

Trabajo Fin de Grado

Análisis de las diferentes tecnologías constructivas
en países del Centro y Sur de África y criterios de
selección de su adecuación
MEMORIA

Autor/es

Ana González Taratíel

Director

Beatriz Rodríguez Soria

Co-director

Juan Antonio Ros Lasiera

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2014

RESUMEN

Desde múltiples estudios se han examinado las técnicas mixtas para mejorar la viabilidad de las construcciones en tierra. El principal objetivo de este proyecto es analizar las diferentes tipologías constructivas que se desarrollan en Proyectos de Cooperación en los países del Centro y Sur de África, comprobando su adecuación al entorno físico y sociológico, así como su sostenibilidad y la apropiación realizada por los usuarios finales.

Para ello se comenzará realizando un estudio de investigación de las diferentes tipologías constructivas, tanto tradicionales in situ, como prefabricadas o mixtas. Posteriormente se analizará la mejor adecuación entre las técnicas tradicionales o la importación de módulos prefabricados. Para ello se analizan dos Proyectos de Cooperación reales y se estudian los factores de éxito de cada uno de ellos a través del Enfoque de Marco Lógico como instrumento de análisis.

Con los resultados obtenidos, en base a los principales objetivos a satisfacer y a los principales condicionantes (económicos, sociológicos, climatológicos, de sostenibilidad, ciclo de vida, apropiación, eficacia...) se proponen y se desarrollan constructivamente dos técnicas mixtas de acero y tierra. Dichas técnicas se aplican a uno de los proyectos de cooperación al desarrollo analizados, y se comprueba su aprovechamiento resistente.

Palabras clave: técnicas constructivas, Proyecto de Cooperación, Centro-Sur África, construcción en tierra, sostenibilidad, cooperación al desarrollo, técnicas mixtas.

ABSTRACT

Several studies have examined mixed techniques to improve the viability of earthen construction. The aim of this project is to analyze the different construction typologies in cooperation projects in the countries of Central and Southern Africa, checking their adequacy to the physical and social environment, and their sustainability and ownership by the local people.

The research starts studying construction techniques, such as traditional ones as well as manufactured or mixed ones. Both the adequacy of the traditional techniques and the importation of prefabricated modules has also been analysed. In order to do that, this project examines two real cooperation projects, that have been built with one of these techniques, the success or failure factors of each one are studied through the logical framework approach as well as the analytical instrument.

Through the obtained results, based on the main objectives and the main factors (financial, sociological, climatic, sustainability, the life-cycle, ownership and efficiency), in other words, the viability of the project, two mixed techniques of earth and steel are proposed and developed constructively. These techniques are applied to one of the analysed development cooperation projects, verifying the general resistance.

Keywords: structural techniques, Cooperation Project, Central-South Africa, earthen construction, development cooperation, mixed techniques.

Índice

1. Introducción	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 Objetivos del proyecto	7
1.3 Metodología utilizada	8
2. Arquitectura bioclimática	9
2.1 Introducción	9
2.2 Diseño bioclimático	9
2.3 Consideraciones arquitectónicas bioclimáticas	11
3. Proyectos de Cooperación	12
3.1 La construcción y el desarrollo	12
3.2 Los Objetivos del Milenio	13
3.3 Construcción, sostenibilidad y ciclo de vida	14
3.4 Construcción en contexto humanitario	15
4. Materiales de construcción	24
4.1 Acero	24
4.2 La piedra	25
4.3 Hormigón	26
4.3 Madera	27
4.3 Tierra	28
5. Técnicas de construcción	30
5.1 Acero	30
5.1.1 Técnica Steel Framing	31
5.2 Piedra	33
5.3 Hormigón	34
5.4 Madera/bambú	35
5.5 Tierra	36
5.5.1 Tapial	37
5.5.2 Adobe	39
5.5.3 Superadobe	40
5.5.4 PISE	41
5.5.5 COB	42

5.6 Técnicas mixtas	44
5.6.1 Desarrollo técnicas mixtas	44
5.6.2 Steel Framing + Tapial	48
5.6.3 Steel Framing + Adobe	49
5.6.4 Steel Framing + Superadobe	49
5.6.6 Steel Framing + PISE	50
5.6.6 Steel Framing + COB	51
5.6.7 Soluciones óptimas	51
5.6.8 Desarrollo técnicas mixtas acero-tierra	54
6. Desarrollo Marco Lógico África	57
6.1 Angola	57
6.2 Kenia	60
6.3 Solución óptima	62
Bibliografía	67
 ANEXO A. África.	 73
 ANEXO B. Enfoque Marco Lógico.	 87
 ANEXO C. Planos Técnicas Constructivas.	 99
 ANEXO D. Comprobación en CYPE.	 125

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El tema de cooperación al desarrollo y ayuda humanitaria está presente ya desde los años 70, donde diversidad de profesionales vienen desarrollando métodos y estrategias para garantizar el derecho a unas mejores condiciones de vida. Socialmente se tardó un poco más en tener conciencia de ese problema y de las posibles soluciones, sin embargo, esto supuso una maduración y crecimiento de proyectos y asociaciones.

Múltiples ONGs (ASF, ISF, UN-HABITAT, UNICEF, CRUZ ROJA, ACH-NUR, CEAR, AECID,..., además de otras menos importantes como Base-Habitat, Vento di Terra, o incluso a título de despachos de arquitectos como Arcò, Shigeru Ban, Diébédo Kéré, o GGAF entre muchos otros organismos) han nacido a través de gobiernos, órganos u otras asociaciones en las últimas décadas, tratando de difundir, realizar y transmitir documentos, posibilidades, estudios, centrándose sobre todo en la parte teórica, habiendo muy pocos estudios de campo. Existen multitud de manuales sobre proyectos de cooperación, de cómo abordar un proyecto tanto legal como constructivamente, la metodología a seguir en este tipo de proyectos y los puntos críticos a tener en cuenta. Sin embargo, aunque haya información sobre los proyectos realizados o en marcha, pocas veces se habla del proceso, de las consecuencias reales del proyecto, de cómo influyó en la comunidad, de si había alternativas, o de la continuidad del proyecto. Por eso en este trabajo hay un acercamiento en esta dirección.

En este análisis de los proyectos de cooperación, se ha trabajado con entidades locales pequeñas como "Asociación de Amigos de Obra da Rúa" con la presidenta Beatriz Rodríguez Soria (directora de este Trabajo Fin de Grado), y con la "Comunidad Misionera de San Pablo Apóstol" (MCSPA).

Asimismo, se han utilizado los textos bibliográficos de algunas asociaciones como ISF, OCU, o ACCD (Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo ^[1]) entre otras.

1.2 Objetivos del proyecto

El objetivo final de este documento es a través de un estudio de los proyectos de cooperación, los conceptos, estrategias y metodologías, proponer una solución constructiva a un problema social, intentando responder a todas las características del contexto.

Para llegar a esto sin embargo hay una serie de objetivos intermedios y más específicos, como son estudiar una zona concreta, ya que las variables son muy diversas dependiendo del contexto en el que se inserten. Así, nos inscribimos en un marco geográfico y lo estudiamos tanto social, geográfica, ambiental como constructivamente. Ello



Fig 01. ONG's

nos aportará una base de datos sobre la que trabajar y fundamentar el siguiente paso, que será la investigación de los sistemas constructivos actuales de desarrollo, si funcionan o no (examinando dos tipos de casos) y proponiendo si fuera necesario una solución óptima considerando y dando respuesta al máximo número de factores posibles.

Además, otro objetivo importante de este trabajo es el de investigar y reflexionar sobre el papel del arquitecto en las tareas sociales y humanitarias, labor a veces olvidadas en las escuelas de arquitectura, y por tanto desconocida por la mayoría de los estudiantes.

1.3 Metodología utilizada

Para alcanzar los objetivos y realizar la propuesta del sistema constructivo, lo primero fue elegir un contexto, un marco geográfico, y el estudio del mismo con sus componentes sociales, climáticas, políticas, culturales, etc. En este contexto, se estudiaron dos casos particulares, en los cuales se propusieron diferentes tipologías constructivas, in situ y prefabricada. La adecuación de los sistemas constructivos a utilizar, junto con otros factores decisivos, se estudian a través del método del Enfoque Marco Lógico (EML), es decir, teniendo en cuenta la participación, los problemas existentes y los objetivos resultantes de los mismos, así como las actividades a realizar y las alternativas planteadas, finalizando en el EML de cada caso. Con estos datos, y los resultados conocidos de dichos proyectos, se plantea una alternativa a los casos estudiados que trata de aunar los beneficios de ambas.

Por otra parte, para proponer la solución constructiva final, se estudiaron los materiales de construcción desde el marco de cooperación, es decir, los materiales propios de allí (sobre todo la tierra), y los adaptables sin grandes repercusiones para el medio en el que se insertaban (lo metálico). Después, se analizaron las técnicas de dichos materiales, exponiendo las técnicas características de los mismos (tierra in situ, metálica prefabricada), proponiendo además con las conclusiones aportadas por los casos estudiados, una construcción mixta, viable ya no sólo desde el punto de vista teórico de los casos, sino desde el punto de vista constructivo.

2. Arquitectura bioclimática

2.1 Introducción

La arquitectura bioclimática es aquella que se inserta en el lugar aprovechando tanto las condiciones del mismo, las energías naturales, como la orientación, la dirección y velocidad del viento, el soleamiento, las temperaturas y la pluviometría entre otras muchas, para crear un confort óptimo en el interior del edificio proyectado a través del diseño, la ubicación respecto al entorno cerano, y de los elementos arquitectónicos. Podría decirse que es la arquitectura vernácula, la propia del lugar, la adaptada a cada habitar. Aunque se puedan incluir las tecnologías actuales para mejorar su eficiencia, la arquitectura bioclimática es aquella que lo logra a través de un diseño desde todos los condicionantes de lugar.

Otras definiciones son:

“Se refiere a un proceso de diseño que se desarrolle con la naturaleza y no contra ella o al margen de ella” ⁰¹

Este concepto es muy importante en toda la arquitectura, tanto de los países del primer mundo como de los países en desarrollo. En los primeros, necesitamos volver a proyectar con la naturaleza y dejar de pensar en “símbolos” arquitectónicos que se alejan de los principios bioclimáticos. En los segundos debido a la falta de recursos es importante economizar y aprovechar al máximo los recursos naturales y locales, insertando una política arquitectónica que respete al medio ambiente desde el principio.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de 1988 define como desarrollo sostenible aquél que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades

2.2 Diseño bioclimático.

El diseño bioclimático se necesita a todas las escalas, desde la mayor hasta la menor, desde la ordenación del territorio, el planeamiento urbanístico, el diseño de los proyectos, la elección de los materiales y abastecimiento de energías, hasta el mantenimiento, demolición y re-uso de los materiales. Solucionar los de mayor escala nos ayudará a cumplir los de una escala menor.

