

Trabajo Fin de Grado

ALTERNATIVAS AL USO DE BLOQUES DE HORMIGÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE INSTRUCCIÓN Y ADIESTRAMIENTO

Diego Rivera Barato

Director académico: Beatriz Rodríguez Soria

Director militar: Alejandro Garrido López

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021



Agradecimientos

Durante la realización del presente Trabajo de Fin de Grado han colaborado numerosas personas y me gustaría agradecer su constante dedicación.

En primer lugar, agradecer a los directores del presente trabajo. A Dña. Beatriz Rodríguez Soria, directora académica, por sus aportaciones técnicas que han resultado fundamentales y su dedicación en la tutorización de esta memoria desde el primer momento. Al Capitán D. Alejandro Garrido López, Jefe de la Compañía de Apoyo del Batallón de Zapadores VII y director militar, por su constante disposición a colaborar en todo aquello que he precisado durante mis prácticas externas en el Batallón de Zapadores VII.

Por otro lado, he de agradecer a todos los cuadros de mando y personal de tropa del Batallón de Zapadores VII de la Brigada "Galicia" VII su continua disponibilidad tanto en la recopilación de información como en la realización de las entrevistas.

Por último, me gustaría agradecer a mi familia su apoyo, ayuda y comprensión en la distancia durante mi formación en la Academia General Militar. Todos ellos han sido indispensables para alcanzar todos los éxitos personales y profesionales vividos en estos cinco años.





RESUMEN

El presente trabajo surge debido a la necesidad por parte del Batallón de Zapadores VII de buscar nuevos materiales que sirvan como alternativa a los bloques de hormigón para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento en combate urbanizado, utilizando para ello Polígonos de Instrucción de Combate en Zonas Urbanizadas (PICOZU).

Se pretende encontrar una alternativa que suponga una mejora respecto a las técnicas constructivas empleadas actualmente en aspectos como la facilidad de puesta en obra, el coste, la vida útil o el realismo que aporte en la instrucción del combatiente. Además, se busca mejorar la instrucción de las unidades encargadas de realizar este tipo de obras, aumentando sus conocimientos y capacidades.

De acuerdo con esta idea, se ha estudiado la construcción con bloques de hormigón dentro del Ejército de Tierra (ET), así como la normativa aplicada para la realización de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento y los medios auxiliares con los que cuenta el Batallón de Zapadores VII para la realización de este tipo de edificaciones.

Se ha realizado el estudio de las alternativas seleccionadas y el análisis de los datos obtenidos mediante encuestas realizadas a personal experimentado en este ámbito para así comparar dichas alternativas y seleccionar la más adecuada.

Posteriormente, se ha llevado a cabo una comparativa entre la alternativa seleccionada y la construcción con bloques de hormigón. En dicha comparativa se ha llevado a cabo un estudio respecto a cada una de las técnicas de construcción, desarrollando una edificación tipo real del PICOZU. Se han estudiado tanto los materiales necesarios como los medios auxiliares, así como las jornadas de trabajo. También se han desarrollado los presupuestos que se requieren para realizar una edificación previamente escogida y analizada.

Con todo ello se han obtenido las conclusiones necesarias para llegar a la propuesta de una alternativa a los bloques de hormigón en este tipo de infraestructuras.

Palabras clave

Bloque de hormigón, técnica constructiva, combate urbanizado.



ABSTRACT

The present work arises due to the need on the part by the Sappers Battalion VII to look for new materials that serve as an alternative to concrete blocks for the construction of infrastructures for instruction and training in Fighting in Building Areas (FIBUA), using fighting in building areas polygons.

It is intended to find an alternative that represents an improvement over the currently constructive techniques employed in aspects such as the ease of installation, the cost, the life span or the realism that contributes to the combatant instruction. In addition, the aim is to improve the instruction of the units in charge of carrying out this type of works, increasing their knowledge and skills.

According to this idea, concrete block construction has been studied within the Army, as well as the regulations applied for the realization of infrastructures destined for the instruction and training and the auxiliary means which the Sappers Battalion VII has for the realization of this type of buildings.

The study of the selected alternatives and the analysis of the data obtained through surveys of experienced personnel in this field have been carried out to compare these alternatives and to select the most appropriate one.

Subsequently, a comparison has been made between the selected alternative and concrete blocks construction. In this comparison, a study was carried out respect to each of the construction techniques, developing a real building. Both the necessary materials and the auxiliary means, as well as the working days, have been studied. The budgets required to carry out a pre-construction have also been developed.

With all this, the necessary conclusions have been obtained to reach the proposal of an alternative to concrete blocks in this type of infrastructure.

KEYWORDS

Concrete block, construction technique, Fighting in Building Areas (FIBUA).



INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	I
RESUMEN	III
Palabras clave	III
ABSTRACT	IV
KEYWORDS.....	IV
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE TABLAS	VIII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	2
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	2
2.2 METODOLOGÍA.....	3
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	4
3.1 BLOQUES DE HORMIGÓN.....	4
3.2 NORMATIVA.....	5
3.2.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)	5
3.2.2 Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)	6
3.2.3 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras en el ámbito del Ministerio de Defensa (PPTDEF)	7
3.2.4 Pliego de prescripciones técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)	7
3.3 MEDIOS AUXILIARES	7
4. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	8
4.1 TERMOARCILLA.....	8



4.2 YTONG.....	10
4.3 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA	12
4.3.1 TAPIAL.....	13
4.3.2 MÉTODO PISE	14
4.3.3 SUPERADOBE	14
4.3.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA POR MEDIO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA ...	15
4.4 COMPARATIVA TÉCNICA ENTRE ALTERNATIVAS.....	15
4.5 ENTREVISTAS Y ENCUESTAS A PERSONAL EXPERTO.....	16
4.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	18
5. COMPARATIVA RESPECTO A UNA EDIFICACIÓN TIPO REAL	18
5.1 SELECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	18
5.2 ESTUDIO DE LOS MATERIALES NECESARIOS	20
5.2.1 EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN	20
5.2.3 EDIFICACIÓN CON TAPIAL.....	22
5.3 ESTUDIO DE LOS MEDIOS AUXILIARES.....	25
5.4 ESTUDIO DE LAS JORNADAS DE TRABAJO.....	25
5.4.1 EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN	26
5.4.2 EDIFICACIÓN CON TAPIAL.....	27
5.5 PRESUPUESTOS.....	28
5.5.1 EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN	28
5.5.2 EDIFICACIÓN CON TAPIAL.....	29
6. CONCLUSIONES.....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Construcción del PICOZU por medio de bloques de hormigón.....	4
Figura 2 Esquema piramidal de la reglamentación	5
Figura 3 bloque de Termoarcilla ECO 1	9
Figura 4 Bloque de termoarcilla ECO2	9
Figura 5 Bloque de termoarcilla ECO 3	9
Figura 6 Bloque de YTONG.....	11
Figura 7 Montaje de encofrados para tapial de tierra.....	13
Figura 8 Edificación realizada con tapial de tierra estabilizada	13
Figura 9 Método PISE	14
Figura 10 Edificación de superadobe	15
Figura 11 Base “GENERAL MORILLO” y PICOZU	18
Figura 12 Edificación tipo nº2	19
Figura 13 Planos del proyecto de construcción de la edificación	19
Figura 14 Muro con bloques huecos con armadura vertical y a tendel	21
Figura 15 Planta de la edificación con tapial	22
Figura 16 Alzados edificación con tapial	23
Figura 17 Evolución de la resistencia a compresión del hormigón.....	26



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resistencias a compresión de fábricas	6
Tabla 2 Dimensiones y masa de las piezas base de termoarcilla	8
Tabla 3 Comparativa técnica de las alternativas	16
Tabla 4 SCORING	17
Tabla 5 Cuadro de materiales necesarios para construcción con bloques de hormigón ...	22
Tabla 6 Dimensiones de los encofrados.....	23
Tabla 7 Alturas señalizadas de los encofrados	24
Tabla 8 Cuadro de materiales necesarios para la construcción con tapial	24
Tabla 9 Cuadro de la maquinaria necesaria.....	25
Tabla 10 Diagrama de Gantt para la construcción con bloques de hormigón.....	27
Tabla 11 Diagrama de Gantt para la construcción con tapial.....	27
Tabla 12 Presupuesto de la edificación con bloques de hormigón	28
Tabla 13 Cuadro de costes de material para edificación con bloques de hormigón	29
Tabla 14 Presupuesto de la edificación realizada con tapial.....	29
Tabla 15 Cuadro de costes de material para la edificación con tapial	30
Tabla 16 Media de las ponderaciones (1)	35
Tabla 17 Media de las ponderaciones (1)	36
Tabla 18 Media la termoarcilla.....	36
Tabla 19 Media del ytong	36
Tabla 20 Media de la construcción con tierra (tapial).....	37
Tabla 21 Media de los bloques de hormigón.....	37
Tabla 22 SCORING	38
Tabla 23 Presupuesto parcial nº1 para bloques de hormigón.....	45
Tabla 24 Presupuesto parcial nº2 para bloques de hormigón.....	45
Tabla 25 Presupuesto parcial nº5 para bloques de hormigón.....	46
Tabla 26 Presupuesto parcial nº1 para tapial de tierra.....	47
Tabla 27 Presupuesto parcial nº2 para tapial de tierra.....	47
Tabla 28 Presupuesto parcial nº3 para tapial de tierra.....	47
Tabla 29 Presupuesto parcial nº4 para tapial de tierra.....	48
Tabla 30 Presupuesto parcial nº5 para tapial de tierra.....	48



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- CIP: Cuerpo de Ingenieros Politécnicos
- CMT: Campo de Maniobras y Tiro
- CTE: Código Técnico de la Edificación
- DB-SE-F: Documento Básico Seguridad Estructural Fábrica
- EHE: Instrucción de Hormigón Estructural
- ET: Ejército de Tierra
- FAS: Fuerzas Armadas
- FIBUA: Fighting in Building Areas
- LOE: Ley de Ordenación de la Edificación
- MINISDEF: Ministerio de Defensa.
- NTE: Normas Tecnológicas de la Edificación
- PG-3: Pliego de prescripciones técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes
- PICOZU: Polígono de Instrucción de Combate en Zonas Urbanizadas
- PISE: Pneumatic impact stabilized earth
- PPTDEF: Pliego de prescripciones técnicas generales para obras en el ámbito del Ministerio de Defensa



1. INTRODUCCIÓN

La instrucción y adiestramiento de su personal es una de las principales prioridades de toda unidad que forma parte del ET. Esta debe actualizarse constantemente a lo que demanda cada situación y está en constante revisión. Además, debe ser lo más realista posible, aproximando al combatiente a las diversas operaciones en las que se encuentran actualmente desplegadas las Fuerzas Armadas españolas (FAS).

Una de las partes más importantes para el correcto desarrollo de esta instrucción es la adecuación del entorno en donde se desarrolla. Es indispensable crear unas condiciones similares a las presentes en territorio de operaciones que permitan mejorar las tácticas y procedimientos y motiven al personal combatiente.

Esta instrucción y adiestramiento requiere de instalaciones específicas destinadas a simular diferentes situaciones, siendo las unidades de Ingenieros las encargadas de construir, mantener y mejorar este tipo de instalaciones. Concretamente, es la Compañía de Apoyo de un Batallón de Zapadores la que tiene la maquinaria y el personal necesarios para tales labores dentro de una Brigada.

Dentro de la Compañía de Apoyo se encuentra la Sección de Construcción, cuyo principal cometido es el de realizar una gran variedad de trabajos como hormigonado, soldadura o construcción de edificaciones.

En lo relativo a la construcción de edificaciones, la Compañía de Apoyo únicamente tiene capacidad para realizar proyectos de obras de escasa entidad¹; en cualquier otro caso será necesario la realización de un proyecto por un Ingeniero del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos (CIP), aunque la ejecución de la obra sí que pueda ser realizada por parte del propio Batallón de Zapadores.

Entre las obras realizadas por la Compañía de Apoyo del Batallón de Zapadores VII se encuentran los PICOZU. Este tipo de infraestructuras responden a la necesidad de hoy en día por parte de las FAS de instruir al personal en el combate urbano, un tipo de combate cada vez más frecuente ya que se estima, cito textualmente, que “en 2035 el 65% de la población vivirá en ciudades, y de ella, el 70% en barrios marginales sin el adecuado acceso a los recursos y servicios” (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2018). Es por ello por lo que prácticamente todos los campos de maniobras tienen hoy en día zonas de instrucción similares.

La gran parte de estas instalaciones se realizan con bloques de hormigón prefabricado debido al bajo coste del mismo y su facilidad de instalación. Sin embargo, da lugar en ocasiones a edificaciones poco realistas con respecto a territorio de operaciones, en donde abundan también otro tipo de materiales.

Por otro lado, la instrucción del personal destinado en la Compañía de Apoyo resulta de gran importancia para toda la unidad. Es necesario que este personal trabaje con diferentes materiales y técnicas constructivas con el objetivo de mejorar sus conocimientos y aumentar su versatilidad a la hora de trabajar en diferentes entornos, siendo capaces de adaptarse a los materiales presentes en cualquier zona geográfica.

Todo esto ha llevado al Batallón de Zapadores VII de la Brigada “Galicia” VII a proponer este trabajo con el objetivo de buscar nuevas alternativas al bloque de hormigón que, además de mejorar las instalaciones destinadas a la instrucción y adiestramiento de la Brigada “Galicia” VII,

¹ Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), Art. 2. Obras de escasa entidad: “Aquellas construcciones de escasa entidad constructiva y sencillez técnica que no tengan, de forma eventual o permanente, carácter residencial ni público y se desarrollen en una sola planta”



aporten nuevos conocimientos dentro del Batallón y permitan a su personal trabajar con diferentes técnicas constructivas.

Para ello se estudiarán las técnicas constructivas más adecuadas en función de las características que requiere este tipo de infraestructuras (realismo respecto a zona de operaciones, bajo coste, rapidez de ejecución, etc.) y, posteriormente, se seleccionará una de ellas para así compararla con la construcción por medio de bloques de hormigón respecto a una edificación real del PICOZU seleccionada. Para la comparativa se desarrollarán los planos necesarios para la construcción con la técnica seleccionada y se ofrecerán datos de tiempos de ejecución, coste y necesidades de material y mano de obra. De esta manera se podrán obtener las conclusiones acerca de la idoneidad de dicha alternativa.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

Tras estudiar la dirección que va a tomar el trabajo y la problemática que se quiere solucionar, el objetivo general de este trabajo es proponer una **técnica alternativa a la construcción de edificaciones con bloques de hormigón** (técnica más extendida actualmente dentro del ET) **para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento en PICOZU.**

Para cumplir dicho objetivo, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Aportar mayor **realismo** a la instrucción y adiestramiento del personal combatiente.
- Buscar una alternativa que suponga una **reducción de costes y/o tiempo de ejecución** y que pueda ser **ejecutada con los medios auxiliares y maquinaria disponibles** en el Batallón de Zapadores VII de la Brigada "Galicia" VII.

Para ello se llevarán a cabo los siguientes trabajos:

- Realizar un estudio del estado del arte de las técnicas empleadas actualmente en el ET para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento.
- Realizar un estudio de la normativa civil y militar vigente en el ET que afecta al proyecto.
- Realizar un estudio y comparativa de nuevos materiales y técnicas de construcción planteadas como alternativa al bloque de hormigón.
- Aplicar la nueva técnica seleccionada a la construcción de una edificación real destinada al combate urbanizado y compararla con la misma realizada en bloque de hormigón para testar su viabilidad en función de los costes de material, necesidad de medios auxiliares y tiempo de ejecución.

