa 4 por ser la más pequeña (marcada en la Figura 2.10 y cuyas medidas son 8,48 x 7,21 m), y de esta forma se calcularán el resto de lasos. Se ha procedido de la siguiente manera:

Se desglosa el precio de la losa de hormigón armado en:

- Hormigón HA-25 / B / II a: a un precio de 59,53 el m^3 y un espesor de 20 cm

$$59,53 \times (0,2 \times 8,48 \times 7,21) = 727,94 \text{ €}$$

- Grava de granulometría 16 - 32 mm: a un precio de 7,22 el m^3 y un espesor de 10 cm

$$7,22 \times (0,1 \times 8,48 \times 7,21) = 44,14 \text{ €}$$

- Mallazo electro soldado de tamaño 6 x 2,2 m de $15 \times 15 \text{ cm}^3$, Ø8 a 55,12 € cada plancha:

Habrá 40 cm de solape, por lo que sin contar estos solapes tendremos $5,2 \times 1,4 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} 7,21 / 1,4 = 5,15, \text{ aproximando a 5 planchas para el ancho} \\ 8,48 / 5,2 = 1,63, \text{ aproximando a 2 planchas para el largo} \end{array} \right\} 2 \times 5 = 10 \text{ planchas}$$

$$10 \times 55,12 = 551,20 \text{ €}$$

El precio final de esta losa será de:

$$727,94 + 44,14 + 551,20 = 1323,28 \text{ €}$$

(Precios sacados de Cype. La tela asfáltica no se ha incluido en este cálculo, pero se añade junto a otros materiales en el Anexo E)

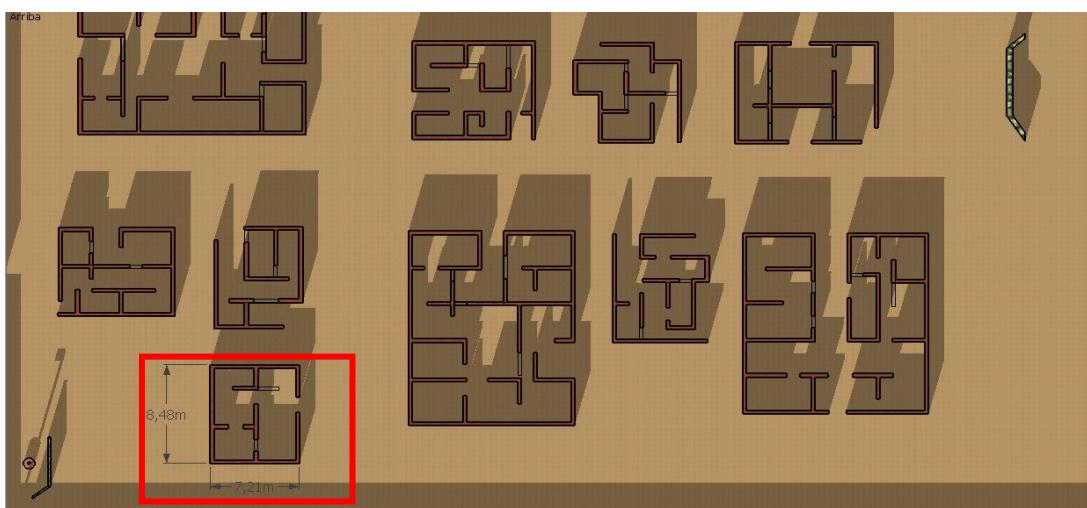


Figura 2.10 Edificación ejemplo para el cálculo de losa

Fuente: elaboración propia (SketchUp)

El coste completo de la cimentación de todas las casas, se puede ver en el *Anexo E*.

Se colocarán pilares de 20 x 20 cm cada 5 metros que recibirán las cargas de las edificaciones, transmitiéndolas a la losa de cimentación y al terreno, y se aplicará la normativa vigente para la ejecución [14].

5. Pasarela de observación y cobertizo

Siguiendo el ejemplo que se puede ver en el campo de maniobras de los Alijares en Toledo, se construirá una pasarela para la última manzana del polígono que permitirá la observación de los ejercicios por parte de los instructores. Servirá para corregir principalmente la entrada en las edificaciones y la progresión por las calles, ya que el techo impedirá observar el desarrollo de los ejercicios en el interior de las casas. El material elegido para su construcción es el acero galvanizado, muy utilizado para este tipo de obras por su coste reducido y su resistencia e irá anclado al muro exterior de la manzana. Se utilizarán placas con rejilla de 3 x 3 mm y además contarán con barandillas de 1 m de altura, como se puede apreciar en el apartado 6 del *Anexo A*.

Se utilizará un cobertizo de la empresa Garden House [23]. Se trata del cobertizo Kent (*Figura 2.11*), con cubierta a un agua y unas dimensiones de 3,6 x 2,4 m. El grosor de la madera es de 15 mm. La altura interior máxima es de 1,98 m y la mínima, de 1,80 m. La cubierta es de madera con tela asfáltica, totalmente impermeable. Se ha elegido este cobertizo por sus dimensiones, sus características y su bajo coste como se puede ver en el *Anexo E*.



Figura 2.11 Cobertizo Kent
Fuente: www.gardenhousemadera.com

2.3.3. Mantenimiento

Se recomienda un plan de mantenimiento a realizar consistente en la limpieza de las ranuras de los raíles inferiores de anclaje un día antes de realizar el ejercicio y engrase de rieles cada 3 meses o cada mes si el uso de la instalación es superior a 20 días en dicho mes. También, se procederá al recambio de las losas de caucho una vez alcanzado el número de 500 disparos sobre ellas. Se podrán sustituir por unas nuevas o cambiar aquellas que estén en las zonas más afectadas por el fuego por otras que estén en zonas del polígono que apenas hayan recibido disparos.

2.3.4. Estimación de costes

En este apartado se muestra una estimación de costes para la adquisición de los principales materiales para este proyecto. Se ha realizado un análisis de mercado dentro de las principales empresas españolas especializadas en el material en cuestión, en un estudio en el que ha primado el cumplimiento de toda la normativa de calidad de obra UNE y la competitividad en el precio.

Se ha realizado una búsqueda entre las principales empresas con el fin de estimar los costes de ciertos materiales para el proyecto. Se han cogido como ejemplo algunas firmas cuyos precios podrían ser representativos del coste final del proyecto. La información ha sido extraída de Verdú para las losetas de caucho; de Áridos Anoia para los áridos; de la casa Eiros para los bloques de hormigón; y de Leroy Merlin para la tela asfáltica.

2.3.5. Funcionalidad

Con las dos manzanas del polígono, se simula una sección de una ciudad de Oriente Próximo para la instrucción del combatiente en entornos similares a los encontrados hoy en día en misiones internacionales [24].

Desde un punto de vista táctico permite la instrucción de las unidades en el combate en el interior de instalaciones. Una vez terminada la estructura que simulará una serie de viviendas, se puede amueblar el interior con materiales que no produzcan rebotes para aumentar el nivel derealismo siguiendo el ejemplo americano visto anteriormente [7]. Será posible el adiestramiento en el desembarco desde vehículo y posterior entrada en poblaciones, limpieza de edificaciones o la defensa perimetral de una población. De esta manera se podrán poner en práctica las TTP, s en limpieza de calles y edificios, simulación de reacción ante IED [25] y demás procedimientos relacionados con la guerra urbana, como evacuaciones o registros.

3. Estudio de riesgos, calidad y costes

3.1. Metodología y datos

3.1.1. Riesgos

Este apartado es de gran importancia a la hora de llevar a cabo un proyecto y será necesario en la etapa primera de planificación. Consiste en un estudio detallado de los riesgos potenciales a la hora de llevar a cabo el proyecto, el cual supone un análisis desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Además, en función de este Anexo se elaborará una matriz de probabilidad e impacto, con el fin de resumir los resultados de este análisis de riesgos.

Por el momento, se puede afirmar que los riesgos principales pueden ser aquellos relativos a la seguridad, inherentes a todo ejercicio con fuego real, pero también pueden existir riesgos referentes a problemas en el sistema de bloqueo o presupuestarios.

3.1.2. Calidad

El desarrollo del plan de calidad del proyecto se ha basado en el APQP [26]. Consta de distintas fases diferenciadas en las que encontramos múltiples herramientas entre las cuales destacan el análisis del impacto ambiental y el AMFE del proceso que se realizará por la necesidad de mejorar el sistema de bloqueo de cerrojos. En él se pueden determinar los posibles fallos potenciales, así como las causas asociadas y sus efectos, teniendo en cuenta cual es el objetivo principal y cuales los secundarios.

En cuanto a homologación y conformidad, el campo de maniobras y el IGE homologarán la construcción a través del SDGINSTERT para obtener la conformidad y autorizar a las unidades a usarlo¹⁴. Se añade que esta homologación no es obligatoria dentro del ámbito del Ministerio de Defensa. Una vez completada la obra se informará a la IGE, la cual enviará a un Suboficial, que, tras la visita de la obra, si cumple todos los requerimientos técnicos prescritos en la memoria del proyecto, emitirá un informe de conformidad. Este se destinará a la unidad gestora del campo de maniobras, en este caso, la Brigada Rey Alfonso XIII y a la IGE, pasando a formar parte de la infraestructura activa del ejército de tierra.

Las pruebas relativas a la funcionalidad del sistema de bloqueo y de los rieles y a la resistencia mecánica de los paneles podrían ser las siguientes:

- Vida acelerada: golpeo repetido de uno de los paneles bloqueado hasta el fallo del panel por rotura o bien por fallo de funcionalidad del sistema de bloqueo.

¹⁴ Una vez el PCP se encuentre dentro de las infraestructuras del ejército, el resto de unidades de España podrán solicitar su utilización, aunque la unidad que lo gestione sea la BRILEG. También podría darse el caso de ser utilizado por ejércitos amigos pertenecientes a la OTAN.

- Alta intensidad: golpeo repetido, con una fuerza mayor que la de la prueba anterior, de uno de los paneles bloqueado hasta el fallo del panel por rotura o bien por fallo de funcionalidad del sistema de bloqueo.
- En condiciones extremas: golpeo repetido de uno de los paneles, primero una prueba a una temperatura bajo cero, hasta el fallo del panel por rotura o bien por fallo de funcionalidad del sistema de bloqueo, y después otra a alta temperatura, del orden de 50º C (es aproximadamente el abanico de temperaturas que se encontraría de misión).

3.1.3. Costes

Teniendo en cuenta que la construcción se llevará a cabo por la Compañía de Apoyo de la Bandera de Zapadores, es una práctica habitual en la ejecución de obras del ET el no incluir los costes derivados del personal en el presupuesto. Si esta obra la llevara a cabo cualquier otra unidad de zapadores de esta Bandera (1^a o 2^a Compañía) habría que considerar el coste del personal, ya que existe la necesidad de emplear cierta cantidad de horas de trabajo en una tarea que no les es específica (mientras están realizando este proyecto dejan de realizar otras actividades de su instrucción de combate). Sin embargo, al tratarse de la Compañía de Apoyo cuya instrucción se basa principalmente en la realización de obras, se puede considerar que este proyecto formaría parte de su plan de instrucción y que el coste de personal no se debe incluir en la estimación final del presupuesto. Sin embargo, se considera que debe estar reflejado de alguna manera por lo que se incluirá al final del *Anexo E*, al margen del coste estimado del proyecto, a título informativo.

Dado que esta compañía posee sus propias máquinas, se ha prescindido también de los gastos de adquisición de cierta maquinaria, que no supondrán un coste extra para el proyecto, como por ejemplo vibradores u hormigoneras.

Se estudian los diferentes factores del proyecto para realizar una estimación del coste total del mismo. Se presentará un presupuesto aproximado correspondiente a los gastos generados en materiales y carburante, con precios de mercado correspondientes al presente año.

Los costes totales se dividirán en los costes de cimentación, los costes de los bloques de hormigón, los costes de la pasarela de observación, los costes de las cubiertas de los edificios, los costes correspondientes al resto de materiales (como el aluminio aleado o el caucho) y el coste del carburante de las máquinas. Se ha tenido en cuenta también el material suministrado por cadena logística (*Tabla 3.1*) que no supondrá coste alguno para este proyecto. Los valores que se han estimado en cada una de estas partes aparecen en el apartado 3.2.3.

MATERIAL SUMINISTRADO POR CADENA LOGISTICA	
MATERIAL	CANTIDAD
MODULOS HESCO BASTION	18 (162 CELULAS)
ROLLOS ALAMBRADA RÁPIDA	85
PIQUETAS ALAMBRADA RÁPIDA	60
ALAMBRADA ORDINARIA 200M	200m
CASCO DE PROTECCION ANTIIMPACTO	20
CASCO DE PROTECCION AUDITIVO	20
CHALECO REFLECTANTE	30
CUERDA DE ALBAÑIL ROLLO 50m	2
FLEXOMETRO 5m	1
GAFAS ANTIPOLOVO	20
GAFAS DE PROTECCION ANTIIMPACTO	20
LAPIZ DE ALBAÑIL	5
PAR DE BOTAS DE SEGURIDAD DE SOLDADOR	10
ESTACA DE MADERA 0,15 x 0,15 x 9 m	1
BANDEROLA ROJA	1

Tabla 3.1 Material suministrado por cadena logística

Se puede hacer un estudio de los últimos proyectos similares que se han llevado a cabo recientemente para la construcción de polígonos de combate en población. Uno de los últimos realizados fue el de mejora del PCZURB de Ronda en 2016 [27], con un coste de 376.400, 29 € (teniendo en cuenta que se trataba de un trabajo de perfeccionamiento, y no de una construcción como sería esta) dejando aparte los gastos derivados del personal que trabaja en la obra. Otro proyecto actual (de hecho, aún se encuentra en construcción por parte de la Compañía de Apoyo) es el polígono de combate subterráneo de Viator [11], cuyos costes se prevé que superen los 500.000 €, sin incluir gastos de personal.

3.2. Resultados y discusión

3.2.1. Riesgos

En este apartado se han evaluado los riesgos potenciales que pueden encontrarse al realizar el proyecto. Para poder trabajar con estos riesgos una vez evaluados, se utilizan dos herramientas que permiten evaluar y clasificar los riesgos según el posible impacto que tendrían sobre el proyecto. El análisis cuantitativo se mostrará en el Anexo F. 1.

La matriz de probabilidad e impacto (*Tabla 3.2*) es una herramienta de análisis cualitativo de riesgos que permite establecer prioridades entre los riesgos de un proyecto en función tanto de su probabilidad de ocurrencia como de su posible repercusión sobre el proyecto. En ella se hace una recapitulación con el número de riesgos que existen por cada clase, la cual se establece en función de la combinación que tenga de probabilidad e impacto (agrupadas por colores en la tabla).

MATRIZ DE RIESGOS						Clase	nº
PROBABILIDAD	3	0	0	0		Alta	0
	2	1	1	0		Alta-Media	0
	1	3	2	1		Media	5
		Bajo	Medio	Alto	IMPACTO	Baja	3
						Total	8

Tabla 3.2 Matriz de Probabilidad e impacto

En el Anexo F. 1 se observa que el riesgo con mayor impacto potencial es el de los posibles rebotes provocados por los disparos, ya que supone un fallo en la seguridad que podría traducirse en daños para los usuarios, aunque existen otros riesgos importantes con mayor probabilidad de ocurrencia, como la ruptura o el mal estado del sistema de bloqueo de los paneles y la dificultad en la supervisión de los ejercicios con fuego real dentro de los edificios entre otros. Se proponen unas soluciones específicas para cada riesgo con el fin de disminuir su impacto o su probabilidad de ocurrencia, como por ejemplo un plan específico de mantenimiento donde se incluye la concienciación de los usuarios de la importancia del mismo, o establecer un calendario realista para cumplirlo. Como se puede ver, estas soluciones ayudan a disminuir 5 de los 8 riesgos identificados.