Esto no implica que debamos proyectar con un manual con rígidas reglas preestablecidas que funcionen, según una metodología que anule la inventiva y el diseño, ya que cada entorno es diferente. En cambio, debemos diseñar desde el lugar, el clima, lo vernáculo, la cultura, incluyendo en el planeamiento criterios locales y de sostenibilidad.

Lo primero a tener en cuenta, es que no sólo se busca un confort físi-

01. TUDELA, F., *Ecodiseño*. Ed: UAM-X, 1982.

co, sino también un confort psicológico y cultural. El primero de ellos se verá condicionado por factores biofísicos (térmicos, acústicos, lumínicos) y constructivos (funcionamiento, economía constructiva y durabilidad). Los demás, se verán fijados por los constructivos, y por los antropológicos (estético-culturales, e histórico-antropológicos).⁰²

2.2.1 Factores biofísicos

Destacan principalmente el confort térmico y acústico. El primero se consigue principalmente actuando sobre los intercambios energéticos entre el ambiente interior, los usuarios y el ambiente exterior, controlando la temperatura y humedad, y proporcionando una adecuada ventilación, que nos asegure una buena calidad del aire para respirar.

En los acústicos, es tan importante protegerse o aprovecharse de los ruidos exteriores, proteger el exterior del interior, como saber tratar los ruidos en el interior (como la reverberación, las fuentes sonoras,...)

Los lumínicos controlan la cantidad (luz directa e indirecta) y calidad (color, intensidad) de la luz que percibimos.

2.2.2 Factores constructivos

Los materiales influyen directamente en las condiciones biofísicas antes descritas dependiendo de sus propiedades. Por tanto habrá que tener en cuenta sus cualidades térmicas, acústicas y lumínicas. Por ejemplo, cada material tendrá una conductividad con su respectivo espesor recomendado para el confort, adecuado para lo térmico pero pudiendo no serlo para lo acústico. Por ello, cada material desempeñará una función, como cerramiento, estructura o acabado, según sus características.

La economía constructiva hace referencia a utilizar los recursos naturales del propio lugar (siendo lógico un mejor mantenimiento y adecuación al entorno y a la cultura), y a impulsar los mercados locales, ahorrando en transporte.

La durabilidad es un aspecto fundamental ya que determina el ciclo de vida del proyecto y su mantenimiento.

2.2.3 Factores antropológicos

Estos factores son siempre importantes para asegurar la permanencia de la cultura y de la tradición en un lugar, y no producir arquitectura de catálogo implantada sin importar el contexto y sus características socioculturales. Sin embargo, en los proyectos de cooperación, se vuelve todavía más importante, ya que de ella dependerá la aceptación y utili-

02. Clasificación presente en el documento:

LOPEZ DE ASIAIN ALVERICH, Marian. *Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura*. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas. 2003

zación del proyecto de desarrollo, que se pueda reproducir y se mejoren las técnicas constructivas del sitio.

2.3 Consideraciones arquitectónicas bioclimáticas

Como primer paso, analizaremos en profundidad el emplazamiento, extrayendo sus características. Debemos estudiar tanto el clima y los datos geográficos, como las características de los usuarios y del edificio, para elaborar una evaluación sobre la cual poder fundamentar las estrategias del proyecto. Sobre éstas se basarán los criterios de diseño. Una vez realizado el proyecto, se evaluará medioambientalmente y se corregirán los elementos o los factores que no resulten apropiados. Se repetirán los análisis, la evaluación y los ajustes hasta que el proyecto resulte óptimo.

Trabajaremos con cada una de las variables que nos brinde el lugar (temperatura, pluviometría, viento, vegetación), proponiendo soluciones para aprovecharla o para protegernos de ella. Así, para la radiación solar recibida, proyectaremos protecciones solares (naturales como la vegetación o arquitectónicas) que dependerán de factores como la cantidad, la dirección, o el uso de la estancia; para la temperatura, protecciones solares, materiales aislantes, de gran inercia térmica o termorretractarios para intentar minimizar los sistemas de climatización; para la humedad y el calor, la ventilación natural se vuelve imprescindible; para la pluviometría que provoca humedades e incluso degradación de determinados tipos de cerramientos (por ejemplo de adobe), se usarán protecciones y aleros, así como una buena realización de los cerramientos, entre otras muchas.

Además, podemos incorporar medidas de climatización pasiva, como muros trombe, invernaderos, lechos de grava, recogida y reutilización del agua (tanto para generar energía como para reusarla domésticamente), y generación de energías alternativas, entre otras.

Profundizaremos más en estas herramientas, adaptándolas a la situación de estudio, África central-oriental (Anexo A: África)

3. Proyectos de Cooperación

Por los proyectos de cooperación al desarrollo (PCD) “se entiende un conjunto de acciones de carácter puntual, localizadas geográfica y temporalmente que, debidamente planificadas, persiguen un objetivo concreto previamente establecido para el inicio, apoyo o promoción del proceso de desarrollo de un determinado grupo de personas, mediante la colaboración en condiciones de igualdad entre varios actores.”⁰³

En cooperación, los proyectos no deben visualizarse como un fin en sí mismos, centrándose en su realización y olvidándose del entorno, pues entonces el objetivo principal se diluye. Es imprescindible contar con la comunidad para la cual se desarrolla el proyecto, considerándolos como el recurso más básico.

Estos proyectos pueden actuar a diferentes niveles, es decir, a nivel internacional, estatal o comunitario. Principalmente se centra en un nivel en concreto, sin descuidar por otra parte su interacción con los otros. Las fases a seguir en todos ellos se explican en el apartado “3.5 Ciclo del Proyecto. Marco Lógico”.

Los objetivos dependerán de cada intervención, analizados en el Marco Lógico (3.5 Ciclo del Proyecto. Marco Lógico). Sin embargo, los comunes son el desarrollo de la comunidad, en todos los aspectos. Es decir, humanitaria, social, económica, social y culturalmente. Darles las suficientes herramientas en el campo de intervención para que puedan seguir creciendo posteriormente.

En este documento, analizamos la construcción en Cooperación, es decir, como es uno de los motores del desarrollo. Además de proporcionar la infraestructura que necesita una comunidad, les forma tanto productiva como humanamente, fomentando diversos sectores de la zona y generando beneficios tanto para los usuarios como para el país

3.1 La construcción y el desarrollo

La construcción es un aspecto relevante en el desarrollo sostenible de las comunidades, ya que en ella se utilizan gran parte de los recursos y de la energía de la zona, y se generan residuos en todas sus fases. En la declaración celebrada en Río de Janeiro en 1992, en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, se elaboraron los principios básicos del desarrollo sostenible, entendiendo como tal el desarrollo que satisface nuestras necesidades, sin comprometer los recursos y la calidad de vida de las generaciones futuras, con tres dimensiones: económica, social y ambiental.

Además de este aspecto de gran importancia, la construcción es precisa para el desarrollo de actividades fundamentales y básicas en las zonas en desarrollo, ya que deben dotarse de infraestructuras sociales (hospitales, escuelas), obras civiles (carreteras, puentes, saneamiento,

03. PEREZ ESCUDERO, Llorenç. *Estudio teórico y de viabilidad de la radiación solar concentrada en un motor Stirling*. Anexo B. Master-Tesis. Univ.Politécnica de Catalunya. Máquinas y Motores Térmicos.

abastecimiento) y finalmente una vivienda digna. Por otra parte, es un gran sector de la economía, generando industria y empleo, y estando asimismo relacionados las infraestructuras con el Producto Interior Bruto, teniendo una correspondencia bidireccional, ya que a mayor PIB se generan mayores infraestructuras, y un mayor grado de infraestructuras produce un mayor PIB. ^[01]

Otro punto a destacar en la construcción es el desarrollo humano que produce, ya que al utilizar mano de obra local (siendo este porcentaje el máximo posible) ayuda a formar y educar a los ciudadanos, además de incentivar (en cooperación es un punto importante) los mercados y empresas nacionales.

3.2 Los Objetivos del Milenio

Debido a su relación con el desarrollo, la construcción forma parte de los Objetivos Del Milenio (ODM). Los ODM tienen como objetivo el desarrollo global, a través de la cooperación entre las distintas zonas, Norte-Sur, Sur-Sur.

“En el año 2000 191 jefes de Estado y de Gobierno firmaron la Declaración del Milenio comprometiéndose a trabajar juntos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y acabar con la pobreza extrema en el mundo antes de 2015. Además de ser un compromiso sin precedentes, los 8 ODM marcan una hoja de ruta para el desarrollo cuyo progreso se mide a través de una serie de metas e indicadores, con fechas límite para su cumplimiento.

Datos: A través de los ODM los países ricos firmantes se comprometieron a aportar más ayuda al desarrollo, dar ayuda de mayor calidad, cancelar la deuda externa y establecer reglas de comercio más justas.

Listado de los 8 ODM

- 1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.
- 2. Lograr la enseñanza primaria universal.
- 3. Promover la igualdad entre los sexos y la autonomía de la mujer.
- 4. Reducir la mortalidad infantil.
- 5. Mejorar la salud materna.
- 6. Combatir el VIH SIDA, el paludismo y otras enfermedades
- 7. Garantizar la sostenibilidad ambiental.
- 8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.”⁰⁴



FIG 02. ODM.

04. www.objetivosdelmilenio.com/ObjetivosDelMilenio.asp

Cobra importancia la construcción sobre todo en el objetivo 7, donde una de las metas es el acceso a una vivienda digna; además de aparecer de forma más indirecta en otros objetivos, como infraestructuras (como el acceso a agua potable), educación, sanidad, integración de los grupos sociales (que precisan de infraestructuras y edificaciones), es decir, en el contexto humanitario.

Sin embargo, en los países del Sur, el sector de la construcción es informal, es decir, no sigue unas normas o parámetros establecidos, lo que implica falta de planificación. Esto puede llevar implícito un menor coste a corto plazo, pero habrá que asegurarse que eso no compromete la seguridad y la durabilidad de los proyectos.