El presente trabajo se centra en el estudio de los materiales más adecuados para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento en PICOZU como alternativa de mejora, quedando fuera del estudio las obras permanentes realizadas por el ET para otros usos diferentes a lo descrito.

Si bien el estudio se realiza aplicado sobre una edificación real para poder comparar cuantitativamente las mejoras proporcionadas por los materiales seleccionados, queda fuera del mismo la realización del proyecto de construcción.



Por último, además del bloque de hormigón prefabricado, existen otros materiales que se utilizan para infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento como los módulos prefabricados de hormigón o el HESCO Bastion. Sin embargo, estos materiales quedan fuera del estudio bien porque no son utilizados por parte del Batallón de Zapadores VII al no tener capacidad para ello, o bien porque son utilizados para otros fines fuera del ámbito de estudio de este trabajo (la construcción de edificaciones tipo PICOZU), como es el caso de HESCO Bastion o los Abrishelter que se utilizan para la ejecución de refugios o bases avanzadas

2.2 METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del proyecto, en primer lugar, se realizará una revisión bibliográfica de la normativa tanto civil como militar relacionada con la construcción de edificaciones del ET que se encuentren destinadas a la instrucción y adiestramiento de las unidades y que definirán los requerimientos y limitaciones del proyecto. Así mismo, se realizará un estudio del estado del arte actual de los materiales y medios empleados en el ET para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento en PICOZU por parte de un Batallón de Zapadores.

Por otro lado, se seleccionarán y analizarán los diferentes materiales que sirvan como alternativa a los actuales. Para ello se entrevistará y encuestará al personal destinado en el Batallón de Zapadores VII encargado de la construcción y mantenimiento del polígono de combate urbanizado ubicado en la Brigada "Galicia" VII, con dos objetivos: detectar las principales características que deberían cumplir las técnicas seleccionadas, dando un valor de ponderación de importancia a cada una de ellas, así como ayudar a confeccionar el estado del arte. Además, se encuestará a personal técnico de construcción con experiencia en la utilización de las técnicas estudiadas como alternativa a los bloques de hormigón, con el objetivo de seleccionar la mejor opción de entre las alternativas anteriormente estudiadas. La selección se hará puntuando las características planteadas y ponderadas en las anteriores encuestas. Todas las encuestas se definirán y estructurarán por personal experto en materia de construcción dentro del ET. Mediante el método estadístico Scoring se seleccionará la mejor alternativa.

Posteriormente, se realizará un estudio comparativo entre la técnica constructiva anteriormente seleccionada y la construcción con bloques de hormigón. Para ello se seleccionará una edificación tipo del PICOZU, realizada por el Batallón de Zapadores VII, de la que se tienen planos de construcción. La técnica de construcción con bloques de hormigón plasmada en dichos planos se testará con la construcción real y con los requerimientos normativos, siendo necesario realizar pequeñas modificaciones en el estudio de la misma para adaptarla al cumplimiento de la normativa estudiada. Posteriormente se realizará un estudio de optimización del proceso de construcción de la misma edificación con la técnica alternativa seleccionada y se desarrollarán con el programa AutoCAD los planos necesarios para su construcción. En base a estos estudios y trabajos realizados se compararán los materiales, medios auxiliares y jornadas de trabajo (desarrollando un Diagrama de Gantt utilizando el programa Project Libre) necesarias con cada técnica constructiva para la construcción de dicha edificación tipo real. Finalmente, se realizará un presupuesto de obra de cada técnica constructiva. Para realizar esta comparativa se utilizará el programa Cype Arquímedes.

De esta manera se comprobará si la alternativa seleccionada es una opción real de mejora y se cuantificará la misma.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

A continuación, se desarrolla el estado del arte tanto de la construcción con bloques de hormigón, como de la normativa civil y militar que afecta a la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento. Asimismo, se han recogido los medios auxiliares con los que cuenta el Batallón de Zapadores VII a la hora de realizar este tipo de edificaciones.

3.1 BLOQUES DE HORMIGÓN

Existen diferentes alternativas empleadas dentro del ET para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento como los contenedores metálicos o los módulos prefabricados de hormigón. Sin embargo, el material utilizado por parte del Batallón de Zapadores VII para la construcción de este tipo de infraestructuras y objeto de análisis en este trabajo, es el bloque de hormigón prefabricado.

Los bloques de hormigón son elementos prefabricados de hormigón que se utilizan en mampostería, siendo el material más empleado en el mundo militar en edificaciones (como naves o almacenes) y en polígonos de combate urbanizado como el PICOZU con el que cuenta la Brigada “Galicia” VII en Figueirido, Pontevedra (Ver *Figura 1*).



Figura 1 Construcción del PICOZU por medio de bloques de hormigón

[Ministerio de Defensa]

El bloque de hormigón utilizado por el ET tiene forma prismática, suele ser hueco y está elaborado normalmente con cemento Portland y áridos finos y gruesos como arena, gravas o escorias. Además, existe una gran variedad de bloques de hormigón con distinto tamaño, densidad y geometría.

Las perforaciones de dichos bloques se disponen en el eje normal al plano de asiento con el objetivo de reducir el peso de la pieza, aumentar el aislamiento térmico e introducir armado vertical a través de las mismas cuando sea preciso (ANDECE, 2019).

La construcción de este tipo de infraestructuras con bloques de hormigón presenta una serie de ventajas e inconvenientes que se resumen a continuación. Para hallar estos pros y contras se ha entrevistado al personal destinado en la Sección de Construcción del Batallón de Zapadores VII (Ver **ANEXO I**)



Ventajas

- Facilidad de empleo.
- Bajo coste.
- Buena resistencia a compresión.
- Buena resistencia al fuego.
- Gran durabilidad.

Desventajas

- Dificil transporte debido a su peso.
- Fragilidad de los bloques a la hora de su transporte y colocación (se desaprovecha aproximadamente el 10% de los bloques por esta circunstancia).
- Elevado tiempo de fraguado del mortero de unión entre bloques, obligando a dilatar el tiempo de construcción de las diferentes hiladas.

3.2 NORMATIVA

A continuación, se expondrá la normativa con la que trabaja el Batallón de Zapadores VII a la hora de realizar infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento de las unidades.

Esta información será utilizada posteriormente para estudiar la alternativa seleccionada respecto a una edificación tipo real con el objetivo de que cumpla la misma.

3.2.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)

El CTE es el marco normativo que establece los requisitos que deben cumplir las edificaciones en lo relativo a seguridad y habitabilidad conforme a la Ley 38/1999 del 5 de noviembre.

El CTE está dividido en dos partes bien diferenciadas (Ver *Figura 2*). La primera recoge las exigencias en lo relativo a seguridad y habitabilidad y la segunda está formada por los diferentes Documentos Básicos (DB). Dentro de esta parte, es de especial importancia para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento el Documento Básico Seguridad Estructural Fábrica (DB-SE-F).

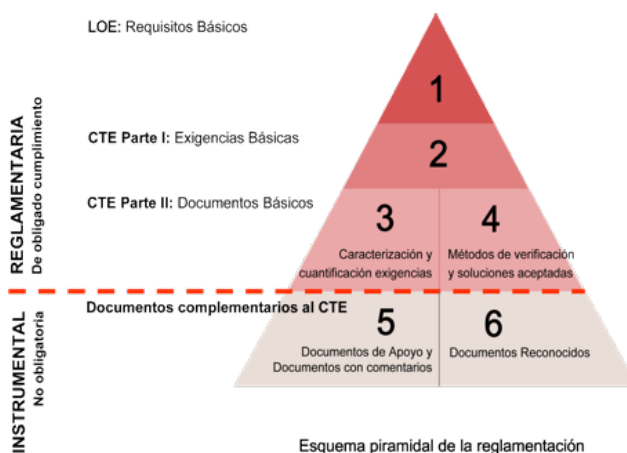


Figura 2 Esquema piramidal de la reglamentación

[<https://www.codigotcnico.org>]



3.2.1.1 DB-SE-F

El DB-SE-F regula la seguridad estructural en muros resistentes asentados mediante mortero de edificaciones realizadas con materiales como ladrillo, bloque de hormigón o cerámica aligerada. Quedan excluidos de este DB otros requisitos a cumplir como la resistencia al fuego.

Este tipo de edificaciones responden a la necesidad por parte del ET para la instrucción y adiestramiento de sus unidades debido a la simplicidad y rapidez en su construcción. Es por ello por lo que este DB será utilizado posteriormente en el **Apartado 5: Comparativa respecto a una edificación tipo real** para:

- Seleccionar los materiales considerando las características mínimas que deben cumplir.
- Realizar el estudio del proceso de construcción en este tipo de edificaciones en la comparativa cuantitativa final.

Dichas características mínimas a cumplir son las siguientes:

- El mortero de unión tendrá una resistencia a compresión superior a 1 N/mm².
- Las armaduras tendrán una resistencia característica de anclaje de 1,8 N/mm².
- El recubrimiento de mortero, por encima y por debajo de la armadura a tendel, no será menor que 2 mm.
- La longitud de entrega de los dinteles de puertas y ventanas debe ser superior a 100 mm y al canto del mismo.
- La resistencia a compresión de la edificación será acorde a la siguiente tabla:

Resistencia normalizada de las piezas, f_b (N/mm ²)	5		10		15		20		25
Resistencia del mortero, f_m (N/mm ²)	2,5	3,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	-	-	3	3	3	3	3	3	3
Ladrillo macizo	2	2	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	2	2	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	2	2	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	1	1	2	3	4	4	5	6	6

Tabla 1 Resistencias a compresión de fábricas

[DB-SE-F, p.15]

Posteriormente, en la comparativa entre la técnica constructiva seleccionada y la construcción con bloques de hormigón, se especificarán los requerimientos constructivos indicados en este documento con el objetivo de adecuar las técnicas de construcción con los materiales estudiados.

3.2.2 Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)

La EHE conforma el marco normativo que deben cumplir las estructuras de hormigón para cumplir las exigencias de seguridad estructural, seguridad en caso de incendio y protección del medio ambiente. Estas exigencias deben cumplirse tanto en el proyecto como en la construcción y mantenimiento de la edificación.

Respecto al ámbito de aplicación, destaca que afecta a elementos estructurales mixtos de hormigón y acero estructural u otro material con función resistente, muy utilizados por el ET en el tipo de infraestructuras estudiadas.

Dentro de la EHE, es de especial relevancia para este trabajo el **Capítulo VI: Materiales**. Este capítulo recoge las condiciones que deben cumplir los materiales utilizados en estructuras de hormigón. Al igual que respecto al DB-SE-F, posteriormente, en la comparativa entre la



técnica constructiva seleccionada y la construcción con bloques de hormigón, se especificarán los requerimientos constructivos indicados en este Capítulo y utilizados para dicha comparativa.

A partir del 10 de noviembre de 2021 entra en vigor una nueva instrucción que viene a sustituir a la presente. Sin embargo, no es objeto de estudio y aplicación en este trabajo.

3.2.3 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras en el ámbito del Ministerio de Defensa (PPTDEF)

El PPTDEF contiene las condiciones aplicables a la hora de ejecutar obras adscritas al Ministerio de Defensa (MINISDEF).

Este documento recoge todo lo relativo a la dirección y subcontratación de obras, las obligaciones del contratista, la documentación técnica necesaria para toda obra, el desarrollo y control de obras (plan de obra, replanteos de detalle, instalaciones auxiliares de obra, etc.) y el abono de las mismas.

Esta documentación es utilizada por parte de MINISDEF a la hora de realizar los proyectos de construcción de sus infraestructuras. Debido a que dicho proyecto de construcción no es objeto de estudio en este trabajo, toda la documentación necesaria ya mencionada y recogida en el PPTDEF no ha sido utilizada posteriormente en ningún apartado.

Sin embargo, el PPTDEF también incluye las condiciones generales que deben cumplir todos los materiales de una obra y las condiciones que deben cumplir las unidades a la hora de hacer trabajos como el movimiento de tierras, la pavimentación, la construcción de estructuras de hormigón o la instalación de cubiertas entre otras.

En este aspecto, el PPTDEF no es un documento normativo que especifique todo aquello que deben cumplir los materiales de una obra, sino que referencia a los documentos y las normas que desarrollan las condiciones generales de cada uno de los materiales.

Esta normativa que viene recogida en el PPTDEF y utilizada posteriormente ya ha sido estudiada y corresponde el CTE y a la EHE.

3.2.4 Pliego de prescripciones técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)

Este documento recoge las instrucciones necesarias para la construcción de carreteras y puentes, además de las condiciones técnicas referentes a los materiales y unidades de obra.

Dentro de esta normativa, para la realización de este trabajo se ha utilizado el “Artículo 510: Zahorras”.

3.3 MEDIOS AUXILIARES

La maquinaria con la que cuenta el Batallón de Zapadores VII está integrada dentro de la Sección de Maquinas de la Compañía de Apoyo y es la siguiente:

- Cargadora compacta BOBCAT S250
- Minicargadora BOBCAT 853
- Minicargadora GEHL SL- 6640 SXT (Tres unidades)
- Retrocargadora AUSA RC5 (Tres unidades)
- Retrocargadora HIDROMEK HMK102B
- Retrocargadora JCB 3CX - 4T (Dos unidades)
- Compactador ATLAS AW – 1110



- Motoniveladora NEW HOLLAND F106
- Topadora de cadenas CATERPILLAR D5K2
- Topadora de cadenas KOMATSU D31 E – 20 (Dos unidades)
- Camión volquete IVECO M250 (Tres unidades)
- Camión aljibe IVECO M250

Además de la maquinaria citada, la Sección de Construcción de la Compañía de Apoyo cuenta con todo tipo de material auxiliar para la ejecución de cualquier obra (motosierras, hormigoneras, radiales, taladros, generadores eléctricos, etc.)

4. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se van a analizar los distintos materiales que pueden ser empleados como alternativa a los bloques de hormigón en la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento, comparando sus características técnicas. Posteriormente, se seleccionará la mejor alternativa por medio del método Scoring.

Estos materiales, considerados como los más interesantes para la construcción de este tipo de infraestructuras, han sido seleccionados en función de las entrevistas realizadas al personal de la Sección de Construcción (Ver **ANEXO I**).

4.1 TERMOARCILLA

La termoarcilla es una técnica constructiva basada en bloques formados por cerámica de baja densidad cuyo tamaño es mayor que el ladrillo convencional. Estos bloques están formados por arcilla mezclada con componentes granulares que se gasifican durante el proceso de cocción (De Isidro, 2002).

Se utilizan tanto para cerramientos de fachadas o muros de carga como para tabiquería interior y se pueden utilizar como muros de carga para edificaciones de una o varias plantas. Sus propiedades hacen que sea un material con buen comportamiento mecánico, térmico y acústico.

Las piezas base de una construcción con termoarcilla presentan distintos tamaños (Ver *Tabla 2*) en función del uso que se les quiera dar. Sin embargo, es importante destacar que únicamente los bloques de 24 y 29 cm se pueden utilizar para realizar muros de carga (Consorcio Termoarcilla, 2004).