3.2.2. Calidad

Como un primer análisis de impacto ambiental, el campo de maniobras “Álvarez de Sotomayor” se encuentra a unos 20 km al sureste de la Sierra de Gador. Como puede apreciarse en el Anexo D, donde se encuentran detalladas las características geológicas y espacios naturales protegidos del campo de maniobras, el terreno característico de esta zona de la península es arcilloso recubierto por escasos matorrales bajos según la zona. Este análisis de impacto ambiental determina la viabilidad del proyecto y bajo qué condiciones se deberá construir.

Por otra parte, el AMFE, el cual aparece en el Anexo F. 2, permite un análisis de los fallos potenciales, así como sus consecuencias, clasificándolos según su gravedad o su efecto en el sistema. Según los resultados del mismo, se ha obtenido como cambio más importante en el diseño del polígono el rediseño de los paneles, haciendo hincapié en los nuevos materiales.

El sistema de bloqueo planteado ofrece mayor resistencia a la rotura que los simples cerrojos con los que cuentan este tipo de instalaciones y garantiza un bloqueo más eficaz de los paneles, cuyo nuevo diseño ofrece mayor resistencia mecánica y mayor capacidad para absorber disparos. Todo ello a costa del acabado, que no es tan estético como el de los polígonos existentes, siendo estos más pequeños y tal vez menos aparatosos.

3.2.3. Costes

En este proyecto, como se ha detallado en el apartado 3.1.3, los costes principales son los de adquisición de bloques de hormigón (10.128,00 €), los derivados de la cimentación (25.799,19 €), los de la pasarela (1.553,98 €), los del carburante de las máquinas para 30 días de trabajo (18.009,60 €), los de las cubiertas de las casas (60.509,56 €) y los de adquisición del resto de material (907.799,85 €). Es decir, un total de 1.023.800,19 € para la construcción completa del PCP. El coste del proyecto se detalla de forma completa en el Anexo E, sin embargo, en la Tabla 3.3 aparece de manera resumida el coste de las principales partidas del proyecto. Se añade de forma independiente el coste del personal, que es de 78.130,16 €, contando con 28 personas trabajando durante un periodo de 45 días.

COSTE TOTAL DEL PROYECTO €	
COSTES DE CIMENTACION	25799,19
COSTES DE BLOQUES DE HORMIGÓN	10128,00
COSTES DE PASARELA DE OBSERVACIÓN	1553,98
COSTES DE CARBURANTE DE LAS MÁQUINAS	18009,60
COSTES DE CUBIERTAS	60509,56
COSTES DE RESTO DEL MATERIAL	907799,85
TOTAL	1023800,19
COSTES DE PERSONAL	78130,16

Tabla 3.3 Resumen de los principales costes del proyecto

4. Conclusión

4.1. Conclusiones principales

Como se ha visto a lo largo de los anteriores apartados, este proyecto cuenta con dos características que dan una solución técnica a un problema actual:

- La capacidad de utilizar fuego real en prácticamente todo el polígono. Gracias a las losetas de caucho, material que absorbe los disparos elegido entre diferentes opciones posibles, se ha conseguido dar una respuesta al objetivo principal del proyecto. Esto es interesante si el ejército español quiere seguir estando a la vanguardia de los ejércitos de la OTAN en todo lo relativo al combate en población, tan necesario hoy en día. Se trata de un polígono completo a excepción de unos pocos muros donde el fuego queda restringido por seguridad, y no únicamente de una casa de goma, como las que pueden encontrarse en varios campos de maniobras en España, lo que hace de estas, unas instalaciones únicas en nuestro país.

- Las paredes modulares con las que cuenta el complejo permiten un gran nivel de realismo al poder modificar una y otra vez las viviendas que lo componen, lo que representa una mejora en la instrucción de las unidades que lo utilicen por su flexibilidad. En este punto cabe destacar un aspecto muy importante que es la mejora en la funcionalidad del sistema de bloqueo, inspirado en un trabajo de fin de grado anterior, que corrige los problemas que se daban y que provocaban la rotura de estos muros modulares en otros polígonos de nuestro país. También el aluminio aleado elegido para su construcción ofrece mayor resistencia mecánica que el plástico que utilizan otras instalaciones, solucionando los problemas de rigidez.

Además, el proyecto aporta el diseño de una pasarela de observación para los instructores para ejercicios con fogeo o en seco y el cobertizo utilizado para almacenar material.

Su localización en Viator es de gran importancia, al estar en un campo de maniobras puntero en combate en población, pero que carece de una instalación de estas características. Este PCP podrá ser usado principalmente por la Brigada Rey Alfonso XIII por su cercanía, pero también por otras unidades de España o de ejércitos OTAN que busquen una mayor verosimilitud en su instrucción en este tipo de combate, una vez haya pasado a formar parte de la infraestructura activa del ejército de tierra.

En el apartado calidad se ha podido ver que, aunque se puede perder en el plano estético comparando con otros polígonos de combate en población españoles, se gana tanto en calidad (por su sistema de bloqueo más resistente), como en el plano más importante, el operativo.

4.2. Lecciones aprendidas y puntos mejorables

A lo largo de la elaboración de este trabajo, especialmente de la redacción de la memoria, se ha podido poner en práctica lo aprendido en la asignatura de Oficina de Proyectos cursada en el cuarto año del grado, para poder llevar a cabo un proyecto de principio a fin. La diferencia principal ha sido la mayor carga de trabajo al tratarse de un trabajo individual y un trabajo de documentación más específico y detallado. Se ha podido adquirir igualmente conocimientos técnicos como el manejo de ciertos programas como Sketch Up o AutoCAD, necesarios para el diseño del PCP. Además, se ha buscado información sobre la respuesta de diferentes materiales a la hora de recibir disparos de distintas municiones o de los muros móviles y su sistema de anclaje sobre los que se fundamenta este proyecto. Todo esto es de gran utilidad, por los conocimientos técnicos, así como todo lo aprendido referente al mundo militar, como normativas del MINISDEF, conocer las instalaciones de ciertos campos de maniobras o toda la información extraída de manuales de combate en población [28], [29], [30].

Se han recordado igualmente aspectos de asignaturas cursadas a lo largo del grado, como Procedimientos de Construcción [31], Calidad [26], EGDAO o Ingeniería del Medio Ambiente.

4.3. Líneas futuras de acción

Viendo la evolución lenta y no muy esperanzadora de los conflictos en Oriente Medio y Próximo, no cabe duda de que la instrucción en el combate en población es más necesaria que nunca al ser las ciudades el escenario más frecuente de actuación de los ejércitos [4], [24]. En este aspecto, el siguiente paso es el combate subterráneo¹⁵. Esto aporta una nueva visión, un nuevo apartado en el combate urbano. Aunque aún no existen instalaciones de este tipo en España (más allá de una pequeña red de alcantarillado en Toledo [6]), en el mismo campo de maniobras de “Álvarez de Sotomayor” se está construyendo un polígono de combate en zonas urbanizadas pionero en nuestro país [11]. Esta instalación contará con un polígono subterráneo compuesto por un entramado de galerías y ramales de grandes dimensiones, en las cuales habrá un pequeño espacio reservado al uso de fuego real. Este último aspecto aún es solo un proyecto y no se ha empezado a construir, sin embargo, si decide llevarse a cabo, puede ser útil cierta información sacada de este trabajo de fin de grado, como por ejemplo la elección del material más idóneo.

¹⁵ Se ha constatado la creciente importancia que la guerra subterránea podría llegar a tener en el marco de los conflictos asimétricos [32].

5. Bibliografía

- [1] Antonio L. Gómez Portela. *Ejecución de obras en apoyo a la Instrucción y Adiestramiento en el CMT “Álvarez de Sotomayor”*. Trabajo Fin de Grado, 2015.
- [2] Amigos del Tercio. (2003). *Tiro y CZURB. De la Isla a la Península*. [Online]. Disponible: <http://amigosdeltercertercio.com/web/tiro-y-czurb/>
- [3] FUTER. *Propuesta de Necesidad Operativa (DNO), PCZURB fuego real CTyM “Álvarez de Sotomayor”*, Almería.
- [4] Marcelo J. Rivera. *El combate urbano, un escenario cada vez más frecuente*. (2003). Del mundo, desde Parla. [Online]. Disponible: <https://jimenezmartinjuancarlos.wordpress.com/2015/02/14/el-combate-urbano-un-escenariocada-vez-mas-frecuente/>
- [5] Defensa. (2013, octubre). “CENAD San Gregorio. Un referente en las FAS españolas para el entrenamiento mediante simulación” *Defensa.com* [Online]. Disponible: <http://www.defensa.com/frontend/defensa/cenad-san-gregorio-referente-fas-espanolas-para-entrenamiento-vn10451-vst169>
- [6] Ministerio de Defensa. (febrero, 2014). “Nuevas instalaciones en el CMT Los Alijares”. *Academia de Infantería – Noticias de la Unidad, nº140203*. [Online]. Disponible: <http://www.ejercito.mde.es/unidades/Toledo/acinf/Noticias/2014/140203.html>
- [7] Geoff Manaugh and Nicola Twilley. (mayo, 2013). “It’s Artificial Afghanistan: A Simulated Battlefield in the Mojave Desert”. *The Atlantic*. [Online]. Disponible: <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/05/its-artificial-afghanistan-a-simulated-battlefield-in-the-mojave-desert/275983/>
- [8] Ministerio de Defensa. (febrero, 2013). “El Polígono de Combate en Zonas Urbanizadas de San Gregorio sigue creciendo”. *Reportajes del Boletín de Tierra, nº2140*. [Online]. Disponible: http://www.ejercito.mde.es/eu/noticias/2013/02/2140.html?__locale=es
- [9] Antonio Rodríguez Jiménez. (marzo, 2014). “Casa por casa. Instrucción en combate urbano”. *Las Armas*. [Online]. Disponible: http://www.lasarmas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=281:casa-por-casa-instrucion-en-combate-urbano-&catid=48:espanol&Itemid=227
- [10] Luis Romero. (diciembre, 2013). “La Casa de Goma: La Legión se adiestra en espacios reducidos con fuego real”. *Papel de periódico*. [Online]. Disponible: <http://papeldeperiodico.com/2013/12/la-casa-de-goma-la-legion-se-adiestra-en-espacios-reducidos-con-fuego-real/>

- [11] V. Mariño Mateos. *Ampliación Polígono de Combate en Zonas Urbanizadas CTyM “Álvarez de Sotomayor”*, Bandera de Zapadores de La Legión, 2015.
- [12] NOP 304: *Norma de uso del polígono de Combate en zonas urbanas*.
- [13] Alan Taylor. (septiembre, 2013). “A Replica of Afghanistan in the Mojave”. *The Atlantic* [Online]. Disponible: <http://www.theatlantic.com/photo/2013/09/a-replica-of-afghanistan-in-the-mojave/100593/>
- [14] CTE. DB SE-C Seguridad estructural, cimientos
- [15] Instrucción Técnica 01/06. *Instalaciones para instrucción con fuego real en interior de edificios (casa de tiro)*. 2006.
- [16] NTE, *Acondicionamiento del terreno*.
- [17] Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. *Plan estatal marco de gestión de residuos (PEMAR)*, 2016-2022.
- [18] Verdú. *Losetas de caucho reciclado* [Online]. Disponible: <http://www.cauchoverdu.com/>
- [19] Cía. Apoyo BZPAC VI. *Proyecto Foso de Tiro Instintivo de Uceda*. 2014.
- [20] Cía. Apoyo BZPAC VI. *Proyecto Casa de Tiro CMT Uceda*. 2014.
- [21] Batallón de Castrametación (REI 11), *Estudio Casa de Tiro CMT “Álvarez de Sotomayor”*. Viator - Almería, 2016.
- [22] RB-90. *Pliego de condiciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción*. MOPU, Madrid. 1990.
- [23] Garden House. *Catálogo de cobertizos – Kent* [Online]. Disponible: http://www.gardenhousemadera.com/producto.php?pag=kent_cobertizos
- [24] Ministerio de Defensa. *Misiones – En el exterior – Actuales* [Online]. Disponible: http://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/
- [25] Manual PD3-304. C-IED.
- [26] Raquel Acero, Jorge Pastor, Joaquín Sancho, Marta Torralba. *Ingeniería de la Calidad*. Textos docentes CUD.
- [27] J. E. Portales León. *Mejora PCZURB Campamento “Montejaque”*. Bandera de Zapadores de La Legión, 2016.
- [28] Publicaciones AGM 2ºEMIEO. *Combate en zonas urbanizadas*. Cuadernos de campo.
- [29] Manual MI4-001: *Combate de PU en Zonas Urbanizadas*.

[30] Ejército EEUU, *Armas combinadas: operaciones en terreno urbano*. Manual de campo N ° 3-06.11, 2011.

[31] Beatriz Rodríguez Soria. *Presentaciones de la asignatura de Procedimientos Generales de Construcción*. CUD, 2015.

[32] Defensa. (2015, noviembre). “La Brigada de La Legión realiza ejercicios de combate subterráneo en Almería y Granada” *Defensa.com* [Online]. Disponible:
<http://www.defensa.com/frontend/defensa/brigada-legion-realiza-ejercicios-combate-subterraneo-almeria-vn16971-vst154>

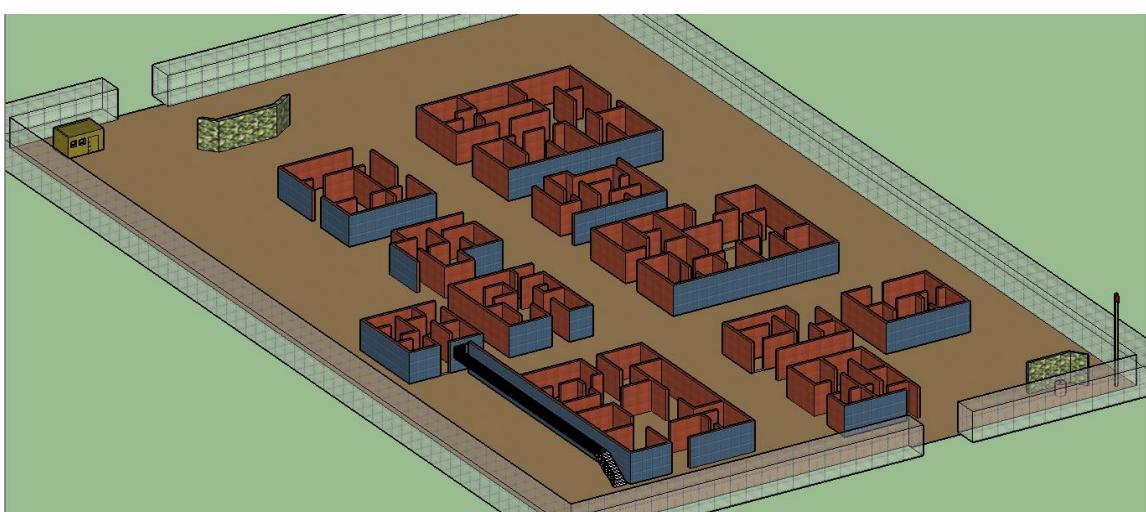
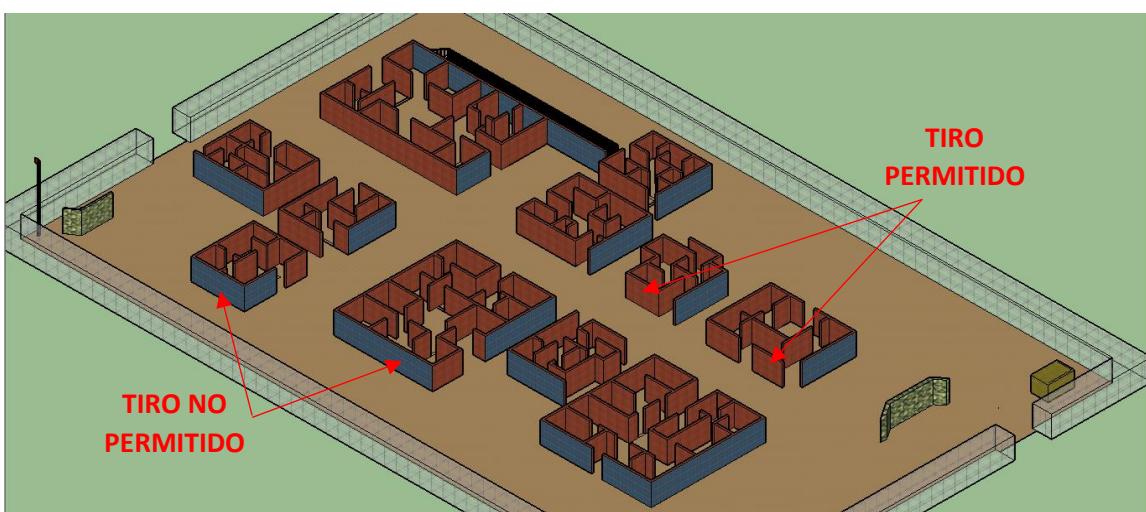
[33] Batallón de Castrametación (REI 11). *Estudio PCZURB Reducido (AIZOAIN)*. 2016.