En muchos proyectos de cooperación, para promocionar los mercados nacionales, se les da ventajas económicas en favor de empresas del norte, a las cuales se les imponen unos impuestos. Otra medida para desarrollar el país del Sur, es obligar a las empresas internacionales de subcontratar y formar a la mano de obra local.

3.3 Construcción, sostenibilidad y ciclo de vida

La sostenibilidad en proyectos al desarrollo es de gran importancia, teniendo la construcción influencia en ella a diversos niveles.

3.3.1 Sostenibilidad social

Fomenta la igualdad y las relaciones entre los individuos. En temas de desarrollo, está muy enfocado a los procesos participativos de los beneficiarios, así como la aceptación de los grupos marginales (mujeres, niños, discapacitados). Esto se consigue a partir de su consideración e involucración en el proyecto. Es necesario respetar las necesidades y los derechos de todos, desarrollando sus capacidades, lo que generará beneficios en la comunidad.

3.3.2 Sostenibilidad económica

Propone un uso racional e inteligente de los recursos, promoviendo los mercados y empresas nacionales, la mano de obra local y desarrollando los materiales y técnicas del lugar. Supone una economía de medios. Sin embargo, eso no puede conllevar un mal proyecto, ya que sería una solución temporal y con un gran mantenimiento, teniendo que realizar otro en poco tiempo.

3.3.3 Sostenibilidad medioambiental

Supone un respeto al medio ambiente y al emplazamiento. Esto implica desde una utilización de los recursos naturales de la zona con eficiencia, evitando contaminar los ecosistemas, hasta un re-uso y reciclaje de

los materiales, minimizando los residuos.

3.3.4 Sostenibilidad constructiva

Está relacionada con el ciclo de vida del proyecto. Según la durabilidad del mismo, la comunidad podrá disfrutar de la infraestructura, mientras que si se ve alterada, ya sea por la falta de calidad de los materiales o técnicas, los beneficiarios se verán privados de ésta, retornando a la situación inicial de necesidad.

3.3.5 Ciclo de vida

Por ciclo de vida se entienden unas determinadas fases, como concepción, materialización, utilización, reintegración y demolición. Cuantos más años de vida pueda tener el proyecto, más sostenible será y más desarrollo proporcionará al lugar. Sin embargo, al ser informal en estos países el sector de la construcción, se intenta ahorrar en la calidad del proyecto, minimizando costes, lo que en realidad revertirá en un aumento total del coste de todo el ciclo de vida de la construcción, pues habrá que realizar un mayor mantenimiento o incluso una reconstrucción.

Para que el ciclo de vida sea el deseable, debemos planificar muy bien desde el principio las metas a realizar, contando con todos los factores que influyen en este tipo de proyecto, y controlando su seguimiento, evitando posibles cambios en los requisitos.

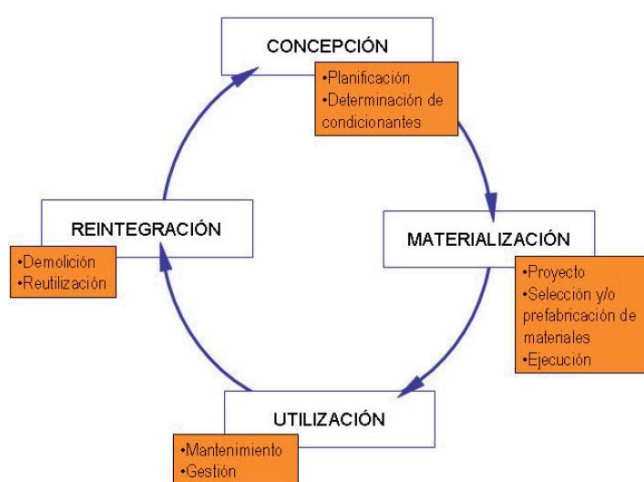


FIG 03. Ciclo de vida de una infraestructura.^[1]

3.4 Construcción en contexto humanitario

3.4.1 Tipologías edificatorias

En proyectos de cooperación existen múltiples vías de apoyo a las comunidades. Como hemos dicho, algunos ejemplos son las infraestructuras de agua, transporte, las obras civiles y la vivienda digna, no obstante también podemos clasificarlas según el contexto. Es decir, podremos hablar de arquitectura urbana, rural, reconstrucciones, de emergencia y de los refugiados. Para cada una de ellas es preciso estudiar el contexto en

el que se inserta, pues cada uno tiene diversos factores a tener en cuenta, desde la disponibilidad de recursos (tanto tecnológicos, materiales y humanos), como las necesidades de los beneficiarios, muy diferentes en cada uno, hasta las características sociales y del lugar.

- Arquitectura urbana, en determinadas ciudades en desarrollo se necesitan todavía apoyos para diferentes programas. Existen problemas de hacinamiento, que junto con unas infraestructuras deficientes provocan el contagio de enfermedades, empeoradas por el diseño de las construcciones (mala ventilación e iluminación, materiales no apropiados). Se proponen unas soluciones improvisadas, agravando al final los problemas.

- Arquitectura rural, se inserta normalmente en un contexto de pobreza y necesidad, gente sin esperanza de trabajo en zonas urbanas que prefiere huir de la violencia generada en las ciudades e intentar vivir de la tierra. Las condiciones respecto a los núcleos urbanos en situación de pobreza son mucho peores, ya que las infraestructuras básicas son inexistentes (siendo necesario ir en busca de recursos diarios como el agua), no existe formación, asistencia sanitaria, y las viviendas son de una gran precariedad.

- Reconstrucciones, puede ser por un conflicto o catástrofe natural, por inadaptabilidad, o por desmoronamiento o inhabitabilidad de la estructura. En este tipo, existen varios grados, pues puede ser una simple rehabilitación, o una reconstrucción integral, prefiriendo siempre la primera, pues no deja a la comunidad en un estado de completa necesidad, que sería el caso de arquitectura de emergencia.

- Arquitectura de emergencia, después de una catástrofe natural o un conflicto de grandes dimensiones. La comunidad se encuentra en un estado crítico y necesitan principalmente unas infraestructuras y viviendas temporales estables hasta recuperar poco a poco el estado inicial. En este tipo de apoyos prima la rapidez de actuación y la simplicidad (tanto de materiales como de diseño) sin olvidar la seguridad.

- Campos de refugiados, por una situación política inestable o guerras. Miles de personas huyen de sus países, en situaciones de conflictos armados, a estos campos donde ofrecen una situación temporal de alojamiento. Son necesarias las infraestructuras básicas (agua, saneamiento) así como asistencia sanitaria y suministros de alimentación.

Este trabajo se centra en uno de ellos, la arquitectura rural, al ser imposible abarcarlos a todos por la cantidad y diversidad de variables entre ellos. No hay una solución válida universal en estos contextos, y por tanto es mejor estudiar uno y darle respuesta.

3.4.2 El proyecto en cooperación al desarrollo ^[1]

Los agentes

Como en todo proyecto, existen una serie de actores implicados. Sin embargo, en los proyectos de cooperación aparecen agentes nuevos como la ONG, como facilitador del proyecto. Si el proyecto es pequeño, se puede realizar por ella o por los beneficiarios una vez terminado el proyecto, si tiene cierta entidad, se emite un concurso y la empresa que mejores condiciones ofrezca consigue su construcción.

A continuación hablaremos sobre cada uno de los agentes.

- Contraparte: entidad que detecta necesidad y genera sensibilización, busca una asociación, siendo los encargados de gestionar el proyecto en la zona de principio a fin. La necesidad debe partir de la zona y usuarios, bien por su propia iniciativa, bien por organismos gubernamentales. Sin su presencia el proyecto no funciona. Hace las veces de promotor, definiendo y adjudicando el proyecto, garantizando la financiación (con fondos propios o donados a través de “facilitadores”), procura el terreno (donado por la comunidad beneficiaria y otras entidades) y realiza las autorizaciones administrativas.

- El autor del proyecto y director de la obra. Pueden ser personas distintas o la misma. Entre otras, sus funciones son verificar que el proyecto es viable, realizar el proyecto constructivo y dirigir y revisar los trabajos. Para su definición tendrá en consideración el contexto, destacando la alta implicación con la comunidad para su correcta definición, de fomentar el buen uso así como el mantenimiento, ya sea a través de la documentación o de los técnicos precisos.

- La Organización No Gubernamental (ONG), puede asumir varios papeles. La ONG del norte puede trabajar en el proyecto de cooperación, sin embargo suele ser la contraparte la que asumirá el proyecto e informará a la ONG del norte de los trabajos. Por otra parte, el proyecto puede ser realizado enteramente por la ONG, pero siempre que sea posible, se implicará a los mercados y empresas locales, pues se trata de desarrollar un país, y la construcción es uno de los motores. Principalmente se encargan de la planificación, y la gestión del proyecto ocupándose del apoyo económico, recogiendo fondos y recursos, y asistiendo con personal capacitado para la realización. Además difunden tanto las necesidades y problemas existentes como las múltiples vías de actuación y sus resultados.

- La empresa constructora, efectúa los trabajos constructivos del proyecto. Se responsabiliza de la contratación, de la compra de materiales, de que se cumplan los plazos... Al responsable en nombre de ella se le llama jefe de obra, siendo el primer supervisor. En cooperación, muchas veces no existe tal entidad, ya que tampoco existen leyes de subcontratación ni de responsabilidades civiles, así

que suele ser la propia ONG la que desempeña este papel.

- Los beneficiarios, su participación es imprescindible, al contrario que en otros proyectos donde apenas aparecen. Pueden ser uno o varios grupos o comisiones, dependiendo también de en qué grado les afecte el proyecto. Principalmente sus tareas son: mano de obra no especializada (colaboración), mano de obra en pequeñas construcciones, comités de seguimiento, apropiación del proyecto, formación para su uso y mantenimiento.

- El agente donante, aunque tenga un papel indirecto, es fundamental. De él depende la calidad de la construcción, su durabilidad. Normalmente un “proyecto barato” puede parecer más rentable, sin embargo en términos de ciclo de vida y sostenibilidad pierde sentido. Además, debe preocuparse por cuestiones como la seguridad y la salud en el proceso.

