

ARQUITECTURA LOW TECH

REFUGIO DE EMERGENCIA CON PALETS

TRABAJO FIN DE GRADO_SEPTIEMBRE 2015
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA



TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL
AUTOR: LAURA BORREGUERO SÁNCHEZ



ARQUITECTURA ALTERNATIVA I:
ARQUITECTURA LOW TECH
MATERIALES Y SISTEMAS

CONSTRUCCIÓN CON CARTÓN, CAÑA Y FIBRAS
VEGETALES, ADOBE, BTC Y TAPIA
OTROS MATERIALES POSIBLES,
NUEVAS PROPUESTAS

TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL
DR. ARQUITECTO

AUTOR: LAURA BORREGUERO SÁNCHEZ

TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS EN LA ARQUITECTURA



Universidad de Valladolid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

ÍNDICE

I. RESUMEN

II. ABSTRACT

III. OBJETIVOS

IV. METODOLOGÍA

V. AGRADECIMIENTOS

1. ARQUITECTURA LOW TECH

1.1. CONCEPTO DE ARQUITECTURA LOW TECH

1.2. ARQUITECTURA LOW TECH EN LA ACTUALIDAD

1.3. TÉCNICAS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS

1.3.1. CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

1.3.1.1. TAPIAL

1.3.1.2. ADOBE

1.3.1.3. BAHAREQUE

1.3.1.4. SUPERADOBE

1.3.1.5. BTC

1.3.2. CONSTRUCCIÓN CON PAJA

1.3.2.1. SISTEMA BALA-BOX

1.3.2.2. SISTEMA ALFAWALL

1.3.3. CONSTRUCCIÓN CON CAÑA

1.3.4. CONSTRUCCIÓN CON PALETS

1.4. MARCO NORMATIVO

2. ARQUITECTURA CON PALETS

2.1. HISTORIA DEL PALET

2.2. TIPOS DE PALET

2.3. USO DEL PALET EN LA ACTUALIDAD

2.3.1. PALET PARA MOBILIARIO E INTERIORISMO

2.3.2. PALET EN LA CONSTRUCCIÓN

- 2.3.2.1. REVESTIMIENTOS Y ACABADOS
- 2.3.2.2. UNIONES Y ENSAMBLAJES

2.4. CASOS PRÁCTICOS DE APLICACIÓN DEL PALET EN LA ACTUALIDAD

- 2.4.1. PALET PROJECT
- 2.4.2. PALET THEATRE HALL
- 2.4.3. PALET PAVILION
- 2.4.4. CASA DE BARRO
- 2.4.5. EMERGENCY FLOOR

3. PROYECTO DE COOPERACIÓN: REFUGIO DE EMERGENCIA CON PALETS

4. BIBLIOGRAFÍA

VI. ANEXO

RESUMEN

Este estudio busca profundizar en una alternativa a la arquitectura actual rescatando materiales y técnicas que han sido utilizadas a lo largo de la historia pero que debido a las nuevas tecnologías se han ido perdiendo. Esta “nueva” forma de construir se conoce como arquitectura Low Tech.

Así, Low Tech hace referencia a una arquitectura que no precisa de una gran tecnología y que se sirve de materiales y técnicas propios de cada lugar haciendo de éste un sistema económico e introduciendo un nuevo concepto: arquitectura Low Cost. Son construcciones sostenibles en las que el reciclaje de materiales ha cobrado un papel importante.

En esta línea aparece el palet, surgido en la industria del embalaje y el transporte, como medio para proteger los productos durante el proceso de transporte y almacenaje. Poco a poco se está experimentando en las posibilidades que este material puede ofrecer como elemento constructivo, llegando a desarrollarse diferentes experiencias que lo demuestran.

Como experiencia final se propone una pequeña construcción con palets. Un sencillo refugio para solventar los problemas de vivienda y construcción que sufren algunos países con menos recursos, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos.

PALABRAS CLAVE: Low Tech, Low Cost, sostenibilidad, autoconstrucción, reciclaje, bioconstrucción, construcción con tierra, palet, Cooperación Internacional.

ABSTRACT

This research tries to go deeply into an alternative architecture by turning into traditional techniques and materials that gradually have lost their influence in modern architecture. This “new” architecture is called Low Tech architecture.

Therefore, Low Tech concept is used to make reference to an architecture that doesn't need an important infrastructure for its development. Also, it can use local knowledgments and materials. This can help in economic terms by reducing transport costs. So, it appears a new concept: Low Cost architecture. Furthermore, these are sustainable constructions that also use recycling materials used in such a different industries.

In these terms a new material appears: the wood pallet. The original use of this element starts in packaging and transport industry. It is used as a way of protection for the products that should be transported. Nowadays, it has growth in relevance and it has an important role in interior design and decoration. Continuing with the experimentations with pallets, some researches try to find the different possibilities this material can offers us.

To sump up, these knowledgments will be used as a base to design a small construction based on the techniques explored during the research process. It consists in a small refuge, made witch wood pallets. It tries to solve the habitational problem that some countries are going throught.

KEY WORDS: Low Tech, Low Cost, sustainability, self-construction, recycling, bio-construction, earth construction, pallet, International Cooperation.

OBJETIVOS

La finalidad de este estudio es profundizar en las distintas técnicas constructivas que conforman la familia de la arquitectura Low Tech. Estas construcciones alternativas comienzan a tomar forma, introduciéndose en un mundo donde la arquitectura está dominada por las posibilidades que nuevas tecnologías y materiales han puesto a nuestro alcance.

Por ello, se profundiza en diferentes técnicas que, aunque actualmente han caído en desuso como consecuencia de la aparición de las nuevas tecnologías, han sido utilizadas a lo largo de la historia. Además, se intenta demostrar cómo, poco a poco, estos sistemas vuelven a cobrar importancia. Así, las técnicas de la arquitectura tradicional y la tecnología que nos ha aportado la arquitectura moderna pueden trabajar conjuntamente, llegando a mejorar sus características y dando lugar a construcciones más respetuosas con el medio ambiente ya que utiliza materiales del entorno, incluso materiales reciclados, para sus construcciones.

Para finalizar el estudio de las técnicas y materiales de la arquitectura Low Tech, se hace especial hincapié en la construcción con un nuevo material, el palet. Este material empieza a hacerse un lugar en las investigaciones y construcciones con nuevos materiales. Por ello, mediante un análisis de su historia, se pretende acercar un poco más a este material aún bastante desconocido en el ámbito de la construcción, explorando las distintas posibilidades que es capaz de ofrecer.

Este estudio inicial tiene como objetivo final la aplicación de todos estos principios y técnicas analizadas a través del diseño de un refugio de emergencia en casos de cooperación internacional, donde es necesaria una rápida actuación y donde los materiales constructivos son escasos, llevando al límite la idea de reciclaje y reutilización de los recursos que pueden ser encontrados en esas zonas afectadas por catástrofes o pobreza.

METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolla en dos partes. Un primer bloque teórico, en el que se intenta acercar al concepto de arquitectura Low Tech, aún bastante desconocido pero que comienza a abrirse camino en el ámbito de la arquitectura; además, este primer bloque trata de ofrecer un repaso de las diferentes técnicas que podemos encontrar. Y un segundo apartado, en el que, a partir de los conocimientos adquiridos durante ese primer proceso de investigación, se intenta poner en práctica las premisas de la arquitectura Low Tech mediante el diseño de una "vivienda" refugio para casos de cooperación internacional, todo ello basándose en el reciclaje y el aprovechamiento de los recursos de cada zona. El material empleado será el palet.

Para este primer bloque se ha realizado un exhaustivo proceso de investigación bibliográfico, a través de diversos medios tanto físicos como digitales. Este concepto de arquitectura Low Tech, o de baja tecnología, comienza a tomar forma en la actualidad. Es una idea muy reciente cuya finalidad es la recuperación de sistemas que han existido a lo largo de la historia pero que se han ido perdiendo poco a poco con la aparición de nuevas tecnologías. A su vez estará muy asociado a términos de actualidad como sostenibilidad, reciclaje o ecología.

A continuación se presenta un rápido repaso de las técnicas y materiales a los que esta arquitectura quiere hacer referencia. Se proponen 4 bloques: arquitectura con tierra; arquitectura con paja; arquitectura con caña; y arquitectura con palets. Todo esto servirá de base para establecer los conceptos necesarios con el fin de poder desarrollar la experiencia final con la que se concluirá este Trabajo de Fin de Grado.

Como tercer paso, una vez repasadas las distintas técnicas y formas de aplicarlas, se ha seleccionado analizar la arquitectura con palets. Mientras que las construcciones con tierra, paja y caña han sido utilizadas por distintos pueblos y culturas a lo largo de la historia, el palet es un material aún desconocido en el sector de la construcción. Por ello, este material despierta especial interés. Distintas investigaciones y experiencias comienzan a demostrar cómo este elemento puede aportar distintas cualidades y características apropiadas en el ámbito de la construcción.

Finalmente se presenta un último apartado como experiencia final de aplicación de los diferentes conocimientos adquiridos en la primera parte.

Se propone el diseño de un refugio para casos de cooperación internacional, en los que es necesaria una rápida actuación en términos de alojamiento y donde el palet será el protagonista. Éstos llegan al lugar como medio de embalaje y transporte de la ayuda internacional que llega a estos lugares. Se investiga y se propone que con los propios desechos generados de este transporte y ya que su uso ha finalizado se puedan construir estos refugios. Además, es posible que estas células mínimas puedan ampliarse y dejar atrás su carácter de arquitectura temporal para convertirse en una alternativa sólida para la construcción de viviendas.

AGRADECIMIENTOS

A Javier Arias y el grupo Palet Project, por facilitarme toda la información a su alcance en cuanto a sus investigaciones sobre el mundo de los palets.

A todas esas personas que, móvil en mano, han colaborado en la investigación este trabajo a través de sus fotos a todos los palets que iban encontrando. También a aquellas personas que se acordaron de este trabajo al leer la palabra Low Tech, compartiendo conmigo toda la información que encontraban.

Y, finalmente a Félix, por proponer este tema y motivarme a adentrarme en un mundo que no conocía y del que ahora tengo más ganas de saber.

1. ARQUITECTURA LOW TECH

1.1. CONCEPTO DE ARQUITECTURA LOW-TECH

El concepto Low Tech podría ser usado como *fórmula para definir un tipo de arquitectura diferente de la convencional, dispuesta a apreciar y reintroducir técnicas y conocimientos que provienen de una sociedad "postindustrial" y los niveles de confort y dominio ambiental que el hombre ha conquistado en los dos últimos siglos.*¹

Esta "nueva" idea de arquitectura tiene su origen en las técnicas y estilos constructivos de la Edad Media, de las casas tipo "fachwerk"²(Fig. 1), consistente en una pared de estructura de madera y rellena con distintos materiales, una técnica originaria de Centro Europa (Fig. 2 y 3). Estas arquitecturas pueden ser incorporadas dentro del concepto general de construcciones ecológicas o arquitectura sostenible.



Figura 1. Casa tipo fachwerk. Ayuntamiento de Berkatch, Alemania



Figuras 2 y 3. Casa tipo fachwerk. Entramado y relleno con barro y paja. Fuente: <http://mastersuniversitaris.upc.edu/tecnologiaarquitectura/tesis/Bohn.pdf>

Este concepto surge en la cumbre de Río de Janeiro en 1992, lo que implica la utilización de los recursos naturales de forma que no involucren un daño irreparable y no impidan su uso en el futuro para las próximas generaciones.

La arquitectura y sus técnicas constructivas han ido evolucionando, siempre gracias a los progresos que la humanidad ha ido logrando en el ámbito de la tecnología. Ésta ha permitido que nuevos materiales como

¹ D.RIVERA. *La arquitectura construida con tierra: del legado histórico y vernáculo a la cultura alternativa actual*. Revista AXA: Arte y Arquitectura. Universidad Alfonso X el Sabio. 2009. Página 12.

<http://www.uax.es/publicacion/arquitectura-con-tierra.pdf>

² Esta técnica del Farchwerk consiste en la construcción de paredes mediante palos de madera encajados entre sí, en posición horizontal, vertical o inclinada. Los espacios entre estos esqueletos de madera son rellenos, normalmente, por piedras o ladrillos, también con otras técnicas como barro o paja.

el hormigón o el acero hayan aparecido, mejorando las características técnicas de las edificaciones y permitiendo a su vez la construcción de edificios que habrían sido impensables sin el progreso que estos materiales y técnicas representa.

Sin embargo, esta innovación muchas veces olvida el impacto ambiental que puede tener sobre el entorno. Por ello, la arquitectura Low Tech, se revaloriza, utilizando materiales locales cuyo impacto sobre el medio ambiente se verá reducido.

La arquitecta Montse Bosch afirma en una entrevista en la revista "Constructors" que *"Consideramos construcción Low Tech aquella que está relacionada con materiales y soluciones constructivas cercanas, adecuadas a las realidades de los territorios e, incluso, fácilmente realizables con pocos medios"*³

Además, establece unos principios básicos de la arquitectura Low Tech, en los cuales se va a basar este tipo de arquitectura:

- Recursos materiales de origen local.
- Adaptación de la cultura tecnológica que se adecue a los recursos locales disponibles.
- Facilidad de reproducción de las técnicas constructivas empleadas.
- Conocimientos accesibles frente a tecnicismos abstractos.
- Persecución de una arquitectura rica en soluciones y técnicas constructivas mediante la colaboración con distintos sistemas constructivos.⁴

En resumidas cuentas, la arquitectura Low Tech pretende potenciar el uso de materiales locales, a la vez que adapta técnicas del pasado que están siendo perdidas, logrando que estén al alcance de toda la población, introduciendo un nuevo concepto: la autoconstrucción, donde todos los individuos puedan participar en el proceso de construcción del edificio.

Cada zona dispone de unos recursos materiales en relación con sus condiciones ambientales y geográficas. Por ello, para el sistema Low Tech, es básico que los conocimientos estén adaptados a las posibilidades de cada lugar. Siguiendo estas pautas, no debemos olvidar las técnicas antiguas que se han ido acumulando con el tiempo, intentando encontrar el equilibrio entre los grandes avances que se han logrado en los últimos años y los conocimientos y técnicas del pasado.

Es la relativa facilidad de las técnicas que requieren estos materiales lo que promueve su interés. Aún así, ha de realizarse un estudio del ciclo completo de la construcción; materiales a utilizar, sus orígenes,

³ Artículo: M. BOSCH: *Construcción Low Tech*. Revista Constructors, Gremi de Constructors d'Obres de Barcelona. Noviembre. Páginas 16-17.

⁴ Estas premisas están basadas en la entrevista ofrecida por Montse Bosch en la revista Revista Constructors, Gremi de Constructors d'Obres de Barcelona. Noviembre. Páginas 16-17. Donde establece los términos de la Arquitectura Low Tech.

mantenimiento y disposición final. Todos estos materiales son a su vez *low cost*, debido a su bajo precio y que están vinculados a la autoconstrucción. Además, son materiales abundantes, con un impacto energético de producción muy bajo, son naturales y por tanto más saludables. Y, debido a que son materiales extraídos de la zona, el impacto ambiental por su transporte es menor al de otros materiales. Todo ello nos lleva a un nuevo concepto: *low environmental impact*, es decir, de bajo impacto para el medio ambiente, tanto por los materiales empleados, como por la escasa necesidad de empleo de grandes máquinas.

Como ejemplo, podemos mencionar al arquitecto ganador del premio Pritzker Wang Shu⁵, quien trabaja con la construcción tradicional china, adaptando sus técnicas a la modernidad (Fig. 4 y 5). Pero esto es un movimiento complejo, donde innovación e investigación toman un papel importante para poder adaptar las cualidades de los materiales en lo referente a exigencia de las normativas.



Figuras 4 y 5. Museo de historia de Ningbo. Wang Shu. Reutilización de materiales como tejas y piedra de otras construcciones. Fuente:

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-16156/museo-historico-de-ningbo-wang-shu-amateur-architecture-studio>

La arquitectura Low Tech reivindica una revisión de las técnicas y materiales constructivos del pasado con el fin de que la construcción del futuro mantenga la eficiencia lograda en la actualidad, aunque actualmente está muy limitada tanto socialmente como debido a las normativas que rigen la construcción en los diferentes países.

1.2. ARQUITECTURA LOW TECH EN LA ACTUALIDAD

Hablamos de técnicas tradicionales y de una vuelta a ellas. De cómo estas técnicas fueron apartadas de la construcción a favor de otras más modernas e innovadoras. En la sociedad actual, las construcciones con tierra o materiales reciclados están asociadas a una sociedad subdesarrollada, que tiene que buscar técnicas constructivas adaptadas a sus posibilidades y a los materiales que puedan ser producidos o formen parte de la naturaleza y su entorno.

⁵ Wang Shu (4 noviembre 1963 Urumqi) Pritzker en 2012. Gran defensor de los materiales artesanales y naturales, ha participado en diferentes proyectos en los que los productos locales eran la materia prima. Su capacidad de resolver tradición e innovación en su arquitectura le valió este premio.

Con la aparición de la tecnología se ha hecho *tabula rasa* de los conocimientos tradicionales que se han ido adquiriendo a lo largo de la historia de la arquitectura y los cuales no se deberían olvidar. Estas técnicas han funcionado perfectamente a lo largo del tiempo pero con la aparición de la Revolución Industrial, todo este conocimiento práctico se ha ido perdiendo. Por ello, la arquitectura Low Tech busca la unión de los conocimientos tradicionales y la evolución de las técnicas y materiales en la actualidad.

Arquitectos de distintas partes del mundo trabajan y estudian las posibilidades de estas construcciones que han existido siempre e intentan retomarlas como medios para solventar problemas del mundo moderno. Así, se utilizan solo en países con un nivel económico reducido, sino en los países considerados desarrollados, en los que la sobrepoblación comienza a ser un inconveniente. Estas arquitecturas pueden proporcionar las soluciones al problema de la vivienda por la que atraviesan las distintas comunidades. Su rapidez en la ejecución, así como su bajo coste de construcción y producción, pueden hacer de estos sistemas y estos materiales, una apuesta segura.

También existen otras investigaciones que encaminan sus estudios hacia la utilización de los materiales contemporáneos a las necesidades de fácil manejo y rapidez de ejecución. En esta línea aparece el sistema Moladi. Consiste en la ejecución de un encofrado modulado de rápido montaje dentro del cual se vierte un mortero. Este sistema permite la construcción de viviendas que no necesitan el empleo de una mano de obra especializada y en un tiempo récord.



Figuras 6 y 7. Sistema Moladi. Utilización de un encofrado modulado.
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/tag/moladi>

Hablar en arquitectura Low Tech nos lleva a pensar en construcciones en países en vías de desarrollo, en lo que aún continúan utilizando estas técnicas y donde las posibilidades económicas no permiten la exportación de materiales más modernos como el hormigón o el acero y tampoco su fabricación. Zonas donde la tradición ha continuado, pero además, ha evolucionado, mejorando las técnicas y creando nuevos mecanismos que están volviendo a ser trasladados a estos países desarrollados, tan avanzados en la construcción. Y es que estas arquitecturas no han de ser un sinónimo de pobreza, sino de aprovechamiento de recursos (Fig. 8). En un mundo donde la

arquitectura busca reinventarse, acercándose a los conceptos de sostenibilidad y desarrollo, la arquitectura Low Tech empieza a abrirse camino, desmarcándose como una arquitectura alternativa centrada en estas premisas.



Figura 8. Restaurante Las Cúpulas. San Cebrián de Campos. Utilización de Superadobe. Fuente: <http://sancebriandecampos.es/>

La arquitectura moderna y la arquitectura Low Tech se compenetran y complementa, combinando sus técnicas, dando lugar a construcciones que pueden alcanzar unos resultados estéticos, eficientes y funcionales, que demuestran como tradición y modernidad no están reñido y que, incluso, pueden trabajar conjuntamente.

1.3. TÉCNICAS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Desde el principio, la arquitectura se ha valido de los materiales y recursos que el entorno le ha brindado. La evolución de la tecnología ha conseguido que también los materiales utilizados en la arquitectura se hayan desarrollado y perfeccionado, incluso dando lugar a otros que anteriormente no existían. Debido a ello, muchos otros materiales han caído en desuso, o han perdido su valor, tanto estético como constructivo.

En definitiva, esta nueva forma de hacer arquitectura, representada bajo el nombre de arquitectura Low Tech, o arquitectura de baja tecnología, propone una vuelta a estos materiales y técnicas que han sido utilizados tradicionalmente, devolviéndoles y potenciando su valor, mediante la compenetración de arquitectura tradicional y los avances en los conocimientos adquiridos en el ámbito de la arquitectura y la construcción.

1.3.1. CONSTRUCCIONES CON TIERRA

La tierra es uno de los materiales más antiguos utilizados en la construcción. Esto es debido a la cantidad de ventajas que ofrece ya que casi cualquier tipo de tierra puede ser utilizada, si bien es cierto que en la actualidad este material ha ido perdiendo interés en la arquitectura. Esta falta de atención puede estar relacionada con la asociación de estas edificaciones a las "arquitecturas de los pobres". Por lo tanto, una de los objetivos principales es intentar transformar esta mentalidad que predomina en la sociedad, para así, devolverle el valor que este tipo de construcciones se merece.

En cuanto a las proporciones idóneas para su utilización en el ámbito de la construcción, se habla de un 65% de arena, 18% de limos y un

20% de arcilla⁶, pudiendo variar, aunque la proporción de arcilla ha de ser siempre menor al 20%.

Una de sus ventajas principales es su fácil obtención. No debemos olvidar que la corteza terrestre está formada en un 70% de arcillas y lateritas⁷, es decir, tierra. Además, esta obtención, es respetuosa con el medio ambiente, ya que puede ser extraída del propio lugar de la construcción, por lo que no produce un impacto mayor al que podría ocasionar la propia obra. Pero no solo eso, sino que es un material reciclable, es decir, una vez terminado su ciclo de vida, puede ser reutilizado en otra construcción. También es un material que no contamina, no contiene ningún elemento o sustancia tóxica que pueda poner en peligro la salud o afectar al medio ambiente. Tanto la obtención como la construcción no producen un alto gasto energético, ya que como hemos visto, puede ser utilizada la propia tierra obtenida de la realización de la obra (Fig. 9).



Figura 9. Adobes secando al sol
Fuente: <http://www.sitiosolar.com/wp-content>

En cuanto a sus características técnicas y mecánicas, la tierra es un material con una alta inercia térmica así como transpirable, lo cual la convierte en un buen regulador de la temperatura y de la humedad, ayudando indirectamente a la reducción del consumo energético. Así mismo, sus capacidades de aislamiento acústico son igualmente remarcables, pues los muros no conducen las vibraciones sonoras.