Bloque de termoarcilla	Dimensiones (En cm.): longitud x espesor x altura	Masa (En Kg.)
BLOQUE DE 14	30X14X19	6,5-8,0
BLOQUE DE 19	30X19X19	8,0-10,5
BLOQUE DE 24	30X24X19	10,0-13,0
BLOQUE DE 29	30X29X19	12,0-15,2

Tabla 2 Dimensiones y masa de las piezas base de termoarcilla

[<https://www.termoarcilla.com>]



En los últimos años, han surgido nuevos tipos de bloques de termoarcilla que resultan una alternativa a los bloques de termoarcilla tradicionales. Estos nuevos bloques aportan una notable mejora térmica respecto a los bloques tradicionales y se diferencian por la geometría interior de sus celdillas :

- Termoarcilla ECO1: Presenta una geometría basada en celdas rectangulares alineadas entre sí.



Figura 3 bloque de Termoarcilla ECO 1

[<https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-prestaciones-termicas-los-muros-bloques-ceramicos-uso-construcciones-passivhaus>]

- Termoarcilla ECO 2: Presenta una geometría basada en celdas rectangulares dispuestas a tresbolillo.

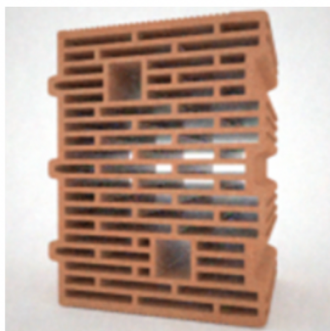


Figura 4 Bloque de termoarcilla ECO2

[<https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-prestaciones-termicas-los-muros-bloques-ceramicos-uso-construcciones-passivhaus>]

- Termoarcilla ECO 3: Presenta una geometría basada en celdas romboides dispuestas a tresbolillo.

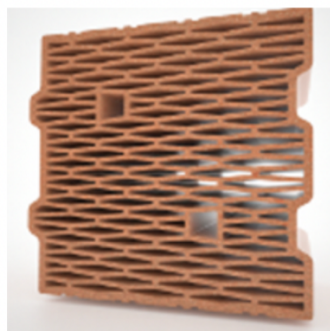


Figura 5 Bloque de termoarcilla ECO 3

[<https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-prestaciones-termicas-los-muros-bloques-ceramicos-uso-construcciones-passivhaus>]



Sin embargo, para este trabajo se ha seleccionado como alternativa a comparar el bloque de termoarcilla tradicional por ser el más común y utilizado actualmente en el sector de la construcción y porque la mejora térmica que aportan estos nuevos bloques no resulta de especial interés para el tipo de edificación que se está estudiando en el presente trabajo.

Además de los bloques de termoarcilla, existen otro tipo de piezas específicas como dinteles o piezas de esquina destinadas a poder satisfacer situaciones complejas de montaje, debido a la dificultad que presenta el cortar los bloques de termoarcilla.

La termoarcilla presenta las siguientes ventajas e inconvenientes²:

Ventajas

- Facilidad en el transporte de las piezas.
- Excelente aislante térmico.
- Buen aislante acústico.
- Aceptable resistencia mecánica.
- Excelente resistencia al fuego.
- Construcción sostenible.
- Rapidez de ejecución.
- Son bloques impermeables al agua de lluvia y permeables al vapor de agua.

Desventajas

- Dificil división de las piezas, haciendo que pierdan parte de sus cualidades.
- Necesidad de disponer de una gran variedad de piezas para construcciones complejas con el objetivo de evitar partir los bloques de termoarcilla.
- Requiere cierto nivel de formación y conocimiento de la termoarcilla con el objetivo de utilizarla adecuadamente y aprovechar completamente sus cualidades.

4.2 YTONG

El YTONG es un material de construcción formado por bloques de hormigón celular (Ver Figura 6) formados a partir de arena de sílice, cal, cemento, agua y un agente expansivo como es el polvo de aluminio. Este último, al reaccionar con el agua produce hidrógeno. El hidrógeno se expande y forma microporos de entre 0,5 y 1,5 mm (Verónica and Cushicondor, 2013).

Esta mezcla da lugar a un material liviano con pequeñas burbujas distribuidas uniformemente que puede utilizarse tanto para muros interiores como exteriores, así como para tabiquería y edificaciones en altura.

² Estas ventajas e inconvenientes han sido obtenidas a partir del estudio de las siguientes páginas web especializadas:

- <https://www.slowstudio.es/research/construir-una-casa-con-termoarcilla>
- <https://arquitectura-sostenible.es/ventajas-termoarcilla/>
- <https://era.archi/casa-de-termoarcilla-rectificada-que-es-cuanto-cuesta-em2/>



Figura 6 Bloque de YTONG

[<https://www.ytong.es>]

Actualmente existe una gran variedad de materiales prefabricados de YTONG que permiten dar solución a problemas que podamos encontrar a la hora de realizar una edificación. Entre ellos se encuentran dinteles, paneles o bloques de zuncho, además de elementos no portantes como tabiques (YTONG España / Grupo Xella, 2019)

El YTONG presenta las siguientes ventajas e inconvenientes³:

Ventajas

- Buena resistencia a compresión. Esta puede variar en función de la densidad del bloque (a mayor densidad, mayor resistencia).
- Material poco pesado que es fácil de transportar.
- Gran trabajabilidad (es fácil de cortar, perforar o lijar).
- Facilidad de puesta en obra.
- Material sostenible y ecológico.
- Extraordinaria resistencia al fuego.
- Gran absorción acústica.
- Buen aislante térmico.

Desventajas

- Dificil adquisición debido a que no es un material muy utilizado actualmente. En las zonas en donde se encuentran desplegadas actualmente las FAS es todavía menos común.
- Elevado precio respecto al bloque de hormigón.

³ Estas ventajas e inconvenientes han sido obtenidas a partir de las siguientes publicaciones:

- YTONG España / Grupo Xella, 2019
- Regalado González and de la Cruz Hernández, 2015
- Verónica and Cushicondor, 2013



4.3 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

La construcción con tierra es una técnica constructiva tradicional que se lleva utilizando desde hace siglos y en infinitud de culturas y sociedades. Su uso se remonta al año 8000 antes de Cristo, haciendo que durante milenios la tierra sea el principal material de construcción.

La tierra es un material accesible, económico y que se puede encontrar prácticamente en cualquier lugar. Su accesibilidad y versatilidad son las principales características que posee, haciendo que siga siendo hoy en día el principal material de construcción en poblaciones que se basan en la autoconstrucción y con pocos recursos económicos.

Sin embargo, no se utiliza únicamente en estas zonas geográficas. Su elevada sostenibilidad, sus buenas características técnicas y su aspecto económico han despertado el interés por parte de numerosas empresas, haciendo que sea un material cada vez más utilizado en cualquier parte del planeta.

Además, su elevada sostenibilidad la hace cada vez más interesante ante la evidencia de una creciente preocupación por el medio ambiente. De echo, para S. Bestraten, E. Hormías, A. Altemir (Bestraten, Hormías and Altemir, 2011)

“A las puertas de la actual visión de la arquitectura sostenible, es obligado recuperar la tierra cruda como material de construcción; tan conocido y validado por la historia como también casi olvidado por el progreso del siglo XX”

La construcción con tierra presenta las siguientes ventajas e inconvenientes (González Taratiel, 2014):

Ventajas

- Construcción sencilla (es fácil enseñar a construir infraestructuras con tierra).
- Resulta sencillo acceder a esta materia prima.
- Es un material sostenible con el medio ambiente.
- Material muy económico.

Desventajas

- Elevado tiempo de construcción.
- Necesita un mayor mantenimiento.
- Mal aislante térmico.

Tenemos numerosas técnicas constructivas que utilizan la tierra como material de construcción. Entre ellas existen técnicas como la utilización de adobas o la construcción con COB⁴ que resultan poco útiles para el ET por diversos motivos (elevado tiempo de construcción, necesidad de un excesivo mantenimiento, técnica demasiado rudimentaria, etc.). Sin embargo, las siguientes técnicas constructivas han sido escogidas como las más interesantes y son objeto de análisis.

Posteriormente se seleccionará una de estas alternativas de construcción con tierra para la comparativa en el estudio de alternativas.

⁴ Técnica constructiva que utiliza una mezcla de arcilla, arena, paja, agua y tierra que consiste en levantar muros apilando directamente dicha mezcla con las manos.



4.3.1 TAPIAL

La técnica del tapial utiliza tierra apisonada que se encofra para dar lugar a muros monolíticos. Para ello, se utiliza normalmente un encofrado en base a madera (Ver *Figura 7*), el cual se rellena con capas de tierra cada 10-15 cm compactadas sucesivamente. Estos encofrados se retiran una vez el tapial está finalizado y son recuperables.



Figura 7 Montaje de encofrados para tapial de tierra

[González Taratiel, A]

La arena debe estar totalmente libre de materia orgánica y su composición ideal estará formada por arena en un 40-50%, arcilla en un 15-25%, limo en un 20-35% y gravas en un 0-15%. La cantidad de agua que contenga la tierra es especialmente relevante a la hora de evitar futuras grietas (González Taratiel, 2014)



Figura 8 Edificación realizada con tapial de tierra estabilizada

[Guerrero Baca y Soria López]

Existe la posibilidad de mezclar la tierra con otros materiales como el cemento con el objetivo de mejorar propiedades como la resistencia a compresión. A este tipo de tierra se le conoce como tierra estabilizada.



4.3.2 MÉTODO PISE

Pneumatic impact stabilized earth es como se conoce a esta técnica constructiva que se basa en proyectar a alta presión la tierra estabilizada con cemento Portland sobre un encofrado de una cara (Ver *Figura 9*). Se construye por capas de entre 60 y 90 cm de espesor y se dejan secar parcialmente entre 30 y 60 minutos para construir la siguiente capa. Además, el encofrado es reutilizable una vez retirado de la capa ya seca (González Taratiel, 2014)

El método PISE cuenta con importantes ventajas respecto a otras técnicas constructivas con tierra:

- Elevada resistencia mecánica, llegando a ser cuatro veces superior a la de otras técnicas como las adobas.
- Aporta libertad formal a la estructura ya que el encofrado da la forma.
- Gran rapidez de ejecución.

La principal desventaja de esta técnica constructiva es la necesidad de disponer de maquinaria especializada como es la máquina de gunitar, necesaria para proyectar la tierra sobre el encofrado. Actualmente la Brigada “Galicia” VII no cuenta con ninguna a su disposición.



Figura 9 Método PISE

[González Taratiel, A]

4.3.3 SUPERADOBE

Esta técnica utiliza sacos de polipropileno rellenos con tierra estabilizada que se cierran y se van apilando (Ver *Figura 10*). Entre estos sacos se coloca alambre de espino con el objetivo de mejorar la adherencia entre cada uno de los mismos.

Una vez construida la edificación, se calienta el interior con el objetivo de secar la estructura y se recubre tanto el interior como el exterior con materiales como barro o pintura con el objetivo de aportar el acabado necesario (González Taratiel, 2014).

La versatilidad es la principal característica de esta técnica constructiva tanto por la libertad de disposición de los sacos como por la capacidad de adquirir distintas geometrías estructurales.



Figura 10 Edificación de superadobe

[González Taratiel, A]

4.3.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA POR MEDIO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Todas estas técnicas constructivas estudiadas que utilizan la tierra como principal material de construcción resultan de interés a la hora de ser aplicadas a la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento. Sin embargo, presentan una serie de desventajas a la hora de ser ejecutadas en el ámbito del ET que hacen que unas sean más aptas que otras.

En el caso de método PISE, esta técnica requiere de una máquina de gunitar que actualmente no dispone el Batallón de Zapadores VII, lo que supondría un desembolso extra a la hora de adquirirla o alquilarla cada vez que se vaya a realizar una edificación.

Por otro lado, la técnica del superadobe requiere de medios para calentar y así secar el interior de la estructura. Esto supone un problema logístico añadido en función de dónde se quiera realizar la edificación.

Finalmente, la técnica basada en la construcción con tierra seleccionada para comparar con el resto de las alternativas propuestas ha sido el tapial. Esta decisión se ha fundamentado en la facilidad que supone su puesta en obra, su aspecto económico y lo fácil que resulta encontrar las herramientas constructivas necesarias como la madera para el encofrado.

4.4 COMPARATIVA TÉCNICA ENTRE ALTERNATIVAS

En la siguiente tabla se comparan técnicamente cada una de las técnicas constructivas propuestas como alternativa respecto al bloque de hormigón (Ver *Tabla 3*) con el objetivo de aportar una mayor información acerca de las ventajas y desventajas de cada una de las mismas.

Se han seleccionado las siguientes características técnicas a comparar debido a que se han considerado, por un lado, las más útiles para este tipo de infraestructuras (la resistencia mecánica y la resistencia al fuego), o porque son útiles para comparar técnicamente cualquier material de construcción (Aislamiento acústico y resistencia térmica).



Características	Termoarcilla 24 cm ⁵	Ytong 25 cm ⁶	Tapial ⁷	Bloque de hormigón ⁸
Resistencia mecánica (N/mm ²)	12,5	3,0	3,0 – 4,0	> 6,0
Resistencia al fuego	REI 240	REI 240	REI 90	REI 120
Aislamiento acústico (dBa)	51,6	45,0	57,85	> 45,0
Conductividad térmica (W/mK)	0,276	0,09	0,6-1,6	1,3

Tabla 3 Comparativa técnica de las alternativas

[Elaboración propia]

4.5 ENTREVISTAS Y ENCUESTAS A PERSONAL EXPERTO

Se han realizado una serie de entrevistas y encuestas con el objetivo de desarrollar el estado del arte de las infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento, así como comparar las distintas alternativas constructivas mediante el método Scoring para escoger la mejor.

La primera entrevista (Ver **ANEXO I**) se ha realizado a todo el personal destinado en la Sección de Construcción de la Compañía de Apoyo. Este personal cuenta con amplia experiencia en obras tanto civiles como militares. Estas han ayudado a confeccionar el estado del arte, especialmente en lo relativo al **Apartado 3.1: Bloques de Hormigón**.

Por otro lado, se han realizado dos encuestas (Ver **ANEXO I**) destinadas a dos grupos diferentes.

La primera encuesta se ha realizado a todos los Oficiales del Batallón de Zapadores VII, además de al personal de la Sección de Construcción (14 personas entrevistadas) con el objetivo de que valorasen la importancia de una serie de características técnicas propuestas para la construcción de PICOZU. Estas características han sido seleccionadas por personal militar con experiencia en este ámbito, que las han considerado como las más interesantes en lo relativo a la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento. Dicho personal militar con experiencia ha sido el Capitán D. Juan Manuel Viñés Vitaller, diplomado en el curso de Vías y Castrametación; y el Capitán D. Alejandro Garrido López, tutor militar del presente trabajo y Capitán Jefe de la Compañía de Apoyo del Batallón de Zapadores VII. Cada una de las características seleccionadas han sido puntuadas por el personal con los valores del 1 al 5 (De menos a más interesante).