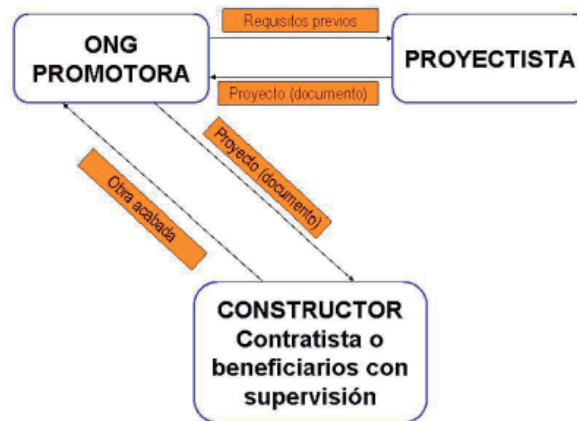


FIG 04. Agentes en un proyecto de cooperación.^[1]

La planificación

Es necesario realizar una planificación realista del proyecto, además de un contrato entre el promotor y la empresa, en la cual se comprometan a cumplir los plazos, y si no, establecer una serie de actuaciones y planteamientos alternativos.

En esta planificación habrá que tener en cuenta los factores que influyen en el desarrollo del proyecto, como la climatología (época de lluvias), las actividades económicas locales (por ejemplo, en época de trabajos agrícolas se reducirán los recursos humanos) y la logística (los plazos naturales del lugar, diferentes en cada emplazamiento). De igual manera se deberán considerar todos los factores que pueden retrasar el proyecto y que difieren de los proyectos normales. Algunos de ellos son la difusión del proyecto y la recaudación de fondos; lograr el acuerdo con entidades locales y gubernamentales; la compra de material y los problemas que pueda haber por abastecimiento, transporte; realizar un calendario con todas las actividades para coordinar los trabajos (por ejemplo si utilizamos adobe, deberemos realizarlos antes del replanteo ya que necesitan un período de secado); formar a la mano de obra,...

Dicho programa es responsabilidad del jefe de obra (empresa), con la mano de obra y maquinaria en cada período. En este proceso, el constructor elaborará informes con las modificaciones llevadas a cabo.

Durante todo el proceso, se deben verificar unas condiciones de seguridad, no siendo permisivos por encontrarnos en un país en vías de desarrollo. Habrá que tomar tanto medidas colectivas como individuales, de parte tanto del órgano donante, de la ONG y de la empresa.

En cooperación, involucrar a los trabajadores (muchas veces los propios beneficiarios) es un punto importante que muchas veces olvidamos. En el proceso constructivo, debemos formar a los obreros tanto en técnicas de construcción como hacerles entender de la necesidad de estas medidas de seguridad, lo que hará que las acepten y las cumplan.

El proyecto constructivo ^[1]

Como hemos comentado previamente, en los países donde se desarrollan estos proyectos el sector de la construcción es muy informal y no existen normativas específicas, pero contar con el proyecto constructivo hará que se cumplan los objetivos de calidad y seguridad, además de formar un contrato entre la empresa y la ONG.

En este documento se transmiten los datos y cálculos del proyecto, desde lo general hasta lo detallado. Hay tres tipologías en función del detalle.

- Proyecto preliminar. Desde un enfoque amplio el problema, contando con el impacto ambiental y unos costes aproximados.
- Proyecto básico. Aquí ya se estudian diferentes líneas de trabajo para los problemas, con estudios más específicos (geotécnico, hidrológico,...) valorando los impactos medioambientales. El estudio de diversas alternativas es fundamental, ya que influyen muchas variables, desde el crecimiento vegetativo, el posible cambio de los mercados y las técnicas existentes, la disponibilidad de los materiales,...
- Proyecto constructivo o ejecutivo. Se elige un camino y se detalla constructivamente, tanto el proyecto como las infraestructuras.

Dependiendo del tamaño e importancia del proyecto, constará de unos u otros. Si se trata de un proyecto pequeño, el proyecto básico resulta innecesario, mientras que si tiene envergadura, constará de los tres.

Un proyecto se compone de los mismos documentos:

- Memoria, deben constar los condicionantes del proyecto, así como las alternativas estudiadas. También deberá contener los planes necesarios para la participación de la comunidad, para la formación de los beneficiarios, y la planificación.

- Anejos, contienen una información más técnica, como estudios geotécnicos, geológicos, hidráulicos,...
- Planos, en ellos se explican todas las transformaciones a realizar. Deben ser claras pues cualquier técnico debe entenderlos. Incluyen el plano de emplazamiento, los planos descriptivos de la situación actual (con los terrenos afectados), y los planos de la transformación (plantas, secciones, alzados, detalles, instalaciones,...)
- Pliegos de condiciones, con artículos que expresen las relaciones, obligaciones y derechos mutuos.
- Presupuesto, con los costes de todos los recursos utilizados (humanos, materiales, tecnológicos).
- Estudio de seguridad y salud, estableciendo los posibles riesgos y las medidas para ello.
- Estudio de impacto ambiental, con sus impactos positivos y negativos, así como los correctores necesarios.

3.5 Ciclo del proyecto. Marco lógico. ^[2]

Un proyecto de cooperación trata de resolver unos problemas o necesidades a través de unos agentes externos e internos. Debe tener una finalidad de cambio positivo a favor de los beneficiarios.

Según la Agencia Alemana de Cooperación Técnica al Desarrollo (GTZ): "Se entiende por proyecto una tarea innovadora que tiene un objetivo definido, debiendo ser efectuada en un cierto período, en una zona geográfica delimitada y para un grupo de beneficiarios; solucionando de esta manera problemas específicos o mejorando una situación... La tarea principal es capacitar a las personas e instituciones participantes para que ellas puedan continuar sus labores de forma independiente y resolver por sí mismas los problemas que surjan después de concluir la fase de apoyo externo". Y podríamos añadir que con criterios siempre de sostenibilidad.

Todo proyecto, ya sea ambiental, institucional, económico o social, cuenta con unas fases necesarias y ordenadas, tanto en fases de desarrollo/proyectuales como fases temporales, las cuales interactúan unas con otras. Esto sería el ciclo de gestión o ciclo de vida de un proyecto.

En los años 60, apareció el EML (Enfoque de Marco Lógico) como metodología de planificación y gestión de proyectos al desarrollo. Ha ido evolucionando y existen varias versiones o cambios, como ZOPP (Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos) en los 80, o en los 90 la gestión del ciclo de proyectos, pero en definitiva el EML se conserva como herramienta a seguir.

Principalmente, el EML se divide en cuatro etapas principales, Identificación, Diseño y Formulación, Ejecución y Seguimiento, y Evaluación, las cuales agrupan una serie de sub-etapas. En la primera de ellas (Identificación) se trata de analizar y pensar, para ello estudiamos muy bien los problemas, las soluciones a los mismos, eligiendo un problema central al cual estarán subordinados los demás y los beneficiarios principales y secundarios de la intervención, y empezamos a idear el proyecto. En la segunda fase (Diseño y Formulación), avanzamos en el proyecto y organizamos los datos anteriores en procesos y datos (propuestas, plazos, costes,...) Qué queremos hacer y cómo, dónde y cuándo, quién se beneficia de nuestras ideas y en qué medida, con qué recursos contamos,... En esta fase se elabora un documento, la Matriz de Planificación del Proyecto (MPP), en la cual hay 4 factores: el resumen descriptivo o lógica interna de las actividades, los indicadores que miden el éxito de la intervención, las fuentes de verificación de los indicadores, y finalmente los supuestos (factores externos) que actúan para asegurar el desarrollo. En la tercera fase (Ejecución y Seguimiento), es donde actuamos físicamente en el entorno a través de nuestra propuesta e ideas, es decir, donde construimos. En la última fase (Evaluación), valoramos el grado de cooperación tanto durante la ejecución, como los resultados y continuidad después de ella.

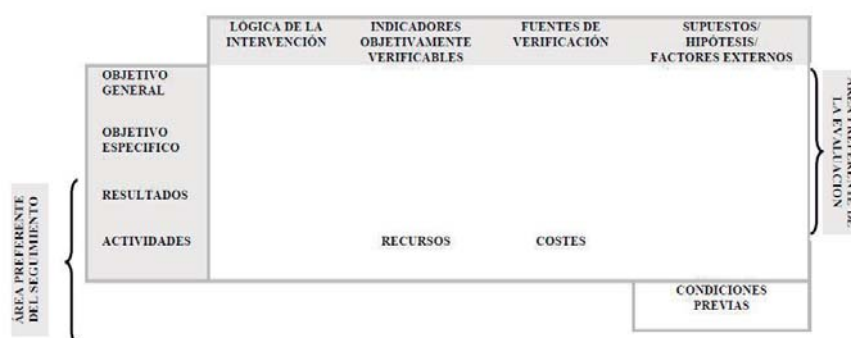


FIG 05. Matriz de planificación del Proyecto (MPP). MML.

Existen una serie de pasos a realizar hasta llegar al documento base, la MPP, y por tanto todos ellos se sitúan en la fase de Identificación:

- Análisis de la participación
- Análisis de los problemas
- Análisis de los objetivos
- Análisis de las alternativas
- Matriz de Planificación del Proyecto

En el análisis de la participación, debemos estudiar en profundidad el contexto en el que nos implantamos, ya que nuestro éxito o fracaso dependerá de ello y de la participación de los beneficiarios en el proyecto. Para ello es fundamental elegir bien a dichos beneficiarios, teniendo en cuenta criterios de necesidad, de aprovechamiento del proyecto y de

los conflictos a generar, es decir, identificar bien cómo son afectados, positiva o negativamente, y en qué medida.

El análisis de los problemas viene directamente relacionado con la participación y los beneficiarios. De esta forma, debemos realizar un "árbol" de problemas, identificando el principal y las relaciones con los secundarios, con sus causas y efectos, estableciendo unas bases para la intervención, y siendo concretos en esos problemas, no escribir "mejorar la salud", "ausencia de.." sino en problemas precisos.

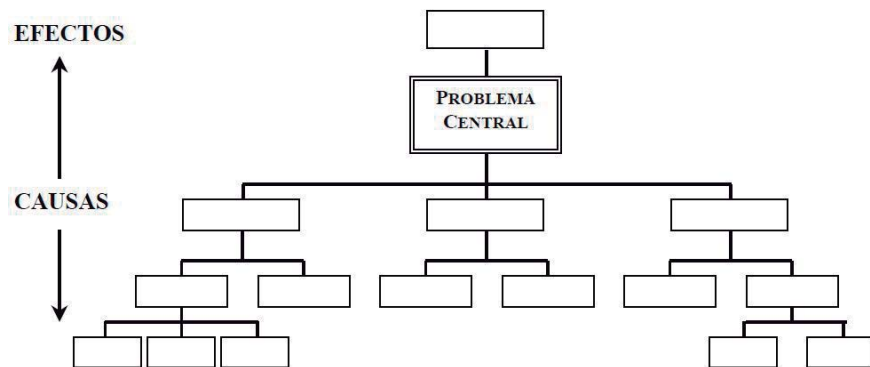


FIG06. Árbol de Problemas. [2]

En el siguiente paso, análisis de los objetivos, transformamos los problemas en objetivos, trasladando cada uno en una meta definida. Si hay algunos problemas que no hemos podido solucionar por diferentes motivos, se trasladan como están, como problema, al árbol de objetivos.