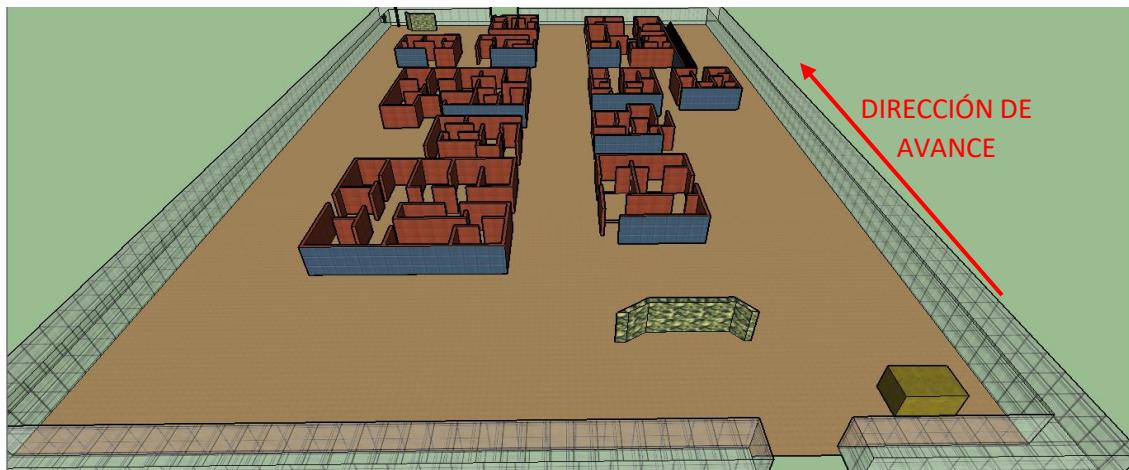
[34] Ministerio de Defensa. *Pliego de prescripciones técnicas generales (PG-3)*

ANEXOS

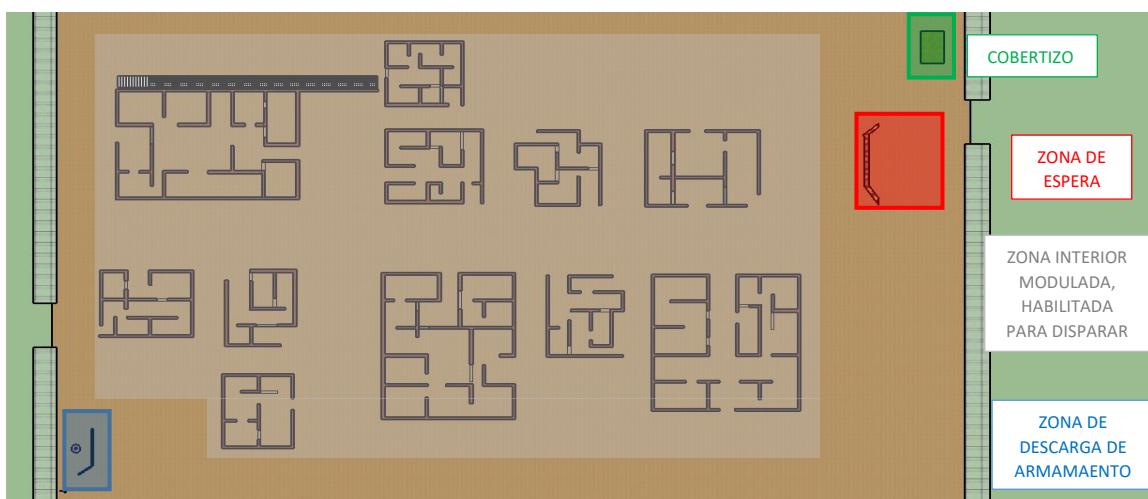
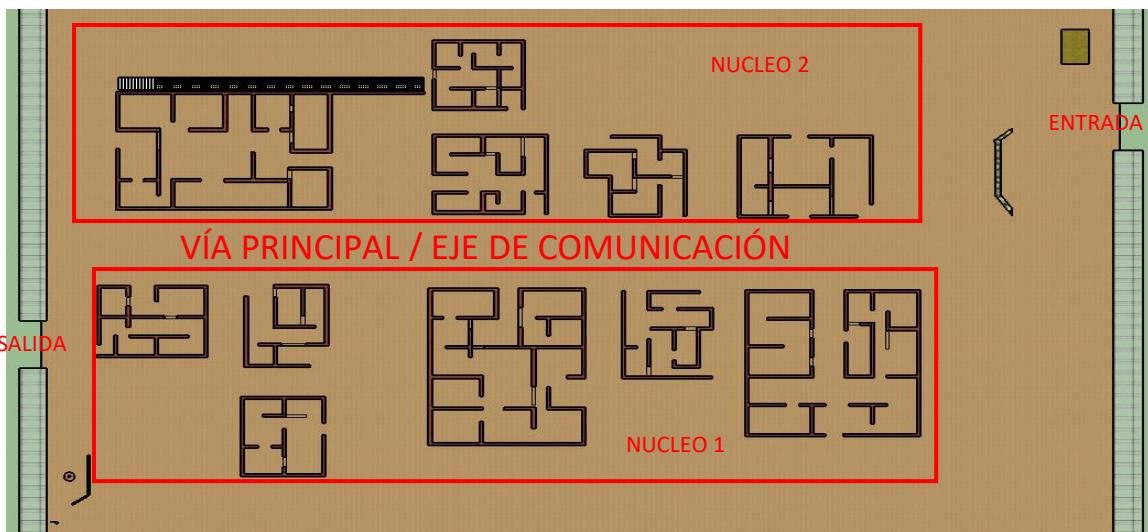
ANEXO A - DIBUJOS