La segunda encuesta se ha realizado a personal civil que ha trabajado con cada una de las técnicas constructivas propuestas (4 personas entrevistadas) y que representan a los agentes técnicos involucrados en construcción (Arquitectos, arquitectos técnicos e ingenieros), para contemplar todos los puntos de vista. Han valorado estas mismas características (previamente ponderadas en función de su importancia por el grupo 1) respecto a cada una de las alternativas para saber qué material cumple mejor cada una de ellas (puntuando también del 1 al 5). En función de esta valoración aplicando las ponderaciones obtenidas en la primera encuesta, se han comparado las alternativas por medio del método Scoring (Ver *Tabla 4*).

⁵ Ficha técnica termoarcilla 24 cm, Cerámicas San Pedro

⁶ YTONG España / Grupo Xella, 2019

⁷ Bestraten, Hormías and Altemir, 2011

⁸ Ficha técnica bloque de hormigón 40x20x20 cm, Prefaga



El método Scoring es una herramienta de decisión multicriterio en donde se valoran unas determinadas características para las técnicas constructivas seleccionadas (Termoarcilla, YTONG, tapial y bloque de hormigón). Dichas técnicas se comparan entre sí en función de la valoración que se les asigne con respecto a las características ya previamente ponderadas. En este caso se valoran 14 características consideradas como las más importantes para la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento dentro del ET. Las ponderaciones y valoraciones han sido extraídas de las encuestas y se pueden consultar junto a las mismas en el **ANEXO I**.

Tras obtener los datos se aplica la fórmula SCORING:

$$S_j = \sum(w_i \times r_{i,j})$$

Siendo:

S_j Puntuación del SCORING para cada caso.

w_i Ponderación de la característica.

$r_{i,j}$ Media de la característica para cada caso.

Finalmente se han obtenido los siguientes resultados a partir de la fórmula:

	Ponderación	Termoarcilla	YTONG	Tapial	Bloque de hormigón
Bajo coste	3	3	2,5	4,75	4
Facilidad de reparación y mantenimiento	4	2,75	3,25	4,75	3
Poca necesidad de medios auxiliares	2,67	3,5	3	4,5	3,25
Versatilidad en el empleo	4,83	3,75	4	2,5	3,5
Resistencia a compresión	3,5	4,5	4,75	4,5	4
Resistencia al fuego	2,83	5	4,25	4,75	4,5
Facilidad de instalación	4,75	3,75	4	3,25	3,75
Facilidad de adquisición de materiales	4,5	4,5	3	4,5	3,75
Facilidad de transporte de materiales	4,33	4,25	4,25	4,5	3,5
Vida útil de la edificación	4,83	4,5	4,25	3,75	4
Versatilidad para la modificación	3,92	3,25	3,25	3	2,75
Poco tiempo de construcción	4	3,5	2,75	3,5	3,25
Poca necesidad de formación	4,08	2,75	2,5	3,75	4,5
Realismo	3,58	3,5	1	4,75	3,5
		206,05	185,43	217,88	200,15

Tabla 4 SCORING

[Elaboración propia]



4.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Como se puede observar, la mayor puntuación es conseguida por la alternativa de construcción con tierra utilizando tapial. La segunda alternativa con mayor puntuación es la de la termoarcilla, seguida del bloque prefabricado de hormigón. Finalmente, la menos interesante respecto a las características propuestas y las valoraciones asignadas es el YTONG.

Tras obtener estos resultados se ha seleccionado como alternativa a estudiar respecto a una edificación real la **construcción con tierra** (por medio de tapial), comparándola con el bloque de hormigón, que es la técnica más utilizada actualmente en el ET.

5. COMPARATIVA RESPECTO A UNA EDIFICACIÓN TIPO REAL

En este apartado se va a comparar la alternativa seleccionada anteriormente (el tapial) respecto a la construcción con bloques de hormigón. Para ello se escogerá una edificación tipo del PICOZU y se hará un estudio de los materiales, las jornadas de trabajo y los medios auxiliares necesarios para ambas técnicas constructivas, así como de sus presupuestos.

5.1 SELECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

La Brigada “Galicia” VII se ubica en la Base “GENERAL MORILLO” (Pontevedra). Junto a ella se encuentra el Campo de Maniobras y Tiro (CMT) “GENERAL MORILLO” (Ver *Figura 11*). En este CMT se encuentra el PICOZU, en donde las unidades se instruyen en numerosos aspectos del combate urbanizado.



Figura 11 Base “GENERAL MORILLO” y PICOZU

[Fuente: Google Maps]

El PICOZU cuenta con edificaciones de diferentes dimensiones y alturas. Concretamente dispone de seis edificaciones tipo distribuidas a lo largo de toda la zona y la edificación tipo seleccionada para su estudio y comparación es la estructura nº 2 (Ver *Figura 12*).



Figura 12 Edificación tipo nº2

[El autor]

Esta estructura (Ver Figura 12) de una altura está construida en base a bloques de hormigón de 40 x 20 x 20 cm y tiene unas dimensiones de 12 m de longitud, 3 m de anchura y 2,6 m de altura hasta su cubierta. Además, cuenta con una pared interior con hueco de puerta que divide a la edificación en dos habitaciones.

Los lados cortos de la edificación cuentan con tronera a nivel del terreno y los lados largos de la fachada disponen de un hueco de ventana y una puerta.

La edificación tiene una superficie aproximada de 36 m².

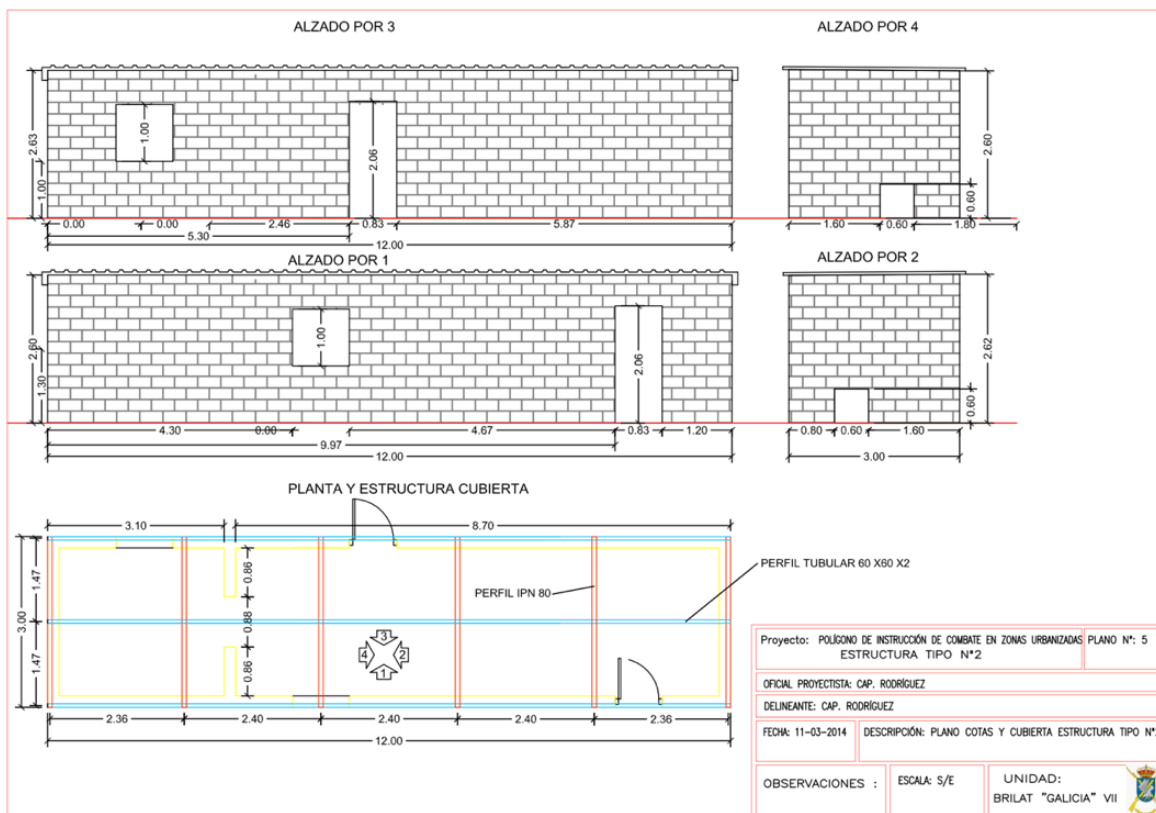


Figura 13 Planos del proyecto de construcción de la edificación

[Proyecto de construcción del PICOZU en el CMT "General Morillo" (Pontevedra), 2014]



Como ya se ha dicho anteriormente, esta edificación forma parte del PICOZU y sus planos (Ver *Figura 13*) forman parte del proyecto de construcción del mismo. Sin embargo, y a pesar de ser una edificación ya realizada, se han añadido las siguientes modificaciones a la hora de desarrollar los siguientes apartados con el objetivo de adaptar el diseño a la normativa actual estudiada en el **Apartado 3.2: Normativa**:

- Se ha añadido una viga de coronación de 0,16 x 0,2 m que rodea a toda la edificación en donde apoyará la cubierta. En el caso de la edificación con tapial, las dimensiones serán de 0,2 x 0,45 m.
- Se han añadido dinteles encima de cada una de las puertas y ventanas de la edificación de dimensiones 1,6 x 0,16 x 0,2 m en el caso de la edificación con bloques de hormigón y de 1,6 x 0,2 x 0,45 m en el caso de la edificación con tapial.

A continuación, en los siguientes apartados, se ha llevado a cabo el estudio y comparativa entre la alternativa de construcción con tierra por medio de tapial, y la construcción con bloques de hormigón.

Para dicho estudio el autor se ha apoyado en el programa Arquímedes que, además de ofrecer el presupuesto, desglosa en las diferentes partidas de obra que se seleccionan para la construcción, la cantidad de cada material necesario, la maquinaria auxiliar y las horas de personal necesarias. Dichas partidas se ofrecen por unidad de medida (por ejemplo, para la construcción de la losa, la unidad de medida son los m³ de losa), por lo que deberá posteriormente calcularse para el total de cada partida en la obra.

5.2 ESTUDIO DE LOS MATERIALES NECESARIOS

Uno de los aspectos más importantes a analizar a la hora de realizar una comparativa entre dos técnicas constructivas es el de los materiales necesarios para construir una misma edificación. Para seleccionar y cuantificar los materiales necesarios de la edificación tipo seleccionada se ha utilizado el programa Arquímedes. Todos ellos cumplen con la normativa estudiada en el **Apartado 3.2: Normativa**.

5.2.1 EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN

Las mediciones para el estudio de los materiales necesarios para la construcción de la edificación por medio de bloques de hormigón han sido tomadas por medio del plano del proyecto de construcción de la misma (Ver *Figura 13*).

Tras obtener dichas mediciones, se ha procedido a la selección de los materiales utilizados para la realización de la edificación conforme a la normativa estudiada.

Por medio del programa Arquímedes se han ido seleccionando cada uno de los materiales a utilizar junto con las dimensiones de la parte de la edificación que constituyen, aportando el programa la cantidad específica necesaria de cada uno de los mismos.

La edificación está asentada sobre una losa de hormigón armado Ha25IIa de 30 cm de espesor. Además, cuenta por debajo con un enchado de zahorra de 10 cm de espesor.

Los áridos relativos a los hormigones cumplirán con lo relativo al Artículo 28: Áridos de la EHE, teniendo un tamaño de áridos superior a $D/d = 1,4$ siendo D el tamaño de los áridos de mayor tamaño y d el tamaño de los áridos de menor tamaño.

La zahorra se atenderá a lo tratado en el Artículo 510 del PG-3, en donde se recoge el tipo de áridos a utilizar, así como las condiciones necesarias para su puesta en obra.

La fachada y el tabique interior están formados por bloques de hormigón de 40 x 20 x 20 cm. La resistencia a compresión de la edificación cumplirá con el DB-SE-F (Ver *Tabla 1*). En las



puertas y ventanas de cada fachada se instalará un dintel de 1,6 x 0,16 x 0,2 m conforme al DB-SE-F.

Además, los bloques son huecos y están rellenos de mortero ordinario y reforzados vertical y horizontalmente (Ver Figura 14) con acero corrugado soldable de alta resistencia (B400S) que cumplirá con lo relativo al apartado de “Armaduras” de la EHE y al DB-SE-F.

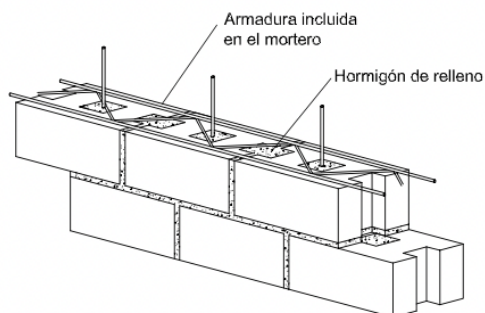


Figura 14 Muro con bloques huecos con armadura vertical y a tendel

[DB-SE-F, p.36]

Además, tal y como se ha dicho anteriormente, se instalará una viga de coronación que rodee toda la fachada y en donde se asentarán las correas y la cubierta. Esta tendrá unas dimensiones de 16 x 20 cm.

La cubierta está construida en base a chapa grecada de acero de 0,6 mm de espesor sobre dinteles de perfiles laminados IPN80 y correas de acero galvanizado S275 en perfiles conformados tubulares de 60 x 60 x 2 mm. Esta cubierta no es transitable.

A partir de lo descrito anteriormente, se ha elaborado la siguiente tabla con todos los materiales necesarios para la realización de la edificación:

Denominación del material	Cantidad
Madera de pino de encofrar 26 mm	0,014 m ³
Cemento CEM II/B-M 42,5 R sacos	0,670 t
Hormigón HA-25/B/20/I central	1,596 m ³
Hormigón HA-25/B/20/IIa central	11,880 m ³
Material de ensamble estructural	72,800 unidades
Arena de río 0/5 mm	2,808 m ³
Minio electrolítico	2,340 kg
Chapa de acero galvanizado 0,6 mm	41,400 m ²
Zahorra normalizada Z-II	4,320 m ³
Vigueta armada < 4 m	36,400 m
Acero corrugado B500S	583,200 kg
Acero laminado E275	117,700 kg
Alambre de atar 1,30 mm	2,722 kg
Acero corrugado B400S	183,540 kg
Bloque de hormigón gris 40x20x20	1.037 unidades



Puntas 20x100	0,108 kg
Tubo rectangular 60x60x2 mm	133,350 kg
Agua	0,498 m ³
Pequeño material	46,609 unidades
Tornillería y pequeño material	36 unidades
Arena de río 0/5 mm	1,972 m ³
Grava 40/80 mm	3,960 m ³

Tabla 5 Cuadro de materiales necesarios para construcción con bloques de hormigón

[Elaboración propia]

5.2.3 EDIFICACIÓN CON TAPIAL

El proceso de obtención de los materiales necesarios para la realización de la edificación seleccionada utilizando la construcción con tapial de tierra ha sido idéntica a la de la edificación con bloques de hormigón.

Sin embargo, en este caso, las mediciones necesarias para dicho proceso han sido obtenidas a partir de los planos realizados por el autor por medio del programa AutoCAD (Ver Figura 15 y Figura 16).