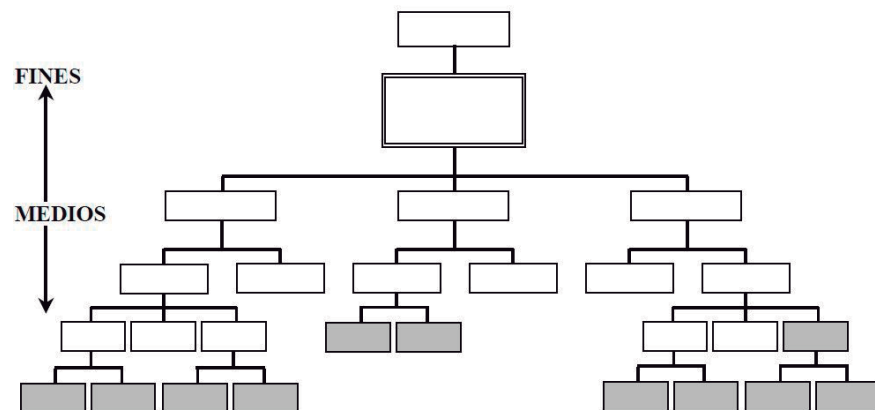


FIG07. Árbol de Objetivos. [2]

El análisis de las alternativas se basa en comparar diferentes soluciones y elegir la más óptima atendiendo a los criterios como coste, tiempo, sostenibilidad, participación, aceptación, el impulso de lo local, durabilidad, disponibilidad y viabilidad. La viabilidad adquiere gran importancia, pues se entiende como las posibilidades de la permanencia de los resultados positivos una vez se haya terminado el proyecto. Se basa en factores como: políticas de apoyo (coherencia con el proyecto), tecnologías adecuadas (apropiación de las mismas para mantenimiento),

aspectos socioculturales (aceptables y deseados), protección del medio ambiente, mujer y desarrollo, capacidad de gestión local (asumida por la comunidad), factores económicos (si localmente pueden asumir los efectos de permanencia). Con los recursos disponibles y el estudio de estas variables se elige un objetivo principal que direccionará la intervención. Aquí se cierra la identificación y empezamos con el diseño, y por tanto con la MPP.

El proyecto no termina con la MPP, sino que es necesario elaborar un calendario de actividades (que dependerá también de las condiciones climáticas), un catálogo de los recursos con los que contamos, tanto tecnológicos, materiales como humanos, y un estudio realista de la permanencia/sostenibilidad del proyecto, así como de su posible copia por la comunidad.

En el apartado “6 DESARROLLO DEL MARCO LÓGICO ÁFRICA” se analizarán dos casos particulares con diferentes alternativas constructivas (in situ y prefabricado), evaluándolas a través del EML (Anexo B), proponiendo una solución que considerará los aspectos positivos y negativos de ambas.

4. Materiales de construcción

Actualmente las posibilidades en materiales y técnicas para construir son infinitas, y aumentan día a día. No todos los materiales ni todas las técnicas son válidas siempre ni se adaptan en todos los contextos. Por eso es tan importante un conocimiento completo de ellos y un constante estudio en el campo de la construcción.

Por otra parte, en los proyectos de cooperación debemos pensar siempre en los recursos de los que disponemos, las posibilidades que nos ofrecen los mercados locales y la mano de obra local preferentemente antes que lo exportado, o cómo introducir y adaptar los exportados enseñando a los usuarios su uso y puesta en obra para no depender indefinidamente de los países colaboradores. Además de contar con la adaptación al clima, a su cultura y si será aceptado por los usuarios o no, aspecto relevante en estos proyectos. Para ello debemos contar siempre con la participación de los mismos.

El ciclo de vida de los materiales, su sostenibilidad, su reciclabilidad y el mantenimiento que requieran serán otros matices a considerar.

Estos puntos reducen considerablemente la lista de materiales a utilizar. En este apartado vamos a analizar los siguientes, que por sus características cumplen los requisitos anteriores: la piedra, la tierra, el hormigón, el acero, la madera.

4.1 Acero

Gracias a su buen funcionamiento estructural es un material, podríamos decir, básico en la construcción actualmente. Se compone de hierro y carbono, y la proporción de éste último (desde 0.05 hasta 1.7%)^[4] será la que determine las características, pudiéndose añadir otros elementos.

Características para construir.

Ventajas.

- Alta resistencia por unidad de peso, lo que implica poco peso propio.
- Durabilidad, con un mantenimiento adecuado tiene una gran durabilidad.
- Ductilidad, evitando fallos prematuros.
- Tenacidad.
- Facilidad para unir elementos (soldadura, atornillada)
- Gran posibilidad de prefabricación, y rapidez de montaje.
- Reutilización y reciclaje.

Desventajas.

- Costo de mantenimiento, si están expuestos a ambientes agresivos que los corroen (agua, aire) deben pintarse periódicamente.
- Uniones, proyectarlas muy bien para asegurar la continuidad.
- Necesidad de protección ante el fuego, con pinturas o espumas.
- Pandeo, dependiendo de la sección y los esfuerzos.
- Gran gasto energético en su fabricación.

4.2 La piedra

La piedra ha sido uno de los primeros materiales que el hombre utilizó para construir, principalmente por su disponibilidad, su resistencia y durabilidad.

Características para construir. ^[1]

Todas las piedras no son aptas para construir, ni todas sirven para todos los usos. La aplicación depende de la composición de la piedra, de su porosidad,... Elegiremos la piedra sabiendo su aplicación.

Ventajas.

- Su durabilidad e inalterabilidad, ha sido el principal motivo de su utilización de manera tradicional. (La piedra porosa es menos durable).
- Su versatilidad, aplicación tanto en estructura, fábrica, acabado, cubierta, pavimentación,...

Desventajas.

- Tiempo de ejecución, últimamente ha perdido uso frente a otros materiales debido a los tiempos.
- Altos costes, tanto en explotación, transformación, y transporte (gran peso y volumen)
- Algunas piedras se deterioran debido a las lluvias, las heladas, los cambios de temperaturas, los vegetales, agentes químicos o por descomposición mutua.

Selección del material

Para conocer las diferentes propiedades de las rocas, se realizan una serie de ensayos, que pueden ser físicos (examen óptico, densidad, porosidad, absorción del agua, capilaridad, permeabilidad, dureza, resistencia al calor y al frío) o mecánicos (Resistencia a la compresión, flexión, tracción, choque, desgaste y adherencia a los morteros).^[1] Sin embargo en los países de desarrollo debemos contar que no tendremos los mismos instrumentos para su estudio, así que deberemos tener un conocimiento previo básico sobre las mismas.



FIG08. Construcción de una escuela en Indelu, Mali. ^[1]



FIG09. Detalle de un muro de piedra.

4.3 Homigón



FIG10. Hospital Senegal.

En los últimos años ha ganado terreno frente a otros materiales debido a su resistencia, durabilidad y ejecución. Es utilizado tanto en países del Norte como del Sur. Sin embargo, hay que considerar sus criterios de sostenibilidad. Si bien es cierto que tiene una buena sostenibilidad constructiva, pues tiene una gran durabilidad (a pesar de ser muy difícil realizar cambios en su forma y uso), su sostenibilidad ambiental no está tan clara, al ser un material permanente en el lugar en el que se implanta.

Características para construir. ^[1]

Ventajas.

- Versatilidad formal.
- Gran durabilidad.
- Resistencia al fuego (1-3h)
- Resistencia alta a compresión (si es armado, también a flexión y tracción).
- Disponible en casi todos los lugares, por su composición.
- Resistencia sísmica (si es armado).
- Bajo mantenimiento en condiciones normales.

Desventajas.

- Gran peso propio, aumentando el dimensionado, el costo.
- Aumento del coste dependiendo de la forma del encofrado (versatilidad formal).
- Impacto ambiental al permanecer en el lugar por tiempo indefinido.
- Imposibilidad de realizar modificaciones en el proyecto.
- Mal aislamiento térmico.

Selección del material

Debido a que su composición se basa en áridos, cemento y agua, lo importante será la cantidad de cada uno de ellos y principalmente la calidad de los áridos. Ellos son los responsables de la densidad, del módulo elástico y de su estabilidad. Así, lo importante es la porosidad, el tamaño o el volumen. ^[1]

Por otra parte, será importante el tipo de hormigón que queramos conseguir, ya sea hormigón ordinario (áridos, cemento y agua), en masa (vertido directamente, sin armaduras y trabajando a compresión), armado (trabaja también a flexión gracias a los armados de acero), ciclópeo (con áridos de gran tamaño, permitiendo grandes cantidades de hormigón, con esfuerzos no importantes), entre otros.

4.3 Madera

Es otro de los materiales que el hombre ha utilizado para construir desde la antigüedad. Construir con las ramas, las cañas, e incluso las hojas, sigue siendo un recurso de muchas zonas sin recursos.

Si el material proviene del lugar local y es una explotación controlada, es un material completamente sostenible, sin embargo tenemos que contar que es un material agotable, con unos requisitos de mantenimiento (durabilidad) y que conlleva grandes gastos de transporte si no es local.

Características para construir.

Los árboles pueden ser de dos tipos:

- Endógenos, crecen de tamaño sin aumentar el diámetro (bambú, palmeras).
- Exógenos, crecen aumentando el diámetro del tronco (maderas frondosas, tropicales, exóticos,...) ^[1]

Ventajas.

- Buen uso estructural, flexión.
- Facilidad de transporte, labra y manejo.
- Escasa densidad
- Buen aislante térmico y acústico.

Desventajas.

- Aunque tenga un buen comportamiento como estructura, sus luces son limitadas
- Necesidad de resolver los encuentros en la estructura, uniones (las piezas a veces no pueden tener la longitud del elemento final).
- Es atacable por los insectos.
- No es inerte, de manera que es susceptible de pudrirse si no se toman los cuidados necesarios. Los constantes cambios de humedad le influye negativamente.
- Puede sufrir hinchazón por humedad.
- No resiste al fuego.