1. DIFERENTES VISTAS DEL POBLADO

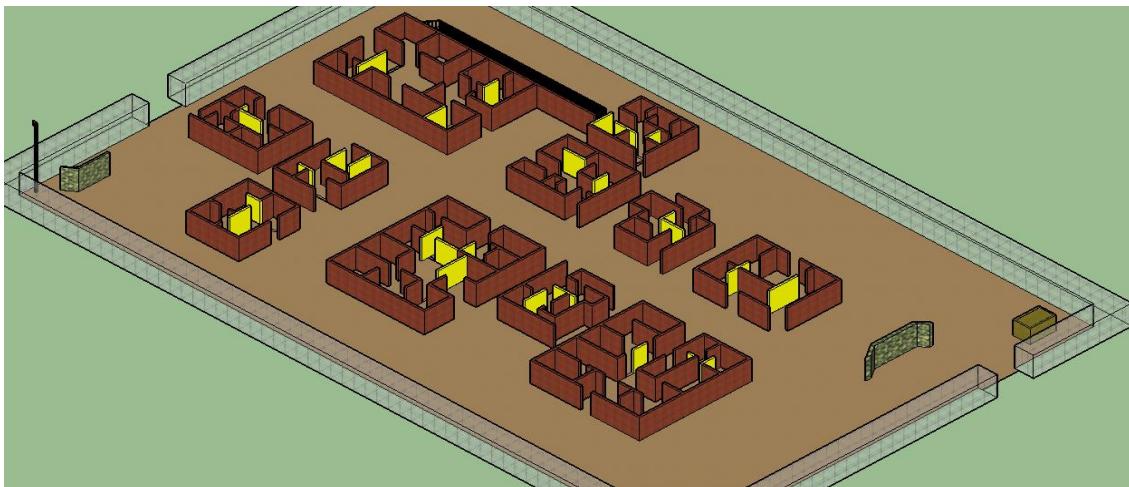




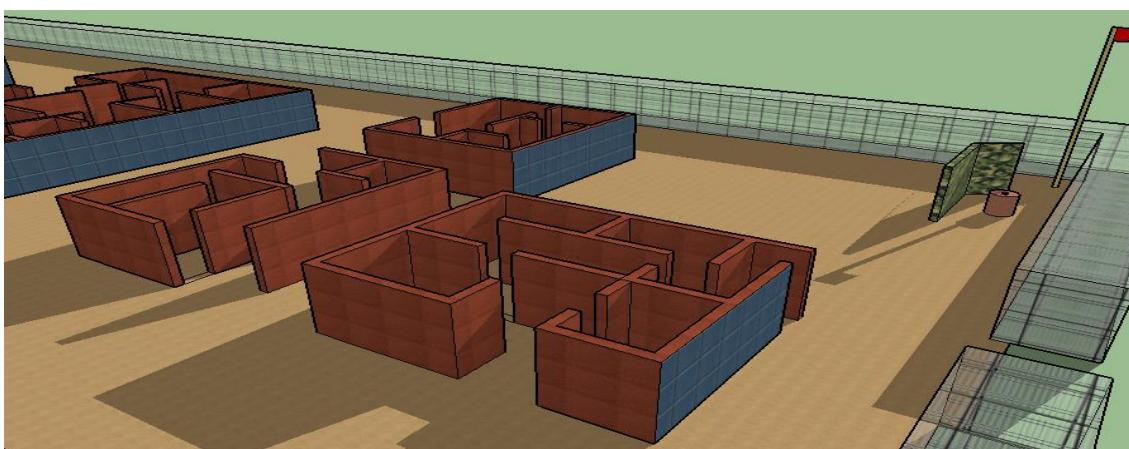
2. DIFERENTES ZONAS DEL POBLADO



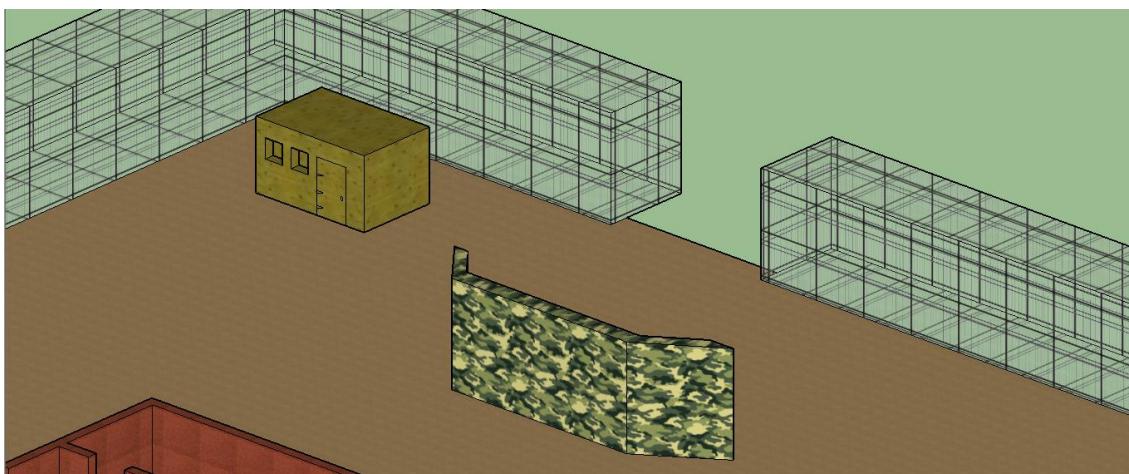
3. PANELES MÓVILES TOTALES



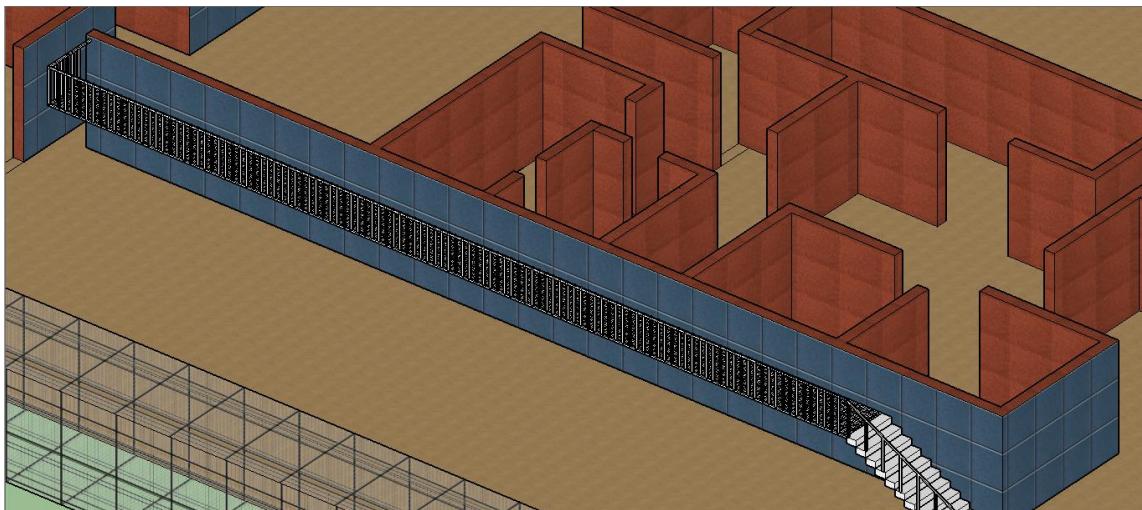
4. ZONA DE DESCARGA DE ARMAMENTO Y BANDEROLA DE TIRO



5. ZONA DE ESPERA Y COBERTIZO

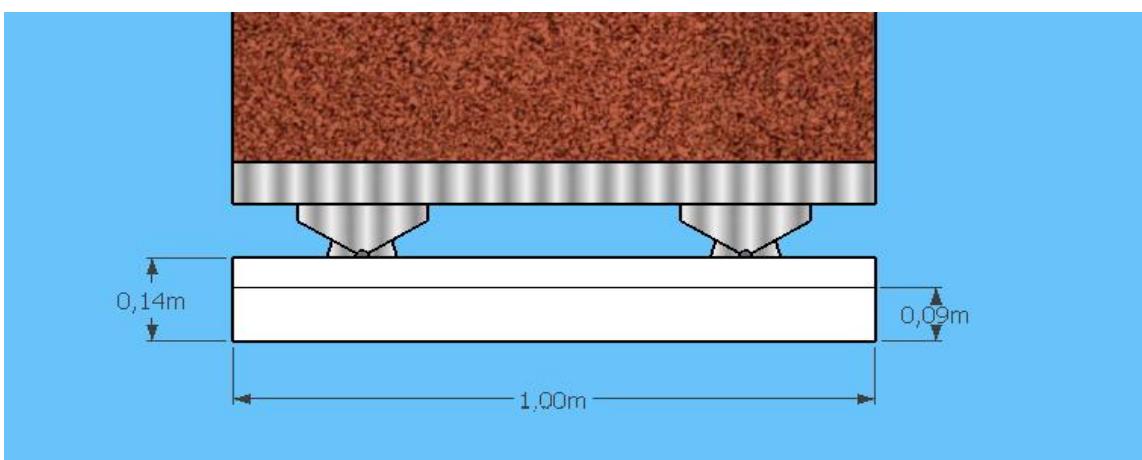


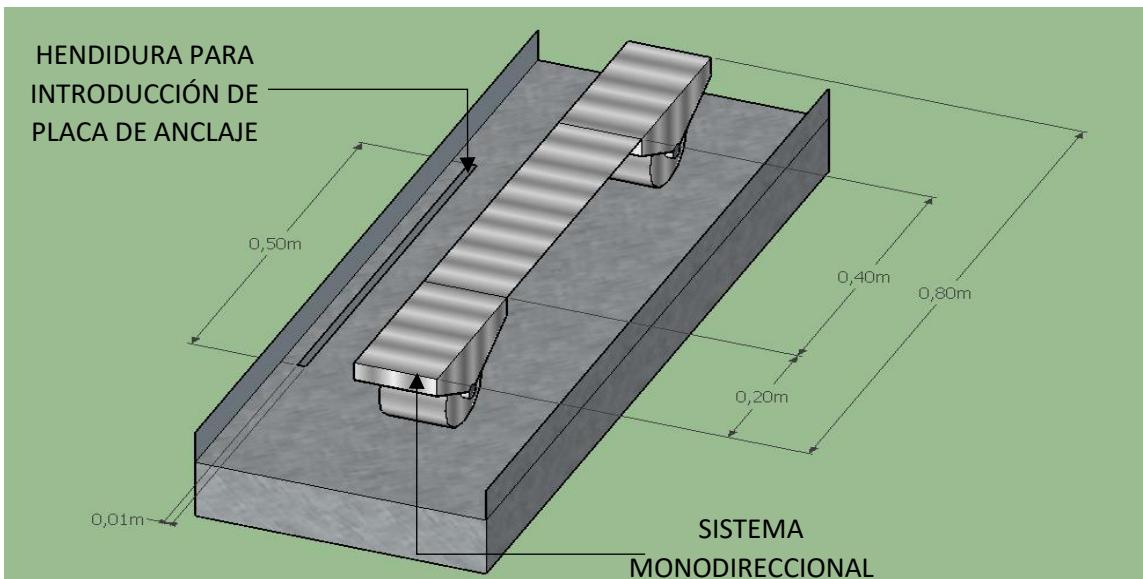
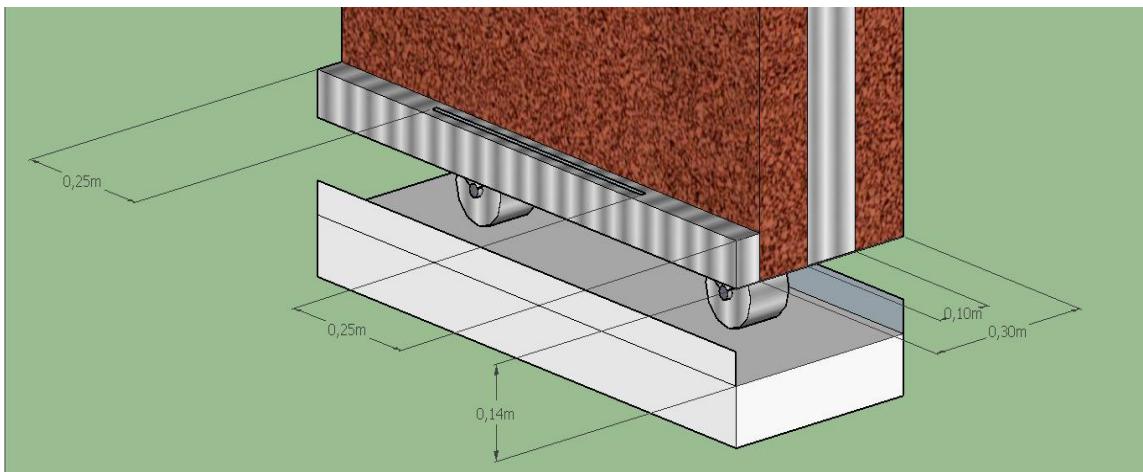
6. ESCALERA PARA LA OBSERVACIÓN DE EJERCICIOS



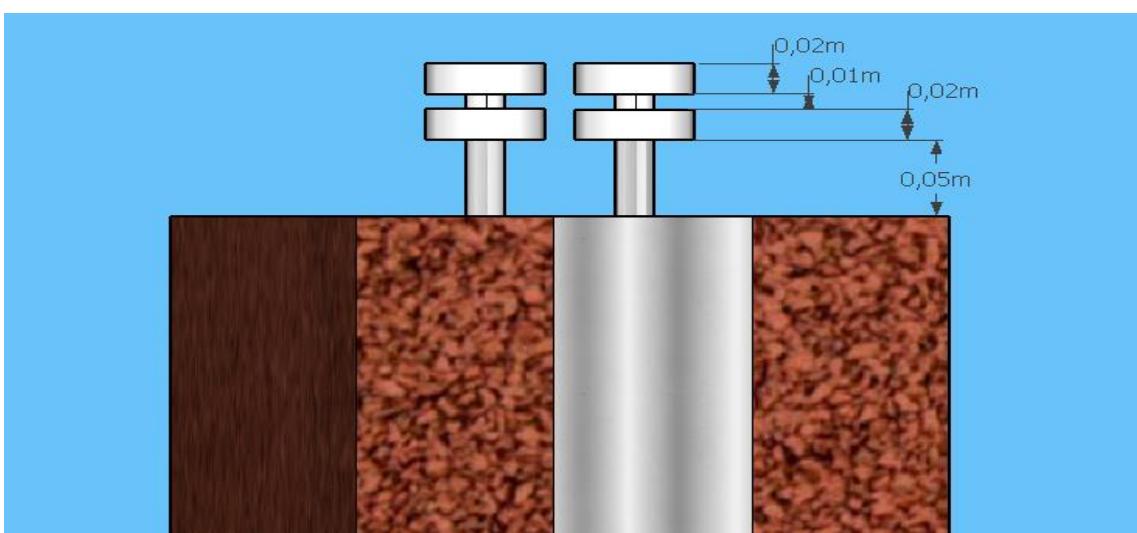
7. PANELES MÓVILES Y SISTEMA DE ANCLAJE

7.1. RAIL INFERIOR





7.2. GUÍAS SUPERIORES

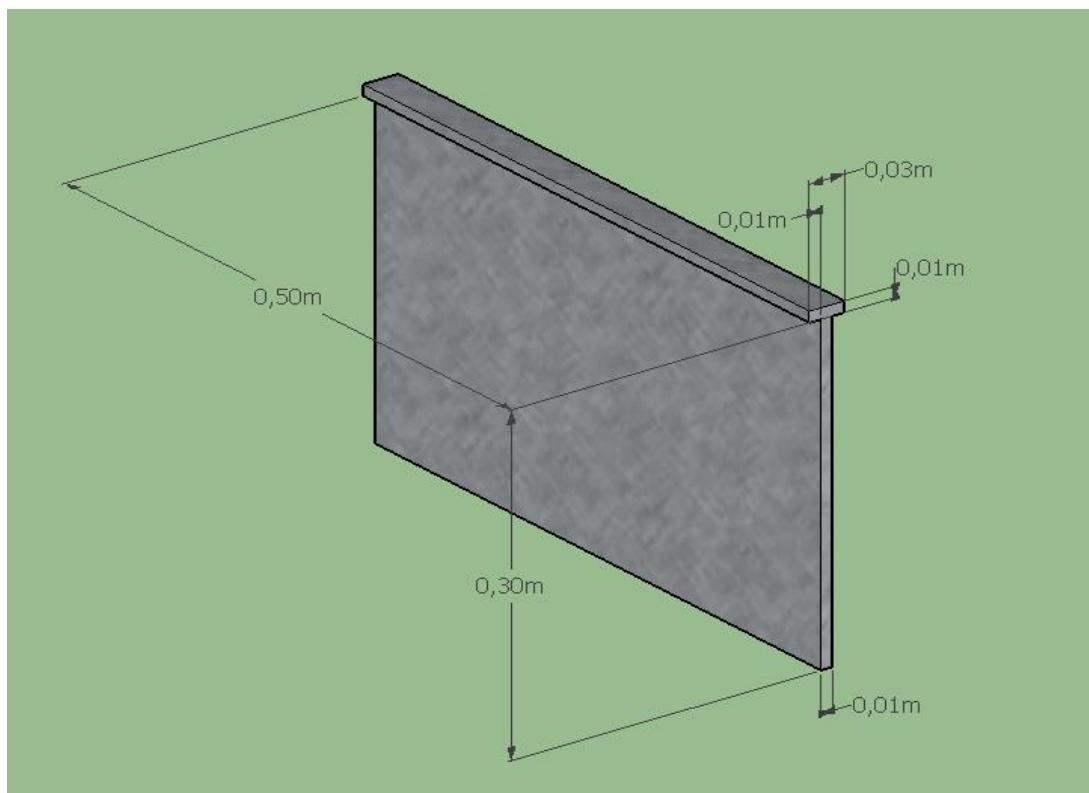


7.3. PLACA DE ANCLAJE

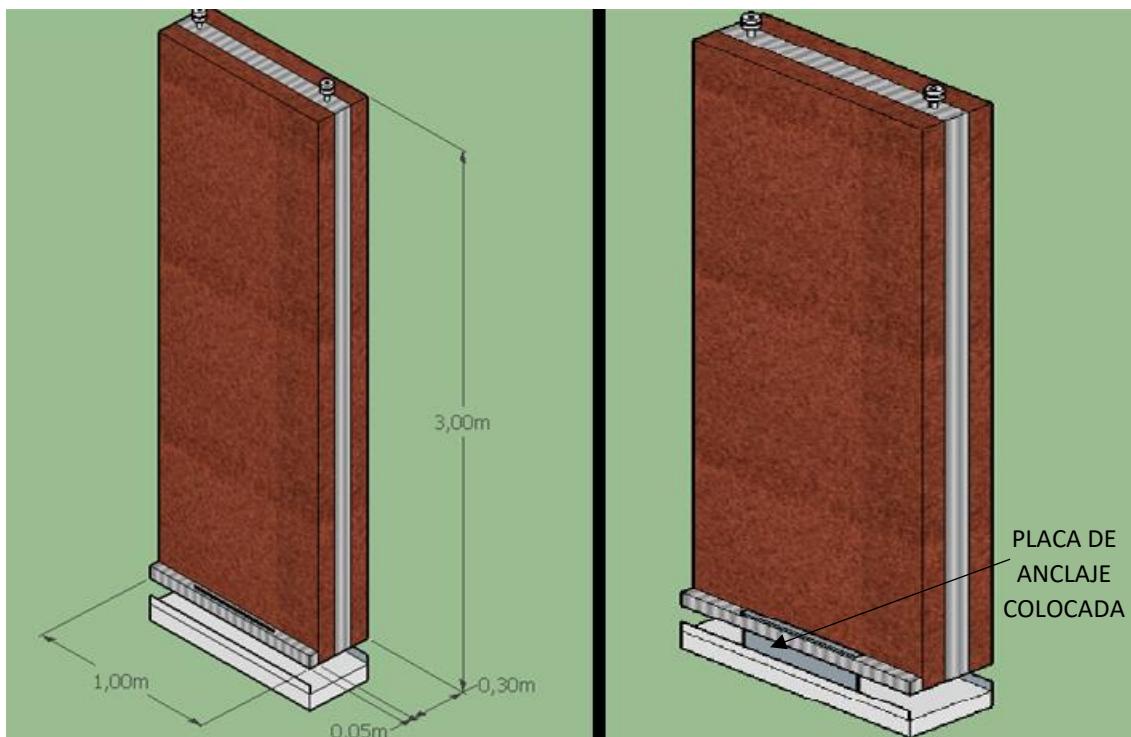
7.3.1. SISTEMA DE ANCLAJE UTILIZADO EN LA ACTUALIDAD



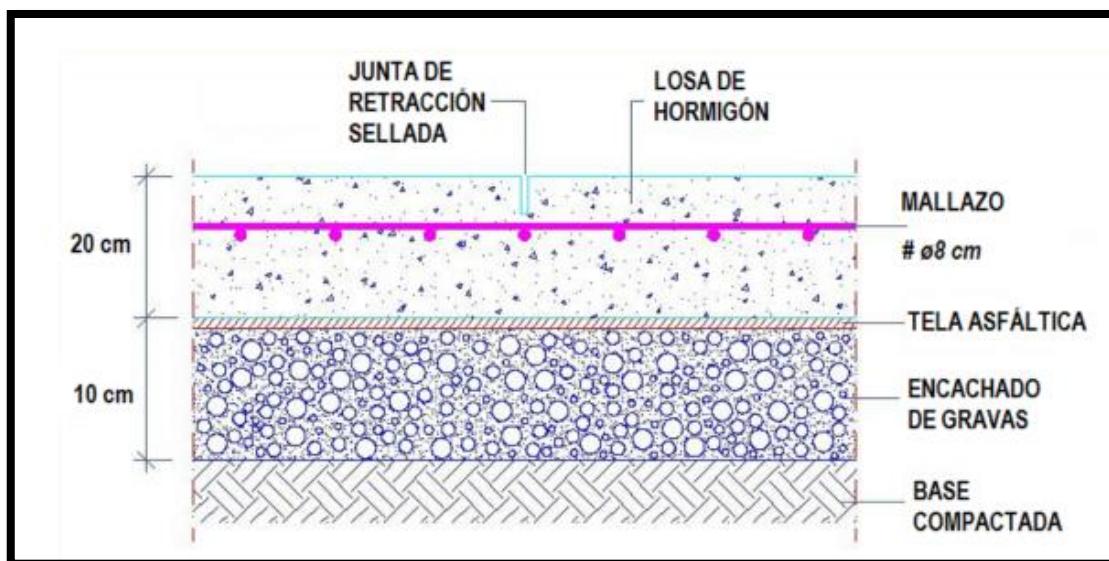
7.3.2. SISTEMA DE ANCLAJE PROPUESTO



7.4. PANEL COMPLETO



8. CIMENTACIÓN TIPO



ANEXO B – INSTALACIONES EXISTENTES EN EL CTyM

C Z U R B	INSTALACIONES INTERIORES	U- 1 RECORRIDO INICIACIÓN	U- 2 AULA DE INICIACIÓN					C - E D	INSTALACIONES INTERIORES	I- 1 AULA/OBSERVATORIO			
	INSTALACIONES EXTERIORES	U- 3 AREA URBANIZADA	U- 4 FOSOS DE TIRO	U- 5 INSTINTIVO	U- 6 CASA DE GOMA				INSTALACIONES EXTERIORES	I- 2 C- IED			
										I- 3 PISTA DE INDICIOS			
		U- 7 TORRE MULTIUSOS	U- 8 ALCANTARILLADO	U- 9 POBLADO AFRICANO	U- 10 CAMPO TIRO INSTINTIVO					I- 4 TRAVESÍA URBANA			
										CONTROL DE ACCESO			
SALAS DE TIRO		T- 1 SALA IMARKSMAN	T- 2 SALA NEGRA	T- 3 SIMULADOR ARMAS INDIVIDUALES	T- 4 SALA TIRADORES SELECTOS 10 M	T- 5 SALA TIRADORES SELECTOS 25 M							
		T- 6 TIRADORES SELECTOS (STS- V2)	T- 7 SIMULADOR CC	T- 8 SPIKE	T- 9 SIMULADOR CC ALCOTAN/C90	VBS-2							

ANEXO C - ANÁLISIS DAFO

<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor realismo a la hora de realizar ejercicios de tiro por el fuego real y la movilidad de las paredes - Mejora de la capacidad operativa de las unidades al mejorar su nivel de instrucción 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coste elevado - Primera vez que se realiza un Proyecto de este tipo - Que no se le dé prioridad con respecto a otros proyectos por no considerarse necesario
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situar al ejército español a la cabeza de la OTAN en combate urbano - Ir un paso más allá en el combate en población con la introducción de mejoras - Existencia de empresas expertas en este tipo de proyectos 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemas en la cadena logística que puedan retrasar el Proyecto - Posibles problemas de seguridad relacionados con el uso de fuego real en el polígono.