Finalmente, al ser un material inerte, no puede ser atacado por seres vivos, no podrá pudrirse y no es afectado por el fuego, lo cual lo convierte en un material mucho más eficaz que otros más utilizados como la madera o el acero, la primera, sensible a los ataques por seres vivos, y el segundo, problemático frente al fuego.

A pesar de todas estas ventajas que presenta la utilización de tierra como material de construcción, tendremos que prestar especial atención a una serie de características negativas en cuanto a su comportamiento frente a diferentes agentes externos. El agua puede causar efectos negativos, para lo cual podrán ser tratados superficialmente con otros materiales que mejore su resistencia frente a la incidencia del agua. Así mismo se puede disponer de otros mecanismos que protejan los paramentos y así eviten o disminuyan la incidencia del agua de lluvia sobre ellos (Fig. 10). Los sismos también

⁶ Fuente: J.L. LÓPEZ, M. LORENZANA, *Construcción con tierra: Deconstrucción y Ejecución de una Vivienda Unifamiliar Aislada utilizando Técnicas de Construcción con Tierra y siguiendo Criterios Bioclimáticos*. Página 14.

https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-33171/TAB42351/Construccion%20con%20Tierra.pdf

⁷ Datos obtenidos de: L. MALDONADO, D. RIVERA, F. VELA, *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. Editorial Mairera, 2002. Página 102.

pueden afectar negativamente a la estabilidad de las construcciones con tierra.

Por lo general, este tipo de arquitecturas no suelen alcanzar grandes alturas, solo alrededor de los dos pisos, pudiendo alcanzar tres alturas en algunos casos. Además la tierra también puede ser combinada con otras técnicas o materiales naturales, como la madera o la paja que podrán aportar mejoras importantes en las características mecánicas de este material.



Figura 10. Prolongación aleros para protección.
Fuente:
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/articulo/>

1.3.1.1. TAPIAL

Dentro de la arquitectura con tierra, el tapial es una de las técnicas más antigua, junto con la construcción con bloques de adobe. Es una técnica basada en la utilización de la tierra como material base. Adobe y tapial utilizan el mismo concepto de tierra apisonada para la creación de los bloques que conformarán los muros y se diferenciarán en el tamaño de éstos, siendo mucho más grandes en el segundo de los casos.

Como hemos visto, la tierra es uno de los materiales constructivos más antiguos, utilizada en todo tipo de culturas a lo largo de la historia. Esta técnica del tapial que se analiza a continuación, servirá de base para la aparición de otras, basadas en los mismos conceptos que ésta, adaptándolos y evolucionándolos.

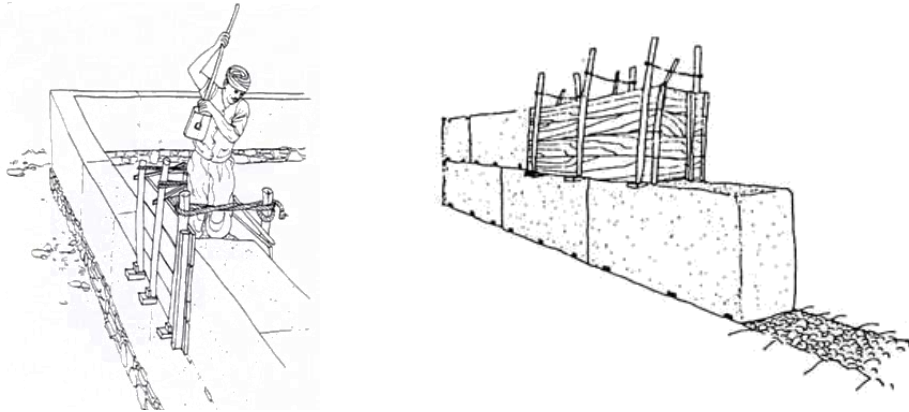
“El tapial es una técnica tradicional de ejecución de fábricas caracterizada por conformar el material en el mismo lugar en el que estará en servicio. El material, generalmente tierra, se conforma por apisonado dentro de un molde que se apoya sobre el mismo muro que se está ejecutando, que sirve, a su vez, como único soporte de las actividades de montaje del encofrado, moldeo, desencofrado y traslado del molde hacia la siguiente posición de servicio.”⁸

Las proporciones adecuadas para la fabricación del tapial son: a) 4 partes de arcilla, 1 de arena, 1 de gravilla; b) 2 partes de arcilla, 1 de arena, 2 de tierra vegetal; c) 1 parte de arcilla, 1 de gravilla, 2 de tierra vegetal.⁹ Esta mezcla se realiza con una pala. La tierra no deberá contener restos de materias orgánicas, por lo que habrá que dejarla pudrir para conseguir su eliminación.

⁸ R. ZAHRAN, *Materiales y técnicas constructivas en la arquitectura Andalusí*. Universidad de Granada.
<http://www.arqueologiamedieval.com/articulos/82/materiales-y-tecnicas-constructivas-en-la-arquitectura-andalusi>

⁹ M. OLCESE SEGARRA, *Arquitectura de Tierra: Tapial y Adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid, 1993. Pag. 24.

El tapial se conforma por superposición de hiladas horizontales (Fig. 11 y 12), como cualquier construcción en fábrica, contrapeando sus juntas y aparejando las esquinas. Estos muros se conforman por apisonado *in situ* de la tierra húmeda dispuesta en tongadas, vertidas dentro de los moldes (Fig. 12). Los moldes o encofrados se realizan con madera de distintas dimensiones, en función del tamaño de la pieza. Este cajón se apoyará directamente sobre el muro que se está ejecutando. Hay que destacar las grandes dimensiones de estas piezas que dificultan la agilidad y flexibilidad de las operaciones de construcción.



Figuras 11 y 12. Técnica de construcción de muros de tapia.
Fuente: <http://www.artifexbalear.org/tapial.htm>

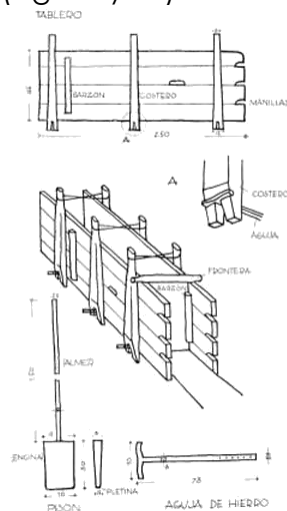
Podemos encontrar distintos tipos de tapias, clasificados en diversos grupos en función de sus características y los materiales que intervienen en su composición.¹⁰

- Tapial de tierra. Para la construcción de este tipo de tapial se emplean distintas proporciones de arcilla, arena y gravilla. La más común es la formada por 4 partes de arcilla con una de arena y otra de gravilla. En algunos casos podrá sustituirse la gravilla por tierra vegetal.
- Tapial hormigonado. Está realizado con mortero rico en cal, abundante grava de tamaño medio y dureza elevada. Este es el más complejo de los tapias debido a la cantidad de cal utilizada, así como al trabajo requerido para la preparación de la grava.
- Tapial de cal y canto. Este tipo de tapial se caracteriza por la utilización de mampuestos en una proporción considerable. Las piedras, lanzadas desde cierta altura, actúan como elemento de apisonado. Exteriormente, el mortero queda liso, ocultando en su interior la mampostería, siendo posible, en el caso de que esta capa exterior se deteriore, su aparición.

¹⁰ Clasificación de los tapias según: R. ZHRAN, Materiales y técnicas constructivas en la arquitectura Andalusí. Universidad de Granada.
<http://www.arqueologiamedieval.com/articulos/82/materiales-y-tecnicas-constructivas-en-la-arquitectura-andalusi>

- Tapial calicastro. Antes del vertido de la tierra se aplica una capa de mortero contra el tapial. Cuando la tierra es vertida se apisona en el interior de la caja cubierta por la costra. Esta capa puede disponerse en ambas caras o solo en la exterior. El mortero queda unido formando una capa continua, aunque si contemplásemos una sección se apreciaría una serie de cuñas verticales trabadas con la tierra. Las humedades del mortero y la tierra habrán de ser parecidas.
- Tapial real. En este tipo de tapias se da una alternancia de capas de cal y tierra de grosores más o menos parecidos.

El cajón de madera será desmontado y retirado cuando se considere que la tierra apisonada en su interior ha alcanzado la consistencia suficiente para sostenerse por sí mismo. Este encofrado de madera está compuesto por una serie de piezas del mismo material, según relata Mariano Olcese Segarra en su libro sobre las técnicas del tapial y el adobe: *“Las paredes de estos cajones están formadas por unas tablas de madera resinosa con preferencia, de 2 a 4 cms. de grueso y unidas por medio de unos travesaños, de manera que alcancen una altura de unos 70 u 80 cms. En los travesaños verticales que mantienen unido el entablonado hay unas muescas dispuestas para recibir dos series de traviesas que mantienen separadas las dos tablas a la distancia que convenga, según sea el espesor del muro,...el cajón se apoya, mediante riostras o traviesas inferiores sobre la estructura de cimentación.”*¹¹ (Fig. 13 y 14)



Figuras 13 y 14. Elementos que conforman el encofrado.
 Fuente (Fig.13): <http://www.artifexbalear.org/tapial.htm>
 Fuente (Fig.14): <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/>

El proceso de compactado tradicional se realiza mediante un pistón. Este proceso ha ido evolucionando, así como el resto de la construcción, utilizándose actualmente vibradores. La consistencia de los bloques podrá ser aumentada mediante la aplicación de

¹¹ M. OLCESE SEGARRA, *Arquitectura de Tierra: Tapial y Adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid, 1993. Página 30.

una lechada de cal, dando lugar a un tapial calicastrado expuesto anteriormente. Así mismo pueden añadirse otra serie de aditivos que mejoren ciertas capacidades del tapial. Para ello podrán ser materiales orgánicos, como es el caso de la adicción de paja. Se crea una pasta de barro y paja triturada que mejorará las capacidades del barro, impidiendo la formación de grietas en el muro.

Como se ha comentado anteriormente, esta técnica se basa en la utilización de tierra, y por ello tendrá ciertos problemas asociados a este material. El más inmediato es la escasa resistencia a la incidencia del agua. Para ello se construye elevándolo del suelo (Fig. 15), evitando así el ascenso por capilaridad, mediante un zócalo de piedra, que podrá alcanzar una altura de aproximadamente 25 cm. Éste también puede ser ejecutado con ladrillo cerámico: *“a fin de evitar que por capilaridad el agua del suelo humedezca los muros, se han de elevar estos sobre un basamento de mampostería o ladrillo.”*¹² Además se protegerán los muros mediante la prolongación del tejado, evitando en la medida de lo posible la incidencia del agua de lluvia, así como el deslizamiento por el muro.



Figura 15. Tapial elevado sobre fábrica.
Fuente://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Sobre la superficie podrán ser aplicados distintos revocos y enlucidos una vez que el muro esté completamente seco. Éstos suelen ser de cal y arena o yeso.

Al igual que ocurre con otras técnicas también basadas en la utilización de tierra, estas construcciones tienen ciertas propiedades reguladoras de la temperatura, debido a su inercia térmica mantendrán una relativa constancia de la temperatura del interior durante todo el año. Además, para su producción no se necesitará una inversión energética elevada debido al uso de materiales extraídos del propio entorno de la construcción, lo cual revela su bajo impacto ambiental, así como la baja emisión de gases resultantes de su extracción, producción y construcción.

Un ejemplo de cómo esta técnica puede ser aplicada en construcciones contemporáneas, alcanzando las exigencias y características expuestas es la piscina cubierta construida en Toro (Zamora).¹³ Este proyecto fue realizado por el estudio Vier

¹² M. OLCESE SEGARRA, *Arquitectura de Tierra: Tapial y Adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid, 1993. Página 25.

¹³ Ejemplos de arquitectura con tapial extraído de: Artículo F. FONT, P. HIDALGO, *Revista Informes de la Construcción*, Vol. 63, 523, 21-34, julio-septiembre 2011.

Arquitectos S.L., el cual obtuvo el primer premio de Construcción Sostenible de Castilla y León (2005-2006). (Fig. 14 y 15)



Figuras 14 y 15. Piscina Municipal de Toro.
Fuente: <http://vier.es/portfolio/piscina-toro/>

Se ha utilizado tapia de tierra estabilizada con cemento blanco, cal aérea y añadido de gravas en los muros correspondientes a la fachada del cuerpo de acceso, vestidor y recinto de la piscina. Estos muros, de una anchura de 60cm, conforman la envolvente del edificio, otorgándole una estética que retoma la tradición de las construcciones de tierra que se extienden por la zona.

Además de construcciones públicas, también se pueden encontrar multitud de ejemplos de nuevas edificaciones de viviendas que, poco a poco, van aceptando el uso de la tierra como un material tan capacitado como puede ser el hormigón, la fábrica...etc., deshaciéndose de la idea generalizada de "arquitecturas de los pobres" (Fig. 16).



Figura 16. Vivienda unifamiliar en Girona.
Fuente: [//informesdelaconstruccion.revistas.csic.es](http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es)

1.3.1.2. ADOBE

Al igual que el tapial anteriormente analizado, el adobe constituye otro de los materiales más antiguos empleados en la construcción, siendo muy utilizado a lo largo de la historia, en muy diversos climas y zonas.

El adobe "*consiste en la construcción de muros mediante la adición y el pegado de bloques paralelepípedos elaborados de barro, mezclado en ocasiones con otros elementos naturales o no, y secados al sol.*"¹⁴ Utiliza una mezcla de arcilla, en un porcentaje del 20%, y arena, al 80%. Para obtener los bloques de ladrillos de adobe

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/1249/1334>

¹⁴ E. OROZCO. *La técnica de construcción en tierra como valor de la vivienda en la ciudad de San Cristóbal*. Tecnología y Construcción v.21 n.2. Caracas. Junio 2005.

http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012005000200004&lng=es&nrm=i

estos materiales son mezclados con agua. Esta mezcla tiene una consistencia fluida, la cual permitirá su vertido en los moldes de madera que terminarán de darles forma. Parte de esta proporción de agua tendrá que evaporarse para conseguir una consistencia suficiente. El secado total habrá de completarse al sol, en unas zonas especiales denominadas “patios de secado” (Fig. 17 y 18). Esta fase durará alrededor de 30 días, girando los bloques, permitiendo la exposición de todas sus caras por igual, quedando listos para ser apilados. Cuando todo este proceso finaliza, estos bloques pueden llegar a alcanzar una resistencia parecida a la del cemento.



Figura 17 y 18. Bloques de adobe y patios de sacado.
Fuente: <https://500generaciones.wordpress.com/2009/11/23/ano-5200-ac-ladrillos-de-adobe/>

En el comportamiento de estos bloques tendrá una influencia directa el material que intervenga, que dependerá del suelo del cual sea extraído.

Los bloques de adobe presentan una escasa resistencia a compresión para lo cual se colocará una armadura de refuerzo entre cada capa o cuando aparezca un punto de carga. Dicha armadura podrá estar conformada por diversos materiales: madera, hormigón armado o malla metálica, repartiendo las cargas de forma uniforme, evitando así asentamientos diferenciales.

Los cerramientos de adobe se construyen por superposición de hiladas de dichos bloques. Estarán unidos por juntas de mortero de barro (Fig. 19). Este material de unión ha de tener menor resistencia que el propio bloque de adobe, en el caso contrario la estructura no funcionaría correctamente. Además los bloques tendrán que ser humedecidos previamente, evitando así que absorban el agua que pueda contener el mortero.



Figura 19. Muro de adobe.
Fuente: <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>

Para la ejecución de las esquinas, se utilizarán técnicas de traba similares a las empleadas en muros de fábrica de ladrillo. Además podrán incluirse algunos refuerzos en forma de escuadra que mejoren la resistencia.

Otra forma de utilizar el adobe la podemos encontrar en construcciones en las que este material se utiliza como elemento de relleno formando un entramado en estructuras de madera. En estas construcciones se levanta todo el armazón conformado por los montantes verticales y refuerzos, así como la estructura del techo, para, posteriormente, colocar el relleno de ladrillos de adobe, pasando este a un segundo plano.

También puede usarse en combinación con la técnica del tapial. En este caso, el adobe pasa a servir como elemento de tabiquería, mientras que la capacidad portante reside en los muros de tapia.

Una de las ventajas que presenta el adobe frente al tapial es su mayor facilidad de ejecución, además de que estos bloques de adobe permiten una importante flexibilidad de diseño, pudiendo llegar a conformarse formas curvas.

1.3.1.3. BAHAREQUE

Este sistema de construcción con tierra consiste *“en la construcción de una trama formada por tallos de cañas, que sirve de soporte para mezclas plásticas de tierra en forma de barro y paja, como elemento cohesivo, que se adosa al entramado para formar paredes.”*¹⁵ (Fig. 20 y 21)



Figuras 20 y 21. Muro de bahareque. Vivienda en Venezuela.

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/jlcrucif/sets/72157600007696143/>

Fuente: : <http://www.archdaily.mx/mx/762081/guadalajara-mexico-un-edificio-comunitario-de-muros-de-bahareque-y-celosia-de-carrizo>

¹⁵ E. OROZCO. La técnica de construcción en tierra como valor de la vivienda en la ciudad de San Cristóbal. Tecnología y Construcción v.21 n.2. Caracas. Junio 2005.
http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012005000200004&lng=es&nrm=i

Podemos hablar de 4 tipos de muros conformados mediante la técnica del bahareque, diferenciándose entre sí en el revoco utilizado en cada uno de ellos:¹⁶

- Bahareque embutido o en tierra. Tradicionalmente el material de revoco era la tierra, incluso excrementos de animales, aunque actualmente esto ha evolucionado, utilizándose cemento.

El entramado de la pared se compone de guaduas de secciones longitudinales, enrasando el relleno de arcilla o barro y paja que ocupará los espacios entre guaduas, a una separación de aproximadamente 8 cm. El proceso de secado tendrá una duración de alrededor de un mes. Posteriormente se aplicará el revoco de cemento y arena en proporción 1:5.

- Bahareque encementado. El revoco es de mortero de cemento. Estarán pintados con cal o con pinturas a base de aceite. Estos revocos se aplicarán sobre una malla metálica adherida sobre la estructura.
- Bahareque en madera. El entramado de la estructura del muro se compone de tablas de madera. Posteriormente la estructura será revestida con tablones de madera, tanto interior como exteriormente. Una de las ventajas es el buen aislamiento térmico que, en este caso, proporciona la madera.
- Bahareque metálico. La estructura portante se construye en madera y guadua, formando un esqueleto que será revestido con planchas metálicas. Estas planchas pueden ser de diversos materiales y acabado, siendo normalmente utilizadas de hierro, acero galvanizado o zinc. Las planchas serán fijadas mediante claveteado sobre la estructura anteriormente citada. Finalmente, las planchas serán protegidas mediante un acabado de pintura. Así, el muro final estará compuesto por un revestimiento metálico en el exterior, un relleno con tierra, y un revoco de cemento en el interior.

El bahareque es muy utilizado en casi toda Sudamérica, recibiendo distintos nombres en función de la localización geográfica, denominándose quincha en Perú y Panamá, taipa en Brasil, tabique en Bolivia, estanqueo o quincha en Argentina y Uruguay, siendo empleado el término bahareque para las construcciones con entramados en Venezuela, Colombia y Centroamérica. Muchos son los ejemplos de localidades y asentamientos que han sido construidos en su totalidad mediante esta técnica.

En México, un grupo de arquitectos, con la ayuda de voluntarios, han desarrollado el diseño de un edificio que utiliza este sistema

¹⁶ Clasificación según J.C. GALLEGO. *Construcción de muros de tapia y bahareque*. Ministerio de la protección social. SENA. Caldas, Bogotá. 2012.
http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www.fspa/icon/8830/construccion_muros_tapia_bahareque.html#

constructivo. Se trata de un edificio de alojamiento y reunión destinado al Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (IMDEC)¹⁷, por el colectivo BMA, ubicado en Barranca de Huentitán, Guadalajara. Con esto, el grupo de arquitectos y constructores pretende continuar con las técnicas tradicionales que han dominado arquitectura de su país, aplicándolas a diseños contemporáneos (Fig. 22).



Figuras 22 y 23. Muros de bahareque a la izq. y celosía de carrizo a la dcha.
Fuente: <http://www.archdaily.mx/mx/762081/guadalajara-mexico-un-edificio-comunitario-de-muros-de-bahareque-y-celosia-de-carrizo>

Este edificio cuenta con una estructura de hormigón. Los muros fueron construidos con bahareque y una celosía de carrizo entretejido (Fig. 23).

En España también se pueden encontrar construcciones tradicionales que siguen las pautas utilizadas en el bahareque, pero que, al igual que ocurre en Latinoamérica, es conocido por otro nombre: entramado o encestado. Por ejemplo, en algunas zonas de Asturias se pueden encontrar algunas construcciones tradicionales que se basaban en esta técnica, como pueden ser las conocidas chimeneas pinariegas. Éstas consisten en una estructura cónica fabricada mediante encestado de madera que será cubierto con barro. Estas chimeneas atraviesan la cubierta de la vivienda, asomándose al exterior, donde tendrá un recubrimiento de teja que servirá para impermeabilizar y proteger la parte sobresaliente. La construcción se rematará con una pieza metálica (Fig. 24)

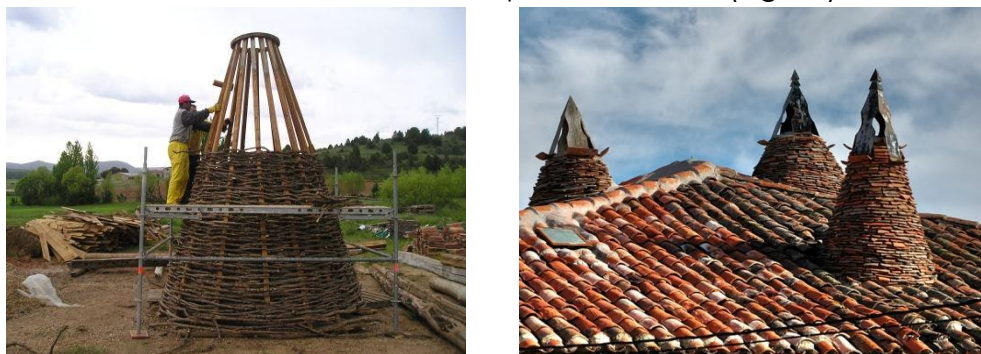


Figura 24. Chimenea pinariega.