Al ser un material orgánico, la madera tiene una serie de limitaciones en su durabilidad.

Selección del material

Las propiedades del material dependerán en gran medida de cuándo hayamos cortado el árbol (tanto por la edad como por la estación), del contenido de humedad (cuanto más contenido en agua menor resistencia a compresión, por tanto si realizamos un secado a la madera aumentaremos su resistencia, además de disminuir el peligro de ataque



FIG11. Proyecto Soe Ker Tie House, Tyin Architects. Noh-Bo, Tailandia. Unidades Habitacionales.



FIG12. Proyecto Soe Ker Tie House, Tyin Architects. Noh-Bo, Tailandia. Unidades Habitacionales.



FIG13. Construcción en el Amazonas, Ecuador. ^[1]

de hongos) y de la dirección de las fibras del árbol (al ser anisotrópico no responde de misma manera, por tanto es mejor si los esfuerzos siguen la dirección de las fibras), su densidad, además de las propiedades relativas a la especie. ^{[1] [3]}

Además, las maderas transformadas industrialmente al ser tratadas, se protegen contra el ataque de agentes biológicos, sin embargo en este tipo de proyectos las maderas tratadas no las consideramos, pues llevan un gasto implícito de transformación y transporte inasequible.

4.3 Tierra

Es un material al alcance de todos, no importa la clase social, la economía ni el lugar. Debido a su gran accesibilidad y a su versatilidad, a las múltiples técnicas que trabajan este material, a su aceptación y a que será el principal material de la obra, profundizaremos más en su estudio.

Características para construir.

Ventajas.

- Su inocuidad y su capacidad de reciclaje (vuelve al lugar del que se extrajo de manera natural).
- Su gran accesibilidad, se obtiene en todos los lugares.
- Su construcción es sencilla (es fácil enseñar cómo trabajarlo).
- Conlleva poco gasto energético y económico.
- Su obtención y su tratamiento respetan el medio ambiente.
- Buenas propiedades de masa térmica y de aislamiento acústico.
- Transpirable, regulando la humedad interna.
- Al ser inerte, resiste al fuego.
- No se pudre.
- No es atacable por insectos.

Desventajas.

- Necesita mucho tiempo en su construcción.
- Constante mantenimiento (contra los agentes atmosféricos).
- Cálculo de la distribución (huecos, estructura,...).
- No es un buen aislante térmico, por lo tanto necesitaremos prever otros añadidos para completarlo (dependiendo del clima, humedad, temperaturas frías,...).
- En contextos urbanos masificados no es posible su uso.



FIG14. Mezquita en Djenne, Mali.

Selección del material

No todas las tierras tienen las mismas características. Por ejemplo los terrenos agrícolas se desaconsejan por la cantidad de materia orgánica que tienen, disminuyendo su resistencia. Por tanto, la tierra para construir deberá estar limpia, libre de raíces y restos orgánicos.

A la hora de seleccionar el material, las características importantes son: permeabilidad, estabilidad, plasticidad, cohesión, compactibilidad, durabilidad y abrasión. Realizaremos los siguientes ensayos:

- Resistencia a compresión (define si es apta)
- Baja retracción y expansión (define si es apta)

Un buen suelo para construir será aquel cuya composición sea arena, arcilla y limo, con estas proporciones:

- Arena 40-65%
- Arcilla 15-20%
- Limo 18-35%
- Grava 0-15% ⁰⁵

Así, los suelos arenosos se desmenuzan fácilmente y los suelos arcillosos se quiebran. Para ello deberemos comprobar el material a través de dos pruebas que determinarán o no si es adecuada la mezcla⁰⁶.

- Prueba del rollito, cogemos un poco de tierra y hacemos un rollito con ella frotando las palmas de las manos. Si mide entre 5-15 cm, la tierra es apta, mientras que si se rompe antes de llegar a los 5 cm, tiene demasiada arena y habrá que añadirle arcilla, y si supera los 15 cm al contrario, tiene mucha arcilla y habrá que añadir arena.
- Prueba de la bolita, se hacen 5 o 6 bolitas en la palma de la mano de aproximadamente unos 2 cm y se dejan secar dos días. Cuando estén secas, las presionaremos con el dedo índice y pulgar. Si resiste, la tierra es buena, si se rompe, no sirve.

Una manera de mejorar la tierra es mezclarla con cemento. Sus propiedades mejoran, sobre todo la resistencia. Se mezcla un 6-16% de cemento Portland al suelo, según la densidad (a más denso, más cemento), se añade agua, se mezcla y se deja secar. A esta tierra se le conoce como tierra estabilizada. De hecho, los bloques de tierra con cemento cumplen la "Uniform Building Code" para resistencias a compresión.^[1] Sin embargo con este tratamiento, la vuelta al medio natural no es tan inocua.

05. YUSTE, Beatriz. *Arquitectura de tierra. Caracterización de los tipos edificatorios*. Máster Arquitectura Energía y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Cataluña.

06. TOMEQ, Fernando, SELLANES, Gimena, ALONZO, Andrés. *Materiales Alternativos: Tierra y Paja*. 2008. Proyecto Hornero. Materiales Alternativos. Construcción en Tierra.

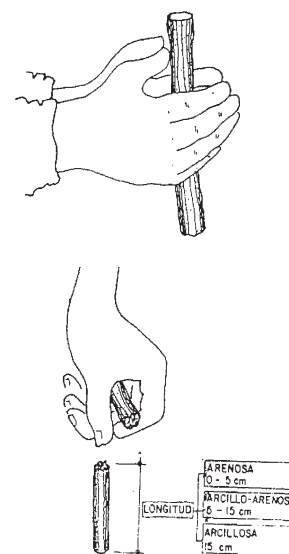


FIG15. Prueba del rollito



FIG16. Prueba de la bolita

5. Técnicas de construcción

Entre las técnicas de construcción a estudiar encontramos sistemas prefabricados e in situ.

Los sistemas prefabricados se pueden realizar de dos formas, en un taller en una zona cercana al proyecto o en el país colaborador desde donde se trasladan hasta el solar. Si se fabrican en un taller cercano se implica a las comunidades, a los mercados locales y nacionales, se crean recursos y se respetan sus tradiciones lo que permitirá una aceptación del proyecto. Mientras que si proviene de los países colaboradores estos puntos positivos no tienen lugar, favoreciendo más la dependencia del país en desarrollo sobre el colaborador.

Debemos considerar que las construcciones prefabricadas tienen varias ventajas claras, como una mayor calidad y control de las mismas respecto a las realizadas in situ, además de que los plazos de construcción son mucho menores, aspecto muy positivo de las mismas.

Las técnicas in situ estudiadas serán las propias del lugar, las inherentes a este tipo de proyectos y esta localización (centro de África) promueven una mejor implicación de la comunidad y una mayor educación de los mismos en la construcción de sus viviendas o infraestructuras, lo que facilitará que sean ellos mismos quienes realicen el mantenimiento o hagan reproducciones de los mismos cuando sea necesario.

Primero hablaremos de las técnicas prefabricadas y más tarde sobre las producidas in situ.

5.1 Acero

El acero es un material que incorpora grandes ventajas como material estructural. Al tener gran resistencia mecánica la sección de sus elementos es reducida, y al tener poco peso propio resultan ligeras. Por otra parte, tiene gran resistencia sísmica. Además, tiene gran rapidez de montaje, y puede ser desmontable. Esto quiere decir que un proyecto puede ser modificado o ampliado según las circunstancias. Esto otorga una gran flexibilidad a este material. Según criterios medioambientales, aunque en la fabricación del acero hace falta gran cantidad de energía, es 100% reciclable, y en ese proceso la energía utilizada es mucho menor.

En el contexto humanitario, el cual estamos estudiando, las estructuras metálicas pueden ser importadas o fabricadas por algún taller de la zona. Se reserva su uso al estructural de piezas simples y no de gran tamaño, para poder ser transportadas fácilmente y sin grandes costes, siendo ensambladas en el lugar. Es decir, importando piezas prefabricadas que puedan ser donadas por diversas organizaciones o empresas, o buscando los tipos producidos por una empresa de la localidad, siendo esto último preferible al implicar lo local.

Elaboración

Como hemos comentado, puede ser importado o elaborado en un taller local. En ambos casos, sobre todo en el primero, lo importante será su montaje. Si es importada, cobra una gran importancia la facilidad de montaje. Deberá ser lo más sencilla posible y con los mínimos elementos. Depende del grado de prefabricación se puede desde montar una estructura completa con sus elementos hasta trasladar unos paneles autoportantes los cuales solamente deberían unirse unos a otros en obra.

Si lo elabora la propia comunidad repercute positivamente en el entorno, y ellos mismos realizan las piezas conscientes de las circunstancias propias. Por tanto, al ser los mismos usuarios quienes participan en la fabricación, el problema de la complejidad no existiría.

Mantenimiento

El acero tiene un buen comportamiento, excepto al fuego y a la corrosión debido a ambientes agresivos. Sin embargo, en este tipo de proyectos, al ser combinados con otro tipo de materiales, como la tierra, que responden bien al ambiente, la estructura queda protegida tanto de la humedad, del fuego, como de los ambientes corrosivos.

Aplicaciones

Como ya hemos dicho, la principal aplicación será la parte estructural del proyecto. Además se podrían realizar diferentes estructuras urbanas si fuera necesario, como postes de suministro, refuerzo de estructuras existentes, puentes o apeos. Además de servir de armado en el hormigón.

5.1.1 Técnica Steel Framing ^[4]

Steel Framing, del inglés: Steel = acero y Framing (de frame) = esqueleto, estructura. Como dice el nombre esta técnica designa al sistema constructivo formado por perfiles de acero galvanizado conformados en frío que constituyendo un esqueleto estructural resiste las acciones y cargas. Tiene sus orígenes en el Sistema Balloon Frame, desarrollado en EE.U.U. a través del desarrollo de la arquitectura importada de las colonias, debido a la necesidad de una construcción ligera y de rápido montaje.