ANEXO D - GEOLOGÍA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE DEFENSA

SECRETARÍA DE
ESTADO DE DEFENSA
DIRECCIÓN GENERAL
DE INFRAESTRUCTURA

INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES EN PROPIEDADES DEL MINISTERIO DE DEFENSA

CAMPO DE MANIOBRAS Y TIRO ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR

Propiedad: 04500001

Ejército: Ejército de Tierra

Superficie (ha): 6.393,35

Comunidad Autónoma: Andalucía

Provincia: Almería

Término Municipal: Almería, Pechina, Tabernas, Viator

CONTEXTO GEOLÓGICO

(Mapa Geológico Nacional. IGME. 1994)

Unidades Geológicas	Subunidades Geológicas	SUPERFICIE (ha)
- Depresiones Neógeno-Cuaternarias	Depresiones centrales	3.446,26
- Zona Interna	Complejo Alpujárride	2.947,09

LITOLOGÍA

(Mapa de Litologías de España. IGME. 1994)

Nombre	Superficie (ha)
- Anfibolitas, serpentinitas, micaesquistos, y marmoles (M. del Mulhacen)	1.008,89
- Calcarenitas, arenas y limos amarillos	821,75
- Conglomerados, arenas, arrecifes, limos amarillos, yesos y sales haloideas. Conglomerados, arenas y calizas lacustres	461,66
- Conglomerados, calcarenitas, calizas arrecifales, areniscas y margas con niveles turbidíticos	242,40
- Conglomerados, calizas y margas. Margas con olistostromas de origen diverso	348,48
- Conglomerados, gravas, arenas, areniscas, arenas, limos y arcillas. Terrazas fluviales y marinas	1.777,17
- Genises, migmatitas, micasquistos, esquistos, filitas, marmoles, calizas, y dolomias (M. Alpujarride)	1.291,45
- Micaesquistos grafitosos con granates (M. del Veleta)	441,56

CUENCA

(Demarcaciones Hidrográficas. MARM. 2008)

Nombre	Superficie (ha)
- SUR	6.393,35

SUBCUENCA

Nombre	Superficie (ha)
- SIERRA GADOR-FILABRES	6.393,35

CURSOS FLUVIALES

(Red Fluvial. CEDEX)

Nombre	Superficie (ha)
- Rambla Honda	

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

(Unidades Hidrogeológicas de España. MARM. 2007)

Nombre	Código	Superficie (ha)
- ANDARAX-ALMERIA	06.12	3.541,00

UNIDADES DE PAISAJE

(Atlas de los Paisajes de España. MARM. 2004)

Tipo de paisaje	Superficie (ha)
- 16.- SIERRAS BÉTICAS	2.676,59
- 64.- LLANOS Y GLACIS LITORALES Y PRELITORALES	3.716,76

SISTEMAS NATURALES

(Cartografía de Sistemas Naturales. OAPN-MARM. 2004)

Formaciones vegetales	Superficie (ha)
- Carrascas béticos sobre sustratos básicos	353,917
- Cultivos	31,606
- Espartales (S), albardinales (L), lastonares (Br), sisallares (Sal) y ontinares (Ar) y albardales (Ac). También matorral haloxerófilo (X)	142,466
- Espinales, cambroniales y cornicales murciano-almerienses con espinos, lentisco, arto, cornical, azufaifo, palmito, esparraguera. En ocasiones en mosaico con saladeras.	2.046,677
- Repoblaciones	102,135
- Romerales, tomillares y aulagares mediterráneos calcícolas térmicos suroccidentales (Phlomidetalia purpurea), béticos y gaditano-onubo-algarvenses	481,420

GOBIERNO
DE ESPAÑAMINISTERIO
DE DEFENSASECRETARÍA DE
ESTADO DE DEFENSA
DIRECCIÓN GENERAL
DE INFRAESTRUCTURA

INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES EN PROPIEDADES DEL MINISTERIO DE DEFENSA

SISTEMAS NATURALES

(Cartografía de Sistemas Naturales. OAPN-MARM. 2004)

Formaciones vegetales

		Superficie (ha)
- Romerales, tomillares y aulagares mediterráneos calcícolas xerotérmicos murciano-almerienses (Anthyllidetalia terniflorae)		3.232,127
- Tarayales (Tamarix spp.) mediterráneos		3,003

HÁBITATS (Directiva 92/43/CEE)

(BDB. Hábitat Español. MARM. 1997)

Superficie total de Hábitats (ha): 3.803,23

Cód. UE	Concepto	Priorit.
- 1410	Pastizales salinos mediterráneos (Juncetalia maritimii)	
- 1430	Matorrales halonitrófilos (Pegano-Salsoletea)	
- 1510	Estepas salinas mediterráneas (Limonietalia)	*
- 1520	Vegetación gipsícola ibérica (Gypsophiletalia)	*
- 3250	Ríos mediterráneos de caudal permanente con Glaucium flavum	
- 5220	Matorrales arborecentes con Ziziphus	*
- 5330	Matorrales termomediterráneos y pre-estepicos	
- 6220	Zonas subestepicas de gramíneas y anuales del Thero-Brachypodietea	*
- 92D0	Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (Nerio-Tamaricetea y Securinegion tinctoriae)	
- 9340	Encinares de Quercus ilex y Quercus rotundifolia	

ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS PRESENTES

(MARM. 2010)

Categoría	Nombre	Superficie (ha)
- Paraje Natural	Sierra Alhamilla	1.045,30

LUGARES DE IMPORTANCIA COMUNITARIA (LIC)

(MARM. 2010)

Nombre	Código	Superficie (ha)
- RAMBLAS DE GERGAL, TABERNAS Y SUR DE SIERRA ALHAMILLA	ES6110006	92,31
- SIERRA ALHAMILLA	ES0000045	1.045,30

ZONAS DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)

(MARM. 2010)

Nombre	Código	Superficie (ha)
- SIERRA ALHAMILLA	ES0000045	1.045,30

VÍAS PECUARIAS, CAMINOS Y SERVIDUMBRES

(Dependencias militares consultadas. 2011)

Nombre

- Dos vías pecuarias que recorren el campo de maniobras de noroeste a sureste

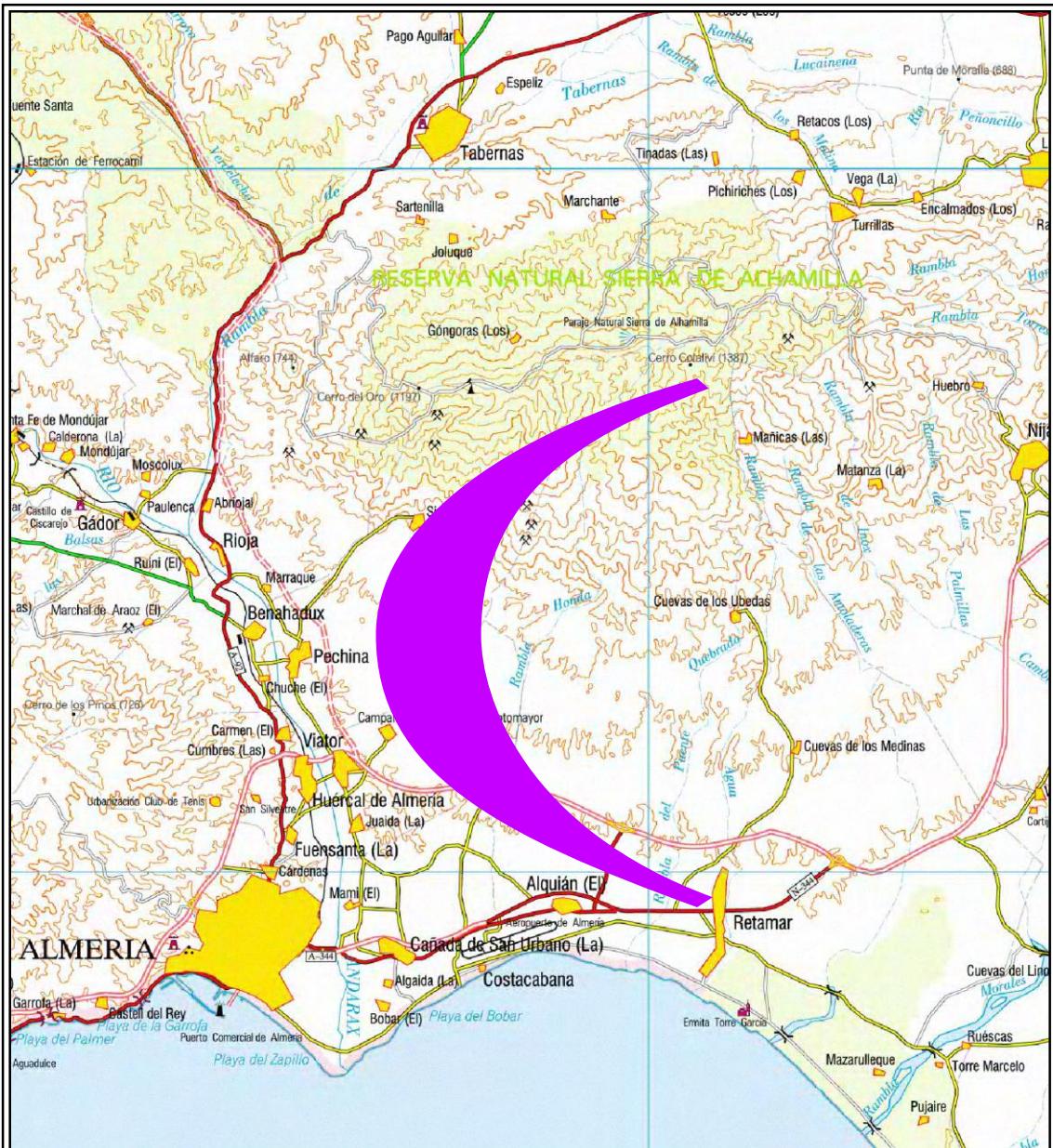


INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES EN PROPIEDADES DEL MINISTERIO DE DEFENSA

Nombre:
CAMPO DE MANIOBRAS Y TIRO
ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR

Código:
04500001

Escala: 1:200.000



ANEXO E - COSTES

EDIFICACIÓN	MEDIDAS (m)		COSTES DE			COSTE TOTAL DE LA
	ANCHO	LARGO	HORMIGON	GRAVA	MALLAZO	
1	15,49	15,02	2770,05	167,98	1818,96	4756,99
2	9,32	7,71	855,53	51,88	661,44	1568,85
3	16,67	13,44	2667,48	161,76	1653,6	4482,84
4	8,48	7,21	727,94	44,14	551,2	1323,28
5	8,74	7,18	747,14	45,31	551,2	1343,65
6	7,57	9,48	854,42	51,81	385,84	1292,07
7	12,56	18,4	2751,52	166,86	1433,12	4351,5
8	7,42	7,93	703,39	42,65	330,72	1076,76
9	8,4	9,95	995,1	60,34	771,68	1827,12
10	8,61	8,72	893,89	54,21	661,44	1609,54
11	8,77	11,6	1211,22	73,45	881,92	2166,59
					TOTAL	25799,19

	TIPO DE MAQUINA	Nº MAQUINAS	CONSUMO (L/hora)	DURACION JORNADA (horas/día)	DURACION EJERCICIO (días)	CONSUMO	PRECIO (€/L)	PRECIO TOTAL/MAQUINA
CARBURANTE MAQUINAS	MINIMAQUINA GEHL	2	7	8	30	3360	1,12	3763,20
	RETROCARGADORA AUSA RC-5	2	13	8	30	6240		6988,80
	EMPUJADORA CADENAS DK5	1	12	8	30	2880		3225,60
	MOTONIVELADORA NEW HOLLAND F-106. 6A	1	15	8	30	3600		4032,00
							TOTAL €	18009,60
					NOTA: Se prevé que el empleo de las máquinas durará 30 días del trabajo de la obra, se contemplan tres días de más de empleo de incidencias.			

PASARELA DE OBSERVACIÓN	YCN010	26	m de pasarela peatonal en voladizo de protección perimetral de cubierta		
	Pasarela peatonal en voladizo de anchura útil 0,60 m, de protección perimetral de cubierta, formada por plataforma de chapa perforada de acero galvanizado anclada sobre soportes retráctiles metálicos empotrados en el frente de forjado de la planta de cubierta, barandilla principal e intermedia de tubo de acero de diámetro 25 mm y rodapié metálico, todo ello sujeto a guardacuerpos de acero.				
	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	TOTAL (€)
	Soporte retráctil metálico de 110 cm de empotramiento y 70 cm de vuelo, para instalación de plataformas suspendidas de nivel variable.	0,65	Ud	81,30	52,85
	Chapa perforada de acero galvanizado, con perforaciones redondas paralelas de diámetro 8 mm. Paneles de 2000x1000x1,5 mm.	0,08	m ²	21,84	1,64
	Guardacuerpos telescópico de seguridad fabricado en acero de primera calidad pintado al horno en epoxi-poliéster, de 35x35 mm y 1500 mm de longitud, con apriete arriba.	0,09	Ud	16,73	1,47
	Barandilla para guardacuerpos matrizada, de tubo de acero pintado al horno en epoxi-poliéster, de 25 mm de diámetro y 2500 mm de longitud.	0,08	Ud	4,79	0,38
	Rodapié metálico de 3 m de longitud y 150 mm de altura, pintado al horno en epoxi-poliéster.	0,03	Ud	16,71	0,55
	Medios auxiliares	2,00	%	56,89	1,14
	Costes indirectos	3,00	%	58,03	1,74
				PRECIO UNITARIO €	59,77
				TOTAL €	1553,98

ADQUISICION DEL RESTO DEL MATERIAL					
MATERIAL	MATERIALES CONSTRUCCION				TOTAL (€)
	CANTIDAD	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)		
FERRALLA ø10 BARRA 6m	80	BARRA 6m	7		560
FERRALLA ø10 BARRA 6m	25	BARRA 6m	4,25		106,25
ARENA DE RÍO	1428,48	m3	24,92		35597,7216
PINTURA VERDE	1	BOTE 1/4 L	9		9
PINTURA NEGRA	6	BOTE 1/4 L	9		54
BARRIL HUECO REUTILIZADO	1	UD	3		3
LÁMINA/TELA ASFÁLTICA	596	ROLLOS 10 m2	35,95		21426,2
PINTURA ROJA	1	BOTE 1/4 L	9		9
PINTURA AMARILLA	1	BOTE 1/4 L	9		9
RIELES EN "C" 2m PARA ATORNILLAR AL TECHO	58	UD	20		1160
RAILES DE 2m PARA GUIAR LOS PANELES POR EL SUELO	58	UD	6		348
PLACA DE ALUMINIO	116	PLACA 1 x 3 x 0,01 m	144,52		16764,32
ESTRUCTURA INTERIOR DE LOS PANELES	58	TUBO ESTRUCTURAL DE ALUMINIO RECTANGULAR 8 x 4 cm DE 10 m DE LARGO	149,22		8654,76
PLACAS DE ANCLAJE	28	CHAPA 1 x 100 x 430 mm	5,15		144,2
REVESTIMIENTO CAUCHO ANTIREBOTE	16300	BALDOSAS 1 x 1 x 0,1 m	39,95		651185
COLA PARA BALDOSAS DE CAUCHO ANTIREBOTE	75	L	3,5		262,5
RODILLO PARA COLA	4	UD	5		20
MADERA DE PINO TRATADA	296	RASTRELES DE 1000 X 40 X 30 mm	0,32		94,72
COBERTIZO KENT	1	UD	520		520
RUEDAS PARA PANELES	56	UD	1,95		109,2
TORNILLO CABEZA HEXAGONAL, ROSCA PARCIAL DIN 931	580	TORNILLO 20 x 140 mm	21,15		12267
CEMENTO	15	SACOS 35 kg	4,54		68,1
ZAHORRA ARTIFICIAL	42	m3	7,8		327,6
ARENA PARA HORMIGÓN	22	m3	24,92		548,24
		SUBTOTAL €			750247,81
		21% IVA			157552,04
		TOTAL €			907799,85