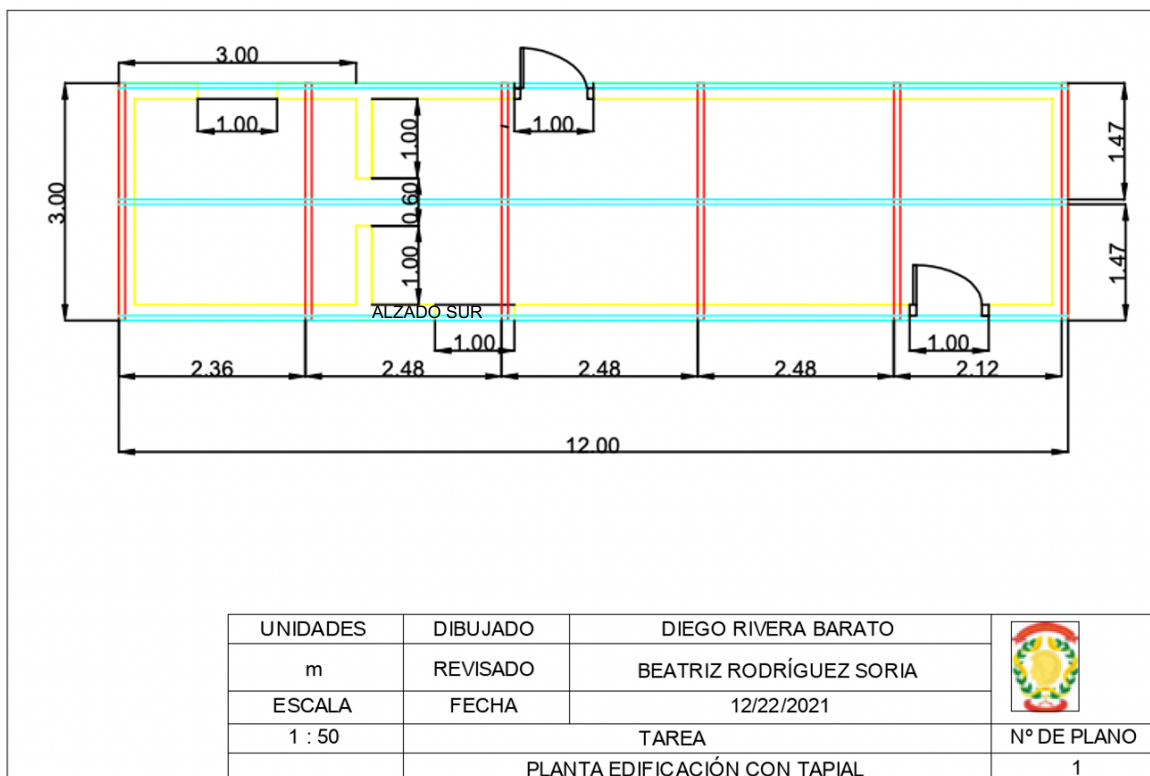


Figura 15 Planta de la edificación con tapial

[Elaboración propia]

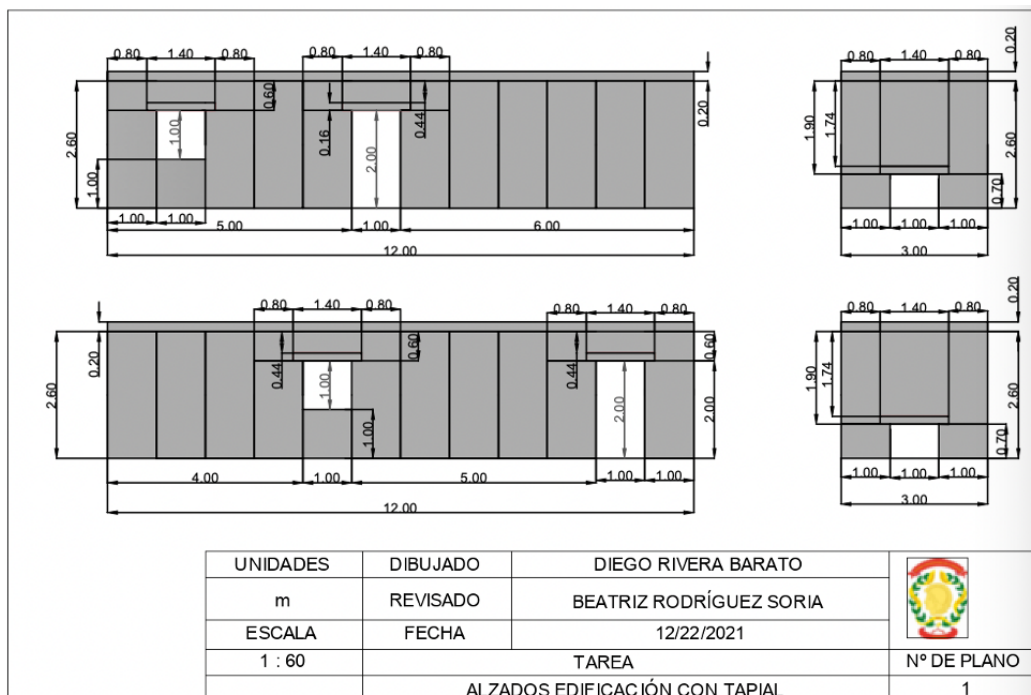


Figura 16 Alzados edificación con tapial

[Elaboración propia]

Respecto a la cimentación, se ha decidido utilizar la misma losa de hormigón armado que con los bloques de hormigón, siendo de Ha25IIa de 30 cm de espesor con un enchado de zahorra de 10 cm.

Los áridos relativos a los hormigones cumplirán con lo relativo al Artículo 28: Áridos de la EHE-08, teniendo un tamaño de áridos superior a $D/d = 1,4$ siendo D el tamaño de los áridos de máximo tamaño y d el tamaño de los áridos de menor tamaño.

La zahorra se atenderá a lo tratado en el Artículo 510 del PG-3, en donde se recoge el tipo de áridos a utilizar, así como las condiciones necesarias para su puesta en obra.

La fachada está construida por medio de muro de tapial de 45 cm de espesor. Como ya se ha hablado previamente en el estudio de esta técnica constructiva, el tapial requiere de un encofrado de madera en donde añadir las sucesivas capas de 10-15 cm de tierra. Para esta edificación se han escogido tres tipos de encofrado de madera de distintos tamaños (Ver Tabla 6) para así realizar el total de la edificación. Este encofrado es recuperable una vez se ha llenado y compactado la tierra de su interior, retirándose y volviendo a ser utilizado para realizar un nuevo tapial.

Tipo de encofrado	Dimensiones (Largo x Alto x Ancho)	Descripción
Encofrado 1	1.0 x 2.6 x 0.45 m	Encofrado para los muros y tabiques interiores
Encofrado 2	0.8 x 1.9 x 0.45 m	Encofrado para las partes laterales de los dinteles
Encofrado 3	1.4 x 1.74 x 0.45 m	Encofrado para las partes superiores de los dinteles

Tabla 6 Dimensiones de los encofrados

[Elaboración propia]



Tal y como se puede ver en los planos de la edificación (Ver *Figura 15*), cada uno de los tres tipos de encofrados se pueden utilizar para realizar tapias de distintas alturas en función de las necesidades. Estos se han diseñado así con el objetivo de optimizar los recursos de tal forma que simplemente sea necesario tres tipos distintos.

Esto se consigue señalizando en cada uno de los encofrados una serie de alturas ya preestablecidas y fácilmente identificables de hasta donde es necesario completar con tierra en función de la necesidad constructiva. De esta forma cada tipo de encofrado tiene diferentes alturas señalizadas y son las siguientes:

Tipo de encofrado	Alturas señalizadas
Encofrado 1	0,7 m / 1,0 m
Encofrado 2	0,6 m / 1,74 m
Encofrado 3	0,44 m

Tabla 7 Alturas señalizadas de los encofrados

[Elaboración propia]

Los dinteles de puertas y ventanas serán de madera de pino con unas dimensiones de 20 x 45 cm y cumplirán con el DB-SE-F en lo relativo a dinteles, teniendo una entrega superior a 100 mm y a su canto.

La cubierta estará realizada en base a tableros de madera de ripia de 15 mm de espesor. Esta estará asentada sobre correas de madera de pino de 16 x 20 cm y de 20 x 24 cm. Al igual que con los bloques de hormigón, la cubierta no es transitable.

Finalmente se ha elaborado la siguiente tabla con los materiales necesarios para la realización de la edificación. Al igual que con la construcción por medio de bloques de hormigón, estos materiales se han obtenido a partir del programa Arquímedes:

Denominación del material	Cantidad
Madera de pino tratada	4,136 m3
Madera de pino para encofrar 26 mm	1,490 m3
Cal apagada	0,120 t
Hormigón HA-25/B/20/IIa central	11,880 m3
Materia de ensamble estructural	188 unidades
Arena de río 0/5 mm.	1,162 m3
Zahorra normalizada Z-II	4,320 m3
Tabla de pino de 15 mm. de espesor	39,600 m2
Tierra	29,500 m3
Acero corrugado B500S	583,200 kg
Alambre de atar 1,30 mm	10,102 kg
Puntas 20x100	3,798 kg
Agua	1,024 m3

Tabla 8 Cuadro de materiales necesarios para la construcción con tapia

[Elaboración propia]



5.3 ESTUDIO DE LOS MEDIOS AUXILIARES

Ambas técnicas constructivas comparten la maquinaria y medios auxiliares necesarios para la construcción de la edificación (Ver *Tabla 9*).

El Batallón de Zapadores VII cuenta con los medios para la ejecución de la obra, no siendo necesario su compra o contratación y no habiendo ninguna diferencia entre ambas técnicas constructivas en este aspecto.

Estos medios auxiliares son los siguientes:

Denominación de la maquinaria	Cantidad
Motoniveladora de 200 CV	0,054 h
Retrocargadora neumática de 100 CV	0,720 h
Pala cargadora neumática de 85 CV	0,432 h
Cisterna de agua sobre camión de 10.000 l	0,072 h
Rodillo vibrador autopropulsado mixto de 7t	0,342 h
Vibrador de hormigón de 75 mm	3,780 h
Motosierra de 1,8 CV	5,508 h
Hormigonera de 200 l	1,021 h

Tabla 9 Cuadro de la maquinaria necesaria

[Elaboración propia]

5.4 ESTUDIO DE LAS JORNADAS DE TRABAJO

Para la realización de la comparativa entre ambas técnicas constructivas respecto al tiempo necesario para ejecutar la edificación se ha desarrollado un diagrama de Gantt para cada una de las mismas.

El diagrama de Gantt es una herramienta que nos permite visualizar de manera general las tareas programadas, así como la fecha en la que tienen que completarse. Permite de esta manera también coordinar la obra y saber cuándo tiene que entrar cada gremio y cuándo tienen que estar disponibles los materiales. Para desarrollar ambos diagramas de Gantt se ha utilizado la aplicación "Project Libre" y se han tenido en consideración los siguientes aspectos:

- La jornada de trabajo escogida para realizar la edificación es de 7 horas, empezando a las 08:00 y terminando a las 15:00.
- Los fines de semana (sábado y domingo) se consideran como días festivos, siendo la jornada laboral de lunes a viernes.
- La construcción de la edificación comienza el jueves 4 de noviembre de 2021.
- El estudio de las jornadas de trabajo necesarias se ha desarrollado para que la construcción sea realizada por parte de la Sección de Construcción de la Compañía de Apoyo, formada por 7 personas, siendo una de ellas el jefe de Sección.

Por su parte, el diagrama de Gantt muestra la siguiente información:

- En la columna "Nombre" se introducen las tareas que se van a llevar a cabo. Se ordenan según su orden cronológico.



- En las columnas de “Inicio” y “Terminado” se mostrará la fecha de inicio y de fin de cada tarea.
- En la columna “Duración” muestra la duración de cada tarea en días laborables.

El cálculo de las jornadas de trabajo necesarias se ha realizado con la información facilitada por el programa Arquímedes, el cuál aporta el rendimiento de cada persona en función de la tarea encomendada y su función en la misma en cada fase de la edificación. Dicho rendimiento viene reflejado en horas/unidad de medida (por ejemplo, para la realización de la losa de hormigón, el rendimiento de un peón viene reflejado en horas/m³).

A partir de dicha información y sabiendo las dimensiones de cada uno de los elementos constructivos en cada fase, se ha calculado cuántas horas son necesarias para realizar cada una de las tareas y posteriormente se ha plasmado en el Diagrama de Gantt.

5.4.1 EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN

Tal y como muestra el Diagrama de Gantt (Ver *Tabla 10*), la construcción de la edificación por medio de bloques de hormigón se llevaría a cabo en un total de nueve días y medio laborales, lo que equivaldría a un total de 66,5 horas de trabajo.

A la hora de realizar el estudio del tiempo necesario para el hormigonado y curado de la losa de cimentación y analizando la norma tecnológica de la edificación (NTE) correspondiente a las cimentaciones superficiales, se han establecido siete días como el tiempo mínimo para el curado de la losa (días necesarios para que una losa de hormigón armado adquiriera más del 50% de su resistencia a compresión definitiva (Ver *Figura 17*)). Así pues, aunque los fines de semana no son laborales, sí que se incluyen a la hora de determinar el tiempo de curado de la losa.

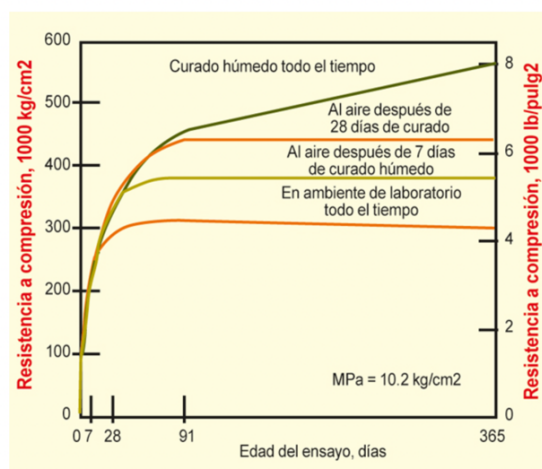


Figura 17 Evolución de la resistencia a compresión del hormigón

[<https://www.pavireal.es/tiempos-curado-hormigon/>]

Respecto al estudio de las jornadas de trabajo para la instalación de las fachadas y particiones:

“No se deberá ejecutar una altura de fábrica excesiva que pueda provocar inestabilidad y un posible aplastamiento del mortero, debiendo tener en cuenta el espesor del muro, el tipo de mortero, el tipo de piezas y el grado de exposición al viento (NORMABLOC, 2007, p.32)

Es por ello por lo que se han dejado dos días para la realización de dicha tarea, tiempo que suele contemplar el Batallón de Zapadores VII para realizar este tipo de edificaciones



Suponiendo que las tareas comenzasen el jueves 4 de noviembre de 2021 (fecha decidida por el autor), la edificación se terminaría el miércoles 17 de noviembre, lo que hace un total de 14 días (incluyendo fines de semana).