Características del sistema

Las paredes se encuentran formadas por perfiles de acero ligeros (principalmente en forma de C) separados una distancia que dependerá del cálculo estructural, pero normalmente se sitúa entre los 40-60 cm. Esta modulación se sigue en el plano horizontal, uniendo los perfiles horizontales a los montantes verticales, así como en cubierta. En la base, los cimientos deberán ser continuos para la distribución uniforme y debido a

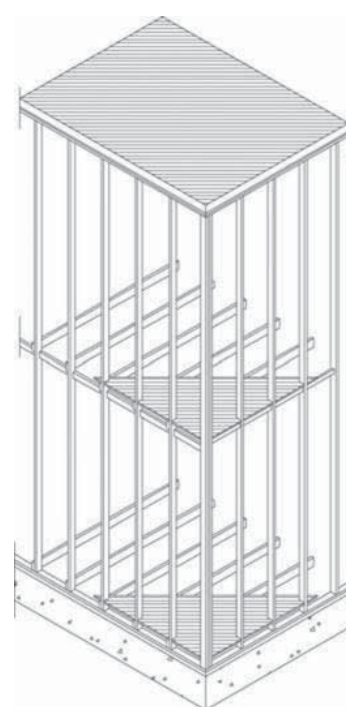
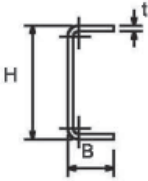
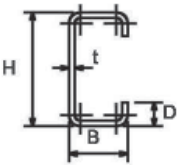
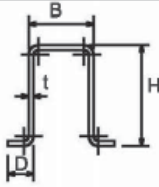
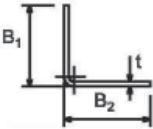



FIG17. Sistema Balloon Frame. ^[4]

la distancia existente entre los elementos.

Los perfiles se conforman a través del doblado o perfilado de bobinas o chapas de acero. Para los montantes y travesaños suelen ser en forma de C, mientras que para las uniones se usan en L.

Tabla 2.1- Ejemplo de identificación de perfiles conformados en frío y sus aplicaciones

SECCIÓN TRANSVERSAL	Designación	Utilización
	Perfil U $H \times B \times t$	Solera Puntal Bloqueador Cenefa Atiesador
	Perfil C $H \times B \times D \times t$	Montante Viga Puntal Atiesador Bloqueador Correa Cable Larguero
	Perfil Galera $H \times B \times D \times t$	Correa Larguero Puntal
	Angulo Conector $B_1 \times B_2 \times t$	Conector Atiesador Puntal
	Cinta Fleje $B \times t$	Riostras Tensores Diagonales

Designaciones: H Altura del alma (web)
B Ancho del ala (flange)
t Espesor (thickness)
D Ancho de pestaña (lip)

FIG18. Tabla identificación Perfiles Conformados en Frío. ^[4]

Los cerramientos compatibles con este esqueleto son múltiples, pudiendo ser prefabricados (paneles auto portantes con el aislamiento incluido), o soluciones más tradicionales locales.

Ventajas:

- Distribución homogénea de las cargas en la base.
- Durabilidad y seguridad frente a acciones estructurales imprevistas.
- Protección de la estructura frente ambientes corrosivos, amplia vida útil.
- Posibilidad de integrar las instalaciones entre los montantes.

- Versatilidad en forma y cerramiento.
- Facilidad y rapidez de montaje.
- Posibilidad de ampliación.
- Construcción en seco (menores residuos, reciclable, reutilizable).
- Al ser muy ligero, el coste es menor (respecto otras estructuras).

Desventajas:

- Precisión en el montaje.
- Diseño muy preciso de elementos y uniones.
- Coste mayor (tipo prefabricación).
- Gran energía de fabricación.

Los métodos de construcción son tres, y dependen del grado de prefabricación del sistema.

- Fabricación en obra, donde los perfiles se cortan y montan en obra. El transporte tiene menos gastos. Las uniones deberán ser sencillas. Aunque en otros proyectos pueda ser una desventaja, la gran necesidad de participación y de montaje en cooperación es una ventaja al implicar a la comunidad y su educación.
- Paneles prefabricados, en la cual los perfiles son cortados y montados ya en el taller, y el montaje se reduce al propio de los paneles. Esto conlleva una mayor calidad y rapidez, pero una menor mano de obra y participación, además de aumentar los costes de transporte (las piezas son mayores).
- Módulos, en donde la construcción es totalmente prefabricada y las piezas se encuentran con acabados, cerramientos, instalaciones,... Aquí la calidad aumenta, así como los plazos disminuyen, pero la mano de obra ya es prácticamente inexistente.

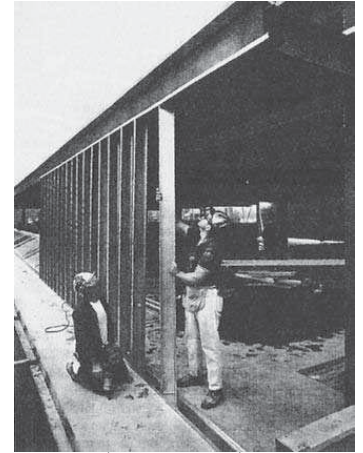


FIG19. Fabricación en obra.



FIG20. Paneles prefabricados.



FIG21. Módulos.

5.2 Piedra

Lo estudiaremos de manera superficial al participar de manera sencilla en los procesos constructivos pero no ser uno de los materiales bases.

Elaboración

Se trabaja con las piedras propias del lugar. Las operaciones necesarias desde la extracción hasta la puesta en obra de la piedra son varias teniendo como finalidad trabajar bloque de piedra y darle su aspecto final.^[1] Sin embargo, dependiendo del uso que le demos a la piedra, su manera de trabajarla o de colocarla, será diferente.

Mantenimiento

Dependerá del uso que se le otorgue. En estos proyectos, el uso más posible sería el de posible cimentación, en el cual tendremos en cuenta la humedad y su protección.

Aplicaciones

Son varias (estructura, fábricas, pavimentos, cubiertas, aplacados), según su función a cumplir, sin embargo en este tipo de proyectos, suele ser utilizada como estructura, cimientos y sobrecrecido. Se utiliza sobre todo cuando la fábrica es de tierra u otro material no resistente, con la función añadida de proteger del ascenso de la humedad por capilaridad. Necesitan ser resistentes a compresión, tener dureza, ser impermeables y resistentes a los agentes atmosféricos. ^[1]

5.3 Hormigón

Es un material que puede ser in situ o prefabricado, teniendo en cuenta siempre las ventajas del prefabricado en cuanto a calidad, resistencia y acabado. Sin embargo, en proyectos de cooperación, la opción del hormigón prefabricado se vuelve inviable al tener grandes costes de traslado (gran peso de las piezas) y a su inflexibilidad, es decir, su incapacidad para poder realizar cambios en el proyecto, y a la imposibilidad de ampliar el proyecto o copiarlo en caso de necesidad. Por tanto nos centraremos en el hormigón in situ, y principalmente en su uso como posible cimentación.

Elaboración

Su composición es a base de áridos (gruesos y finos) 60-80%, unidas por un conglomerante (cemento) 15-20%, y agua 15-20%. La granulometría definirá la compactación del hormigón, y los áridos los que darán el módulo de elasticidad del hormigón. ^[1]

Respecto al cemento Portland, existen varios tipos según el clima. En nuestro caso, principalmente serán ambientes calurosos, por tanto utilizaremos cementos que no sean de rápido endurecimiento.

En los países en vías de desarrollo no se cuentan con las herramientas que contamos diariamente nosotros, por tanto el proceso de elaboración y de hormigonado se adapta a las circunstancias y recursos del lugar.

Mantenimiento

El hormigón es un material que tiene una buena durabilidad. Sin embargo, como todos los materiales, tiene unas limitaciones (resistencia a los agentes atmosféricos, los ataques químicos, la abrasión u otro



FIG22. Fabricación hormigón. ^[1]



FIG23. Construcción de los pilares. Éstos se cubren con telas mojadas durante 3 semanas.



FIG24. Doblado del armado.

tipo de deterioro) que surgen del entorno que debemos tener en cuenta. Principalmente, lo más importante es calcular bien los esfuerzos a soportar para dimensionarlo bien, y saber si el terreno o el ambiente tienen algún tipo de agresividad para protegerlo con aditivos. Además, si es hormigón armado deberemos asegurar que las armaduras están bien embebidas para evitar que se corroan por el agua o el ambiente.

Aplicaciones

El hormigón se puede aplicar a todo tipo de elemento constructivo, pero lo que más nos interesa en este tipo de proyectos es el tipo estructural. Debido a eso, un buen cálculo de los esfuerzos y un buen diseño de la unión de todos los elementos estructurales será parte imprescindible.

5.4 Madera/bambú

La madera y el bambú tienen una gran aplicación como parte estructural. En países en vías de desarrollo se han establecido unas técnicas mixtas teniendo como base este material, que más tarde estudiaremos (Apartado 5.6.1 Desarrollo Técnicas Mixtas).

Al igual que el acero, tiene una gran resistencia y poco peso propio, por lo cual se concibe igualmente para el diseño estructural. Sin embargo, este material tiene muy poca resistencia a la humedad, pudiendo quedar inutilizado debido a ella.

Aunque las piezas de este material pueden ser prefabricadas e importadas, en estos proyectos sólo se considera el material propio del lugar si hay disponibilidad del mismo (vegetación y clima).

Elaboración

Principalmente consta de la tala, limpiar el tronco de corteza y ramas y más tarde el despiece del mismo, formando las piezas necesarias. En proyectos de cooperación su producción se ajustará a los recursos que tengamos para ello. Al formar piezas autónomas, las uniones entre ellas cobran gran importancia en el diseño para la continuidad del elemento (tanto para su estabilidad como para la del proyecto en general). ^[1]

Mantenimiento

Para mantener en buen estado los productos derivados de la madera, podemos tomar tanto iniciativas a la hora de elaborar el producto, como el secado que hemos visto, o de añadir a la pieza final algunas protecciones como aceites o resinas naturales que protegen temporalmente (precisan un cuidado constante) sin ser contaminantes. Un buen diseño del proyecto y de sus paramentos y protecciones ayudará a conservar el material y sus propiedades. ^[1]



FIG25-27. Estructura madera. Proyecto madera y bambú. Soe Ker Tie House, Tyin Architects, Noh-Bo, Tailandia.

Aplicaciones

Principalmente lo utilizaremos como elemento resistente, pudiéndose utilizar como cerramiento también.



FIG28. Madera como estructura y cerramiento en Proyecto Soe Ker Tie House, Tyin Architects, Noh Bo, Tailandia.