	QAB010	1327,2552	m² de cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas.			
CUBIERTA DE LOS EDIFICIOS	<p>Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, tipo convencional, para tráfico peatonal privado, compuesta de: arcilla expandida de 350 kg/m³ de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, con espesor medio de 10 cm; aislamiento térmico: panel rígido de lana mineral soldable, hidrófuga, de 50 mm de espesor; impermeabilización monocapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, totalmente adherida con soplete; capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m²); capa de protección: baldosas de gres rústico 20x20 cm colocadas en capa fina con adhesivo cementoso normal, C1 gris, sobre capa de regularización de mortero de cemento, industrial, M-5, rejuntadas con mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta abierta (entre 3 y 15 mm), con la misma tonalidad de las piezas.</p>					
	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	TOTAL(€)	
	Ladrillo cerámico hueco doble, para revestir, 24x11,5x9 cm, según UNE-EN 771-1.	4	Ud	0,13	0,52	
	Arcilla expandida, de 350 kg/m ³ de densidad y granulometría comprendida entre 8 y 16 mm, suministrada en sacos.	0,1	m ³	59,5	5,95	
	Lechada de cemento 1/3 CEM II/B-P 32,5 N.	0,01	m ³	105,1	1,05	
	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 20 mm de espesor, resistencia térmica 0,55 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), para junta de dilatación.	0,01	m ²	1,34	0,01	
	Agua.	0,027	m ³	1,5	0,04	
	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5 (resistencia a compresión 5 N/mm ²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	0,15	t	32,25	4,84	
	Panel rígido de lana mineral soldable, hidrofugada, según UNE-EN 13162, revestido con betún asfáltico y film de polipropileno termofusible, de 50 mm de espesor, resistencia térmica >= 1,3 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK).	1,05	m ²	13,83	14,52	
	Lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, de 3,5 mm de espesor, masa nominal 4 kg/m ² , con armadura de fieltro de poliéster no tejido de 160 g/m ² , de superficie no protegida. Según UNE-EN 13707.	1,1	m ²	6,04	6,64	
	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 1,63 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 2,08 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 27 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,4 kN y una masa superficial de 200 g/m ² , según UNE-EN 13252.	1,05	m ²	0,69	0,72	
	Adhesivo cementoso normal, C1 según UNE-EN 12004, color gris.	4	kg	0,35	1,4	
	Baldosa cerámica de gres rústico, 20x20 cm, 8,00€/m ² , capacidad de absorción de agua 3%<=E<6%, grupo All, según UNE-EN 14411, resistencia al deslizamiento Rd>45 según UNE-ENV 12633, resbaladididad clase 3 según CTE.	1,05	m ²	8	8,4	
	Rodapié cerámico de gres rústico, 7 cm, 3,00€/m.	0,4	m	3	1,2	
	Mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta abierta entre 3 y 15 mm, según UNE-EN 13888.	0,3	kg	0,99	0,3	
				PRECIO UNITARIO €	45,59	
				TOTAL €	60509,56	

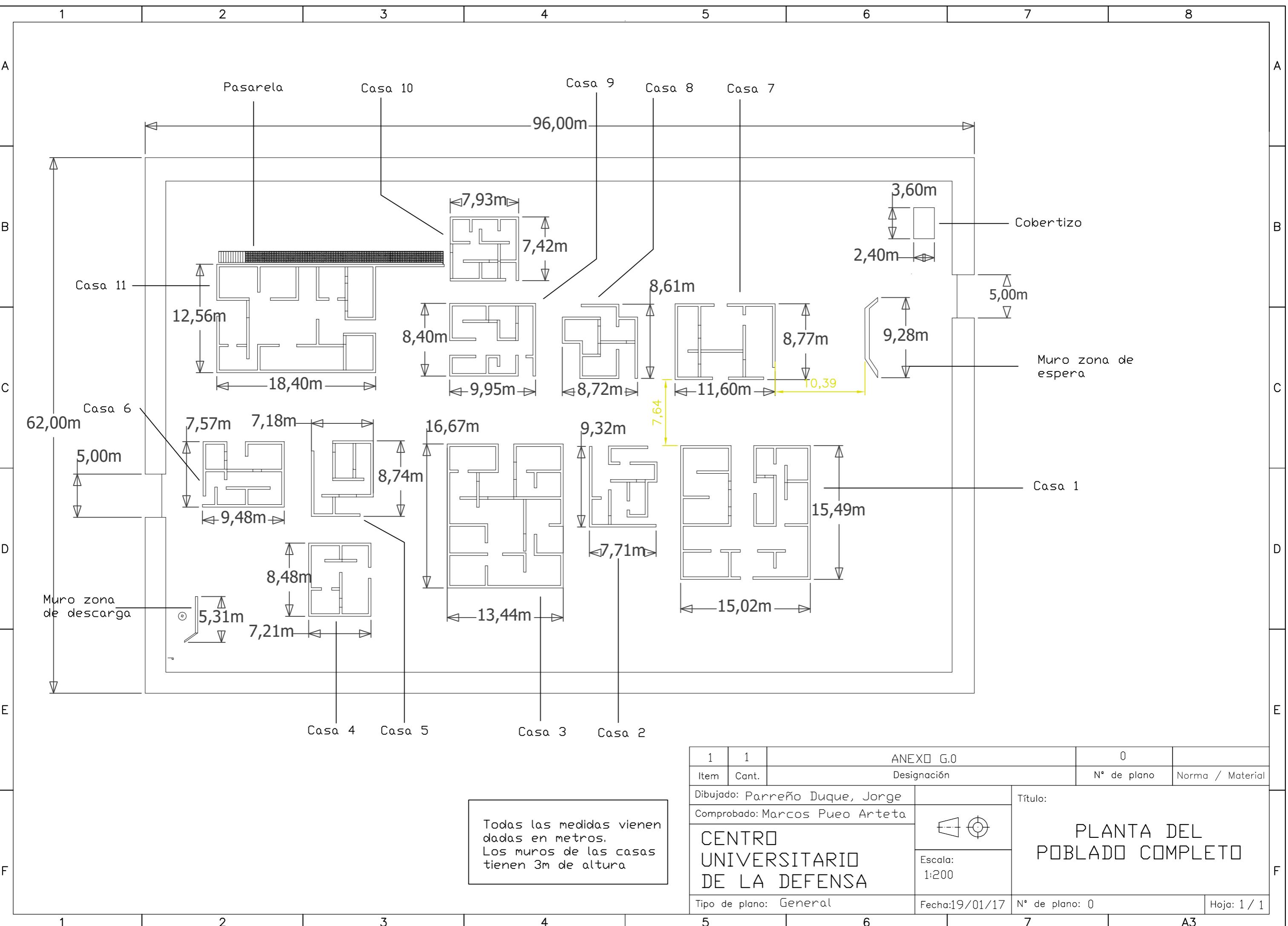
CONTROL PRESUPUESTO GASTO PERSONAL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN PCP"

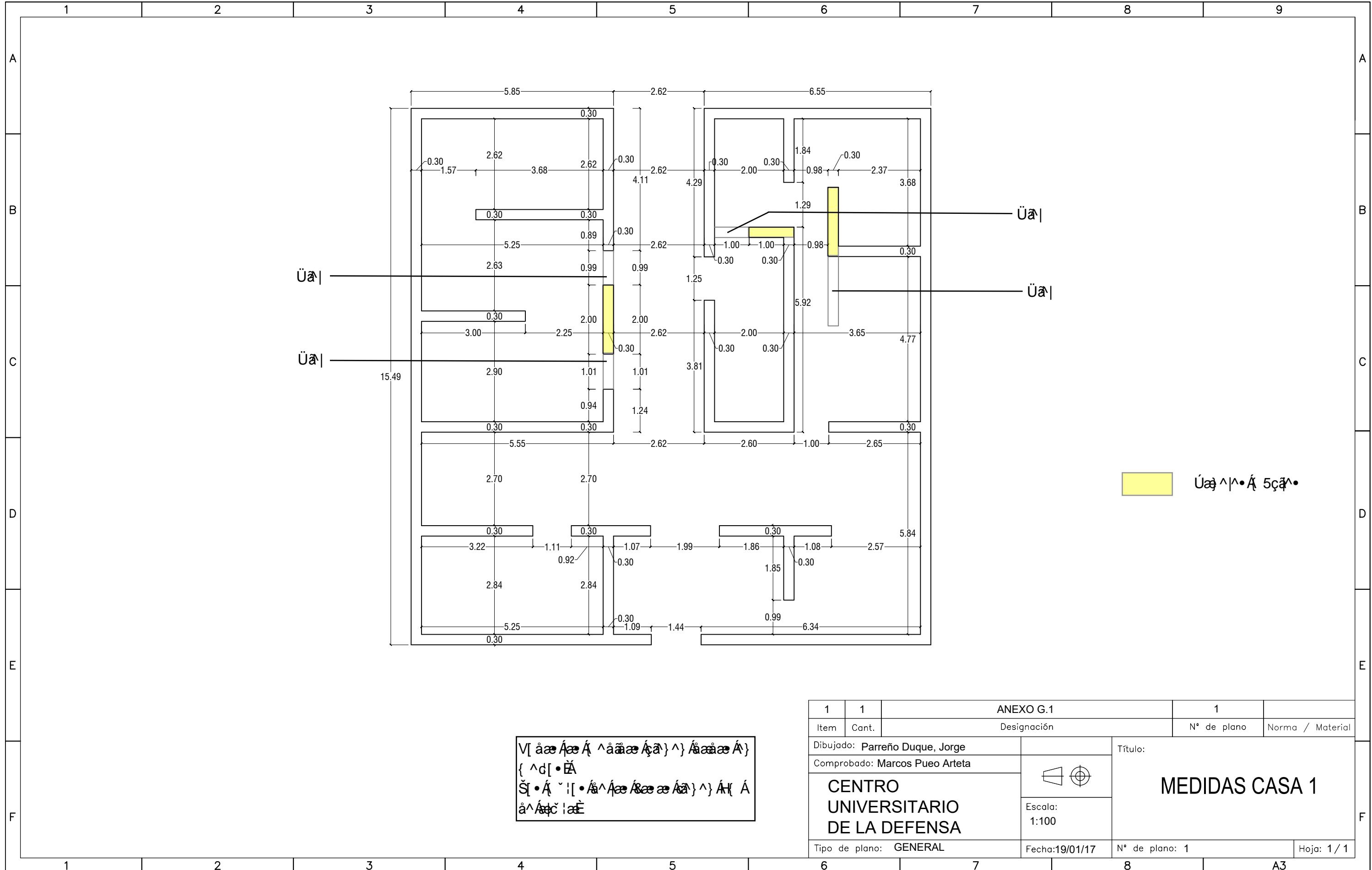
ANEXO F – ESTUDIO DE LOS RIESGOS

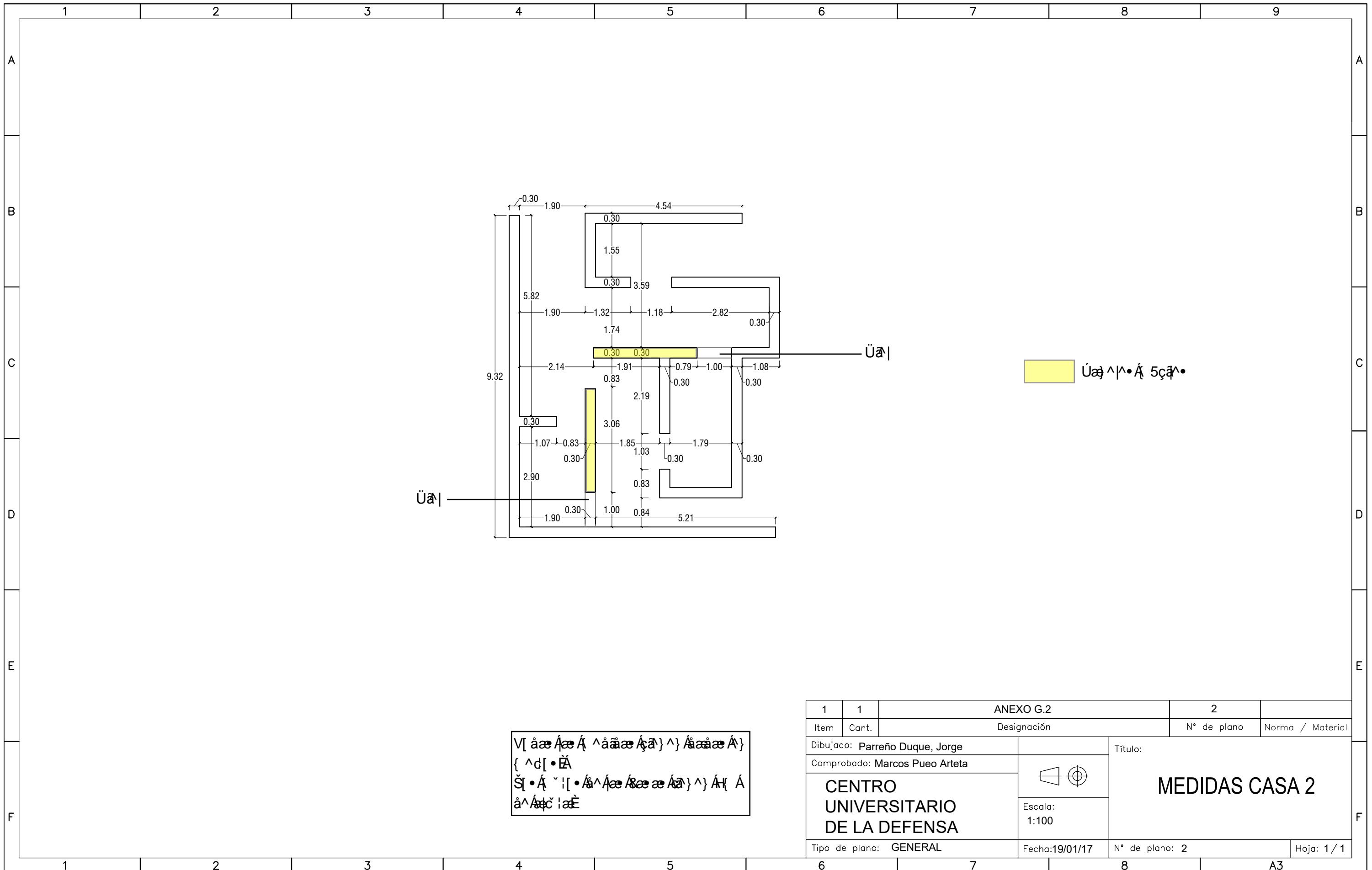
ANEXO F. 1 – MATRIZ DE RIESGOS									TRABAJO FIN DE GRADO	
Evaluación de los riesgos										
ID	Descripción del riesgo	Categoría	Motivo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase	Efectos del riesgo	Medida para solucionarlo	Clase tras tomar las medidas oportunas	Impacto económico (€)
1	Sobrepasar el tiempo especificado por retraso en recibo de los paneles	Requerimientos cliente	Retrasos en la entrega	B	1	1B	Retraso en la entrega	Establecer un calendario realista para las obras y cumplirlo	1B	Ganancia de la compensación económica estipulada
2	Sobrepasar el tiempo especificado por retraso en tarea de nivelación y compactación	Requerimientos cliente	Meteorología adversa	B	1	1B	Retraso en la entrega		1B	
3	Ruptura del sistema de bloqueo de los paneles (en más de 10 unidades)	Diseño	Uso incorrecto de las instalaciones	M	1	1M	Menor capacidad de remodelado de las casas	Realización de un AMFE, resultado: cambio en el sistema de bloqueo de los paneles	1B	50 Euros/ud
4	Posibles rebotes provocados por los disparos	Seguridad	Uso incorrecto de las instalaciones. Estas están preparadas para el uso de fuego real pero por difícil que parezca, siempre puede existir la posibilidad de un rebote inesperado según el ángulo de incidencia del disparo.	A	1	1A	Posibles daños humanos	Asegurarse de que no queda ninguna parte del polígono sin revestir de caucho o enterrar	1L	Depende del grado del daño causado
5	Desuso	Uso	Falta de tiempo en la instrucción para combate en población	B	2	2B	Menor grado de instrucción en combate en población	Incluir el proyecto en la DIIN para el uso del PCP por otras unidades próximas	1B	
6	Sistema de bloqueo en mal estado	Mantenimiento	Mal mantenimiento	M	2	2M	Dificultad en el remodelado de las casas	Concienciar a los usuarios de la importancia del buen mantenimiento. Se recomendará un plan de mantenimiento a realizar	1M	Desde 50 Euros/ud
7	Sobrepasar el presupuesto esperado debido al retraso en la finalización del proyecto	Coste	Sobrepasar el tiempo esperado	B	1	1B	Retraso en la entrega y aumento de costes	Establecer un calendario realista para las obras y cumplirlo	1B	500 €/día aproximadamente
8	Difícil supervisión del ejercicio de fuego real	Seguridad	Difícil observación del transcurso del ejercicio por parte del mando, lo cual puede entrañar problemas de seguridad	M	1	1M	Posibles fallos en la seguridad	Contar siempre con un instructor siguiendo al binomio/escuadra que esté realizando el ejercicio, para garantizar el cumplimiento de medidas de seguridad	1B	Depende del grado del daño causado
								Nota: no está previsto el uso por parte de los civiles, y el uso por parte de otros ejércitos está previsto, pero no se les exigiría coste por ello.		