Fuente: <http://www.albanecar.es/la-chimenea-pinariega/>

¹⁷ Ejemplo de construcción con bahareque extraído de: *Las características y ventajas del bahareque: Un sistema constructivo milenial a base de palos y cañas entretejidos, con un terminado de barro o mortero.* <https://www.veoverde.com/2015/03/las-caracteristicas-y-ventajas-del-bahareque/>

1.3.1.4. SUPERADOBE

Basado en las técnicas analizadas, aparece, de la mano del arquitecto iraní Nader Khalili¹⁸, un nuevo mecanismo que utiliza esa idea de tierra humedecida, incluso estabilizada mediante cal o cemento, el superadobe.

Fue desarrollado en primer término como un estudio teórico para la creación de futuros asentamiento para la NASA. Después, con la explosión de la Guerra del Golfo Pérsico se traspasó el campo teórico y se comenzó a utilizar para la construcción de refugios de emergencia. Posteriormente esta técnica dio el salto, gracias al Instituto de California, para la construcción de arquitecturas permanentes.



Figura 25. Saco polipropileno
Fuente: <http://www.casayburro.com/>

Esta técnica utiliza bolsas de polipropileno (Fig. 25), material biodegradable a la exposición solar, o sacos de rafia, muy utilizados en todo tipo de industrias. Éstos se encuentran en grandes rollos continuos, que se irán rellenando del material de tierra y cortando en función de las exigencias de cada construcción. Los extremos son cosidos, encerrando en su interior la mezcla de tierra húmeda.

A continuación, se apilan los sacos rellenos en hileras horizontales, unos sobre otros, siguiendo la geometría del arco y la bóveda. Éstas son las estructuras más estables de la naturaleza. Siguiendo esta formación se consigue el máximo espacio empleando el mínimo material posible. Finalmente se cierra la construcción mediante aproximación de hiladas (Fig. 26).



Figuras 26 y 27. Hiladas horizontales. Unión mediante alambre de púas.
Fuente: <http://www.casayburro.com/>

¹⁸ Nader Khalili (22 de febrero de 1936, Teherán – 5 de marzo de 2008, Los Ángeles), arquitecto iraní con formación en Turquía y Estados Unidos. Fue el encargado, junto con el Instituto para las Artes y la Arquitectura en tierra Cal-Earth y su mujer Iliona Khalili, de desarrollar la técnica del Superadobe en 1984.

Para conseguir la máxima unión y estabilidad, evitando los deslizamientos y movimientos de los sacos entre sí, se colocan entre hileras dos filas de alambres con púas (Fig. 27). Las hiladas trabajarán a compresión. Además la combinación de los sacos y los alambres de púan permiten una resistencia a los esfuerzos considerable.

En cuanto a la apertura de huecos, y al tratarse de elementos continuos, se deberá disponer una subestructura auxiliar resistente, que soporte los sacos y la presión que estos ejercerán sobre ella (Fig. 28).



Figura 28. Apertura de huecos.
Fuente: <http://www.casayburro.com/>

Al utilizar tierra para su construcción, estas edificaciones mantienen las mismas ventajas que las anteriores, siendo buenos reguladores de la temperatura y la humedad gracias, como se ha explicado, a la elevada inercia térmica del material. Además, al estar introducido en los sacos, no requiere el mismo tiempo de secado que otras técnicas como el adobe o la tapia, que han de pasar por este proceso para alcanzar la consistencia suficiente que les permita ser utilizados como elementos constructivos.

Finalmente puede ser aplicado un acabado de revoco (Fig. 29), tanto interior como exterior, que le proporcionará una apariencia continua, aplicando posteriormente una pintura impermeabilizante que impida el paso de agua o humedad pero que permita la respiración natural del cerramiento. Los revocos exteriores están compuestos de una mezcla de cal, arenas, arcilla, fibras y aceites naturales. Mientras que los interiores se realizarán utilizando adobe con cal y/o yeso, que actuarán como materiales estabilizantes naturales (Fig. 30).



Figuras 29 y 30. Revoco exterior e interior.
Fuente: <http://www.casayburro.com/>

1.3.1.5. BLOQUE DE TIERRA COMPACTADA (BTC)

Como se ha expuesto anteriormente, las técnicas del tapial y de los ladrillos de adobe son dos de las más utilizadas a lo largo de la historia. En esta línea, y basado en la unión de estas dos técnicas, aparece un nuevo producto que comienza a tener gran relevancia en este sector: el bloque de tierra comprimida, o BTC. Utiliza el concepto de molde tomado de los bloques de adobe y la idea de compactación de los muros de tierra compactada, como es el tapial.

Actualmente se trata de uno de los sistemas más adecuados en construcción de la actualidad, ecológicamente hablando. Su Ciclo de Vida produce un mínimo impacto ambiental.

El BTC consiste en una pieza de tierra manufacturada en el interior de un molde y comprimida dentro de este (Fig. 31). Para ello, la tierra estará ligeramente humedecida, lo que produce un bloque con una consistencia similar a la del tapial, pero del tamaño de un bloque. Al comprimir la tierra experimenta un aumento de la densidad lo cual le proporciona una mejora de sus capacidades mecánicas, lo que ha sido siempre una gran limitación en las construcciones con tierra.

La composición de estos bloques de tierra comprimida es básicamente de tierra de excavación, con una cantidad adecuada de arcilla, y una pequeña cantidad de estabilizante, en un porcentaje entre el 6 y el 8% del volumen. En cuanto a estabilizantes podemos estar hablando de productos como el cemento o la cal hidráulica natural.



Figura 31. Bloques de BTC.

Fuente:

<http://www.adoberadelnorte.com/BTC.htm>

Como se ha comentado antes, estos elementos, al estar comprimidos, experimentan un aumento de sus capacidades mecánicas. Además, con el uso de los estabilizantes se consigue una mejora de las capacidades de resistencia a la humedad, lo que supone un avance considerable con respecto a otras técnicas tradicionales de construcción con tierra que han sido utilizadas a lo largo de la historia.

En cuanto a la puesta en obra resulta muy sencilla. Una vez que los bloques han sido prensados y secados ya pueden ser utilizados directamente en la obra, sin necesidad de pasar por un proceso de cocción. Este aspecto se traduce en un bajo impacto ambiental, menor que el de otros materiales utilizados en la actualidad.

Además es un elemento constructivo altamente eficiente en cuanto a propiedades térmicas, acústicas y estéticas se refiere.

Es un material extraído de la propia obra, o de zonas cercanas a la misma, lo cual permite abaratar costes de transporte, entre otros, así como una mayor y mejor adecuación al entorno. Lo que en otros casos serían clasificados como residuos de excavación, en este sistema los excedentes serán los utilizados para la construcción. Así mismo, y al utilizar estos estabilizadores que se han mencionado con anterioridad, su vida se prolonga.



Figura 32. Muro BTC . Apertura de huecos y basamento

Fuete:

www.adoberadelnorte.com/BTC.htm

Otro aspecto importante es su capacidad de regular la humedad interior debido a su composición con tierra y que no está cocido, por lo que se comporta como un material permeable al vapor de agua. El muro absorbe la humedad cuando ésta es elevada, y la suelta al entorno cuando éste es más seco. Además, su alta inercia térmica hace del BTC un perfecto regulador térmico, lo que se traduce en un ahorro energético considerable. También es destacable que para la obtención de este material, así como para su preparación y puesta en obra, no se produce ningún tipo de emisión de gases u otras sustancias nocivas para el medioambiente; es más, neutraliza el humo del tabaco y otros gases.

En España el uso de este material está regulado bajo la norma UNE 41410. La siguiente línea de investigación en cuanto a normativa se refiere está enfocada en las construcciones con adobe y tapia.



Figuras 33 y 34. Biblioteca en Muyinga con BTC.

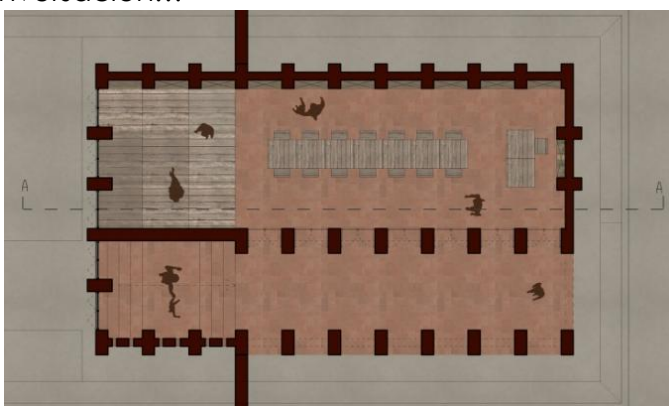
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/762377/biblioteca-de-muyinga-bc-architects>

Estas construcciones están teniendo una gran acogida en países en vías de desarrollo. Un ejemplo de esto es la construcción de la

Biblioteca para la Comunidad de Muyinga, Burundi, diseñada por el equipo BC studies.¹⁹(Fig. 33 y 34)

Esta construcción utiliza como materiales base la tierra y la madera. Además, su ejecución fue pensada de forma participativa, es decir, los propios habitantes de Muyinga formarían parte del proceso. Para su diseño se realizó un exhaustivo estudio de las técnicas y materiales tradicionales del lugar, que posteriormente serían utilizadas para su edificación.

El edificio está organizado en torno a un espacio de circulación cubierto. Éste tendrá una función social y está basado en las viviendas tradicionales de Burundi. Además servirá como refugio contra las lluvias y el sol y tendrá una fuerte función social de reunión, descanso, conversación...



Figuras 35 y 36. Contrafuertes construcción y planta.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/762377/biblioteca-de-muyinga-bc-architects>

La estructura está determinada, por una parte, por la elección del material: BTC para los muros de carga y tejas de arcilla cocida para la cubierta. Estas tejas aportaban a la estructura un peso elevado, lo cual se tradujo en un sistema estructural basado en contrafuertes modulados con una separación entre ellos de 1,30m (Fig. 35 y 36).

Los bloques de BTC son protegidos de las incidencias meteorológicas por la prolongación de la cubierta en forma de voladizo (Fig. 37).

El uso de esta técnica está muy extendido en estas zonas donde la tierra es un material muy abundante. Muchos otros ejemplos demuestran como este material es muy recurrente en este tipo de arquitecturas.



Figura 37. Tejas

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/762377/biblioteca-de-muyinga-bc-architects>

¹⁹ Ejemplo extraído de la revista Arquitectura Viva nº 161: *Local Knowledge: Social and Sustainable Projects*. 2014.

1.3.2. CONSTRUCCIÓN CON PAJA

La paja, como se ha podido comprobar, puede ser utilizada como aditivo o estabilizador en diferentes técnicas de tierra, aportando a ésta ciertas mejoras en sus características evitando, por ejemplo, la fisuración de los bloques de adobe o de la tapia. Pero, además de como aditivo, encontramos ciertas arquitecturas que utilizan las balas de paja como elemento constructivo.

Este es un material biodegradable. A la hora de utilizarlo como elemento constructivo habrá de tenerse en cuenta una serie de características. Es aconsejable que la humedad de las balas de paja no exceda el 15%. También es importante saber que la humedad, así como las dimensiones de los fardos, podrá variar, ya que la compresión que pueda ejercer la máquina no será siempre exacta. Además, será aconsejable que los bloques no presenten restos de hierbas, que se pudrirán con mayor facilidad ante la presencia de la humedad. Su almacenamiento tendrá que realizarse de forma seca, elevándolo del suelo y protegiéndolo de la lluvia.

Podemos encontrar distintos tipo de muros conformados con fardos de paja en función de su capacidad estructural:²⁰

- Muros de balas de paja portantes (Fig. 38). En este caso, los muros de paja son los encargados de transmitir los esfuerzos de la edificación hasta su cimentación. Es un sistema rápido y, por consiguiente, económico.

Es importante que en los muros portantes los fardos estén bien prensados. Además se deberá colocar una viga perimetral en la parte superior que transmita los esfuerzos hasta la cimentación, estando el muro pretensado, evitando así la trasmisión de esfuerzos de compresión adicionales a las balas de paja. La unión de los bloques a la cimentación podrá realizarse mediante varillas de cabezas roscadas en el centro del muro. Otra técnica de unión es mediante la compresión con flejes, mucho más sencilla.

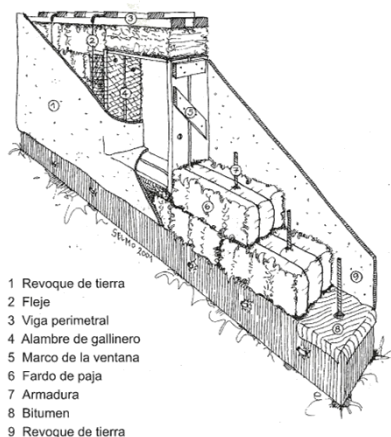


Figura 38. Muro de paja autoportante
Fuente: G. MINKE, F. MAHLKE,
Manual de construcción con fardos de paja.

Las dimensiones de los fardos influirán y limitarán la altura de las edificaciones. Según expone Gernot Minke en su libro: *“Las normas de buen diseño indican que la altura de los muros debe ser como máximo cinco veces el ancho y que, por lo tanto, con fardos pequeños solamente se hagan construcciones de*

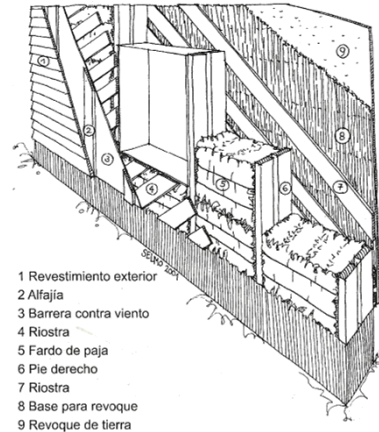
²⁰ Clasificación basada en el libro: M. OLCESE, *Arquitecturas de tierra: tapial y adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid. Valladolid, 1993.

una planta. Las construcciones de dos plantas con muros portantes sólo pueden hacerse con fardos Jumbo".²¹

Estos muros podrán ser revocados con cemento, que además ayudará a la transmisión de las cargas.

- Muros de balas de paja no portantes (Fig. 39). En este caso una estructura, generalmente de madera, será la encargada de la transmisión de las cargas mientras que los fardos de paja cumplirán una función de relleno, ocupando los espacios entre los soportes de la estructura. Además servirá como cerramiento, aislante térmico y acabado.

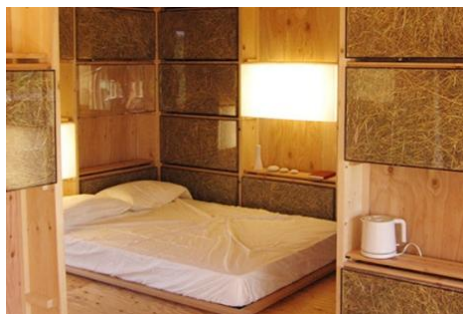
Los bloques tendrán que soportar las cargas horizontales producidas por el viento, para lo cual tendrán que estar correctamente unidos entre sí o conectados con la estructura.



- 1 Revestimiento exterior
- 2 Alfaja
- 3 Barrera contra viento
- 4 Riostra
- 5 Fardo de paja
- 6 Pie derecho
- 7 Riostra
- 8 Base para revoque
- 9 Revoque de tierra

Figura 39. Muro paja no portante.
Fuente: G. MINKE, F. MAHLKE,
Manual de construcción con fardos de paja.

Otra función de las balas de paja como elemento de construcción para muros es su utilización como revestimiento exterior en casos de rehabilitación o incluso nueva construcción. Este revestimiento de paja exterior actuará como aislante. Este sistema puede ser útil en el caso de antiguas construcciones que necesiten una capa de aislamiento. En este caso, los fardos pueden estar unidos directamente a la pared existente o podrán estar colocados a través de una estructura de madera. Un problema es su baja resistencia al fuego que puede ser combatido mediante la aplicación de un revoco exterior. En este ejemplo (Fig. 40 y 41), diseñado por estudiantes de la Universidad de Waseda, Japón, la paja queda expuesta y sirve como material aislante. Podrá ser cambiada cada 2 años.



Figuras 40 y 41. Casa revestida con paja
Fuente: <http://www.ecologiaverde.com/casa-muros-paja-compost-refrigeracion-natural/>

²¹ G. MINKE, F. MAHLKE, *Manual de construcción con fardos de paja*. Editorial fin de siglo. Página 20.

Existen muchos prototipos de construcciones con paja en diversas partes del mundo, si bien es cierto que la mayoría de éstas son viviendas particulares, poco a poco este tipo de arquitecturas se van extendiendo, dando lugar a distintas tipologías edificatorias como escuelas, oficinas..., es decir, proyectos de mayor envergadura y con una función social, promovidos por entes públicos, que confían en las balas de paja como un sistema constructivo válido y eficaz.

Así mismo, la construcción con paja permite cierta libertad en el diseño de edificios. Este es el caso de la Casa Espiral²², construida en Castlebar, Irlanda. Su planta se basa en la forma del caparazón del Nautilus. Las paredes, construidas con balas de paja, son portantes y se levantan sobre un basamento de piedra caliza obtenida de la zona. Los muros de paja fueron tratados exteriormente mediante sucesivas capas de tierra y cal.



Figuras 42 y 43. Casa con fardos, La Garrotxa, Barcelona
Fuente: <https://nosolopaja.wordpress.com/>

En España se están llevando a cabo algunas experiencias que investigan las posibilidades que estas construcciones pueden aportar. (Fig. 42 y 43)

1.3.2.1. EL SISTEMA BALA-BOX

La tradición de la construcción con paja se une a las nuevas tecnologías, dando lugar a un sistema constructivo denominado Bala-box.

Éste combina dos materiales: los fardos y la madera, formando cajones que resolverán al mismo tiempo los problemas de estructura, cerramiento y aislamiento (Fig. 44). La paja es un material local que aporta la capacidad aislante del sistema, logrando un consumo casi nulo de energía. Por otro lado, la madera será la encargada de aportar la capacidad



Figura 44. Fardo bala-box.
Fuente: www.bala-box.com

²² Fuente: G. MINKE, F. MAHLKE, *Manual de construcción con fardos de paja*. Editorial fin de siglo. <http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/construccion-con-paja-g-minke.pdf>

estructural. Esto permite una ejecución rápida y sencilla, a la vez que promueve la autoconstrucción.

Es un sistema modular formado por paja prensada que es introducida en una estructura de madera, conformando el bloque prefabricado compactado, pudiendo ser un módulo completo o medio. Esta modulación permite un fácil diseño de los espacios (Fig. 45 y 46).



Figura 45 y 46. Prototipo construcción con fardos bala-box.
Fuente: <http://bala-box.com/blog-bala-box/>

Dentro del sistema bala-box se pueden encontrar bloques de diferentes características, pudiendo adaptarse a las necesidades de cada construcción según se muestra en la siguiente tabla²³:

	Bala-box 90	Bala-box 55	Bala-box 35
Largo (cm)	90	55	35
Ancho (cm)	35	35	35
Alto (cm)	49	49	49
Peso (kg)	22	14	8

Tabla 1. Características de módulos bala-box.

Para su colocación se utiliza el mismo sistema que en el caso de los ladrillos. Se irán contrapeando para posteriormente ser unidos entre sí mediante tornillería o clavos. Este proceso puede ser realizado de forma sencilla, ya que no requiere de grandes medios mecánicos para su ejecución.

1.3.2.2. EL SISTEMA ALFAWALL

A la hora de diseñar un bloque de paja prefabricado, habrá que tener en cuenta diferentes factores que serán decisivos para determinar sus características. Por un lado, grandes módulos permitirían una rápida construcción, así como la utilización de

²³ Fuente: <http://bala-box.com/caracteristicas/>

menos tornillería para su ejecución, pero para su manipulación sería necesaria una elevada inversión en medios mecánicos que permitiesen su fácil movimiento. Por otro lado, los módulos pequeños son más fáciles de manejar pero suponen un riesgo más elevado a la hora de la aparición de puentes térmicos, así como un gasto excesivo de un material escaso como es la madera.

Por ello, "el sistema constructivo alfaWALL es un sistema modular para cerramientos, basado en estructuras de listones de madera que contienen balas de paja. Las balas de paja prensadas con una densidad mínima de 120kg/m³, fijadas



Figura 47. Muro sistema alfaWALL.
Fuente: <http://www.okambuva.coop/>

dentro de una estructura de madera son estructuralmente portantes, no son necesarias estructuras portantes complementarias para la edificación. La estructura de madera y sus dimensiones permiten un montaje simple, con herramienta manual convencional y tornillería especial de construcción."²⁴ (Fig. 47) Este sistema es desarrollado por Okambuva, una empresa constructora destinada al uso de materiales y técnicas naturales.

Una de las ventajas que presenta este modelo español, en comparación con otros diseñados, es el uso moderado de madera. Además, para su fabricación se utiliza paja "suelta" que será prensada dentro de los bloques de madera que servirán de esqueleto del módulo. En España, las máquinas de prensado pueden alcanzar una densidad de 120kg/m³, mucho más elevada que en otros países que comienzan a trabajar con estos sistemas.



Figuras 48 y 49. Primera vivienda con sistema alfaWALL.
Fuente: <http://www.okambuva.coop/>

Por otro lado, es muy importante la selección del tipo de madera y tornillería que ha de ser empleada para su ejecución. En el primer caso, será utilizada madera de pino, mientras que la tornillería

²⁴ Ponencia alfaWALL: Paramentos y paneles modulares prefabricados con paja para la construcción de viviendas y rehabilitación energética de edificaciones. Sevilla, 2015.
<http://casadepaja.es/wp-content/uploads/2015/06/PonenciaAlfawallSevilla.pdf>

habrá de ser la adecuada para soportar las solicitaciones a las que se verá expuesta una vez que el sistema entre en carga.

Otra de las ventajas de estos sistemas prefabricados es la sencillez de su ejecución. Para su montaje podrán ser utilizadas herramientas y técnicas de una carpintería convencional, llegando a alcanzar unos resultados completamente satisfactorios. (Fig. 48 y 49)

1.3.3. CONSTRUCCIÓN CON CAÑA

Jonathan Cory-Wright es el arquitecto que ha fomentado el uso de esta técnica constructiva en la actualidad a través de su proyecto CanyaViva.²⁵ Instalado en España descubrió la caña silvestre. Después de una serie de investigaciones comprueba que este material puede ser apto en el ámbito de la construcción.



Figuras 50 y 51. Agrupación de cañas.
Fuente: <http://canyaviva.com/Castellano/Proyectos.html>

Esta técnica se basa en la agrupación de cañas para la creación de una estructura resistente y flexible, que podrá adoptar la forma que se desee (Fig. 50 y 51). Podemos encontrar distintos tamaños de cañas, clasificadas con números del 1 al 5, en valor ascendente. Para identificar el tamaño correcto, se utiliza un calibre con las distintas medidas.

Con la caña se consigue un esqueleto estructural que puede sustituir vigas y pilares, pero no crea un cerramiento para la edificación. Tendrá que ser posteriormente recubierto mediante otra técnica (Fig. 52).