	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	1 nov 21	8 nov 21	15 nov 21
					L M M J V S D L M M J V S D L M M J		
1	Construcción de la edificación	9,571 days	4/11/21 8:00	17/11/21 12:00			
2	Acondicionamiento del terreno	1 day	4/11/21 8:00	4/11/21 15:00			
3	Limpieza, tala y retirada de árboles	0,286 days	4/11/21 8:00	4/11/21 10:00			
4	Excavación y vaciado a máquina	0,714 days	4/11/21 10:00	4/11/21 15:00			
5	Cimentación	5 days	5/11/21 8:00	11/11/21 15:00			
6	Instalación del encachado de zahorra	0,286 days	5/11/21 8:00	5/11/21 10:00			
7	hormigonado/curado de la losa de cimentación	4,714 days	5/11/21 10:00	11/11/21 15:00			
8	Instalación de fachadas y particiones	2 days	12/11/21 8:00	15/11/21 15:00			
9	Instalación de la cubierta	1,571 days	16/11/21 8:00	17/11/21 12:00			
10	Colocación de la viga de coronación	0,429 days	16/11/21 8:00	16/11/21 11:00			
11	Colocación de las correas	0,571 days	16/11/21 11:00	16/11/21 15:00			
12	Instalación de la chapa grecada	0,571 days	17/11/21 8:00	17/11/21 12:00			

Tabla 10 Diagrama de Gantt para la construcción con bloques de hormigón

[Project Libre: Elaboración propia]

5.4.2 EDIFICACIÓN CON TAPIAL

El diagrama de Gantt (Ver Tabla 11) muestra los tiempos de ejecución de la edificación utilizando la construcción con tapial. Esta edificación se llevaría a cabo en un total de doce días y medio laborales, lo que equivaldría a un total de 87,5 horas totales de trabajo.

Respecto a la losa de cimentación de la edificación, se ha seguido el mismo criterio que en el estudio de las jornadas de trabajo para la edificación con bloques de hormigón, estableciendo siete días para su hormigonado y curado.

Al igual que con la construcción de la edificación por medio de bloques de hormigón, se ha supuesto que la obra comenzaría un 4 de noviembre de 2021. En este supuesto, la obra sería finalizada el lunes 22 de noviembre de 2021, teniendo una duración de 19 días.

	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	1 nov 21	8 nov 21	15 nov 21	22 nov 21
					L M M J V S D L M M J V S D L M M J V S D L			
1	Construcción de la edificación	12,5 days	4/11/21 8:00	22/11/21 11:30				
2	Acondicionamiento del terreno	1 days	4/11/21 8:00	4/11/21 14:59				
3	Limpieza, tala y retirada de árboles	0,286 days	4/11/21 8:00	4/11/21 10:00				
4	Excavación y vaciado a máquina	0,714 days	4/11/21 10:00	4/11/21 14:59				
5	Cimentación	5 days	5/11/21 8:00	11/11/21 15:00				
6	Instalación del encachado de zahorra	0,286 days	5/11/21 8:00	5/11/21 10:00				
7	Hormigonado/curado de la losa de hormigón	4,714 days	5/11/21 10:00	11/11/21 15:00				
8	Instalación de fachada y particiones	4 days	12/11/21 8:00	17/11/21 15:00				
9	Preparación de los encofrados	1 day	12/11/21 8:00	12/11/21 15:00				
10	Construcción de los tapiales	3 days	13/11/21 8:00	17/11/21 15:00				
11	Instalación de la cubierta	2,5 days	18/11/21 8:00	22/11/21 11:30				
12	Colocación de la viga de coronación	0,429 days	18/11/21 8:00	18/11/21 11:00				
13	Colocación de las correas	1,571 days	18/11/21 11:00	19/11/21 15:00				
14	Instalación de los tableros de la cubierta	0,5 days	22/11/21 8:00	22/11/21 11:30				

Tabla 11 Diagrama de Gantt para la construcción con tapial

[Project Libre: Elaboración propia]



5.5 PRESUPUESTOS

Para la elaboración de los presupuestos se ha utilizado el programa Arquímedes. Estos presupuestos recogen los costes de material, medios auxiliares y mano de obra estudiados en los anteriores apartados del presente trabajo.

Sin embargo, debido a que tanto la mano obra como los medios auxiliares pertenecen al ET, los costes en estos dos apartados son nulos ya que no será necesario realizar un desembolso en adquisición o alquiler de maquinaria y, por otro lado, el personal que trabaje en la realización de la edificación lo hará en el horario de su jornada laboral. Este aspecto se analizará también en el presente apartado.

Los presupuestos están divididos en diferentes partidas conforme a la fase de la edificación que representan. Los presupuestos desglosados de cada una de las partidas se encuentran recogidos en el **ANEXO II**.

5.5.1 EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN

El presupuesto para la ejecución de la edificación por medio de bloques de hormigón se ha dividido en las siguientes cuatro partidas bien diferenciadas:

- Acondicionamiento del terreno: Las labores de desbroce, tala y retirada de árboles, así como la excavación y vaciado del terreno necesario.
- Cimentaciones: Las labores de instalación del encachado de zahorra, encofrado y hormigonado de la losa de cimentación.
- Estructuras: Instalación de los dinteles encima de cada puerta y ventana.
- Fachadas y particiones: Instalación de los muros de bloques de hormigón con sus correspondientes huecos y dinteles.
- Cubiertas: Instalación de la viga de coronación, así como las correas transversales y longitudinales y la cubierta de chapa grecada.

Finalmente, el presupuesto definitivo de ejecución de la edificación es el siguiente:

RESUMEN POR CAPITULOS	
CAPITULO ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	117,36
CAPITULO CIMENTACIONES	1.831,39
CAPITULO ESTRUCTURAS	608,19
CAPITULO FACHADAS Y PARTICIONES	2.473,80
CAPITULO CUBIERTAS	3.795,48
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....	8.826,22
EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS OCHO MIL OCHOCIENTOS VEINTISEIS EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS.	

Tabla 12 Presupuesto de la edificación con bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]

El presupuesto de ejecución asciende al total de **8.826,22 €**.

Sin embargo, tal y como se ha comentado anteriormente, de estos presupuestos totales que se obtienen por medio del programa Arquímedes es necesario desglosar el coste de materiales para poder obtener así el coste real que supone la edificación para el ET.



Cuadro de materiales				
Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	Arena de río 0/5 mm.	11,340	1,972 m3	22,37
2	Grava 40/80 mm.	9,970	3,960 m3	39,49
3	Bloque horm.blanco liso 40x20x20	0,900	1.037,400 ud	933,66
4	Cemento blanco BL-II 42,5R sacos	196,000	0,670 t.	131,37
5	Agua	0,760	0,498 m3	0,38
6	Pequeño material	0,710	46,609 ud	33,02
7	Madera pino encofrar 26 mm.	184,090	0,014 m3	2,48
8	Material de ensamble estructural	23,160	72,800 ud	1.686,05
9	Hormigón HA-25/B/20/I central	50,690	1,596 m3	80,90
10	Hormigón HA-25/B/20/IIa central	50,580	11,880 m3	600,91
11	Puntas 20x100	1,020	0,108 kg	0,11
12	Alambre atar 1,30 mm.	1,200	2,722 kg	5,43
13	Acero corrugado B 400 S	1,140	183,540 kg	209,08
14	Acero corrugado B 500 S	1,510	583,200 kg	880,20
15	Acero laminado E 275(A 42b)	1,480	117,700 kg	174,41
16	Vigueta h.D/T pret.18cm <4 m.	4,810	36,400 m.	175,08
17	Chapa acero galvanizado 0,6mm	6,730	41,400 m2	278,64
18	Tornillería y pequeño material	0,100	36,000 ud	3,60
19	Tubo rectangular 80x60x3 mm.	0,820	133,350 kg	109,22
20	Minio electrolítico	9,440	2,340 kg	21,06
Importe total:				5.387,46

Tabla 13 Cuadro de costes de material para edificación con bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]

Así pues, el coste de material asciende a un total de **5.387,46 €**.

5.5.2 EDIFICACIÓN CON TAPIAL

El presupuesto para la ejecución de la edificación por medio de tapial se ha dividido en las siguientes cuatro partidas bien diferenciadas:

- Acondicionamiento del terreno: Labores de desbroce, tala y retirada de árboles, así como la excavación y vaciado del terreno necesario.
- Cimentaciones: Labores de instalación del encachado de zahorra, encofrado y hormigonado de la losa de cimentación.
- Fachadas y particiones: Realización de los encofrados para los muros de tapial e instalación de los mismos.
- Estructuras: Instalación de la viga de coronación de madera.
- Cubiertas: Instalación de las correas transversales y longitudinales y de la cubierta en base a entablado de ripia.

Finalmente, el presupuesto definitivo de ejecución de la edificación es el siguiente:

Presupuesto de ejecución material

1 Acondicionamiento del terreno	117,36
2 Cimentaciones	1.785,38
3 Fachadas y particiones	3.130,23
4 Estructuras	1.043,30
5 Cubiertas	9.682,56
Total	15.758,83

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de QUINCE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Tabla 14 Presupuesto de la edificación realizada con tapial

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]



El presupuesto de ejecución asciende al total de **15.758,83 €**.

Sin embargo, al igual que con la edificación con bloques de hormigón, es necesario desglosar el coste de material para poder ver así el coste real de la edificación para el ET.

Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
Madera pino estructura tratada	432,610	4,136 m3	1.789,30
Madera pino encofrar 26 mm.	184,090	1,490 m3	274,06
Cal apagada sacos	102,730	0,120 t.	12,33
Hormigón HA-25/B/20/IIa central	50,580	11,880 m3	600,91
Material de ensamble estructural	23,160	188,000 ud	4.354,08
Arena de río 0/5 mm.	11,340	1,162 m3	13,18
Zahorra normalizada Z-II	4,970	4,320 m3	21,46
Tabla pino 15 mm. espesor	4,090	39,600 m2	162,00
Tierra	3,000	29,520 m3	88,56
Acero corrugado B 500 S	1,510	583,200 kg	880,20
Alambre atar 1,30 mm.	1,200	10,102 kg	14,29
Puntas 20x100	1,020	3,798 kg	3,80
Agua	0,760	1,024 m3	0,78
Total materiales:			8.214,95

Tabla 15 Cuadro de costes de material para la edificación con tapial

[Cype Arquímedes:Elaboración propia]

Así pues, el coste de adquisición de materiales para la edificación con tapial asciende a un total de **8.214,95 €**.

6. CONCLUSIONES

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha realizado una búsqueda de técnicas constructivas que supongan una alternativa al uso de bloques de hormigón en la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento en PICOZU dentro del ET.

Tras el análisis de cada una de las técnicas constructivas seleccionadas en el estudio en función de la valoración de determinadas características obtenidas de las entrevistas y encuestas realizadas, se ha podido desarrollar una comparativa que permita seleccionar la alternativa más adecuada. Todos los materiales estudiados (Ytong, termoarcilla y construcción con tierra) son opciones totalmente factibles de ser realizadas en Zona de Operaciones debido al escaso gasto que ocasionan y su facilidad de puesta en obra.

Estas técnicas de construcción alternativas debían aportar **mayor realismo** a la instrucción de las unidades, generando entornos que acercasen al combatiente a tipos de edificaciones presentes en Zona de Operaciones, sin suponer un sobre coste en su implementación.

De todas las alternativas estudiadas, la construcción con tierra ha sido la mejor valorada por personal experto y que ha trabajado con todas las alternativas estudiadas. Además, es la que aportaría mayor realismo a esta instrucción y adiestramiento (Ver *Tabla 4*), suponiendo una mejora en este aspecto respecto a la construcción con bloques de hormigón.

Por otro lado, las alternativas estudiadas debían suponer una ventaja en lo relativo al **ahorro de costes y/o tiempo de ejecución**, siendo capaces al mismo tiempo de ser **ejecutadas con los medios auxiliares y maquinaria disponibles** por parte del Batallón de Zapadores VII de la Brigada "Galicia" VII.

Para analizar si estos objetivos se cumplen o no, se ha comparado la técnica constructiva seleccionada como la más apta (construcción con tapial de tierra) con respecto a la construcción con bloques de hormigón en cada uno de los apartados en los que se busca una mejora (costes de desarrollo, tiempos de ejecución y necesidad de medios auxiliares).



Tras realizar la comparativa entre ambas técnicas constructivas, se han llegado a los siguientes resultados:

- Ambas técnicas constructivas requieren de los mismos medios auxiliares, no siendo necesario un desembolso en este apartado ya que el Batallón de Zapadores VII cuenta con todos ellos.
- El tiempo de ejecución para la construcción de la edificación con tapial (87,5 horas) es superior al de la construcción con bloques de hormigón (67,5 horas).
- La construcción con tapial presenta unos presupuestos de ejecución superiores (15.758,83 €) a los de la construcción con bloques de hormigón (8.826,22 €). En estos presupuestos se incluye mano de obra, medios auxiliares y costes de material.
- El coste de material es superior para la construcción con tapial de tierra (8.214,95 €) con respecto a la construcción con bloques de hormigón (5.387,46€).

Uno de los principales motivos por el que la construcción con tapial presenta un mayor coste es la necesidad de un mayor tiempo de ejecución para la construcción con dicha técnica constructiva. Como consecuencia, esta alternativa no supone un ahorro en el tiempo de ejecución y no cumple uno de los objetivos planteados.

Por otro lado, los presupuestos de ejecución de la edificación con tapial son superiores. Sin embargo, además de los costes de materiales, estos presupuestos incluyen los medios auxiliares y la mano de obra.

Estos dos últimos aspectos no afectan al coste de la edificación para el ET debido a que cuenta, por un lado, con todos los medios auxiliares necesarios y, por otro lado, con la mano de obra requerida, no siendo necesarios contratar ninguno de los dos apartados. Por este motivo, resulta interesante analizar los costes de material para cada técnica constructiva con el objetivo de obtener el coste real que tendrían para el ET.

Analizando dichos costes, podemos observar que los costes de material para la edificación con tapial son superiores a los de la edificación con bloques de hormigón. Como consecuencia, el coste de la edificación con tapial para el ET es superior con respecto a la edificación con bloques de hormigón.

Sin embargo, tal y como se indica en al **Apartado 5.2: Estudio de los materiales necesarios**, tanto la cubierta de la edificación con tapial como sus dinteles y la viga de coronación han sido diseñadas de madera con el objetivo de proyectar una edificación lo más similar a las realizadas con esta técnica constructiva. Esta decisión ha encarecido notablemente la edificación, suponiendo una importante parte de los costes de material de la misma.

En caso de que se decidiera utilizar la misma cubierta que para la edificación con bloques de hormigón (estructuralmente factible), los costes de material se reducirían de manera considerable, equiparándose a los costes de la edificación con bloques de hormigón.

Por otro lado, hay que tener en cuenta a la hora de valorar la construcción con tapial de tierra la necesidad que tendría actualmente el Batallón de Zapadores VII en formar al personal en la utilización de una nueva técnica constructiva. Si bien no es extremadamente compleja, sería necesario dedicarle tiempo y recursos a dicha formación, suponiendo una desventaja respecto a la construcción con bloques de hormigón, técnica perfectamente conocida por el personal del Batallón.

Sin embargo, debido a la escasa formación para su construcción que necesita, esta técnica constructiva representa una oportunidad para aumentar las capacidades del Batallón de Zapadores VII de una manera rápida y sencilla. De esta forma, se conseguiría el objetivo de obtener nuevos conocimientos dentro del Batallón de Zapadores VII a la hora de trabajar con



distintas técnicas constructivas y así saber responder de manera más eficaz a cualquier necesidad que pueda surgir en el tiempo.