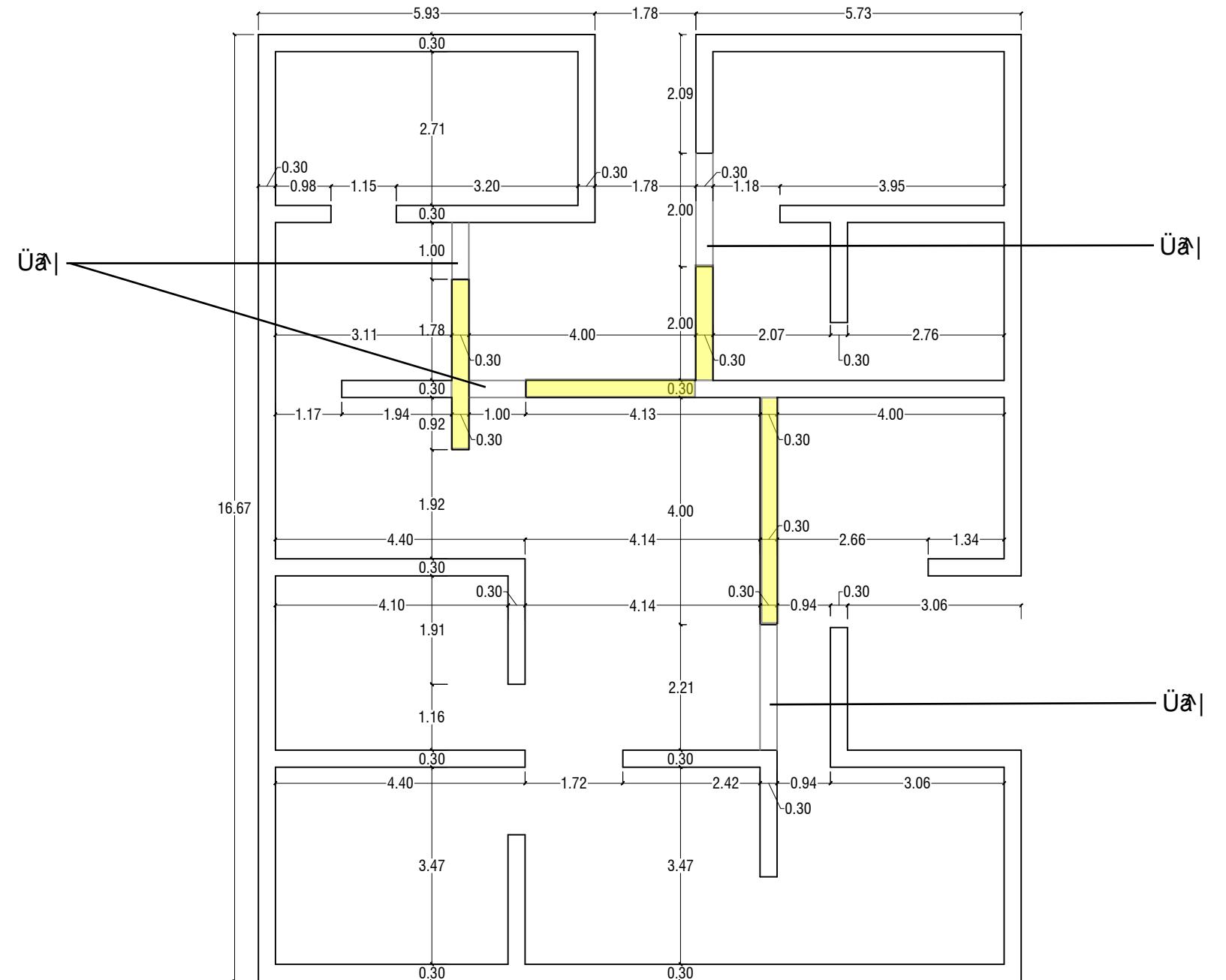
ANEXO F. 2 – AMFE

Descripción de la fase	Modos potenciales de fallo	Efectos potenciales de fallo	Gravedad	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Verificación y control actual	Detección	NPR	Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Pruebas de resistencia y funcionalidad	Ruptura del panel	Cambio del panel	3	Mal uso de las instalaciones	2	Mantenimiento preventivo	9	54	Cambio en el diseño de los paneles con materiales más resistentes y adquisición de repuestos	3	1	9	27
	Desbloqueo del panel	Recolocación de bloqueo	1	Mal uso de las instalaciones	3	Mantenimiento preventivo	6	18	Cambio del diseño del sistema de bloqueo por uno más eficiente	1	3	6	18
	Ruptura del sistema de bloqueo	Cambio del panel	4	Mal uso de las instalaciones	3	Mantenimiento preventivo	9	108	Cambio del diseño del sistema de bloqueo por uno más robusto	4	1	9	36







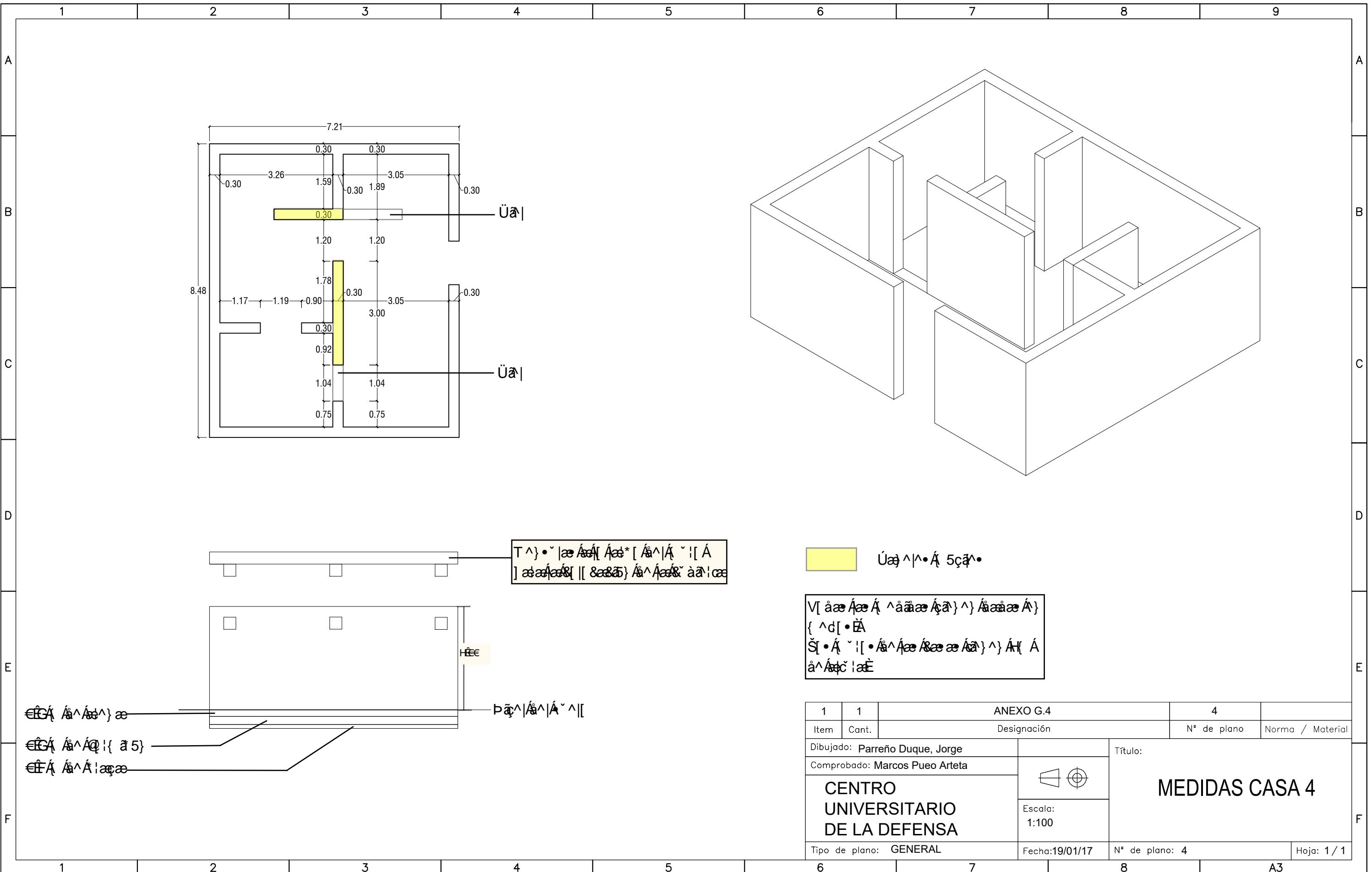


Üa ^| ^• Á 5çá^•

V[áæ Áæ Á| ^ååæ Áä} ^} Áæææ Á} { ^d[• Ë
Š[• Á ^| [• Áæ Áæ æ Áä} ^} Á(Á
å^ Áæ c iæ

1	1	ANEXO G.3	3	
Item	Cant.	Designación	Nº de plano	Norma / Material
Dibujado:	Parreño Duque, Jorge			Título:
Comprobado:	Marcos Pueo Arteta			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA		MEDIDAS CASA 3		
Escala:	1:100			
Tipo de plano:	GENERAL	Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 3	Hoja: 1 / 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
A								A
B								B
C								C
D								D
E								E
F								F
1	2	3	4	5	6	7	8	A3



1 2 3 4 5 6 7 8 9

A

A

B

B

C

C

D

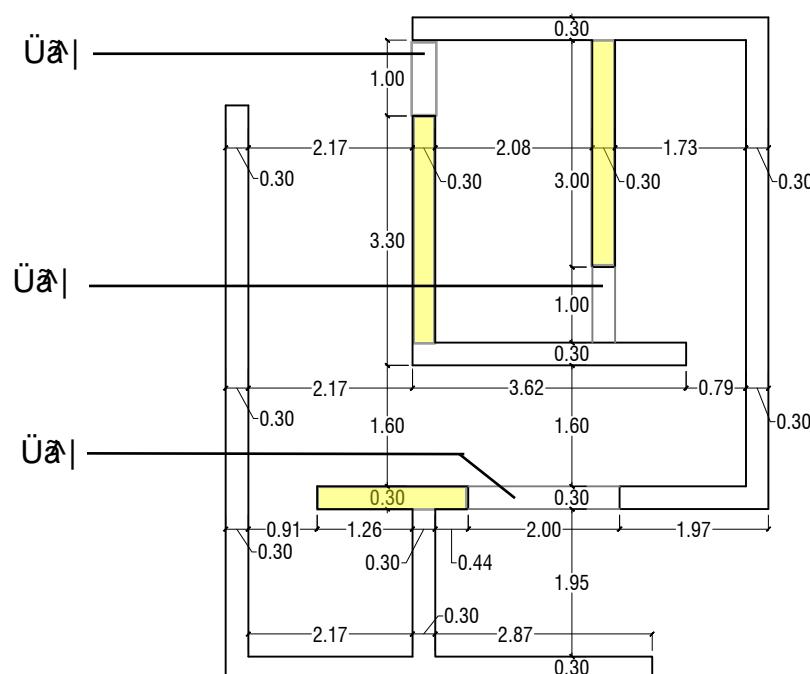
D

E

E

F

F



V[aæ Áæ Á ^aææ Áæ } ^} Áæææ Á }
 { ^d[• Æ
 Š[• Á ^{ [• Áæ Áæææ Áæ } Á{ Á
 áæ Áæc iæ

1	1	ANEXO G.5	5	
Item	Cant.	Designación	Nº de plano	Norma / Material
Dibujado:	Parreño Duque, Jorge			Título:
Comprobado:	Marcos Pueo Arteta			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA		MEDIDAS CASA 5		
Escala:	1:100			
Tipo de plano:	GENERAL	Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 5	Hoja: 1 / 1