Los pilares se fabrican mediante agrupaciones o módulos de cañas. Éstas conformarán el núcleo de los pilares. Se unirán 7 cañas del mismo tamaño.



Figura 52. Recubrimiento.
Fuente: <http://canyaviva.com/>

²⁵ CanyaViva es un grupo de profesionales de distintas ramas que buscan un nuevo modelo de construcción que respete la naturaleza, al mismo tiempo que fomenta el uso de materiales naturales. Sus construcciones se basan en el uso de la caña.

Alrededor de este núcleo se colocaran las cañas necesarias para alcanzar el diámetro que se requiera.

La unión se realizará mediante cuerda de cáñamo. La técnica consiste en entrelazar las cañas por parejas, así, todas quedarán unidas a las más inmediatas. Finalmente se entrelaza el grupo completo.

En cuanto a las cimentaciones, podemos encontrar tres tipos: cimentación enterrada (70 cm. de profundidad y lecho de grava de 10 cm); cimentación media enterrada (entre 30-40 cm. de profundidad, lecho de grava de 10 cm. y muro exterior entre 30-40 cm.); y cimentación elevada (ejecutando un muro de 60-70 cm., sin excavación y con un lecho de 10 cm. de grava). En las dos primeras tipologías se protegerán los bordes con una masa conformada con barro y cal.

Como se ha explicado, la caña sólo conforma el esqueleto exterior, por lo cual se necesitará de la combinación con otra técnica para conformar un cerramiento. Para ello pueden ser utilizadas algunas de las expuestas anteriormente, como es el bahareque. También podrán ser utilizadas otras cañas o telas.



Figura 53. Cerramiento.
Fuente: <http://canyaviva.com/>

El grupo CanyaViva ha llevado a cabo la construcción de diversas arquitecturas que se sirven de esta técnica, creando construcciones de caña vista, como porches o estructuras efímeras que actúan como lugares de reunión.

Otras construcciones, como los domos, combinan este esqueleto de con otras técnicas, como en el caso del Domo Fontanet (Fig. 53), donde la caña es cubierta con tierra y mortero de cal, creando un espacio interior habitable²⁶.

1.3.4. CONSTRUCCIÓN CON PALETS

El palet es mundialmente conocido en la industria del almacenaje y el transporte, uso para el que fue concebido inicialmente. El más conocido es el palet de madera (Fig. 54), aunque han ido apareciendo otros fabricados con diferentes materiales que se han ido



Figura 54. Palet de madera
Fuente: Grupo Palet Project

²⁶ Ejemplos extraídos de la página web del grupo CanyaViva:
<http://canyaviva.com/Castellano/Proyectos/DomoTarragona.html>

adaptando en función de las mercancías a transportar y proteger. Por ello, actualmente, podemos hablar del palet de plástico, cartón, metal...etc. Básicamente consiste en una plataforma horizontal fácilmente manejable y almacenable con el fin de proteger las mercancías que son transportadas. Su diseño responde a las características de las carretillas elevadoras encargadas de su desplazamiento. Actualmente sigue siendo un material muy utilizado en este ámbito.

El palet tiene unas medidas estandarizadas que se ajustan a los sistemas de almacenamiento, permitiendo el mayor aprovechamiento del espacio posible. Por ello en el mercado se pueden encontrar palets de diferentes medidas, siendo dos los palets más utilizados: palet europeo y palet americano. En el caso del palet europeo, estas medidas se ajustan a las dimensiones de las cajas de los camiones donde se transportarán las mercancías.

Poco a poco otros sectores se han ido interesando en las posibilidades que el palet de madera puede ofrecer. Este es el caso de la arquitectura y la decoración. Aunque realmente, no es un descubrimiento reciente, en la actualidad se ha experimentado un crecimiento de su uso muy elevado. Anteriormente ya estos elementos fueron utilizados en sustitución de elementos de mobiliario. Si bien es cierto que su uso no estaba muy extendido, las corrientes actuales han rescatado este material y lo han vuelto a poner en el punto de mira.



Figura 55. Palet House. Prototipo de vivienda con palets.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*.
Monsa. 2015.

Recientemente se ha despertado el interés de su uso como material constructivo. Pequeñas edificaciones y experiencias comienzan a investigar las posibilidades que este material es capaz de ofrecer. Distintos grupos de investigación se están interesando por este nuevo material, realizando diferentes estudios en busca del mejor aprovechamiento del palet (Fig. 55).

Además, este elemento puede ser combinado con otro de los sistemas y técnicas expuestas con anterioridad, pudiendo trabajar conjuntamente para alcanzar unos niveles de confort más elevados.

1.4. MARCO NORMATIVO

Actualmente, todas estas técnicas no están contempladas en la normativa que regula la construcción, sobre todo en el caso de las construcciones con paja y caña. La normativa está enfocada a las arquitecturas y técnicas más usadas en la actualidad.

Poco a poco, estas construcciones comienzan a abrirse camino, no solo en la construcción, sino también en las leyes que la regulan. En España la normativa para técnicas de tierra comienza a ser redactada, siguiendo la estela de algunos países que se han visto obligados a publicar una normativa que contemple las construcciones con estos materiales debido al actual aumento de la demanda.



Figura 56. Normativa construcción con tierra.

En el año 2010 AENOR publica la norma UNE 41410: 2008 (Fig. 56) referida a los bloques de tierra comprimida o BTC, orientada a sus especificaciones y ensayos. En estos momentos, están en desarrollo las correspondientes normas UNE relativas al tapial y el adobe. Sin embargo, es el CTE el documento regulador. Este tipo de construcciones no pueden ser justificadas mediante el Código Técnico de la Edificación y sus documentos básicos, lo cual obliga a la búsqueda de soluciones alternativas que las justifiquen. A su vez, estas soluciones alternativas precisan de conocimientos muy específicos que dificultan el desarrollo de la arquitectura Low Tech. Así se expone en el Artículo 2 del Código Técnico de la Edificación: *“Para justificar que un edificio cumple las exigencias básicas que se establecen en el CTE podrá optarse por: a) adoptar soluciones técnicas basadas en los DB, cuya aplicación en el proyecto, en la ejecución de la obra o en el mantenimiento y conservación del edificio, es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias básicas relacionadas con dichos DB; o b) soluciones alternativas, entendidas como aquéllas que se aparten total o parcialmente de los DB. El proyectista o el director de obra pueden, bajo su responsabilidad y previa conformidad del promotor, adoptar soluciones alternativas, siempre que justifiquen documentalmente que el edificio proyectado cumple las exigencias básicas del CTE porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a los que se obtendrían por la aplicación de los DB. Siguiendo las indicaciones del CTE/DB-HE”²⁷*

²⁷ Artículo 5 CTE. Condiciones generales para el cumplimiento del CTE.

2. ARQUITECTURA CON PALETS

Si bien la arquitectura tradicional se ha servido de materiales y elementos de su entorno, también es posible la utilización de otros, que aunque no hayan sido fabricados con estos fines, han terminado su vida útil y pueden ser empleados en otros sectores. Este es el caso del palet. Aparece en la industria del transporte y el embalaje, pero poco a poco adquiere interés en otros ámbitos.

Por otro lado, el reciclaje está cobrando cada vez más importancia en la búsqueda de arquitecturas alternativas en el siglo XXI, donde sostenibilidad, contaminación en los procesos de fabricación y transporte de materiales, así como el almacenamiento de residuos, se convierten en los problemas principales. En esta línea aparece un nuevo material: el palet. Su fácil manejo y su rapidez de ejecución, además de su capacidad de reutilización y reciclaje, hacen del palet un material muy adecuado en construcciones que requieran una ejecución inmediata.

2.1. HISTORIA DEL PALET

El palet es un armazón fabricado con distintos materiales. Los primeros se fabricaban de madera, por su fácil obtención y bajo coste. Actualmente, podemos encontrar palets fabricados con diferentes materiales, como plástico, cartón, metales...etc, en función de la utilización que puedan tener. Este elemento es muy empleado en el transporte de cargas. Su diseño permite un cómodo manejo de las mercancías así como un mayor aprovechamiento de los espacios de almacenaje, al poder alcanzar mayores alturas de una forma sencilla.

Según la normativa, el palet es una *“plataforma horizontal rígida, cuya altura está reducida al mínimo compatible con su manejo mediante carretillas elevadoras, transpaletas o cualquier otro mecanismo elevador adecuado, utilizado como base para agrupar, apilar, almacenar, manipular y transportar mercancías y cargas en general”*.²⁸(Fig. 57)



Figura 57. Palet para transporte de mercancías
Fuente: Fotografía propia

²⁸ Norma UNE ISO 445. Paletas para la manipulación de mercancías. Vocabulario. 2008.

Originariamente surge en la Segunda Guerra Mundial como elemento de transporte de armamento militar, así como alimentos y otros productos, de una forma fácil y eficaz (Fig. 58).

Estas plataformas de cargas están formadas por dos bases separadas entre sí por unos soportes. Aunque existe una variante en la que consta de una sola base con patas que apoyarán directamente sobre la superficie.

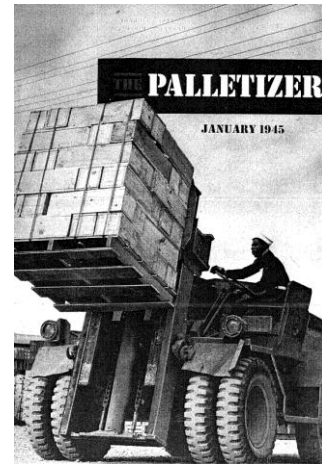


Figura 58. Palet en la Segunda Guerra Mundial.

Fuente: *Palet Project: Building with palets.*

2.2. TIPOS DE PALET

Actualmente podemos encontrar distintos tipos de palets, que serán clasificados en función de sus diferentes características. Los primero que se fabricaron para la industria del transporte y el almacenaje fueron conformados en madera. Con el paso del tiempo, la investigación y perfeccionamiento de la utilización de otros materiales, así como los distintos usos que han ido adquiriendo este tipo de elementos, los tipos de palets se han ido ampliando, adaptándose a las necesidades de las nuevas tecnologías y medios.

Comúnmente, encontramos diferentes tipos de palets en función de sus dimensiones, aunque los más usados son dos: el palet europeo y el palet universal o isopalet (también conocido como palet americano)²⁹:

- Palet europeo. De medidas 1200x800mm (Fig. 59). Sus dimensiones y resistencia está normalizada. Utilizados para transporte y almacenamiento de diferentes productos. Es una variante del palet americano. Surge para conseguir un mayor aprovechamiento del espacio, debido a las medidas de las cajas de los trailers, normalmente con un ancho de 2,40m.

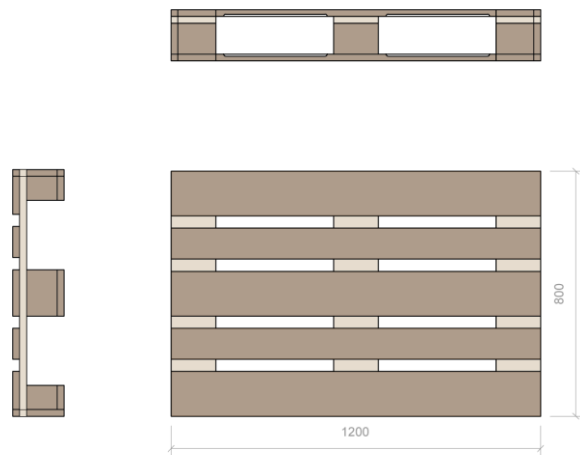


Figura 59. Palet europeo.
Fuente: Elaboración propia.

²⁹ Clasificación de los palets según sus medidas. Fuente: Empresa de fabricación de palets SocoPalet.
<http://socopalet.cl/historia-del-palle/>

Está conformado por nueve tacos de madera como apoyo de las dos parrillas, superior e inferior. La parrilla superior será más tupida. Este palet cuenta con entradas por los cuatro costados. Será utilizado como pavimento y para apilar en altura gracias a su elevada resistencia.

- Palet universal o isopalet.

De medidas 1000x1200mm (Fig. 60). Éste se diferencia del europeo en que está construido con larguero en lugar de tacos, que variarán en función de las dimensiones del palet. Además es muy apropiado a la hora de realizar estructuras ensambladas ya que los largueros podrán servir tanto de viga como de pilares, según se coloquen en posición horizontal o vertical.

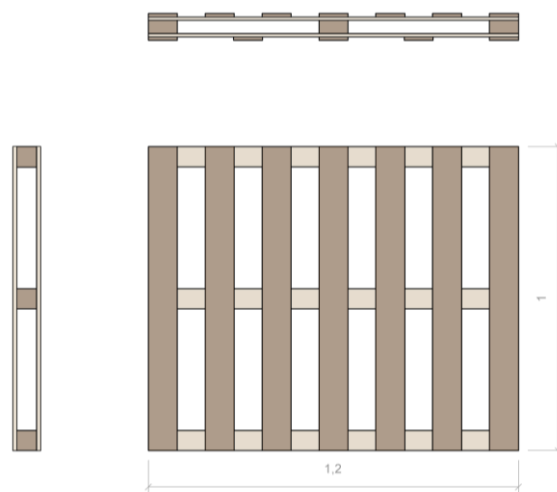


Figura 60. Palet americano.
Fuente: Elaboración propia

- Palet de 1,00 x 1,00 m. Este es el más utilizado en construcción en España (Fig. 61). Se trata de una variante del palet de 1,00 x 1,20 m. Tiene dos entradas, es decir, las máquinas elevadoras entran por dos de sus caras. Al igual que el palet americano se disponen las tablas a los dos lados, unidas con largueros, tablas o listones. Además estas dos caras pueden ser iguales es decir, reversibles, pudiendo depositar la caja en ambos lados.

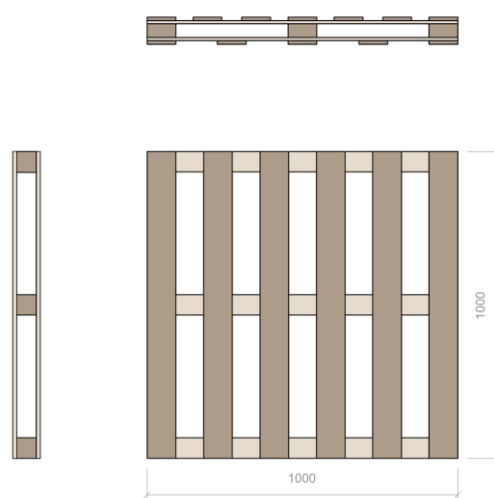


Figura 61. Palet 1x1.
Fuente: Elaboración propia

A parte de estas, existen otras medidas en el mercado, aunque su utilización no está tan extendida como estas.

Por otro lado, como se ha comentado, la fabricación ha ido evolucionando junto con las nuevas tecnologías. Y, aunque inicialmente eran conformados con madera, la aparición de nuevos materiales ha permitido que se experimente también en esta línea³⁰:

³⁰ Clasificación de los palets según el tipo de material empleado para su fabricación. Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*. Monsa. 2015. Páginas 5-7.

- Palet de madera. (Fig. 62) Éstos son los más utilizados en el mercado. Comúnmente han de ser tratados con productos antibacterianos para su exportación (siendo obligatorio o no en función del país al cual será exportado), evitando de esta forma la propagación de plagas entre distintos países. Así, encontramos dos tipos de tratamientos: el primero de ellos el fumigado de la madera mediante bromuro metílico. El segundo mediante la aplicación de calor (alrededor de 56°C) durante 30 minutos, tratamiento que tendrá que ser renovado cada dos meses. Todo ello regulado bajo la NIMF-15.



Figura 62. Palet de madera.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

- Palet de plástico. (Fig. 63) Aparece como una alternativa al palet de madera. Presenta ciertas ventajas frente a este último. En el caso del palet de plástico el peso es mejor y permiten una higiene mayor, evitando problema de plagas u otras patologías que pueden estar presentes en la madera, por lo tanto, no es necesario un tratamiento como en el caso de la madera.



Figura 63. Palet de plástico.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

- Palet de cartón. (Fig.64) Estos palets son desechables, tienen un único uso. Son empleados, principalmente, en el mercado agrícola o agroalimentario. Gracias a este material, son palets muy ligeros, pero tienen la desventaja de que tienen una baja resistencia a la exposición frente agentes meteorológicos.



Figura 64. Palet de cartón.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

- Palet de fibra y virutas. (Fig. 65) Fabricados con fibra de madera, su peso es más reducido que los palets de madera maciza. Además cumple con la normativa que regula los tratamientos de madera



Figura 65. Palet fibra y virutas.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

necesarios en el caso de plataformas de este material debido a que estas fibras pueden estar mezcladas con resinas. Sus costes de fabricación son menores y tiene más opciones de reparación que los fabricados con plástico o metal.

- **Palet metálico.**(Fig. 66) Es el menos utilizado aunque su vida útil es la más larga. Su uso responde a cargas elevadas que no pueden ser transportadas en palets fabricados con otros materiales. El metal utilizado para su fabricación suele ser la chapa de acero.



Figura 66. Palet metálico.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

Algunos utilizan una mezcla de tablas de madera para las caras superior e inferior y piezas de chapa o plástico para la unión de estas tablas. Este tipo de palet se conoce con el nombre de palet Dusseldorf (Fig. 67).



Figura 67. Palet Dusseldorf.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

Por otro lado, los palets, en transporte de mercancías, puede ser clasificado en función de la carga que son capaces de transportar, para lo cual, sus características variarán, adaptándose a estas cargas.

	Palets ligeros	Palets semiligeros	Palets pesados
Espesor planchas (mm)	15-17	17-20	>20
Cargas a transportar	0-400 kg	400-800 kg	800-1500 kg
Uso	Un solo uso	Uso limitado	Varias rotaciones ³¹

Tabla 2. Clasificación de los palets según sus características.

También según su base podemos elegir qué tipo de palet es el adecuado. Según esto, los palets pueden ser de doble entradas reversibles o no (en el caso de ser reversible podrá soportar carga por ambos lados) o de cuatro entradas, también reversibles o no.

Además, a la hora de ser manipulado, el palet abierto permite ser utilizado por cualquier tipo de máquinas, ya que los tacos de esquina no están unidos. En el caso contrario, el palet cerrado, solo podrá ser manejado por máquinas con "horquillas libres".

³¹ Tabla 2. Clasificación obtenida de: <http://paletproject.blogspot.com.es/p/palet.html>

2.3. TRATAMIENTOS

Según la normativa internacional, los palets de madera usados para la exportación han de pasar por una serie de tratamientos para evitar la propagación de plagas en los embalajes fabricados con madera en bruto. Esto está regido por la reglamentación fitosanitaria NIMF-15, las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, revisada en 2009, de la IPPC, The International Plant Protection Convention. Según esto, se exige un certificado de origen del palet y del proceso que haya seguido (Fig. 68). Así, encontramos dos tipos de tratamientos: el primero de ellos el fumigado de la madera mediante bromuro metílico. El segundo mediante la aplicación de calor (alrededor de 56°C) durante 30 minutos, tratamiento que tendrá que ser renovado cada dos meses.

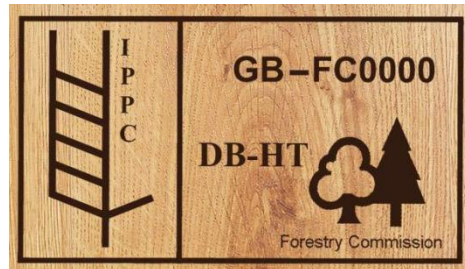


Figura 68. Sello de tratamiento.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*

Pero, además, pueden contar con otros tratamientos con el fin de poder prolongar su vida útil, haciéndolos más resistentes contra los agentes externos que podrán atacarles durante su uso.³²

Por un lado se encuentran los basados en pinturas, barnices y laisures.³³ Pueden ser aplicadas por medio de pincel o pulverizadores. Estos recubrimientos superficiales pueden alcanzar una profundidad de entre 1 y 3 mm. Tienen la capacidad de retrasar el envejecimiento de la madera, así como mejorar su aspecto estético.

También son muy utilizados los tratamientos por inmersión del elemento en productos de protección. El tiempo de duración variará en función del proceso, oscilando entre los 3 y los 10 min. Además existen otros tratamientos en autoclave, mediante impregnación profunda, a presión.

Finalmente, son muy importantes aquellos destinados a la protección del palet frente al fuego mediante la utilización de agentes químicos que retardan el efecto del fuego.

³² Tratamientos del palet. Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*. Monsa. 2015. Páginas 8 y 9.

³³ El término *laisure* hace referencia a un tratamiento superficial, aplicable mediante pincel o pulverizador que cuenta, además de productos biocidas, con filtros solares que retrasan el deterioro de la lignina de la madera.

2.4. USO DEL PALET EN LA ACTUALIDAD

Si originariamente surgió este material como medio de embalaje y transporte, rápidamente se han encontrado otras aplicaciones para ellos.

Las nuevas arquitecturas han evolucionado, buscando la sostenibilidad y la reutilización de otros elementos y materiales que puedan ser aplicados a la construcción. El palet es un buen ejemplo de adaptación y reciclaje.

Poco a poco el uso del palet va ganando terreno en el ámbito de la arquitectura y cada vez son más sus aplicaciones, escapando de los límites de la industria para la que fueron diseñados originariamente. Esto es gracias a la facilidad con la que estos materiales pueden ser obtenidos. Además estos nuevos sistemas promueven la búsqueda de construcciones alternativas y ecológicas.

En la actualidad el palet como material de construcción aún es bastante desconocido, aunque comienzan a aparecer pequeños proyectos que se sirven de él, muy ligados al concepto de construcción temporal, incluso arquitecturas y servicios de cooperación (Fig. 69). Su aplicación más extendida en estos momentos, fuera del ámbito del transporte y almacenamiento, es en la decoración, tanto de interiores como de exteriores. Cada vez son más los elementos de mobiliario que son diseñados a partir de la reutilización de palets. Esto muestra la versatilidad de estos materiales, pudiendo ser adaptados a otros usos, además de promover la contribución con el medio ambiente.