Tras analizar todos estos resultados acerca de las ventajas e inconvenientes de la utilización de una nueva técnica constructiva, se puede afirmar respecto a la construcción con tapial de tierra que, si bien es una técnica constructiva que requiere de un **mayor tiempo de ejecución**, unos **costes de material superiores** y la **necesidad de formar al personal** del Batallón de Zapadores VII en la misma, esta técnica constructiva aportaría un **mayor realismo** a la instrucción y adiestramiento del personal de la Brigada "Galicia" VII y **nuevos conocimientos** en materia de edificación de infraestructuras.

En busca de ampliar y mejorar los conocimientos aportados por este trabajo y así poder ofrecer con mayores garantías una alternativa a los bloques de hormigón se plantean diferentes **líneas futuras de trabajo**:

- Realizar el estudio comparativo de cada una de las alternativas constructivas planteadas con respecto a los bloques de hormigón de la misma manera que se ha realizado con la construcción con tapial de tierra.
- Llevar a cabo el proyecto de construcción de la edificación con cada una de las alternativas planteadas.
- Plantear el estudio de nuevos materiales que puedan ser utilizados como alternativa a los bloques de hormigón.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUBLICACIONES Y TRABAJOS ESPECIALIZADOS

- ANDECE (2019). *Muros de bloques y ladrillos de hormigón*. Madrid: Guías técnicas ANDECE.
- Bestraten, S., Hormías, E. y Altemir, A. (Editores) (2011). *Construcción con tierra en el siglo XXI*.
- Cerámicas San Pedro (Sin fecha). *Ficha técnica Termoarcilla 24*.
- González Taratiel, A. (2014) *Análisis de las diferentes tecnologías constructivas en países del Centro y Sur de África y criterios de selección de su adecuación*. Trabajo de Final de Grado. Universidad de Zaragoza.
- Guerrero Baca, F.L. y Soria López, F.J. (Editores) (2018). *Tierra vertida compactada, estabilizada con cal y puzolanas*.
- De Isidro, F. (2002). *Manual para el uso del bloque Termoarcilla*. Madrid: Consorcio de termoarcilla.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2018). *Entorno operativo terrestre futuro 2035*. Madrid: MADOC.
- Prefaga (Sin fecha). *Ficha técnica bloque de hormigón 40x20x20*.
- Regalado González, J. y de la Cruz Hernández, D. (Editores) (2015). *Sistema constructivo basado en Hormigón Celular y estudio comparativo con el sistema de Hormigón tradicional*. Trabajo de Final de Grado.
- Verónica, R. y Cushicondor, Y. (Editores) (2013). *Estudio del hormigón celular*. Trabajo de Final de Grado. Escuela Politécnica Nacional.
- Grupo Xella (2019). *Guía técnica : El hormigón celular YTONG*. Madrid: Grupo Xella

NORMATIVA

- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (1999). *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2008). *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Ministerio de Defensa (2013). *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras en el ámbito del Ministerio de Defensa (PPTDEF)*. Madrid: MINISDEF.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2018). *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Centro de Asesoramiento Tecnológico (1984). *Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE): Cimentaciones Superficiales*. Losas. Madrid: Centro de Asesoramiento Tecnológico.

PÁGINAS WEB ESPECIALIZADAS

- SlowStudio (2021). Disponible en: <https://www.slowstudio.es/research/construir-una-casa-con-termoarcilla>. [Consultado 15-09-2021]



- Arquitectura Sostenible (2020). Disponible en: <https://arquitectura-sostenible.es/ventajas-termoarcilla/>. [Consultado 15-09-2021]
- ERA Architects (2018). Disponible en: <https://era.archi/casa-de-termoarcilla-rectificada-que-es-cuanto-cuesta-em2/>. [Consultado 16-09-2021]



ANEXOS

ANEXO I

Entrevistas

Para estudiar de manera más objetiva tanto la construcción con bloques de hormigón como las distintas alternativas propuestas y con información de personal experto en la materia, se ha decidido realizar una serie de entrevistas y encuestas destinadas a distinto personal.

La entrevista se ha realizado al personal que trabaja en la Sección de Construcción dentro de la Compañía de Apoyo (7 personas) con el objetivo de diseñar el estado del arte de la construcción con bloques de hormigón prefabricados. Estas entrevistas han ayudado a obtener las principales ventajas e inconvenientes del bloque de hormigón, así como a conocer los principales problemas con los que se encuentran a la hora de trabajar para así poder seleccionar de manera más objetiva las alternativas a estudiar posteriormente.

Por otro lado, se han realizado dos tipos de encuestas con el objetivo de utilizar la herramienta de decisión multicriterio **SCORING**, de la que se ha obtenido como conclusión la mejor técnica constructiva alternativa.

En la primera encuesta (**Encuesta tipo A**) se encuestó al personal de la Sección de Construcción, así como a todos los Oficiales del Batallón de Zapadores VII (14 personas en total), para que valorasen del 1 al 5 (de menor a mayor importancia) cada una de las características propuestas en el ámbito de la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento. Dichas características han sido seleccionadas por personal militar con experiencia en la construcción de infraestructuras destinadas a la instrucción y adiestramiento.

Por otro lado, se encuestó a personal civil (**Encuesta tipo B**) que ha trabajado con todas las técnicas constructivas a estudiar (termoarcilla, y tong, tapial y bloque de hormigón) para que valorasen de nuevo del 1 al 5 cada una de las técnicas constructivas respecto a cada una de las anteriores características.

ENCUESTA TIPO A

	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Encuesta 5	Encuesta 6	Encuesta 7
Bajo coste	3	2	3	3	1	4	4
Facilidad de reparación y mantenimiento	3	4	4	4	3	3	3
No necesidad de medios auxiliares	2	2	3	3	1	2	3
Versatilidad en el empleo	5	4	4	4	5	3	5
Resistencia a compresión	4	3	2	2	4	3	5
Resistencia al fuego	2	2	1	2	3	3	3
Facilidad de instalación	3	4	5	4	4	3	4
Facilidad de adquisición de materiales	4	4	4	4	3	2	4
Facilidad de transporte de materiales	4	3	4	4	3	4	2
Vida útil de la edificación	5	5	3	3	4	4	3
Versatilidad para la modificación	5	4	2	3	5	3	1
Poco tiempo de construcción	3	3	3	5	3	3	4
Poca necesidad de formación	2	4	3	3	4	5	2
Realismo	2	3	4	3	4	3	2

Tabla 16 Media de las ponderaciones (1)

[Elaboración propia]



Diego Rivera Barato

	Encuesta 8	Encuesta 9	Encuesta 10	Encuesta 11	Encuesta 12	Encuesta 13	Encuesta 14	Media
Bajo coste	3	1	4	4	3	4	3	3
Facilidad de reparación y mantenimiento	4	3	2	3	5	3	4	4
No necesidad de medios auxiliares	1	2	3	3	2	3	2	2.67
Versatilidad en el empleo	4	4	5	5	4	3	3	4.83
Resistencia a compresión	3	1	2	2	4	4	3	3.5
Resistencia al fuego	4	1	1	2	3	4	3	2.83
Facilidad de instalación	5	3	4	5	4	5	4	4.75
Facilidad de adquisición de materiales	4	1	5	5	5	4	5	4.5
Facilidad de transporte de materiales	4	3	3	4	5	4	5	4.33
Vida útil de la edificación	3	5	4	5	5	4	5	4.83
Versatilidad para la modificación	3	4	2	5	4	2	4	3.92
Poco tiempo de construcción	3	4	4	3	3	4	3	4
Poca necesidad de formación	5	3	4	3	3	4	4	4.08
Realismo	2	4	2	5	2	4	3	3.58

Tabla 17 Media de las ponderaciones (1)

[Elaboración propia]

ENCUESTA TIPO B

	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Media
Bajo coste	4	3	2	3	3
Facilidad de reparación y mantenimiento	3	3	2	3	2.75
No necesidad de medios auxiliares	4	4	3	3	3.5
Versatilidad en el empleo	4	3	4	4	3.75
Resistencia a compresión	4	4	5	5	4.5
Resistencia al fuego	5	5	5	5	5
Facilidad de instalación	4	3	4	4	3.75
Facilidad de adquisición de materiales	5	5	4	4	4.5
Facilidad de transporte de materiales	5	4	4	4	4.25
Vida útil de la edificación	5	4	4	5	4.5
Versatilidad para la modificación	3	3	4	3	3.25
Poco tiempo de construcción	3	4	3	4	3.5
Poca necesidad de formación	3	2	3	3	2.75
Realismo	3	3	4	4	3.5

Tabla 18 Media la termoarcilla

[Elaboración propia]

	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Media
Bajo coste	3	2	2	3	2.5
Facilidad de reparación y mantenimiento	4	4	2	3	3.25
No necesidad de medios auxiliares	3	3	3	3	3
Versatilidad en el empleo	5	3	4	4	4
Resistencia a compresión	5	4	5	5	4.75
Resistencia al fuego	4	4	5	4	4.25
Facilidad de instalación	4	3	5	4	4
Facilidad de adquisición de materiales	3	3	3	3	3
Facilidad de transporte de materiales	5	4	4	4	4.25
Vida útil de la edificación	5	4	3	5	4.25
Versatilidad para la modificación	3	3	4	3	3.25
Poco tiempo de construcción	3	3	3	2	2.75
Poca necesidad de formación	2	2	3	3	2.5
Realismo	1	1	1	1	1

Tabla 19 Media del ytong

[Elaboración propia]



Diego Rivera Barato

	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Media
Bajo coste	5	5	5	4	4,75
Facilidad de reparación y mantenimiento	4	5	5	5	4,75
No necesidad de medios auxiliares	4	5	5	4	4,5
Versatilidad en el empleo	3	2	2	3	2,5
Resistencia a compresión	4	4	5	5	4,5
Resistencia al fuego	5	5	5	4	4,75
Facilidad de instalación	4	5	1	3	3,25
Facilidad de adquisición de materiales	5	5	4	4	4,5
Facilidad de transporte de materiales	5	4	5	4	4,5
Vida útil de la edificación	4	3	4	4	3,75
Versatilidad para la modificación	4	3	2	3	3
Poco tiempo de construcción	2	4	4	4	3,5
Poca necesidad de formación	4	4	4	3	3,75
Realismo	5	5	5	4	4,75

Tabla 20 Media de la construcción con tierra (tapial)

[Elaboración propia]

	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Media
Bajo coste	4	4	3	5	4
Facilidad de reparación y mantenimiento	3	2	4	3	3
No necesidad de medios auxiliares	3	4	3	3	3,25
Versatilidad en el empleo	4	3	4	3	3,5
Resistencia a compresión	4	4	4	4	4
Resistencia al fuego	4	4	5	5	4,5
Facilidad de instalación	5	4	3	3	3,75
Facilidad de adquisición de materiales	4	3	4	4	3,75
Facilidad de transporte de materiales	3	3	4	4	3,5
Vida útil de la edificación	3	4	5	4	4
Versatilidad para la modificación	2	3	3	3	2,75
Poco tiempo de construcción	3	3	4	3	3,25
Poca necesidad de formación	4	5	4	5	4,5
Realismo	3	4	4	3	3,5

Tabla 21 Media de los bloques de hormigón

[Elaboración propia]

Con estos datos se procede a aplicar la fórmula del método SCORING:

$$S_j = \sum(w_i \times r_{i,j})$$

Siendo:

S_j Puntuación del SCORING para cada caso.

W_i Ponderación de la característica.

$r_{i,j}$ Media de la característica para cada caso.

De esta fórmula se obtiene los siguientes resultados:



	Ponderación	Termoarcilla	Ytong	Tapial	Bloque de hormigón
Bajo coste	3	3	2,5	4,75	4
Facilidad de reparación y mantenimiento	4	2,75	3,25	4,75	3
No necesidad de medios auxiliares	2,67	3,5	3	4,5	3,25
Versatilidad en el empleo	4,83	3,75	4	2,5	3,5
Resistencia a compresión	3,5	4,5	4,75	4,5	4
Resistencia al fuego	2,83	5	4,25	4,75	4,5
Facilidad de instalación	4,75	3,75	4	3,25	3,75
Facilidad de adquisición de materiales	4,5	4,5	3	4,5	3,75
Facilidad de transporte de materiales	4,33	4,25	4,25	4,5	3,5
Vida útil de la edificación	4,83	4,5	4,25	3,75	4
Versatilidad para la modificación	3,92	3,25	3,25	3	2,75
Poco tiempo de construcción	4	3,5	2,75	3,5	3,25
Poca necesidad de formación	4,08	2,75	2,5	3,75	4,5
Realismo	3,58	3,5	1	4,75	3,5
		206.05	185.43	217.88	200.15

Tabla 22 SCORING

[Elaboración propia]

La alternativa con mejor media es el tapial, siendo la técnica constructiva seleccionada a estudiar respecto a una edificación tipo real, comparándola con respecto a la construcción con bloques de hormigón.

ENTREVISTAS

Entrevista 1

Empleo: Sargento Primero, jefe de la Sección de Construcción

1. **¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?**

Once años.

2. **¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?**

Un año y medio.

3. **¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.**

No.

4. **¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)**

Fundamentalmente utiliza el bloque de hormigón para edificaciones como las presentes en el PICOZU. Además, también se trabaja con otros materiales como ladrillo, madera o HESCO.

En lo relativo a maquinaria se utiliza todo tipo de herramientas de albañilería y soldadura, así como con las máquinas de la Sección de Máquinas.

El personal varía en función de las necesidades y presenta distinto nivel de instrucción en lo relativo a la construcción. Dentro de la Sección de Construcción somos 7 personas.

5. **Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?**



6. **¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?**

El personal se instruye diariamente realizando todo tipo de trabajos para el beneficio del acuartelamiento como pueden ser pequeños hormigonados o mantenimiento de infraestructuras.

7. **¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?**

Se realizan obras en poco tiempo y no hace falta un elevado nivel de instrucción para su instalación.

8. **¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.**

Los trabajos de nivelación deben ser muy precisos y el bloque tiende a romperse con facilidad.

9. **¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.**

Como ya he comentado, además del bloque de hormigón, también se trabaja con otros materiales como el ladrillo o el HESCO a la hora de hacer otro tipo de infraestructuras como COP's

10. **¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar nuevas técnicas constructivas?**

No suelen destinarse recursos a tal fin. Sin embargo, siempre se está abierto a ello.

11. **¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?**

Sí, siempre que suponga una reducción en costes o tiempo de ejecución.

Entrevista 2

Empleo: Cabo

1. **¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?**

16 años.

2. **¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?**

He realizado trabajos de todo tipo como encofrados, enfoscados, hormigonado o construcción de edificaciones.

3. **¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.**

No

4. **¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)**

Se trabaja con materiales como el bloque de hormigón, la madera o el acero.

Tenemos todo tipo de materiales como radiales, taladros, hormigoneras o la maquinaria de la Sección de Construcción.

5. **Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?**



6. **¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?**
Realizando todo tipo de trabajos en el acuartelamiento solicitados a la Compañía de Apoyo.
7. **¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?**
Su rápido montaje.
8. **¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.**
El bloque se suele romper con facilidad. Además, es necesario dejar secar el mortero entre cierto número de hileras, ralentizando el tiempo de ejecución.
9. **¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.**
En lo relativo a la construcción de edificaciones se suele trabajar con el bloque de hormigón.
10. **¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar nuevas técnicas constructivas?**
No se dedican recursos a ello.
11. **¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?**
Puede aportar beneficios siempre que sea mejor que el bloque de hormigón en algún aspecto.