1 2 3 4 5 6 7 8 A3

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A

A

B

B

C

C

D

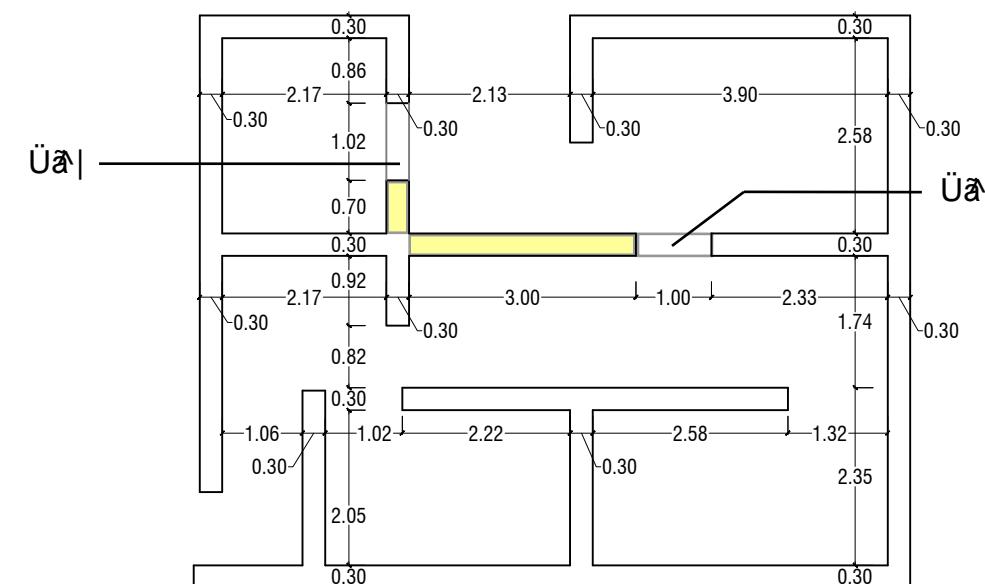
D

E

E

F

F

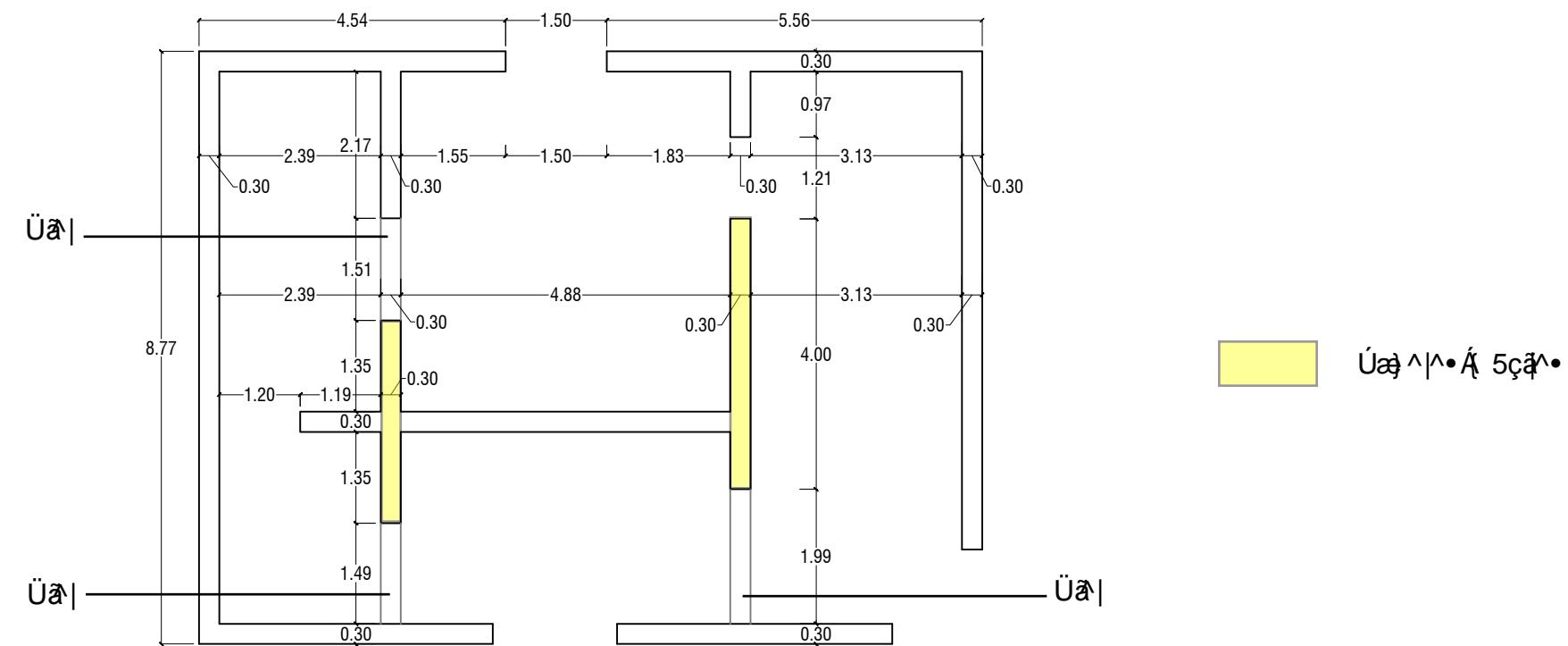


Úñ | ^• Á 5çá•

V[áæ Áæ Á ^åææ Á} ^} Áææ Á
^} Á ^d[• Ë
S[• Á ^} [• Áæ Áææ Á} ^} Á{ Á
å^ Áç iæ

1	1	ANEXO G.6	6	
Item	Cant.	Designación	Nº de plano	Norma / Material
Dibujado:	Parreño Duque, Jorge			Título:
Comprobado:	Marcos Pueo Arteta			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA				MEDIDAS CASA 6
		Escala: 1:100		
		Tipo de plano: GENERAL	Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 6
				Hoja: 1 / 1

1 2 3 4 5 6 7 8 A3



V[åæ Áæ Á ^åææ Áçæ } ^} Áæææ Á }
{ ^d[• Æ
S[• Á ^{ [• Á^ Áæ Áæææ Áæ } ^} Á{ Á
å^ Áæç | æ

1	1	ANEXO G.7		7	
Item	Cant.	Designación		Nº de plano	Norma / Material
Dibujado: Parreño Duque, Jorge			Título:	MEDIDAS CASA 7	
Comprobado: Marcos Pueo Arteta					
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA		 	Escala: 1:100		
Tipo de plano: GENERAL		Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 7	Hoja: 1 / 1	

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A

A

B

B

C

C

D

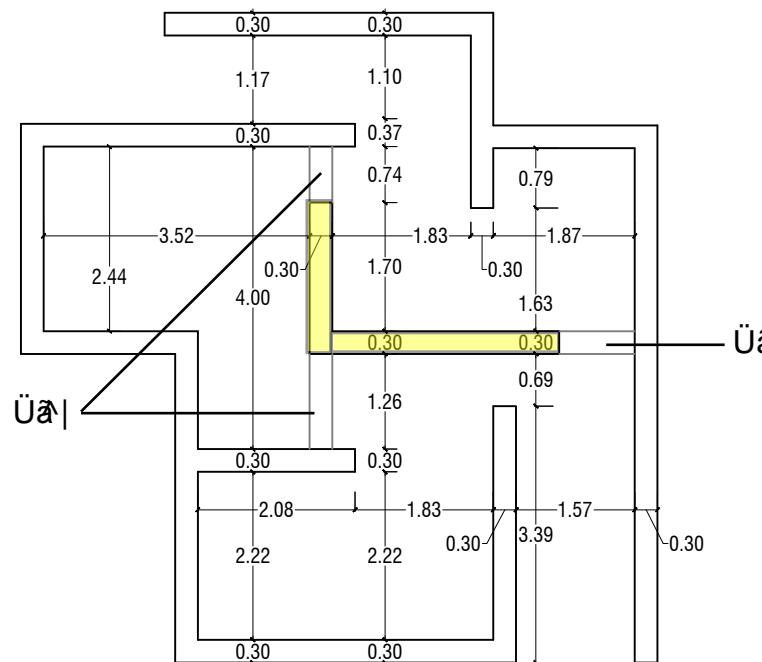
D

E

E

F

F



Úa 5c8•

V[áæ Áæ Á ^åææ Áæ} ^} Áæææ Á} { ^d[•É
Š[•Á ^! [•Á^Áæ Áæææ Áæ} ^} Á[Á
å^Áæc laE

1	1	ANEXO G.8	8	
Item	Cant.	Designación	Nº de plano	Norma / Material
Dibujado:	Parreño Duque, Jorge			Título: MEDIDAS CASA 8
Comprobado:	Marcos Pueo Arteta			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA				
Escala:	1:100			
Tipo de plano:	GENERAL	Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 8	Hoja: 1 / 1

1 2 3 4 5 6 7 8 A3

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A

A

B

B

C

C

D

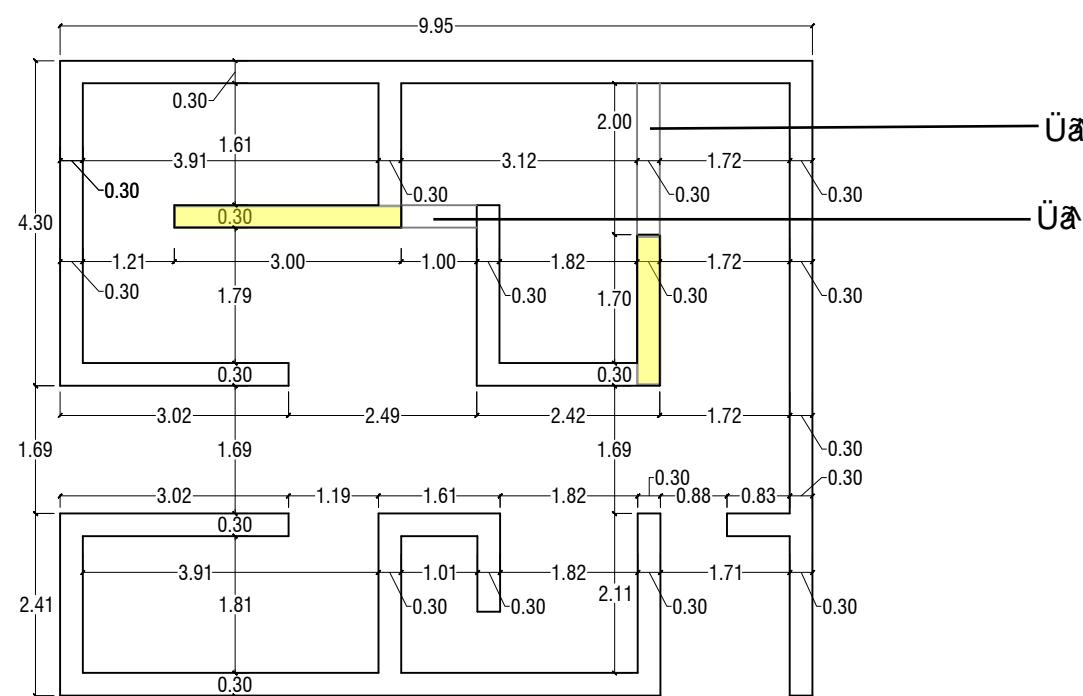
D

E

E

F

F



Única 5x5

Vista Área Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas
Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas
Símbolos de Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas
Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas Áreas

1	1	ANEXO G.9	9	
Item	Cant.	Designación	Nº de plano	Norma / Material
Dibujado:	Parreño Duque, Jorge			Título:
Comprobado:	Marcos Pueo Arteta			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA				MEDIDAS CASA 9
Escala:	1:100			
Tipo de plano:	GENERAL	Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 9	Hoja: 1 / 1

1 2 3 4 5 6 7 8 A3

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A

A

B

B

C

C

D

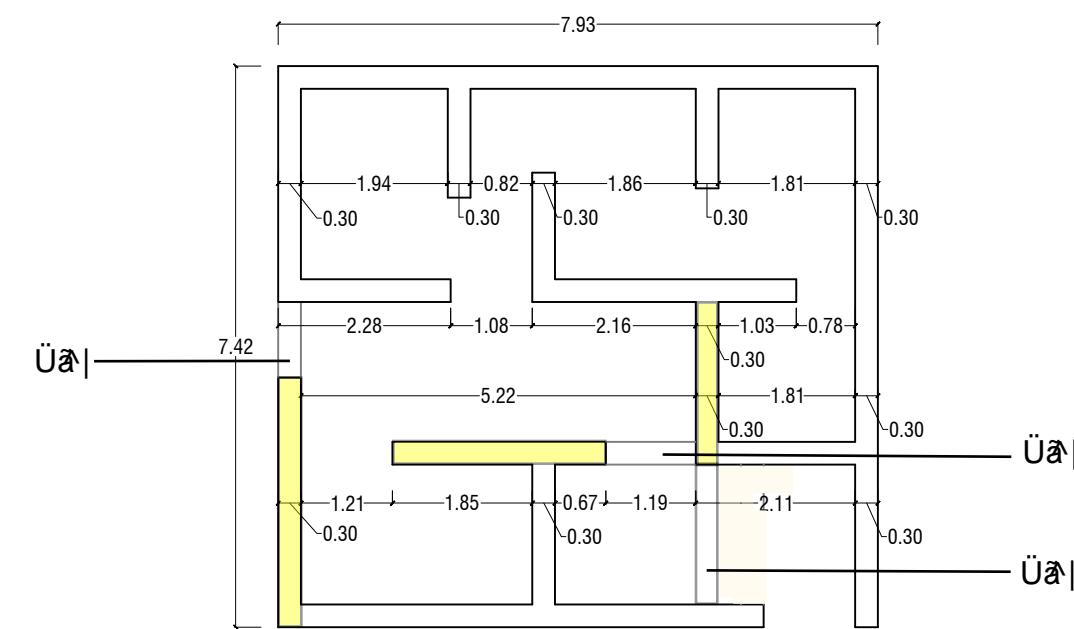
D

E

E

F

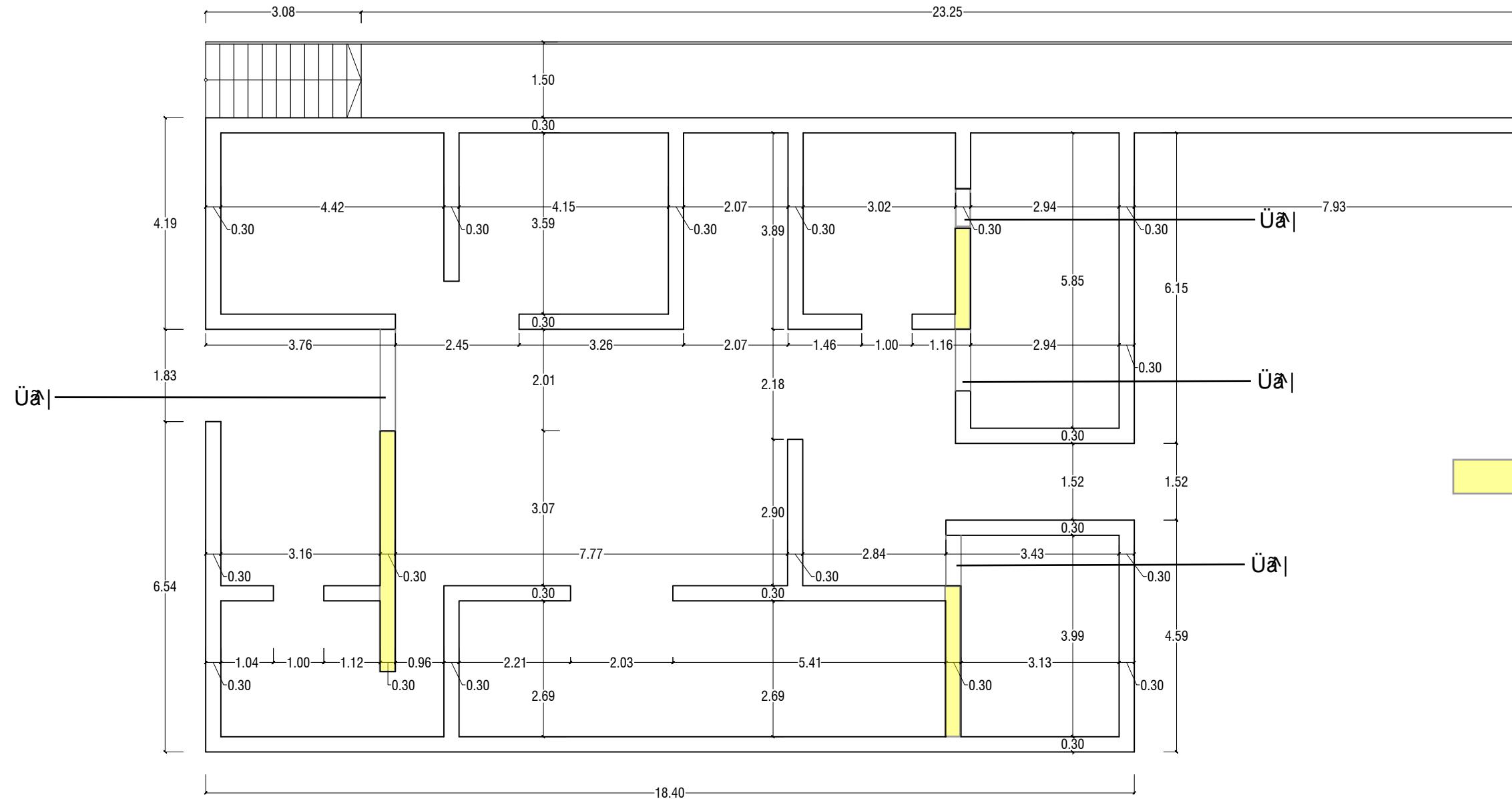
F



V[áæ Áæ Á ^åææ Áæ} ^} Áææ Á}
 { ^d[•É
 Š[•Á ^{ •Áæ Áææ æ Áæ} ^} Á{ Á
 å^Áæc læ

1	1	ANEXO G.10	10	
Item	Cant.	Designación	Nº de plano	Norma / Material
Dibujado:	Parreño Duque, Jorge			Título: MEDIDAS CASA 10
Comprobado:	Marcos Pueo Arteta			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA				
Escala:	1:100			
Tipo de plano:	GENERAL	Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 10	Hoja: 1 / 1

1 2 3 4 5 6 7 8 A3



V[åæ Áæ Á ^åæ Áæ } ^} Áæ Áæ Á }
{ ^d[• Æ
Š[• Á ^} | { • Á ^ Áæ Áæ æ Áæ } ^} Á[Á
å^ Áæ c[æ

1	1	ANEXO G.11		11	
Item	Cant.	Designación		Nº de plano	Norma / Material
Dibujado: Parreño Duque, Jorge				Título: MEDIDAS CASA 11	
Comprobado: Marcos Pueo Arteta		 			
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA		Escala: 1:100			
Tipo de plano: GENERAL		Fecha: 19/01/17	Nº de plano: 11	Hoja: 1 / 1	