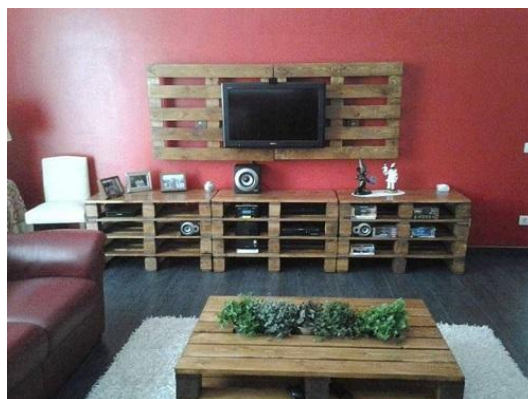
Figura 69. Prototipo vivienda emergencia. Chile
Fuente:
<http://www.chilearq.com/web/proyectos/2398/>

2.4.1. USO DEL PALET EN MOBILIARIO E INTERIORISMO

En una sociedad preocupada cada vez más por el reciclaje, la sostenibilidad y la autoconstrucción, la industria de la decoración comienza a fijarse en unos materiales que, además de cumplir con estas premisas, proporcionan rapidez y facilidad en su ejecución, incluso permitiendo que el propio usuario pueda participar y verse involucrado en el proceso de fabricación y diseño.

Cada vez son más los espacios que comienzan a ser decorados con estos elementos, creando distintas atmósferas y espacios gracias a las cualidades estéticas que proporciona la madera.

Así, el palet de madera proporciona una fácil ejecución, pudiendo ser manipulado sin experiencias específicas sobre este elemento. La producción de los objetos puede realizarse mediante la agrupación de los palets individuales, apilándolos. Para su unión pueden emplearse puntas metálicas que conecten los distintos elementos o con simples bridas que impidan que se desplacen. Además, pueden aprovecharse distintas partes del mismo para realizar los acabados necesarios, siendo un material que permite su fácil separación y cortado con herramientas y útiles sencillos.



Figuras 70 y 71. Mobiliario con palet reciclado.

Fuente: <http://www.g10muebles.com/blog/consejos/el-palet-en-decoracion-reciclaje/>

Esta técnica ya era conocida anteriormente. Si bien es cierto que su uso no era muy popular, en nuestros días, esta idea ha cambiado y se ha revalorizado y aplicado como una de las nuevas tendencias decorativas a través del reciclaje del momento (Fig. 70 y 71).

Poco a poco se va experimentando y evolucionando. Si al principio se comenzó con pequeños elementos de mobiliario que se reinventaban a base de palets, pronto comenzaron a realizarse intervenciones más ambiciosas. Espacios interiores se diseñan en su totalidad mediante la utilización de estos elementos, tanto en mobiliario como en revestimiento de paredes y espacios interiores (Fig. 72 y 73).



Figuras 72 y 73. Oficinas Va X dentro. Valladolid

Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*

Pero las nuevas corrientes buscan dar un paso más. Se ha comprobado cómo pueden crearse pequeñas "estructuras" con una técnica tan simple como el apilado de palets. Actualmente, y partiendo de estas primeras creaciones, comienza a experimentarse con este material en busca de nuevas fórmulas que permitan su uso en la construcción, llegando a ser utilizados

como elementos portantes en composiciones inicialmente sencillas, pero que con su estudio y avance en la técnica pueda permitir llegar a diseñar estructuras más complejas.

2.4.2. USO DEL PALET EN LA CONSTRUCCIÓN

La búsqueda de nuevas formas de arquitectura y nuevos sistemas constructivos ha llevado a una intensa investigación en nuevos campos y materiales. Todo ello se une a esa idea de una arquitectura que se sirva de los materiales existentes, del reciclaje y la sostenibilidad.

Si un material como el palet de madera puede ser utilizado en el ámbito de la arquitectura de interiores y decoración, se plantea la posibilidad de que pueda ser empleado igualmente como elemento constructivo. Esto es así gracias a las elevadas posibilidades de unión y combinación que puede ofrecer este elemento. El palet es en sí mismo una pequeña estructura que utiliza madera de mala calidad pero que, gracias a su diseño, puede soportar grandes cargas.

En la actualidad son muchos los arquitectos que ven en el palet una alternativa sólida para la construcción. Diversas investigaciones y experiencias demuestran que este material puede tener un correcto comportamiento en el ámbito de la construcción. Gracias a una buena ejecución de las uniones y ensamblajes puede dar lugar a pequeñas estructura y arquitecturas con características adecuadas para ser empleadas en construcción.

Hasta el momento, hablar de construcciones con palets es sinónimo de arquitectura efímera y temporal. Poco a poco, y según avanzan los estudios comienza a plantearse como una arquitectura sólida, combinada con otras técnicas que permitan alcanzar los niveles de habitabilidad de otras construcciones realizadas con técnicas y materiales actuales (Fig. 74).



Figura 74. Casa Manifesto.

Fuente:

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-31691/casa-manifesto-estudio-de-arquitectura-james-and-mau-para-infiniski>

2.4.2.1. TÉCNICAS DE CONSTRUCCION CON PALETS

Por un lado, una de las técnicas para la construcción con palets es mediante apilamiento. Este sistema no necesita una gran tecnología. Consiste en la superposición de palets unidos entre sí

con simples elementos como bridas o tirafondos, que los fijen entre sí y eviten posibles deslizamientos. El palet utilizado para este tipo suele ser el europeo, por su capacidad para aguantar grandes cargas.

Son arquitecturas de gran presencia debido a que alcanzan el ancho del palet y además, gracias a la disposición de los elementos se pueden alcanzar formas y texturas más ricas y flexibles como se puede apreciar en el pabellón construido en Aarhus, Dinamarca, llevado a cabo por la Escuela de Arquitectura de Aarhus (Fig. 75 y 76).



Figuras 75 y 76. Palletvilion.

Fuente: <http://palletvilion.blogspot.com.es/>

Uno de los inconvenientes que aparecen a raíz de la utilización de este sistema es el número elevado de palets que se necesitan para realizar cualquier construcción, además genera volúmenes muy grandes y el elevado peso que alcanzan esas arquitecturas. Finalmente será necesaria alguna pieza auxiliar que ayude a resolver zonas como la cubierta.

Otra técnica es la del ensamblado de palets formando muros y losas. En este caso suele utilizarse el palet fabricado con largueros que unen las dos superficies de tablas. Gracias a estos largueros pueden conformar estructuras ligeras en sí mismas. Para dotar de mayor estabilidad al conjunto es posible colocar muros perpendiculares entre sí. Un ejemplo es la construcción realizada por el taller de la asignatura Construcción – Estructuras de Madera, realizado por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid (Fig. 77 y 78).



Figuras 77 y 78. Construcción con palets en la etsa, Valladolid.

Fuente: <http://paletproject.blogspot.com.es/p/etsav.html>

Para la ejecución de los ensamblajes entre los palets serán utilizados elementos auxiliares como grapa, cartelas, chapas, tirantes... Las técnicas utilizadas serán las básicas de carpintería.

2.4.2.2. RESISTENCIA

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de elegir el tipo de palet que será empleado en una construcción es la resistencia que puede ofrecer. En función de ésta y del tipo de edificación habrá que hacer una correcta elección del palet que será utilizado.

Para construcción, como se ha expuesto anteriormente, los palets utilizados son los fabricados con madera. Además, el palet más resistente es el europalet, gracias a su configuración con tacos.

En general, la resistencia de un palet estará influenciada por el espesor de las tablas que conforman dicho palet, principalmente las caras exteriores. La variación de resistencia en función del grosor puede oscilar entre los 400 y los 1000 kg de carga³⁴. Otro factor determinante en la resistencia serán los clavos empleados en las uniones de las piezas, tanto por el número de ellos empleados como el tipo (Fig. 79).

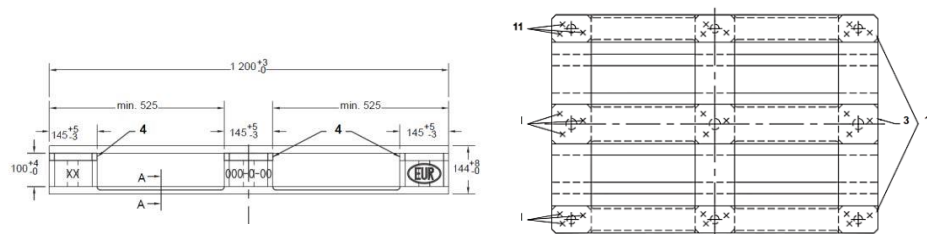


Figura 79. Características del palet para su resistencia
Fuente: ARIAS. *Palet Project: Building with palets*

Otros factores a tener en cuenta son la rigidez diagonal, pruebas de arrancamiento de tablas o pruebas de resistencia a flexión. También el tipo de fabricación, madera utilizada, grietas, nudos...etc.

2.4.2.3. REVESTIMIENTOS Y ACABADOS

Debido al propio diseño del palet, será necesario un revestimiento y acabado que permita alcanzar los estándares de privacidad y confort interior necesarios para su habitabilidad.

Para ello, la construcción con palets puede combinarse con otros materiales que actúen como acabado, revestimiento o aislamiento, tanto exterior como interior. Las técnicas estudiadas anteriormente pueden proporcionar estos niveles de confort. La paja puede actuar como material aislante, mientras que las técnicas de tierra pueden ser utilizadas tanto como relleno interior, en el que el palet hará la función de encofrado, como

³⁴ Datos: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*. Monsa. 2015.

de revestimiento, proporcionando la privacidad necesaria en el interior, a la vez que protege la paja del ataque de acciones que pueden poner en riesgo sus propiedades. Un ejemplo de cómo el palet puede combinarse con otras técnicas es la Casa Jacinta, situada en Montecito, Chile y diseñada por Maucobioteectura (Fig. 80 y 81).



Figuras 80 y 81. Casa Jacinta. El palet en combinación con el adobe. Revestimiento.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*

2.4.2.4. UNIONES Y ENSAMBLAJES

Una de las ventajas del uso del palet en construcción es la sencillez de su manejo y ejecución. Es por ello que la tecnología llevada a cabo para la ejecución de las uniones responda a esta idea. Así, se busca que el propio palet y los elementos que lo componen sean capaces de suplir estas necesidades, ayudados de los elementos básicos del bricolaje

La ejecución de las uniones en las construcciones con estas plataformas se realiza mediante dos técnicas. La primera de ellas es el apilado de palets, en cuyo caso el europalet es el más adecuado gracias a su elevada resistencia a las cargas. La desventaja de este primer método es el gran volumen y peso que alcanzan las construcciones. En este caso la unión se puede efectuar mediante bridas o tablonces de madera obtenidos de los propios palets que impidan el movimiento de deslizamiento entre ellos. (Fig. 82)

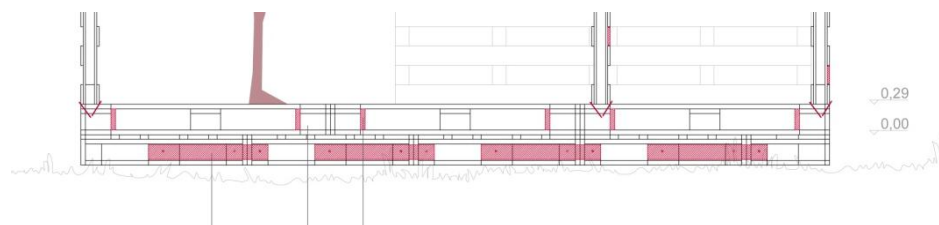
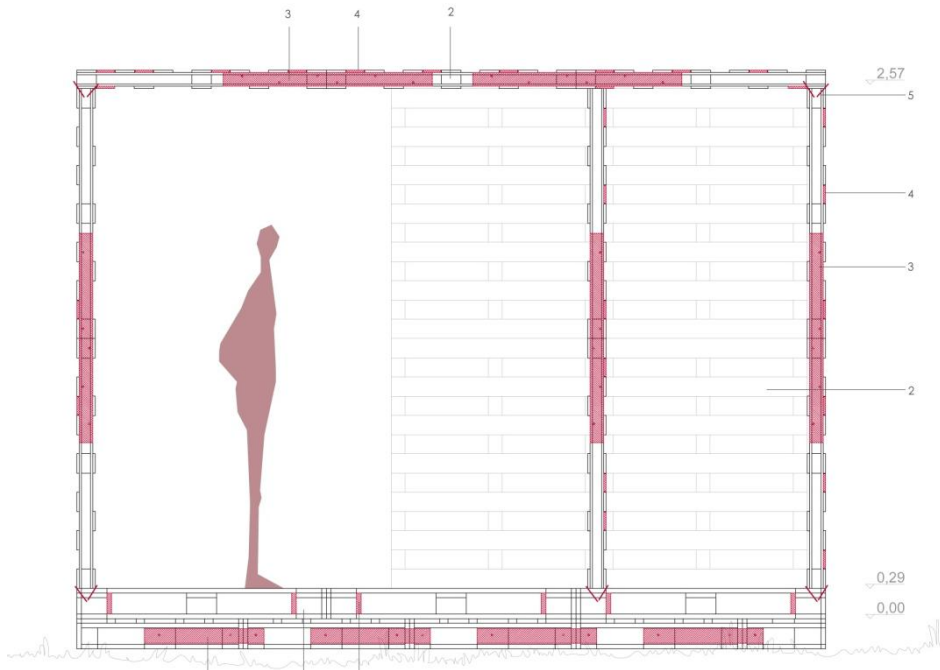


Figura 82. Uniones europalets mediante tablonces.
Fuente: Eleboración propia.

Por otro lado, las uniones se pueden realizar utilizando elementos como tirafondos o tablas procedentes de palets que fijen los elementos entre sí. En este caso, el palet utilizado es el palet americano o su variantes en el caso de construcciones España: el palet de 1x1 m. Estos están fabricados mediante tabloneros largueros que unen las dos superficies.



- Leyenda:
1. Palet europeo 0.8x1.2 m.
 2. Palet americano 1.00x1.20 m.
 3. Unión mediante larguero obtenido de un palet de sacrificio
 4. Tableros de refuerzo
 5. Tirafondos

Figura 83. Uniones.
Fuente: Elaboración propia.

Para reforzar las uniones más débiles (punto 3 de la figura) se utilizan los tabloneros procedentes de un palet de sacrificio. Éste se despieza y sus partes podrán ser utilizadas para rematar o reforzar otras, mejorando así su resistencia. Al mismo tiempo, estos tabloneros se colocan entre los intersticios de los elementos que conforman las paredes. (Fig. 84)

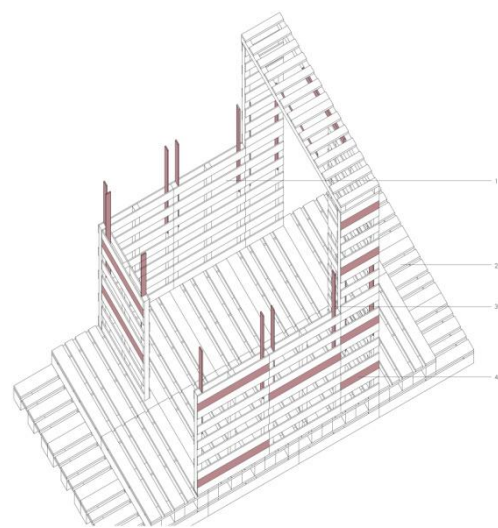


Figura 84. Axonometría, tabloneros de unión.
Fuente: Elaboración propia.

Además de estos métodos, existen otros diseños que precisan de una mayor tecnología y sistemas de unión más complejos y diseñados para cada construcción aunque, al mismo tiempo, que amplían el abanico de posibilidades que pueden ofrecerse. Un ejemplo de esto es la Hexa Structure, diseñada por BC studies y ubicada en Marsella, Francia, como alternativa a los prototipos de refugios.³⁵ (Fig. 85 y 86)



Figuras 85 y 86. Hexa Structure. Refugio modular.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

Esta construcción requiere del diseño de unas piezas auxiliares que permitan estas conexiones. A pesar de tratarse de un sistema más complejo, se sirve de materiales reciclados. Se trata de piezas de andamaje dispuestas formando una estructura hexagonal (Fig. 87). Los palets, en este caso, tendrán una función de soporte de carga de relleno.



Figura 86. Pieza de unión.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.*

Debido a que el motivo principal de utilizar el palet como elemento constructivo reside en su facilidad de uso así como el reciclaje de materiales y recursos de lo que se dispone en cada lugar, para la realización del proyecto final, se opta por el uso de bridas, tirafondos y tablonces procedentes de los propios palets, fomentando así la posibilidad de una posterior ampliación que pueda ser llevada a cabo por los propios habitantes.

³⁵ Ejemplo extraído de: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets.* Monsa. 2015.

2.5. CASOS PRÁCTICOS DE CONSTRUCCIÓN CON PALETS

Diversos grupos de investigación intentan promover el uso del palet en la construcción. Para ello trabajan con distintas experiencias en busca de la mayor adecuación del material, intentando sacar el mayor beneficio de las características físicas y mecánicas que pueden proporcionar estos materiales.

Muchas de estas investigaciones o primeros proyectos están enfocados a la construcción de arquitecturas efímeras, pabellones y espacios que son rápidamente construibles, pero también fácilmente desmontables. Poco a poco, la posibilidad de una arquitectura más sólida comienza a calar en los nuevos arquitectos, dando lugar a proyectos que comienzan a tener un carácter más permanente.

Por otro lado, su rapidez de ejecución y fácil obtención hacen de este material un elemento muy atractivo en la investigación de su aplicación en proyectos de cooperación en países o situaciones en las que se requiera una rápida construcción de refugios y espacios acondicionados.

También será un elemento que servirá de base para la confección de otros sistemas y tecnologías que ayudarán a mejorar las condiciones de los diferentes espacios.

2.5.1. PALET PROJECT

Palet Project surge de la experimentación que un grupo de cinco arquitectos comienzan a realizar, centrados en el estudio y análisis del funcionamiento del palet como material de construcción, fundando un taller de investigación del palet como elemento constructivo: *“PALETPROJECT constituye una obra de carácter arquitectónico y analítico del elemento-palet que explora su capacidad plástica y formal.”*³⁶

Esto surge del interés de indagar las posibilidades que estas plataformas, inicialmente fabricado para un uso específico, puede ofrecer como material constructivo, una vez terminada su vida útil en la industria del transporte. Para ello han trabajado en diferentes construcciones temporales, experimentando e investigando las distintas formas de apilamiento, así como de ensamblajes y uniones que permitan un correcto funcionamiento del sistema.

³⁶ Fuente: Grupo Palet Project: ¿Qué es un palet?
<http://paletproject.blogspot.com.es/p/palet.html>

– INSTALACIÓN EN LA SALA LAVA

“A partir del Palet de madera como módulo constructivo, se plantea una instalación a gran escala en la sala ExpoLava del Edificio Teatro del LAVA (Laboratorio de las Artes de Valladolid), que investiga los aspectos de apilamiento, intersección, adición, sustracción y destrucción del palet.”³⁷ (Fig. 88)



Figura 78. Instalación en Sala Lava. Valladolid.

Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with*

Para la realización de esta instalación, fueron utilizados 1000 palets, tanto europeos como americanos. Éstos se usaron enteros, lo cual permitió su posterior recuperación y reutilización. En el caso de las uniones se utilizaron una cantidad de 2000 tirafondos de entre 5-7 cm de longitud. Estas uniones, así como el montaje de la instalación, fueron realizadas de forma manual, sin la utilización de herrajes y otros elementos auxiliares, no siendo necesaria la utilización de mano de obra especializada, otro de los puntos importantes que motiva el uso de esta técnica.

En cuanto a la instalación, ésta se compone de tres partes diferenciadas, en las que la tecnología utilizada va variando de acuerdo a las necesidades y funciones de los palets.

En una primera parte se experimenta con el apilamiento de palets para la conformación de un graderío enfrente a un escenario, cuyas torres fueron ejecutadas mediante la misma técnica (Fig. 89 y 90). Para esta solución constructiva no fue necesario ningún tipo de unión entre ellos y el tipo de palet utilizado fue el europeo, ya que tiene una alta resistencia para soportar grandes cargas.



Figuras 89 y 90. Graderío y escenario construido por Palet Project en la Sala Lava.

Fuente: <http://paletproject.blogspot.com.es/p/lava.html>

³⁷ Exposición de la instalación con palets en la Sala Lava, Valladolid. Fuente: <http://paletproject.blogspot.com.es/p/lava.html>

Después, en una segunda parte, se encuentran las construcciones experimentales de pantallas, losas, vigas, muros y pilastras (Fig. 91). Para el diseño de estos elementos se utilizan palets americanos, son más ligeros que los europeos y presentan un mejor comportamiento para su unión utilizando tornillos y tablas. Esto es debido a que, para la producción de estos palets, son utilizados una serie de travesaños que hacen que el ensamblaje sea más cómodo.



Figura 81. Construcciones experimentales.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS.
Palet Project: Building with palets

Toda esta instalación estará elevada sobre un pavimento igualmente conformado mediante palets, que evitará el deterioro del pavimento original de la sala.

Finalmente, la tercera parte de la instalación corresponde al mobiliario. En este caso el palet americano vuelve a ser el elegido. Las uniones, por lo tanto, responderá a la misma metodología que en el caso de los elementos constructivos anteriores. Así mismo, se coloca una silla a gran escala en la cubierta del edificio con motivo del estudio del efecto del clima y la variación de temperatura y exposición a las inclemencias meteorológicas así como al paso del tiempo en este tipo de arquitectura (Fig. 92).



Figura 9. Escultura silla palets.
Fuente:
<http://paletproject.blogspot.com.es/p/lava.html>

Al mismo tiempo, se han realizado distintas experiencias en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, mediante la construcción de un pabellón con palets. Además, para llegar a la ejecución final, se experimenta con las diferentes formas de unión y ensamblajes.

También podemos encontrar intervenciones en espacios públicos como parques. Este es el caso del Parque Biosaludable en Quintanilla del Molar, Valladolid, por el estudio Buho arquitectos.³⁸

³⁸ Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*. Monsa. 2015.

Este proyecto fue encargado por el Ayuntamiento de este municipio, con la idea de crear dos almacenes al mismo tiempo que un espacio para ubicar una serie de aparatos biosaludables. Los almacenes estarán formados por dos containers. Una serie de pérgolas construidas con palets serán las encargadas de integrar estos dos elementos metálicos en el espacio del parque. Además estas plataformas tienen otra finalidad: evitar la continua exposición al sol de los containers marítimos, evitando así un sobrecalentamiento de los mismos. Ambos materiales, contenedores y palets, son elementos reciclados, contribuyendo al concepto de arquitectura (Fig. 93 y 94).



Figuras 93 y 94. Parque Biosaludable en Quintanilla del Molar, Valladolid. Buho Arquitectos.
Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*

2.5.2. PALET THEATRE HALL

Este proyecto, diseñado por Nil Brullet, arquitecto barcelonés del estudio Brullet-De Luna, plantea la construcción de un teatro temporal fabricado con palets.³⁹(Fig. 95).

El objetivo principal que da lugar al diseño de este proyecto es regenerar diferentes zonas de las capitales que han sido abandonadas o han perdido su uso, recuperándolos de forma que puedan servir a la sociedad.