Entrevista 3

Empleo: Cabo

1. **¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?**
15 años
2. **¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?**
He realizado obras de encofrado, hormigonado y construcción vertical con bloque o ladrillo.
3. **¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.**
No
4. **¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)**
Se trabaja especialmente con el bloque de hormigón y únicamente con el personal de la Sección de Construcción. Sin embargo, a veces se recibe el apoyo de la Sección de Máquinas o de alguna Sección de Zapadores para trabajar como peones.
5. **Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?**
6. **¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?**



Realizando trabajos con el material disponible para realizar obras en la Base.

7. **¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?**

El escaso tiempo de ejecución que requiere.

8. **¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.**

Realmente no encuentro inconvenientes a la construcción con bloques de hormigón para los fines que se utilizan en el Ejército de Tierra (infraestructuras de instrucción y adiestramiento fundamentalmente).

9. **¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.**

Con madera, ladrillo y HESCO fundamentalmente.

10. **¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar nuevas técnicas constructivas?**

No se destinan recursos a este fin

11. **¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?**

Sí, es interesante reducir aspectos como el tiempo o el dinero.

Entrevista 4

Empleo: Soldado

1. **¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?**

7 años.

2. **¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?**

Un año y diez meses dentro de la Sección de Construcción.

3. **¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.**

No

4. **¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)**

Se suele construir con bloques de hormigón y ladrillo especialmente.

5. **Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?**

6. **¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?**

Realizando obras en la Brigada y viendo los aspectos en los que mejorar con cada trabajo.

7. **¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?**

El poco tiempo que requiere para su instalación y la comodidad del material.

8. **¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.**



El bloque de hormigón no presenta inconvenientes a mi juicio.

9. **¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.**

Se ha trabajado con otros materiales como el ladrillo, la madera o el HESCO.

10. **¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar nuevas técnicas constructivas?**

No se suelen destinar recursos a tales fines.

11. **¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?**

Sí, porque puede aportar una mejora en la eficiencia del personal y un ahorro en costes.

Entrevista 5

Empleo: Soldado

1. **¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?**

12 años.

2. **¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?**

3 años de experiencia en la Sección de Construcción.

3. **¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.**

No.

4. **¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)**

Se suele trabajar con bloques de hormigón y ladrillo principalmente.

La sección cuenta con todo tipo de herramientas y la maquinaria pertenece a la Sección de Construcción.

El personal con el que cuenta la Sección de Construcción es de 7 personas.

5. **Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?**

6. **¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?**

Con el trabajo diario de mantenimiento y mejora del acuartelamiento.

7. **¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?**

Especialmente su facilidad de puesta en obra.

8. **¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.**

El peso de los bloques de hormigón, requiriendo de maquinaria para su transporte.

9. **¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.**

Con materiales como la madera o el ladrillo por ejemplo.

10. **¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar**



nuevas técnicas constructivas?

No se destinan recursos en este aspecto.

11. ¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?

Sí, para mejorar el tiempo de construcción, además de optimizar materiales y dinero.

Entrevista 6

Empleo: Soldado

1. ¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?

13 años

2. ¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?

9 años en Sección de Construcción

3. ¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.

Sí, he trabajado en la construcción en el sector privado.

4. ¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)

Con materiales como el bloque de hormigón, el ladrillo o el acero y con la maquinaria en dotación en la Compañía de Apoyo.

5. Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?

Existen diferencias especialmente en lo relativo a las necesidades que tiene el Ejército de Tierra, requiriendo de infraestructuras como el PICOZU que no tendrían sentido en el sector privado por sus características especiales o la no necesidad de otras como la impermeabilidad térmica, poco útil en este tipo de infraestructuras.

6. ¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?

Realizando las obras encargadas a la Compañía de Apoyo.

7. ¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?

La facilidad en su empleo y el escaso mantenimiento que requiere.

8. ¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.

La necesidad de maquinaria para su transporte.

9. ¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.

Con ladrillo y madera fundamentalmente.

10. ¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar nuevas técnicas constructivas?

No se destinan recursos a este fin hasta donde yo sé.

11. ¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?

Si. Porque puede aportar mejoras en las edificaciones en cuanto a costes, material o cualquier otro aspecto.



Entrevista 7

Empleo: Soldado

1. **¿Cuánto tiempo lleva destinado en unidades de Ingenieros hasta la fecha?**
7 años
2. **¿Cuál es su experiencia en obras dentro del Ejército de Tierra?**
He realizado numerosos trabajos en lo relativo a la realización de losas, encofrados o construcción vertical.
3. **¿Tiene experiencia en el sector privado en lo relativo a la construcción? En caso afirmativo, indique cuál.**
No
4. **¿Cómo se suele construir en la Compañía de Apoyo? (Materiales, maquinaria, personal, etc.)**
Especialmente bloque de hormigón y ladrillo.

La maquinaria utilizada es la que tenemos en dotación y va desde hormigonera, radial o taladro hasta la maquinaria de la Sección de Máquinas.
5. **Responda únicamente en caso de que la respuesta de la pregunta 3 sea afirmativa. ¿Observa diferencias en lo relativo al proceso de construcción y a los materiales empleados entre el Ejército y el sector privado?**
6. **¿Cómo se instruye al personal destinado en la Sección de Construcción?**
Realizando obras solicitadas por la Brigada.
7. **¿Cuáles son los principales beneficios de trabajar con bloques de hormigón prefabricado?**
El escaso material necesario para su ejecución.
8. **¿Y sus inconvenientes? Indique las principales dificultades con las que se suele encontrar la Sección.**
La fragilidad de los bloques a la hora de su transporte y colocación (se suelen partir).
9. **¿Ha trabajado en el Batallón de Zapadores VII con alguna técnica constructiva diferente al bloque de hormigón? Indique cuál y con qué fin.**
Especialmente con madera y ladrillo.
10. **¿Cuántos recursos se suelen destinar en el Batallón de Zapadores VII a buscar nuevas técnicas constructivas?**
No se destinan recursos.
11. **¿Considera necesario innovar a la hora de buscar nuevos materiales y técnicas constructivas? ¿Por qué?**
Sí, con el objetivo de que el trabajo sea más eficiente.



ANEXO II

Presupuestos desglosados

A continuación, se presentan los presupuestos desglosados utilizados para la comparativa entre la construcción con bloques de hormigón y la construcción con tapial de tierra. Estos presupuestos han sido realizados por parte del autor utilizando el programa **CYPE: Arquímedes**.

Para la realización de estos presupuestos se ha seleccionado una edificación presente en el PICOZU y esta edificación ha sido utilizada para realizar ambos presupuestos.

A través del programa Arquímedes el autor ha seleccionado los materiales necesarios para cada una de las técnicas constructivas en función de las necesidades de cada una de ellas y de la normativa estudiada. El propio programa aporta los precios de cada uno de ellos por unidad de medida y, en función de las dimensiones aportadas, se calculan los presupuestos.

Estos presupuestos incluyen los costes de mano de obra, de maquinaria y medios auxiliares y el de materiales. Se dividen en partidas especificadas a continuación para cada uno de los presupuestos.

EDIFICACIÓN CON BLOQUES DE HORMIGÓN

Los presupuestos realizados para la realización de la edificación con bloques de hormigón se han dividido en las siguientes partidas:

- Acondicionamiento del terreno: Las labores de desbroce, tala y retirada de árboles, así como la excavación y vaciado del terreno necesario.

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 Acondicionamiento del terreno						
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
						PRECIO
						IMPORTE
1.1 Movimiento de tierras en edificación						
1.1.1 Desbroce y limpieza						
1.1.1.1	M2. Desbroce y limpieza superficial del terreno, por medios mecánicos, con tala y retirada de árboles y arbustos, arrancado de tocones, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.					
						36,000
						2,34
						84,24
1.1.2 Excavaciones						
1.1.2.1	M3. Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.					
						14,400
						2,30
						33,12

Tabla 23 Presupuesto parcial nº1 para bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]

- Cimentaciones: Las labores de instalación del encachado de zahorra, encofrado y hormigonado de la losa de cimentación.

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 Cimentaciones						
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
						PRECIO
						IMPORTE
2.1 Superficiales						
2.1.1 Losas						
2.1.1.1	M3. Hormigón armado HA-25/B/20/IIa, de 25 N/mm ² ., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de losa de cimentación, incluso armadura (50 kg/m ³ .), encofrado y desencofrado, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.					
						10,800
						162,29
						1.752,73
2.1.1.2	M3. Encachado de piedra caliza 40/80 en sub-base de solera, l/extendido y compactado con pisón.					
						3,600
						21,85
						78,66

Tabla 24 Presupuesto parcial nº2 para bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]



Diego Rivera Barato

- Estructuras: Instalación de los dinteles encima de cada puerta y ventana.

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 Estructuras						
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
3.1	M.. Viga de hormigón pretensado					
						6,400
						95,03
						608,19

Tabla 25 Presupuesto parcial nº3 para bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]

- Fachadas y particiones: Instalación de los muros de bloques de hormigón con sus correspondientes huecos y dinteles.

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 4 Fachadas y particiones						
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
4.1	M2. Fábrica de bloques huecos de hormigón blanco de 40x20x20 cm. colocado a una cara vista, recibidos con mortero de cemento blanco BL-II 42,5 R y arena de río 1/4, relleno de hormigón HA-25/B/20/I y armaduras según normativa, i/p.p. de formación de dinteles, zunchos, jambas, ejecución de encuentros y piezas especiales, llagueado, roturas, replanteo, nivelación, aplomado, limpieza y medios auxiliares, medida deduciendo huecos superiores a 2 m2.					
	Fachada 1	2	12,000			62,400
	Fachada 2	2	3,000			15,600
	Tabique interior	1	3,000			7,800
	Puertas	-3	1,000			-6,000
						79,800
						31,00
						2.473,80

Tabla 26 Presupuesto parcial nº4 para bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]

- Cubiertas: Instalación de la viga de coronación, así como las correas transversales y longitudinales y la cubierta de chapa grecada.

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 5 Cubiertas						
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
5.1	M.. Viga de hormigón pretensado					
						30,000
						95,03
						2.850,90
5.2	Kg. Acero laminado E 275(A 42b) de un solo perfil IPN, IPE, UPN, T o HEB en dinteles de huecos, l/sujeción, 2 manos de pintura de minio de plomo, totalmente colocado.					
						107,000
						2,39
						255,73
5.3	Kg. Acero E 275(A 42b), en perfiles conformados de tubo rectangular, en cerchas, con uniones soldadas; i/p.p. de despuntes, soldadura, piezas especiales y dos manos de minio de plomo, totalmente montado y colocado.					
						127,000
						2,15
						273,05
5.4	M2. Cubierta de chapa de acero de 0,6 mm. de espesor en perfil comercial galvanizado por ambas caras, sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.					
						36,000
						11,55
						415,80

Tabla 25 Presupuesto parcial nº5 para bloques de hormigón

[Cype Arquímedes: Elaboración propia]

El presupuesto definitivo asciende al total de **8.826,22 €**.



EDIFICACIÓN CON TAPIAL

Los presupuestos realizados para la realización de la edificación con tapial de tierra se han dividido en las siguientes partidas:

- Acondicionamiento del terreno: Labores de desbroce, tala y retirada de árboles, así como la excavación y vaciado del terreno necesario.

Presupuesto parcial nº 1 Acondicionamiento del terreno

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M2	Desbroce y limpieza superficial del terreno, por medios mecánicos, con tala y retirada de árboles y arbustos, arrancado de tocones, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.			
Total m2:			36,000	2,34	84,24
1.2	M3	Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.			
Total m3:			14,400	2,30	33,12
Total presupuesto parcial nº 1 Acondicionamiento del terreno :					117,36

Tabla 26 Presupuesto parcial nº1 para tapial de tierra

[Cype Arquímedes: elaboración propia]

- Cimentaciones: Labores de instalación del encachado de zahorra, encofrado y hormigonado de la losa de cimentación.

Presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	M3	Relleno, extendido y apisonado de zahorras a cielo abierto, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, hasta conseguir un grado de compactación del 95% del proctor normal, incluso regado de las mismas y refino de taludes, y con p.p. de medios auxiliares, considerando las zahorras a pie de tajo.			
Total m3:			3,600	9,07	32,65
2.2	M3	Hormigón armado HA-25/B/20/IIa, de 25 N/mm ² , consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de losa de cimentación, incluso armadura (50 kg/m ³), encofrado y desencofrado, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.			
Total m3:			10,800	162,29	1.752,73
Total presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones :					1.785,38

Tabla 27 Presupuesto parcial nº2 para tapial de tierra

[Cype Arquímedes: elaboración propia]

- Fachadas y particiones: Realización de los encofrados para los muros de tapial e instalación de los mismos.

Presupuesto parcial nº 3 Fachadas y particiones

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe		
3.1	M3	Muro de tapial de tierra de 45 cm de espesor, realizado a base tapial de madera de pino y altura 0,5, donde se vierte tierra (ni marga ni grasa) carente de hierbas y raíces, humedecida hasta que se formen churros estables con la mano, vertida una vez húmeda en tongadas de 10 cm, y apisonada mediante pisón metálico hasta que el ruido sea seco, y su volumen se halla reducido al 50 %. Colcoando los tapias unos sobre los otros a tapa juntas, y vertiendo mortero de cal 1:3 en dichas juntas para facilitar la unión, i/p.p de limpieza y medios auxiliares, medida deduciendo huecos superiores a 2 m2.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
	FACHADA 1	2	12,000	0,450	2,600	28,080	
	FACHADA 2	2	3,000	0,450	2,600	7,020	
	PUERTAS	2	1,000	0,450	2,000	1,800	
						36,900	36,900
			Total m3	36,900		84,83	3.130,23
			Total presupuesto parcial nº 3 Fachadas y particiones :				3.130,23

Tabla 28 Presupuesto parcial nº3 para tapial de tierra

[Cype Arquímedes: elaboración propia]



- Estructuras: Instalación de la viga de coronación de madera.

Presupuesto parcial nº 4 Estructuras

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	M.	Viga de madera de pino tratada de 16x20, para luces menores de 4 m. y carga uniforme menor de 1.000 kg/m., colocada.			
Total m.:			10,000	104,33	1.043,30
Total presupuesto parcial nº 4 Estructuras :					1.043,30

Tabla 29 Presupuesto parcial nº4 para tapial de tierra

[Cype Arquímedes: elaboración propia]

- Cubiertas: Instalación de las correas transversales y longitudinales y de la cubierta en base a entablado de ripia.

Presupuesto parcial nº 5 Cubiertas

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	M2	Entablado en tabla de ripia de 15 mm. de espesor, l/elementos sustentantes de puntales y tablonos, nivelado y aplomado. Totalmente acabado.			
Total m2:			36,000	19,09	687,24
5.2	M.	Viga de madera de pino tratada de 20x24, para luces menores de 4 m. y carga uniforme menor de 1.500 kg/m., colocada.			
Total m.:			30,000	112,05	3.361,50
5.3	M.	Viga de madera de pino tratada de 16x20, para luces menores de 4 m. y carga uniforme menor de 1.000 kg/m., colocada.			
Total m.:			54,000	104,33	5.633,82
Total presupuesto parcial nº 5 Cubiertas :					9.682,56

Tabla 30 Presupuesto parcial nº5 para tapial de tierra

[Cype Arquímedes: elaboración propia]

El presupuesto definitivo asciende al total de **15.758,83 €**.