Por ello, este teatro se plantea como un espacio de confluencia, donde las funciones de espacio abierto y actividad social y cultural conviven. Debido a su carácter temporal, ha de ser una arquitectura que utilice una tecnología económica, rápida y fácil de montar, al mismo tiempo que



Figura 95. Interior Pallet Theatre hall.
Fuente: <http://www.labyrinth-bcn.com/es/teatro-construido-palets/>

³⁹ Fuente: <http://www.labyrinth-bcn.com/es/teatro-construido-palets/>

utilice materiales reciclables o reutilizables. Además, según el arquitecto, está situado en una zona de carácter industrial, por lo cual, este edificio habrá de tener esta identidad fabril que caracteriza al espacio en el que será ubicado.

El palet es un material que reúne todas estas características. Es un material reciclable, barato que, gracias a diferentes experiencias, ha sido demostrado su fácil manejo y funcionalidad en el ámbito de la construcción. Así mismo, es un material abundante y fácilmente transportable. Además, el palet puede aportar esta idea y carácter industrial que se buscaba desde el principio en este proyecto.

Por todo ello, el arquitecto utilizó europalets estándar ensamblados. Al ser un elemento fabricado en madera, proporciona un ambiente único gracias a la calidez que este material aporta.

2.5.3. PALET PAVILION

Palet pavilion (World Cup SKI) Oberstdorf – Alemania (2005). Arquitectura, Architekturbüro Matthias Loebermann.⁴⁰

El palet, debido a su forma, dimensiones y geometría, se presenta como un elemento rígido y modular, que permite resolver espacios geométricos de forma rápida y sencilla.

Este pabellón es un ejemplo de cómo este elemento tan rígido puede dar lugar a la construcción de espacios orgánicos (Fig. 96 y 97). Está construido con 1300 europalets y cuenta con unas dimensiones de 6m de alto, 8m de ancho y 18m de largo.



Figuras 96 y 97. Palet Pavilion, exterior e interior.
Fuente: <http://www.aml-partner.de/palettenpavillon-bilder.htm>

Las plataformas, mediante su apilamiento, crean una envolvente que es la encargada de generar los espacios y la geometría del edificio. La unión entre ellas está realizada mediante bridas de plástico. En altura, la forma se va cerrando mediante círculos concéntricos. La parte superior, sin embargo, se resuelve

⁴⁰ Fuente: J.SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*

mediante vigas de madera que estarán apoyadas en los cerramientos perimetrales. Sobre ésto se apoyará el resto de la cubrición.

Este pabellón sirve como punto de reunión de los participantes en la copa del mundo de esquí de 2005 celebrada en Alemania. Tiene una condición de arquitectura efímera, en la que una vez terminada la competición, su uso habrá finalizado. Su construcción mediante palets hace de esta arquitectura un ejemplo de reciclaje. El pabellón podrá ser desmontado y los palets podrán ser reutilizados posteriormente.

2.5.4. CABAÑA DE BARRO

Este prototipo de vivienda recubierta de barro se encuentra en San Pedro de Alcántara, México, terminada en 2010⁴¹. Esta construcción es un ejemplo claro de como diversas técnicas pueden trabajar conjuntamente, proporcionando unos estándares de calidad elevados.

En este caso, la estructura de la cabaña está realizada con palets de madera, que son colocados en primer lugar. Posteriormente éstos se rellenan con paja y barro, los materiales locales, que se realizan en el lugar. Las plataformas actuarán, al mismo tiempo, de encofrado de esta masa de relleno (Fig. 98 y 99)



Figuras 98 y 99. Casa de barro.

Fuente: <https://unitingalcantara.wordpress.com/2010/05/15/pallet-house-plans/>

Este relleno conformado con paja y barro actuará como aislante, aprovechando las propiedades del adobe, creando un ambiente interior en el que la humedad y la temperatura estarán reguladas gracias a las propiedades de la tierra. Así mismo, se revoca interior y exteriormente en adobe lo que dará la unidad y la apariencia estética final del conjunto.

⁴¹ Fuente: <https://unitingalcantara.wordpress.com/2010/05/15/palet-house-plans/>

2.5.5. EMERGENCY FLOOR

Uno de los mayores problemas encontrados en los campos de refugiados es la higiene. Estos asentamientos se construyen de forma rápida, utilizando los materiales y las posibilidades que pueda brindar el entorno. Por lo tanto, estos campamentos tienen una gran falta de higiene, dando lugar a la aparición de infecciones que pueden propagarse y afectar a todo los habitantes. Una de las fuentes de mayor contagio es el suelo. Las refugios no cuentan con un suelo higienizado, por lo que sus habitantes están en continuo contacto con éste.

Por ello, este sistema surge como una solución a los problemas de habitabilidad de las viviendas temporales destinadas a refugiados de todo el mundo, donde un suelo que reúna unas condiciones de salubridad mínimas es indispensable. Este sistema es diseñado por Sam Brisendine y Scott Key y es conocido con el nombre de Emergency Floor⁴².

Emergency Floor utiliza plataformas de madera que son desechados después de su uso como material de transporte de la ayuda humanitaria procedente de los distintos países. Consiste en un sistema modular con una base de palet sobre la que se coloca una placa que sirve como pavimento, permitiendo que los refugiados estén elevados y no entren en contacto con el terreno, evitando así la aparición de infecciones y problemas de inundaciones o de bajas temperaturas en zonas donde el clima sea duro (Fig. 100 y 101).



Figuras 100 y 101. Emergency floor.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/tag/emergency-floor>

3. PROYECTO DE COOPERACIÓN: REFUGIO DE EMERGENCIA CON PALETS

El palet se presenta como una alternativa económica, sostenible y de fácil ejecución que puede ser la solución a los problemas de viviendas de zonas y países víctimas de catástrofes o simplemente de países subdesarrollados, donde es necesaria una rápida actuación para poder dotar a las comunidades de "viviendas" o refugios donde resguardarse y protegerse.

⁴² Fuente: <http://emergencyfloor.com/>

Este material llega como medio de transporte y embalaje de las ayudas humanitarias que las diferentes organizaciones envían a estas zonas. Por lo tanto, una vez terminada su función en distribución de las mercancías, el palet termina su vida útil y es desechado. Por ello, constituye una fuente de material infinita, además de una ejecución sencilla y rápida, que no requiere de la utilización de técnicas específicas ni personal especializado.

Pero no solo el palet puede ser reciclado. Éstos llegan envueltos en plásticos que aseguran el correcto transporte de las mercancías que podrán ser utilizados para impermeabilizar los refugios. De la misma forma los embalajes de los alimentos pueden ser reutilizados para el revestimiento y los acabados de los pequeños refugios que se plantean, dando lugar a un aprovechamiento máximo de los desechos que se generan del uso y consumo de las ayudas.

Inicialmente se plantea como un sistema efímero y temporal, de fácil y rápido montaje para proporcionar la protección necesaria de aquellos afectados por la falta de vivienda, incluso por catástrofes, en países cuyos recursos económicos no son



Figura 102. Imagen refugios con palets en África.
Fuente: Render propio.

suficientes para poder garantizar una "vivienda" a sus habitantes. Por ello, el reciclaje de estos materiales es una alternativa sólida y barata para poder ofrecer un espacio habitable, en la que los propios afectados podrán participar en su proceso de montaje y, posteriormente, realizar distintas ampliaciones y mejoras sin ayuda de una mano de obra especializada.

Por tanto, se plantea un refugio de emergencia con palets modulado. Este módulo de referencia corresponde a las medidas del palet europeo, 0,80 x 1,20 m. Su elección viene motivada por la elevada capacidad resistente que presenta frente al americano.

Se proponen dos filas de palets apilados que elevarán la construcción del terreno, buscando así el mínimo contacto con el mismo, evitando problemas sanitarios y de infección y propagación de enfermedades. Además, se permite la ventilación a través de sus huecos.

Por otro lado, para las paredes y el techo se utiliza el palet americano, de dimensiones 1,00 x 1,20. Éstos son menos resistentes que los europeos pero tienen la ventaja de tener un peso menor: 17 kg frente a los 26 kg con los que cuenta el europalet. Esto los convierte en elementos más fácilmente manejables.

Con todos estos datos, se plantea, en un primer momento, el refugio mínimo, de medidas 2,35 x 2,40 m. Un espacio diáfano habitable con doble entrada. Por adicción de módulos se pueden conseguir zonas más amplias, pudiéndose adaptar a las necesidades de cada usuario y dando lugar a refugios de mayor envergadura (Fig. 103). Así mismo, se proponen espacios comunitarios que recojan los usos que estos pequeños espacios no pueden albergar, como por ejemplo zonas de aseos y duchas y áreas de comedor (Fig. 104).

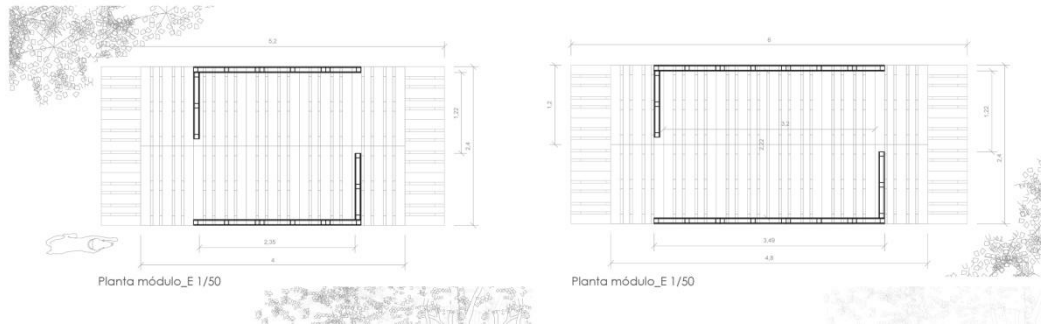


Figura 103. Plantas refugios modulados a partir del europalet.
Fuente: Elaboración propia

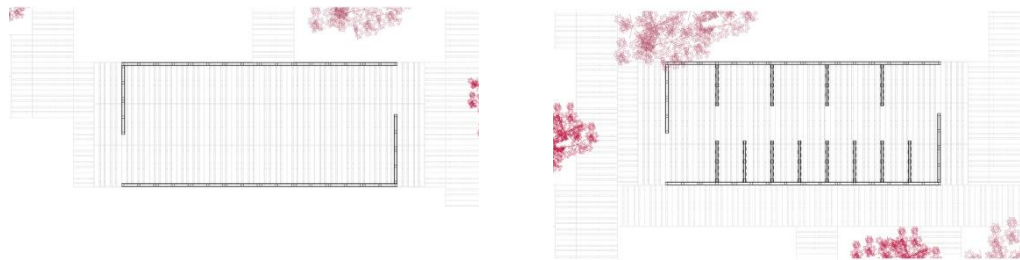


Figura 104. Zonas comunes. Comedor/reunión a la izquierda, aseos a la derecha.
Fuente: Elaboración propia.

Estas zonas comunes servirán de núcleos de organización alrededor de los cuales se irán disponiendo los pequeños módulos habitacionales, creando una agrupación aún con carácter temporal. Así mismo, los distintos refugios y construcciones, estarán conectados entre sí por circulaciones creadas con palets europeos, dejando pequeños espacios entre las edificaciones que contarán con una doble función. Por un lado zonas donde puedan desarrollarse otro tipo de actividades, por otro lado, espacio suficiente para que, con el tiempo, algunos de estos módulos puedan crecer y albergar espacios con otros usos

Por ello, si bien al principio se plantea como una solución efímera y temporal, estas construcciones permiten una ampliación, mediante la adicción de un módulo, pudiendo adaptarse espacios de cocina y aseo dentro del propio refugio, que, como se ha comentado anteriormente, puede llevarse a cabo por los propios habitantes. (Fig. 105)

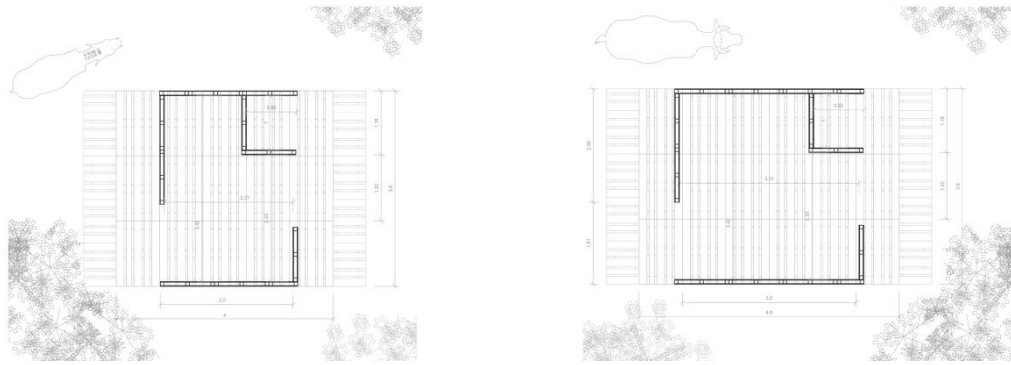


Figura 105. Planta refugios ampliada con zona de aseo y cocina.
Fuente: Elaboración propia.

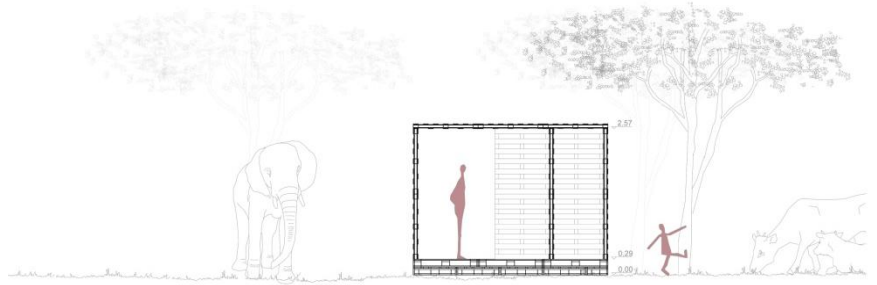


Figura 106. Sección refugio ampliado.
Fuente: Elaboración propia.

Gracias a estas ampliaciones los refugios pueden perder su carácter inicial de construcciones temporales y consolidarse como viviendas fijas, llegando a configurar verdaderos asentamientos. (Fig. 107)

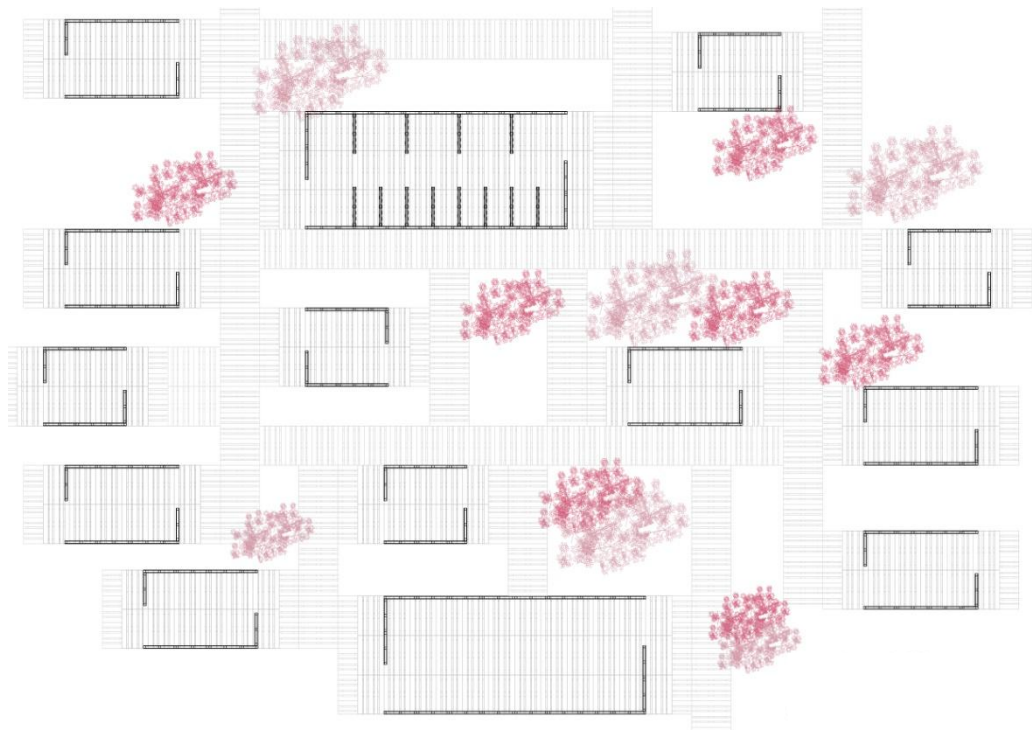


Figura 107. Posibilidad de crecimiento y agrupación.
Fuente: Elaboración propia.

4. BIBLIOGRAFÍA

- (1) A. ROCCA, *Arquitectura Low-Cost/Low-Tech: creatividad y estrategias de una nueva vanguardia*. Editorial Oceano. 2011.
- (2) CRATerre-ENSAG. *Terra incógnita, discovering european earthen Architecture*. Culture Lab Editions, 2008.
- (3) F. FONT, P. HIDALGO, *La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos*. Revista Informes de la Construcción Vol. 63, 523, 21-34, julio-septiembre 2011.
- (4) G. MINKE, F. MAHLKE, *Manual de construcción con fardos de paja*. Editorial fin de siglo.
- (5) H. HOUBEN, H. GUILLAUD, *Earth constructions: A comprehensive guide*. Parenthèses, 1989.
- (6) J. HOZ, L. MALDONADO, F. VELA, *Diccionario de construcción tradicional con tierra*. Nerea, 2003.
- (7) J.L. ALONSO PONGA, *La arquitectura del barro*". Junta de Castilla y León, 1994.
- (8) J. L. SÁINZ, F. JOVÉ, *La Arquitectura construida en tierra: Tradición e innovación*. Congresos de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos. 2004/2009
- (9) J. L. SÁINZ, F. JOVÉ, *Construcción con tierra, tecnología y arquitectura*. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos. 2010/2011.
- (10) J. L. SÁINZ, F. JOVÉ, *La Arquitectura construida en tierra: Pasado, presente y futuro*. Congresos de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos. 2012
- (11) J. L. SÁINZ, F. JOVÉ, *La Arquitectura construida en tierra: Patrimonio y vivienda*. Congresos de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos. 2013
- (12) J. SANCHEZ, P. SÁNCHEZ, J. ARIAS. *Palet Project: Building with palets*. Monsa. 2015. Páginas 5-7.
- (13) L. MALDONADO, D. RIVERA, F. VELA, *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. Editorial Mairea. 2002.
- (14) M. OLCESE, *Arquitecturas de tierra: tapial y adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid. Valladolid, 1993.
- (15) Navapalos 85, *I Jornadas sobre la tierra como material de construcción*. Centro de Investigación y Técnica y de Materiales Autóctonos y de Construcción Experimental. Inter-accion. Madrid, 1986.
- (16) P. BARDOU, V. ARZOUMANIAN, *Arquitecturas en adobe*. Gustavo Gili. Barcelona, 1979.
- (17) S.O. MACDONALD, M. MYRTHMAN, *Edifique con fardos: Una guía paso a paso para la construcción con fardos de paja*. Editorial Nobuko.

NORMATIVA

- (18) Norma UNE ISO 445. Paletas para la manipulación de mercancías. Vocabulario. 2008.

FUENTES ELECTRÓNICAS

- (19) D. RIVERA. La arquitectura construida con tierra: del legado histórico y vernáculo a la cultura alternativa actual. Revista AXA: Arte y Arquitectura. Universidad Alfonso X el Sabio. 2009
<http://www.uax.es/publicacion/arquitectura-con-tierra.pdf>
- (20) E. OROZCO. *La técnica de construcción en tierra como valor de la vivienda en la ciudad de San Cristóbal*. Tecnología y Construcción v.21 n.2. Caracas. Junio 2005.
http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012005000200004&lng=es&nrm=i
- (21) J.C. GALLEGO. *Construcción de muros de tapia y bahareque*. Ministerio de la protección social. SENA. Caldas, Bogotá. 2012.
http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_sp/a/icon/8830/construccion_muros_tapia_bahareque.html#
- (22) J.L. LÓPEZ, M. LORENZANA, *Construcción con tierra: Deconstrucción y Ejecución de una Vivienda Unifamiliar Aislada utilizando Técnicas de Construcción con Tierra y siguiendo Criterios Bioclimáticos*.
https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-33171/TAB42351/Construccion%20con%20Tierra.pdf
- (23) M. MORALES, R. TORRES, L.A. RENGIFO, C. IRALA, *Manual para la construcción de viviendas con adobe*.
http://www.comitesromero.org/tarragona/fichas/casa_adobe_texto.pdf
- (24) Ponencia alfaWALL: *Paramentos y paneles modulares prefabricados con paja para la construcción de viviendas y rehabilitación energética de edificaciones*. Sevilla, 2015.
<http://casadepaja.es/wp-content/uploads/2015/06/PonenciaAlfawallSevilla.pdf>
- (25) R. MORALES Y OTROS, *Manual para la construcción de viviendas de adobe*.
http://www.comitesromero.org/tarragona/fichas/casa_adobe_texto.pdf
- (26) R. ZAHRAN. *Materiales y técnicas constructivas en la Arquitectura Andalusí*. Universidad de Granada, 2006.
<http://www.arqueologiamedieval.com/articulos/82/materiales-y-tecnicas-constructivas-en-la-arquitectura-andalusi>
- (27) Wang Shu, *premio Pritzker*. 2012, 27 de febrero. El Mundo (edición digital).
<http://www.elmundo.es/elmundo/2012/02/27/cultura/1330358315.html>

- (28) W. CARAZOS, A. RIVERO, *Bahareque, guía de construcción parasísmica*. CRATerre, 2002.
<http://www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf>
- (29) High Tech/Low Tech. Arte y cultura digital.
<http://laboralcentrodearte.uoc.edu/?p=3219>
- (30) Grupo Okambuva, construcciones con paja.
<http://www.okambuva.coop/frontpage/>
- (31) Adobera del norte
<http://www.adoberadelnorte.com/tapial.htm>
- (32) Sistema constructivo superadobe. Grupo CTRL+Z
<http://control-zeta.org/archives/1908>
- (33) Cal-Earth website. California Institute of Earth Art and Architecture.
<http://calearth.org/building-designs/what-is-superadobe.html>
- (34) Superadobe
<http://murciadespierta.com/wp-content/uploads/2012/11/Superadobe-libo-PARTE-11.pdf>
- (35) Detail: Palet Project
<http://www.detail-online.comarquitectura/temas/explorando-posibilidades-palet-project-en-valladolid-021595.html>
- (36) CanyaViva website
<http://canyaviva.com/>
- (37) Ponencia grupo alfaWALL en Sevilla, 2015.
<http://casadepaja.es/wp-content/uploads/2015/06/PonenciaAlfawallSevilla.pdf>
- (38) Piscina Municipal de Toro, Zamora.
<http://vier.es/portfolio/piscina-toro/>
- (39) Library of Muyinga/BC Architects.
<http://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>
- (40) <http://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>
- (41) Palet House.
<https://unitingalcantara.wordpress.com/2010/05/15/palet-house-plans/>
- (42) Pallet Theatre Hall
<http://www.labyrinth-bcn.com/es/teatro-construido-pallets/>
- (43) Historia del palet.
<http://socopalet.cl/historia-del-palle/>
- (44) Sistema Emergency Floor
<http://emergencyfloor.com/>
- (45) Sitio web del ayuntamiento de San Cebrían de Campos.
<http://sancebriandecampos.es/>

ANEXO

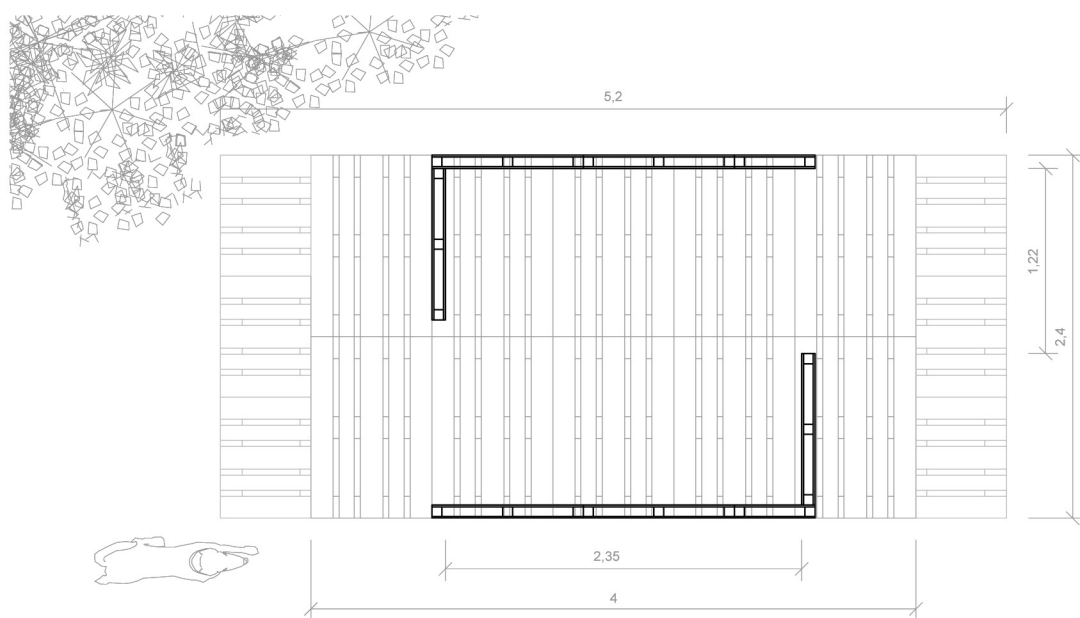
se plantea un refugio de emergencia con palets modulado. Este módulo de referencia corresponde a las medidas del palet europeo, 0,80 x 1,20 m. Su elección viene motivada por la elevada capacidad resistente que presenta frente al americano.

Se proponen dos filas de palets apilados que elevarán la construcción del terreno, buscando así el mínimo contacto con el mismo, evitando problemas sanitarios y de infección y propagación de enfermedades. Además, se permite la ventilación a través de sus huecos.

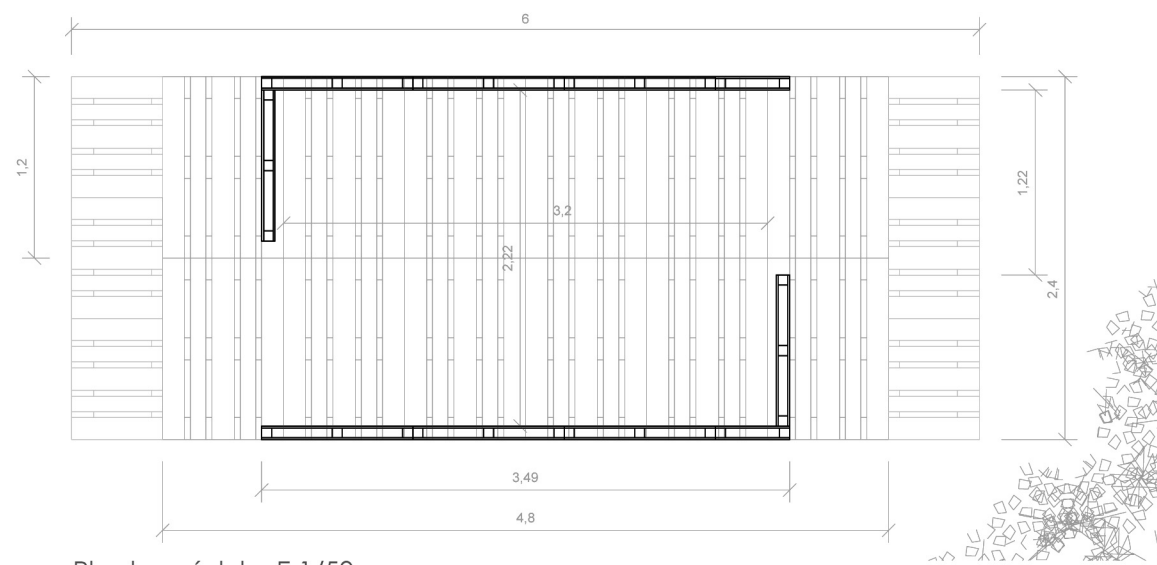
Por otro lado, para las paredes y el techo se utiliza el palet americano, de dimensiones 1,00 x 1,20. Éstos son menos resistentes que los europeos pero tienen la ventaja de tener un peso menor: 17 kg frente a los 26 kg con los que cuenta el europalet. Esto los convierte en elementos más fácilmente manejables.

Con todos estos datos, se plantea, en un primer momento, el refugio mínimo, de medidas 2,35 x 2,40 m. Un espacio diáfano habitable con doble entrada. Por adicción de módulos se pueden conseguir zonas más amplias, pudiéndose adaptar a las necesidades de cada usuario y dando lugar a refugios de mayor envergadura. Así mismo, se proponen espacios comunitarios que recojan los usos que estos pequeños espacios no pueden albergar, como por ejemplo zonas de aseos y duchas y áreas de comedor.





Planta módulo_E 1/50



Planta módulo_E 1/50

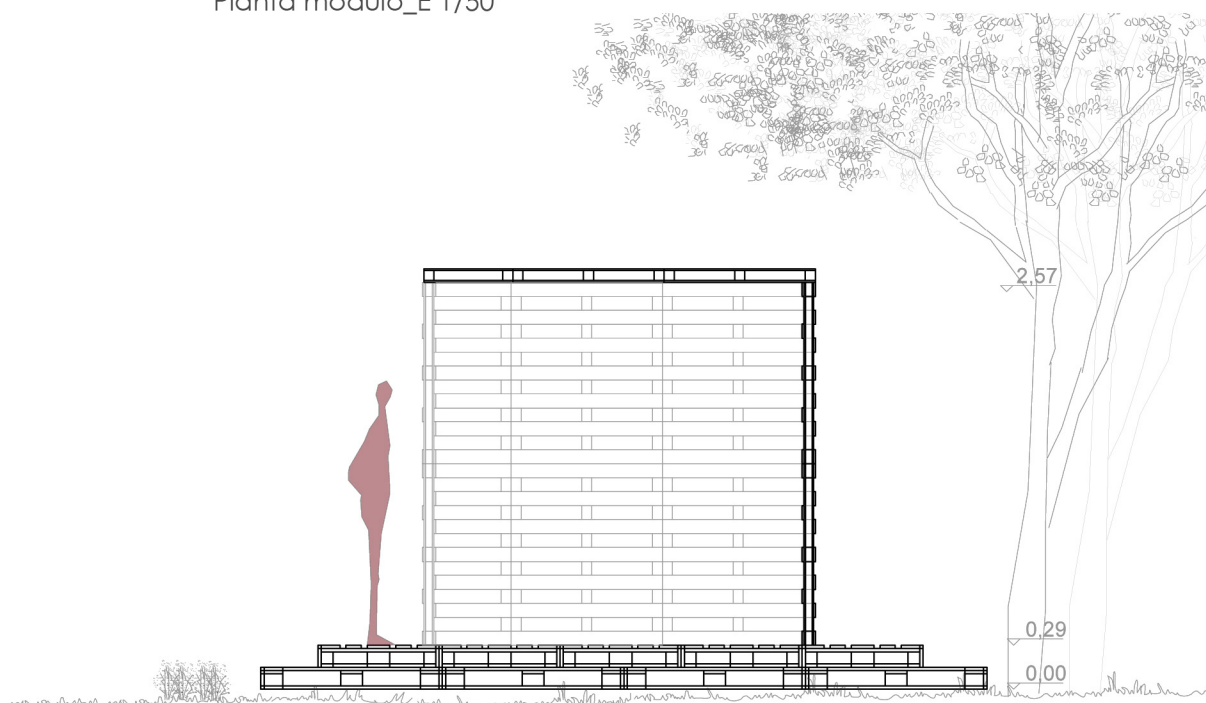
MÓDULOS

El elemento generador del espacio es el palet europeo con unas medidas de 0.8x1.2m. Sus dimensiones serán las encargadas de marcar el crecimiento de las células mínimas que se proponen.

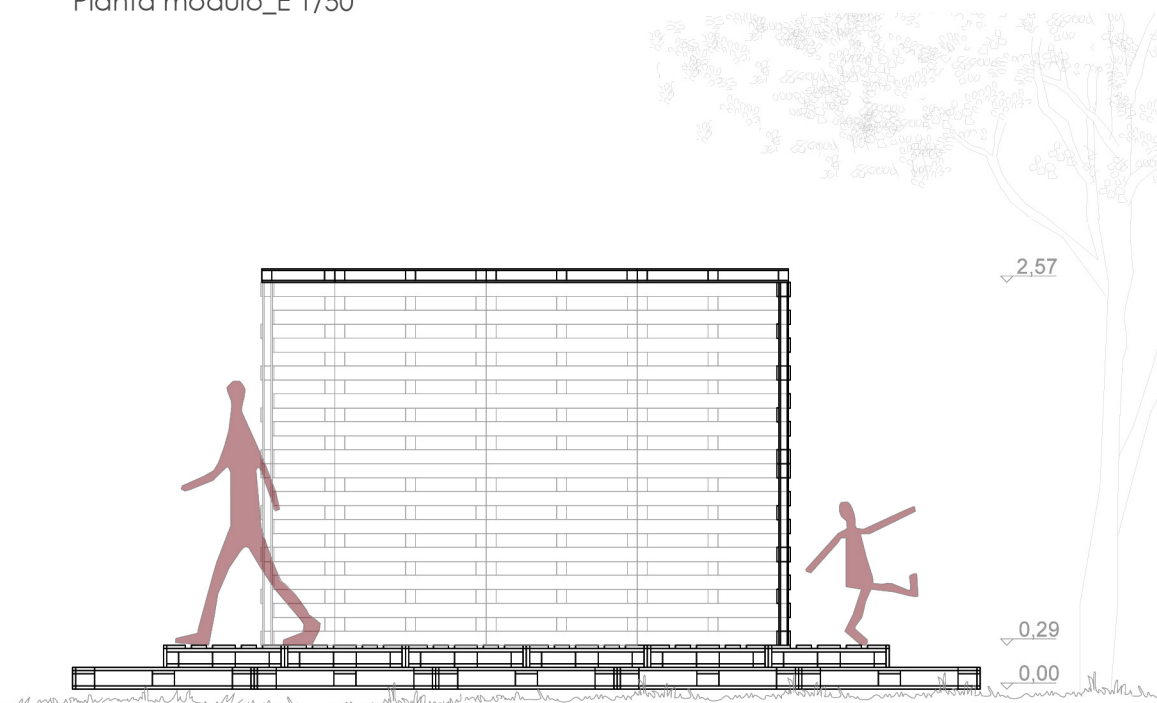
Por otro lado, el palet americano (1.00x1.20m) será el utilizado para conformar las paredes, son más ligeros que los europeos y su diseño los hace más aptos para ello.



Adicción de módulos



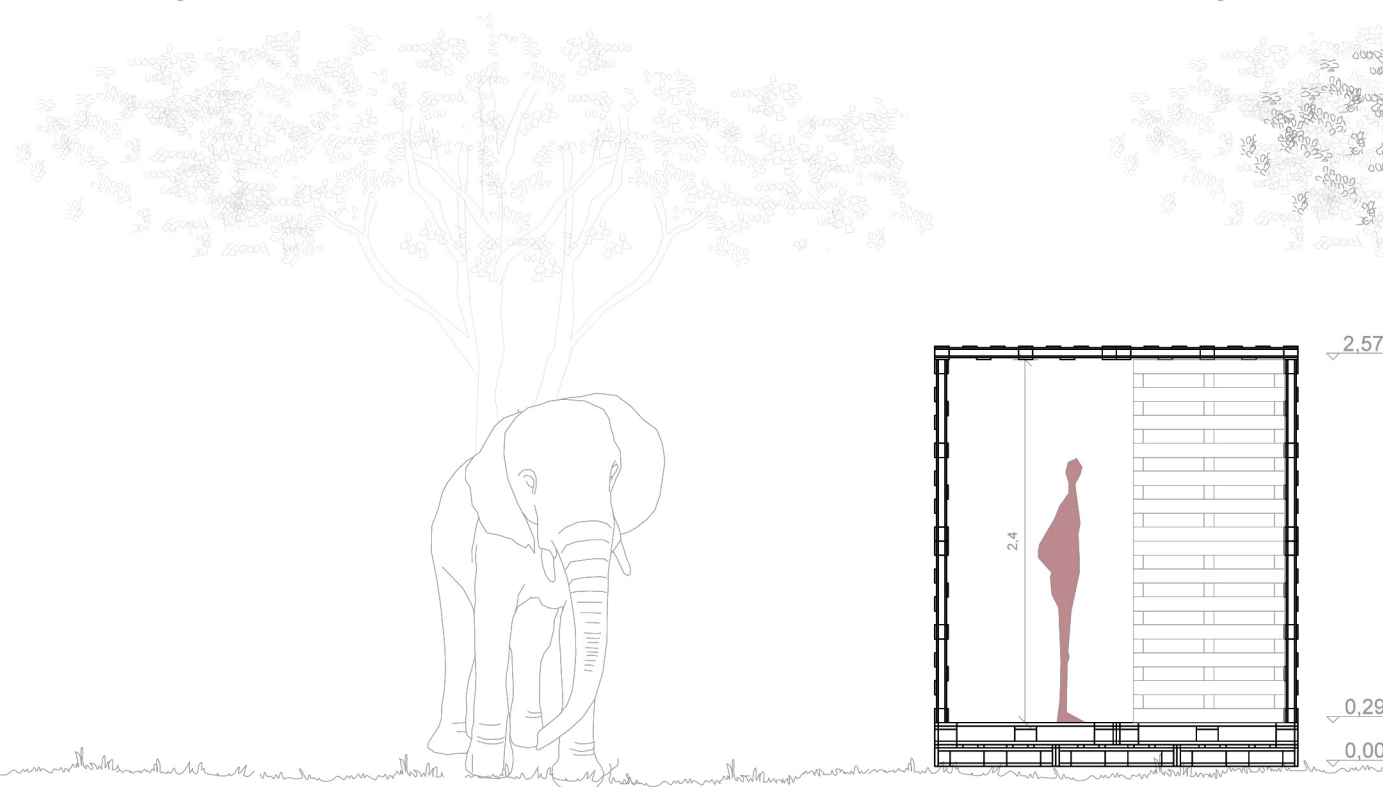
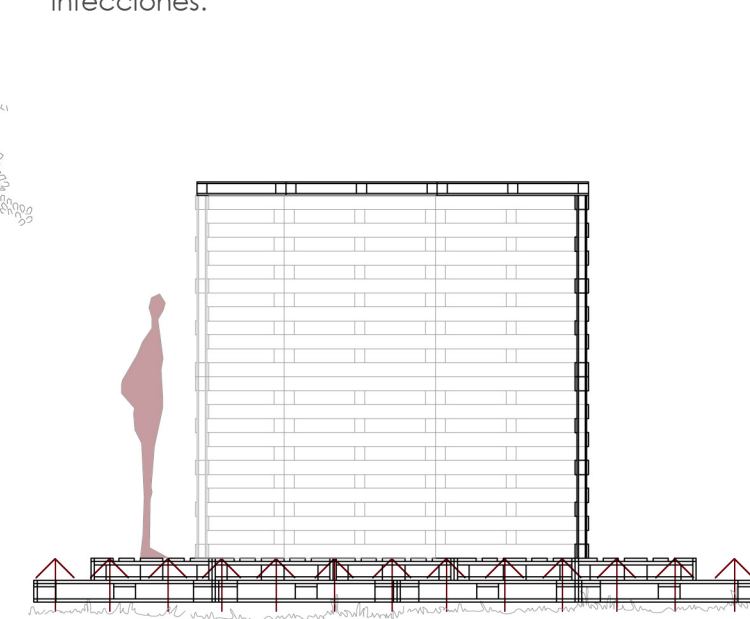
Sección longitudinal módulo_E 1/50



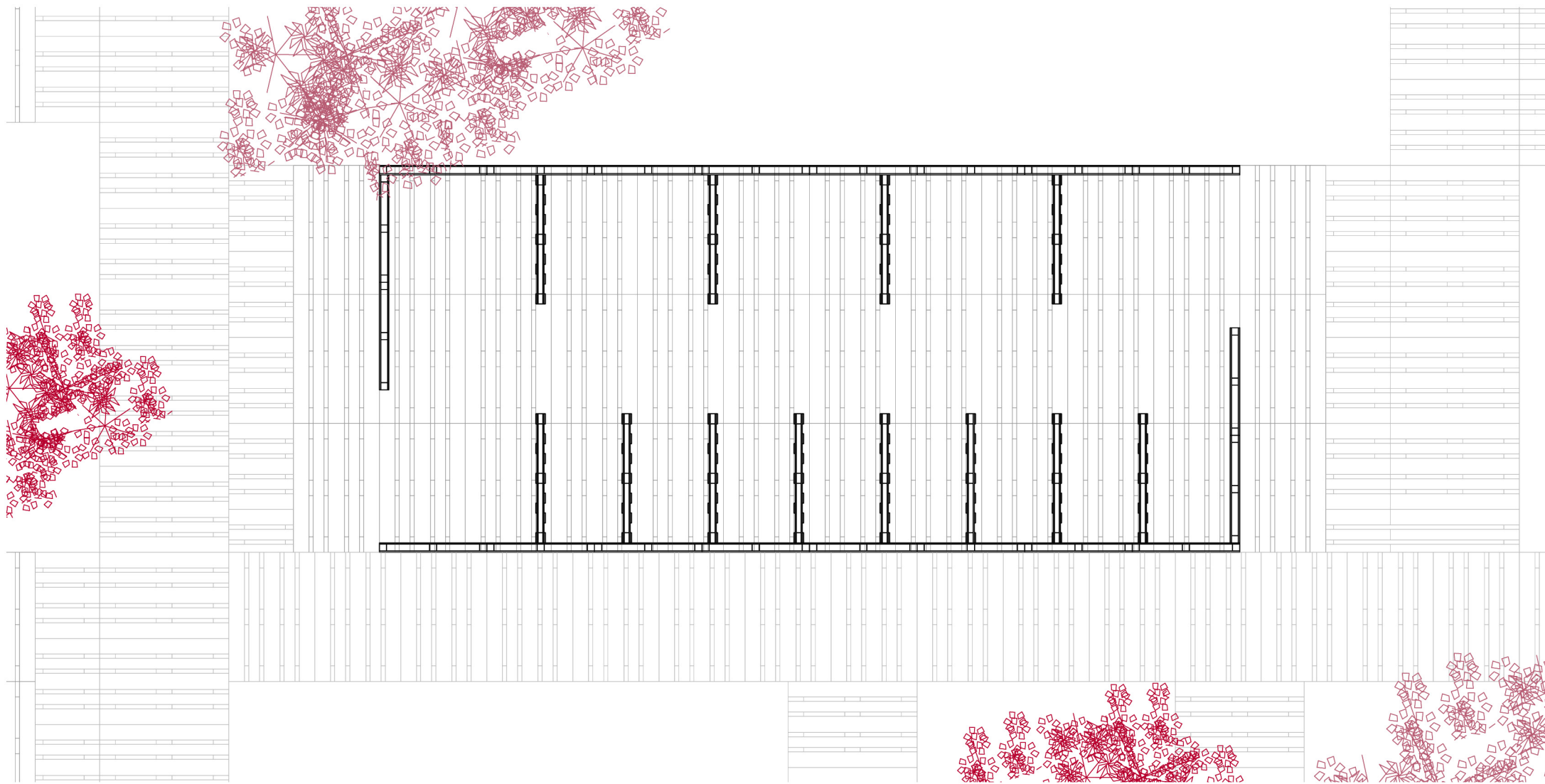
Sección longitudinal módulo_E 1/50

SUELO

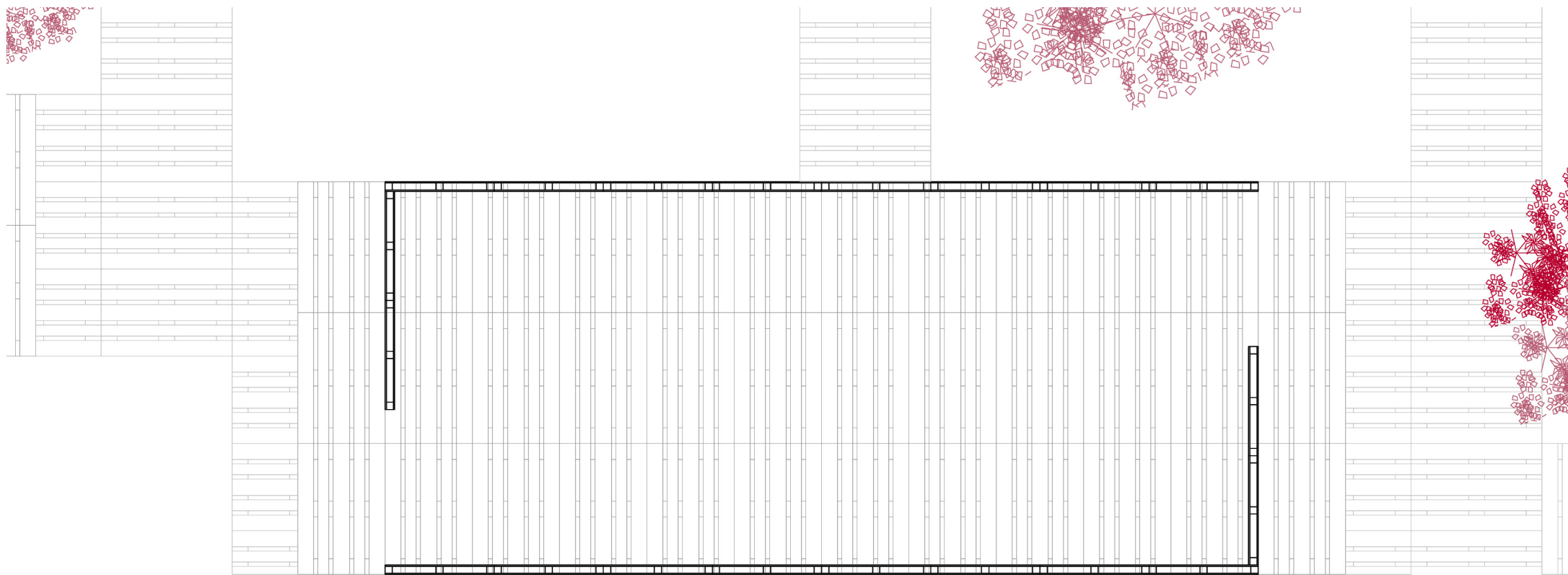
Dos capas de palets europeos dispuestas de forma contrapeada elevarán la construcción respecto del suelo, evitando así el contacto directo con el mismo y, por consiguiente, el contagio y propagación de enfermedades e infecciones.



Sección transversal módulo_E 1/50



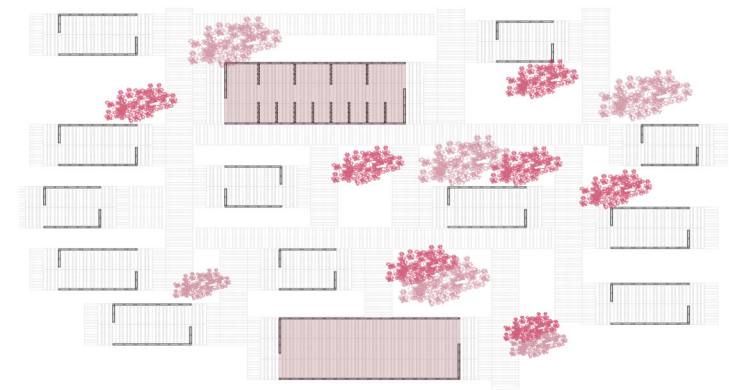
Planta zona aseos_E 1/50



Planta zona comedor_E 1/50

ZONAS COMUNES

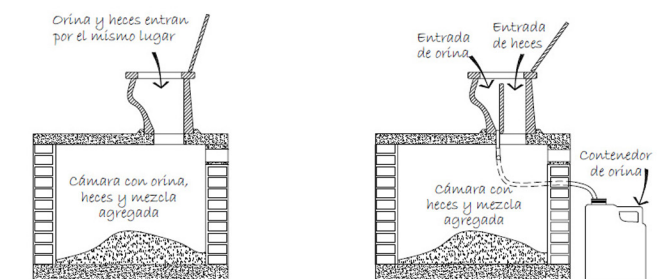
Siguiendo el módulo utilizado en el diseño de los refugios se plantea la construcción de unos espacios mayores que suplan las carencias de los espacios mínimos. Por lo tanto, se proponen dos espacios. El primero de ellos será el encargado de albergar las zonas de aseo y baño. Mediante la compartimentación con los propios palets estos servicios serán cococados a ambos lados. Por otro lado, un espacio diáfano que hará las veces de comedos/zona de reunión, fomentando un espacio cubierto que pueda servir a la comunidad.



Los pequeños refugios se irán disponiendo en torno a estos espacios comunes que, por lo tanto, también servirán de referencia.

SANITARIO SECO

En cuanto a los sanitarios, se incorpora un sistema en auge, el sanitario seco. Como su propio nombre indica no necesita agua, algo muy apropiado en estas zonas donde este elemento es muy escaso. Además, gracias a su sistema, los deshecho pueden ser reutilizados en el campo.



Sanitario seco.
Fuente:

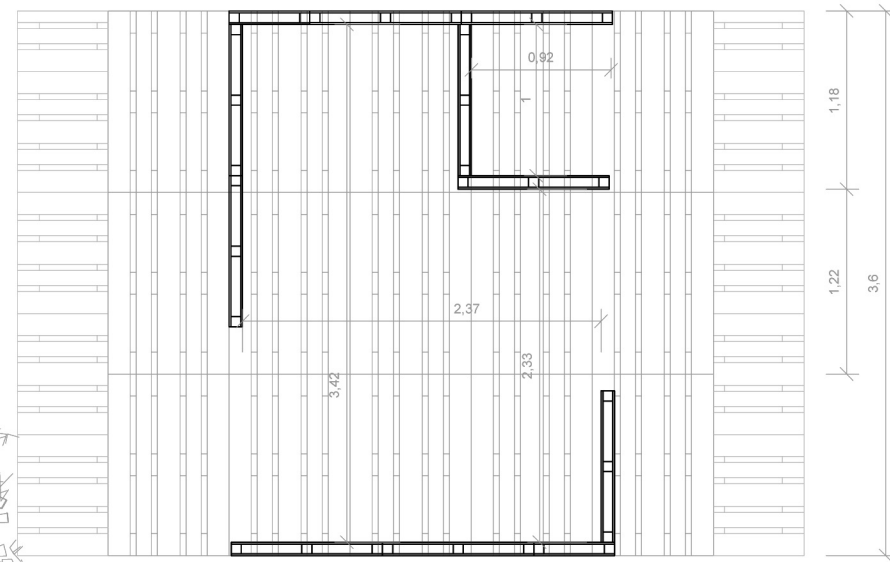
<https://aldeasverdes.files.wordpress.com/2014/08/13.jpg>

AMPLIACIÓN

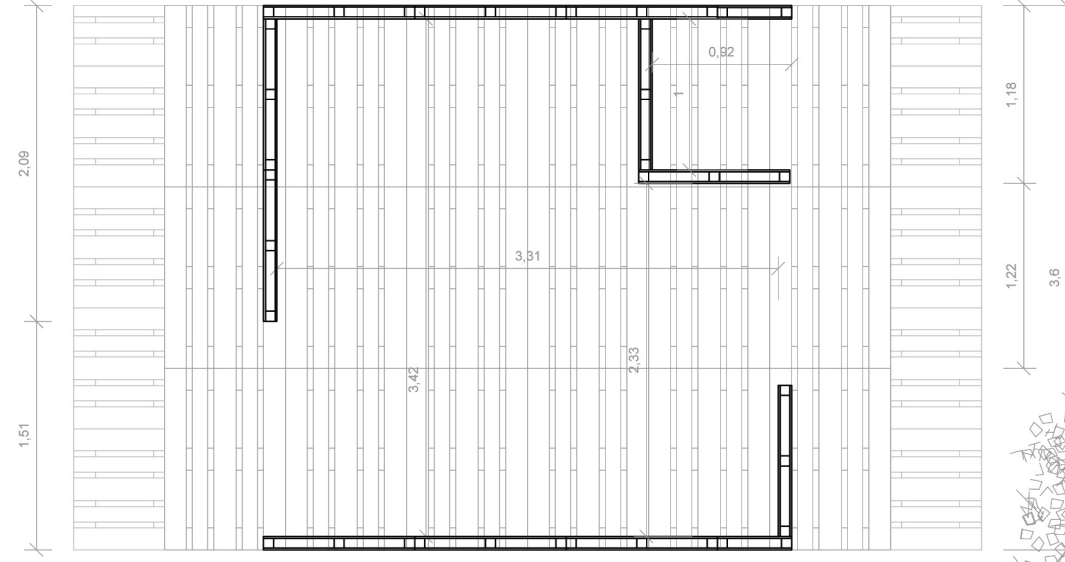
Gracias a su facilidad de montaje y al sistema modular, este sistema permite la ampliación de los espacios mediante la continuación del módulo. Esto permite añadir otros usos que completen las necesidades de una persona.

Así aparece una pequeña zona de aseo, donde se podrá incorporar un sanitario seco. Este espacio será accesible desde el exterior, evitando el contacto directo con las zonas vivideras del refugio.

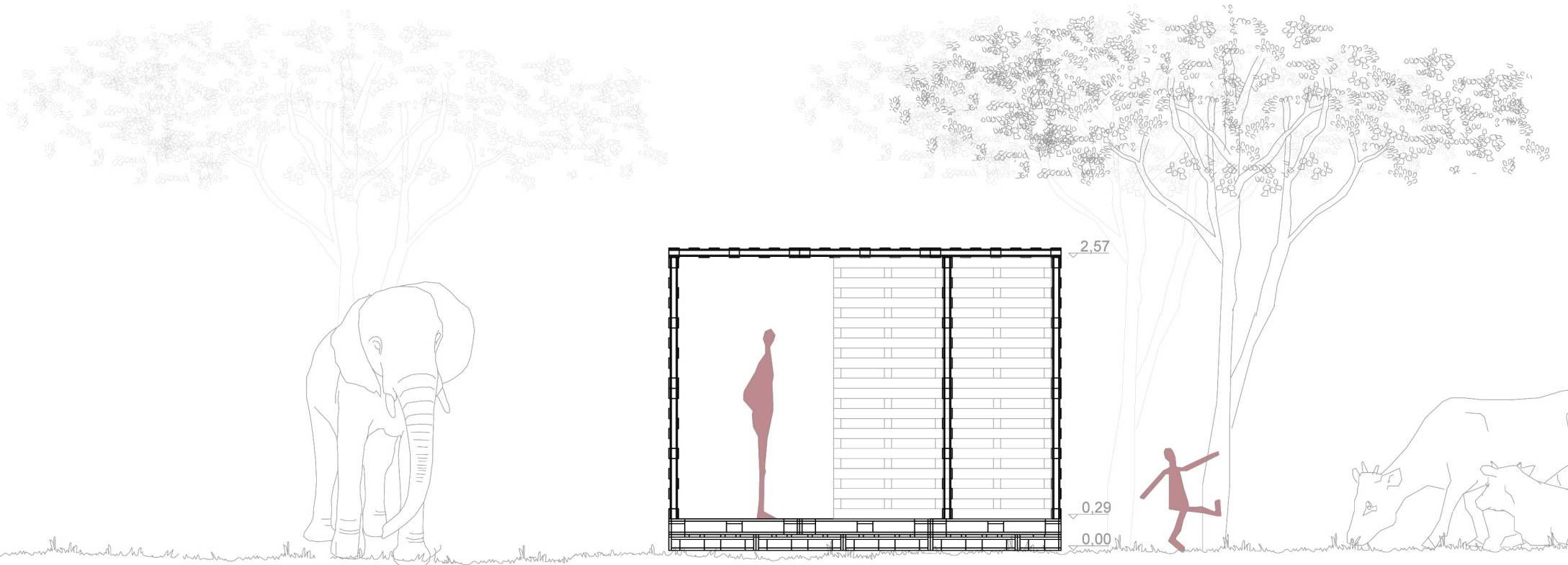
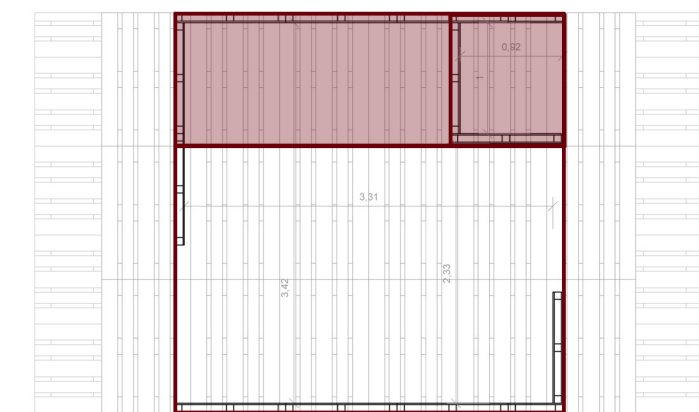
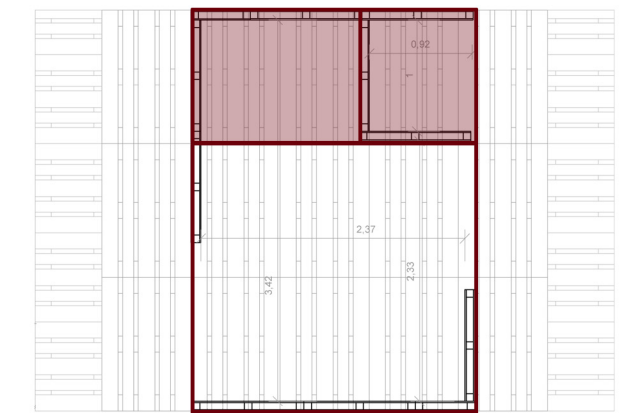
Así mismo se crea un espacio comunicado directamente con el interior, como un espacio de cocina.



Planta ampliación_E 1/50



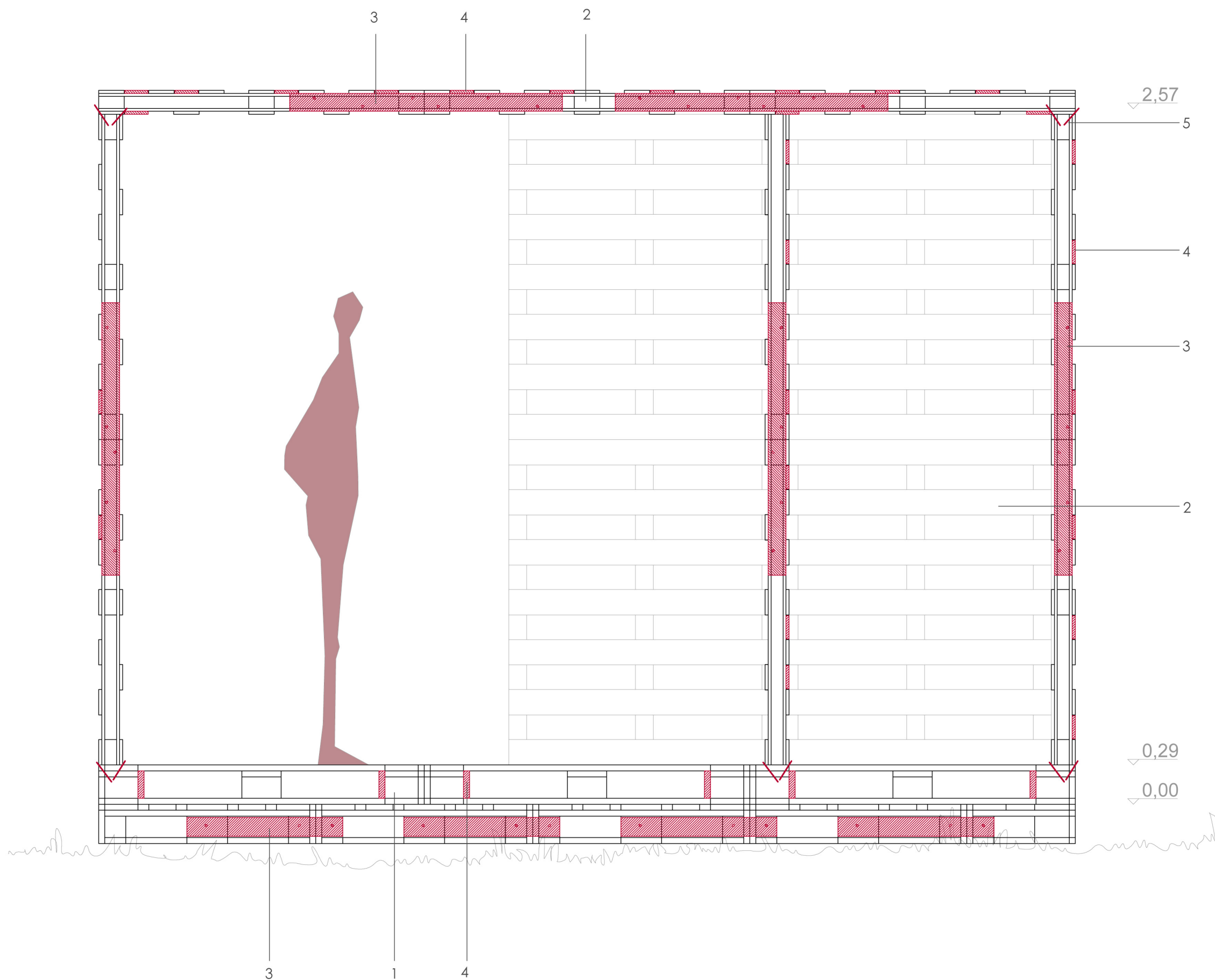
Planta ampliación_E 1/50



Sección transversal_E 1/50



Propuesta de agrupación_E 1/75

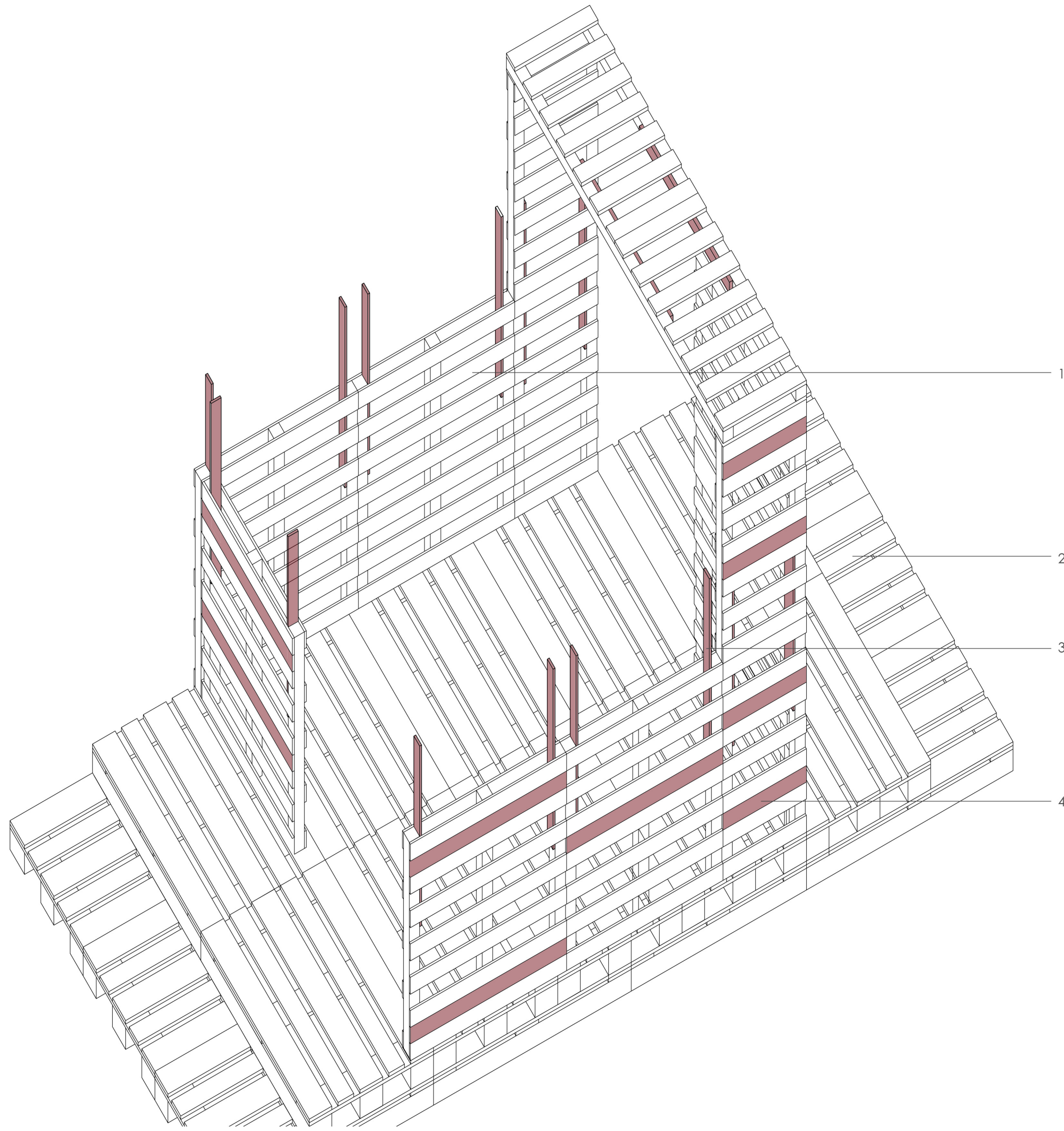


Una de las ventajas que presenta este sistema de construcción mediante palets es, como se ha dicho en varias ocasiones, la facilidad de obtención de este material. Así, para continuar con esta facilidad de ejecución de la que puede presumir este sistema, las uniones realizadas también han de utilizar una baja tecnología, sin necesidad de mano de obra, permitiendo así, la participación de los propios afectados en su proceso de fabricación y construcción. Para ello, serán utilizadas técnicas básicas de carpintería. Las esquinas serán resueltas mediante tirafondos de adecuada longitud, que unirá los palets entre sí. (5)

Por otro lado, desmontando algunos palets y reutilizando sus piezas podemos realizar las uniones en continuidad en partes como paredes y techos. Éstos utilizarán un tablón que los unirá entre sí (3) reforzando la parte débil de esta estructura.

Así mismo, otros tabloneros serán empleados para reforzar las paredes, colocándolos entre los intersticios del propio palet. (4)

- Leyenda:
1. Pallet europeo 0,8x1,2 m.
 2. Palet americano 1,00x1,20 m.
 3. Unión mediante larguero obtenido de un palet de sacrificio
 4. Tableros de refuerzo
 5. Tirafondos



Las uniones entre los palets americanos se realiza mediante la utilización de largueros procedentes de los propios palets. Este palet recibe el nombre de palet de sacrificio. Sus piezas serán utilizadas para reforzar las distintas partes de las construcciones.

Los tablonos se dispondran por el interior, uniendo los palets en vertical, en el caso de las paredes; y en horizontal para los palets que conforman el techo.

Por otro lado, se colocarán una serie de tablonos entre los intersticios, reforzando de esta manera la construcción.

Las uniones en esquina, como se ha visto, se realizarán mediante tirafondos.

Leyenda:

1. Pallet europeo 0,8x1,2 m.
2. Palet americano 1,00x1,20 m.
3. Unión mediante larguero obtenido de un palet de sacrificio
4. Tableros de refuerzo