- Estructural, ya sea de la cubierta o como sistema pilares-vigas. Aquí la madera tiene que estar muy bien conservada y protegida pues de ella depende la estabilidad del proyecto, ya que aunque esté en el interior, también puede sufrir alteraciones por parásitos, o entradas de agua si no está bien realizado el cerramiento/protección.
- Cerramiento. Deberá soportar sobre todo los agentes atmosféricos, el ataque de la humedad y de los hongos, y deberemos ser muy cuidadosos con un mantenimiento regular, aunque si sufre desperfectos la solidez del edificio no se ve afectada, pudiendo en caso de ser necesario renovar el cerramiento sin dejar el proyecto inutilizado.

5.5 Tierra

Elaboración

Existen múltiples técnicas que trabajan con este material, ya sea desde un punto tradicional, o las nuevas tecnologías mixtas, cuyo objetivo es reducir los plazos de ejecución y aumentar su durabilidad.

Las principales características de este material en estos contextos es su gran participación así como la aceptación de las construcciones al pertenecer a su tradición arquitectónica. En países en vías de desarrollo al tener escasez de recursos, es el principal y único material de construcción. A pesar de tener sus limitaciones resistentes, existen construcciones realizadas en este material que todavía hoy se conservan. Si se realizan correctamente con un soporte estructural más resistente, son un material idóneo. Por otra parte responde adecuadamente al ambiente y es un material limpio en todos los sentidos, tanto en su fabricación como su residuo, ya que vuelve directamente al lugar de procedencia sin tratamientos.

Técnicas tradicionales

Como todas estas técnicas se realizan con el mismo material tendrán unas ventajas y desventajas comunes inherentes al mismo:

Ventajas:

- Material inagotable.
- Protección frente a incendios.

- Inercia térmica.
- Aislamiento acústico.
- Regula el clima interior (humedad)
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de reproducción de la técnica constructiva.
- Facilidad de elaboración de los recursos constructivos.
- Respeto e impulsión de lo local (materiales, recursos, cultura).
- Regreso al medio natural en la demolición.

Desventajas

- Inestabilidad (sobre todo en sismos).

5.5.1 Tapial

La selección de la tierra deberá ser cuidadosa, pues de ella dependerá la calidad del elemento constructivo. Primero se elimina el sustrato vegetal, pues debe estar libre de materia orgánica, y se extrae la tierra, quitando los guijarros grandes que afectan a la estabilidad, mezclándola y dejándola airearse y secarse, corrigiendo la composición de la mezcla si fuera necesaria. La ideal será aquella de arena 40-50%, arcilla 15-25%, y limo 20-35% y gravas 0-15% ⁰⁷. La cantidad de agua será fundamental para la consistencia del muro, pues mucha agua no permitirá que se compacte, mientras que poca agua será lo dificultará y se agrietará. Para esta técnica es mejor una tierra un poco más arcillosa para permitir la adherencia entre las capas.

En esta técnica la retracción es mucho más baja y la resistencia mayor al utilizar el barro en un estado menos húmedo. Además, al ser una

07. DOAT, Patrice, HAYS, Alain, HOUBEN, Hugo, MAKUT, Silvia, VITOUX, François. *Construire en terre*. CRATerre, Centre de Recherche et d'application.

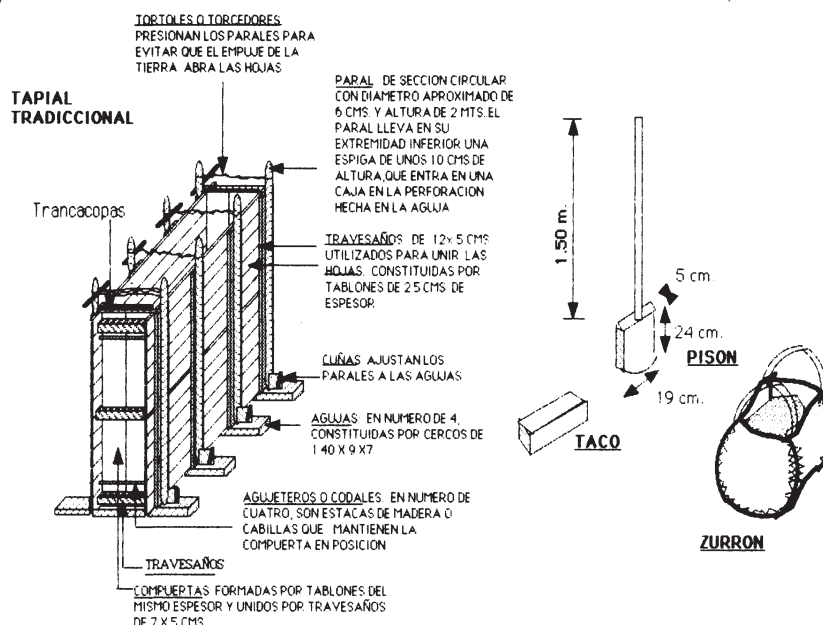


FIG29. Herramientas del Tapial Tradicional.



FIG30. Montaje encofrados.



FIG31. Proceso construcción tapial.



FIG32. Textura calicostrado



FIG33. Aspecto final casa Tapial 2014, Ayerbe.

08. F.FONT, P.HIDALGO. *La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos.* Informes de la Construcción. Vol 63, 523, 21-34.

09. C.BESTRATEN, E.HORMIAS, A.ALTEMIR. *Construcción con Tierra en el Siglo XXI.* Informes de la Construcción. Vol. 63, 523, 5-20.

10. C.MILETO. *Criterios y técnicas de intervención en tapia. La restauración de la torre Bofilla de Bétera (Valencia).* Informes de la Construcción. Vol. 63, 523, 81-96.

construcción monolítica, tiene más durabilidad.

La herramienta principal es el encofrado, la cual es fácil de construir, de ahí su gran disponibilidad. Podemos fabricar los distintos elementos a través de los árboles locales en poco tiempo. Consta de dos tabloneros paralelos unidos por correas verticales y horizontales conectadas por varillas, atirantándose éstas a través de tuercas. Los paneles se montan verticalmente al ritmo de las tongadas, desmontando las capas ya apisonadas. Los tirantes de acero se cortan una vez desmontados. El pisón, puede ser neumático (en países más industrializados) o tradicionalmente de madera o de piedra.⁰⁸

Esta técnica se basa, como su nombre indica en tierra apisonada o compactada a través del tapial, un encofrado de madera el cual rellenos con capas de tierra cada 10-15 cm, compactando las mismas con un pisón. Las medidas estándares del encofrado son 3m de largo y aproximadamente 1 m de alto, ajustando el ancho al ancho del muro. Esta herramienta se desplaza vertical y horizontalmente a medida que vamos erigiendo el muro. Para evitar que la tierra se adhiera al encofrado, se impregnará con aceites u otros elementos.⁰⁹

Para darle mayor durabilidad al muro, se puede hacer tapia calicostrada (que consiste en proyectar en el interior de los encofrados una capa de mortero o costra de cal, con el ritmo de las tongadas, asegurando de esta forma la adherencia entre ambas).¹⁰

Ventajas tapial:

- Mayor durabilidad (frente a otras construcciones de tierra).
- Protección frente a incendios.
- Inercia térmica.
- Aislamiento acústico.
- Tiempo de ejecución medio.
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de elaboración de las herramientas constructivas.

Desventajas:

- Necesidad de reforzar aislamiento térmico.
- Necesidad de protección de los paramentos y mantenimiento constante.

5.5.2 Adobe

Esta técnica tradicional es sencilla de realizar, por tanto se utiliza en proyectos autoconstruidos por comunidades locales. Se trata de ladrillos sin cocer pudiendo conformar tanto la estructura, el cerramiento como las particiones interiores.

Para la elaboración de los adobes, se selecciona y limpia la tierra, compuesta de arcilla, arena, cieno, pudiéndosele añadir paja u otras fibras. La cantidad de arcilla se encontrará entre 15-30 % para conseguir una buena cohesión y arena entre 50-70 %. Si tiene demasiada arena se desmenuza, mientras que si tiene demasiada arcilla se resquebraja. Una vez tenemos la mezcla se añade agua y se deja dormir 1-2 días, mientras preparamos la zona de secado de los adobes, con una capa de arena u otro material que se separe fácilmente de los adobes. Más tarde, se mezclan los componentes, de manera manual o mecánica, dependiendo de los recursos tanto tecnológicos, materiales y humanos.¹¹

Para realizar el ladrillo, espolvoreamos el molde con arena para que no se pegue la mezcla, y llenamos el molde con ella, nivelando la superficie del mismo quitando los excesos, para después retirar el adobe del molde. Una vez terminado, se dejan secar durante 2-4 semanas, dependiendo del clima (deberemos prever sombra para evitar secados bruscos que dañen el material, así como protección de posibles lluvias).¹¹

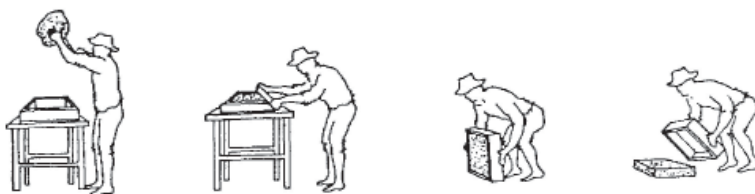


FIG34. Muros de adobe protegidos por los aleros de la cubierta y los zócalos de hormigón y piedra. Bodega Los Robles, San Fernando, Chile.

FIG35. Elaboración ladrillo Adobe.

Los adobes pueden ser con tierra no estabilizada, medio-estabilizada o estabilizada. La tierra sin estabilizar sería aquella que está libre de aditivos. La medio-estabilizada es aquella que incorpora en el proceso de mezcla de los componentes un 3-5% de su peso en forma de agente estabilizador o impermeabilizante, aunque un 5-10% de cemento Portland tiene el mismo efecto. La estabilizada además limita la cantidad de agua al 4% de su peso, incorporando los componentes asfálticos a un 6-12%. Las paredes realizadas con esta mezcla pueden dejarse expuestas sin protección. Se puede estabilizar además a través de unos aditivos como son el cemento, la cal, u otros elementos naturales como son la paja, pelo de animal u otras fibras (fibras de Karft), mejorando las primeras su resistencia a la humedad también, y las segundas mejorando además su conductividad térmica, su inercia, y el control de la humedad.^[1]

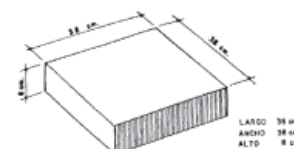


FIG36. Medidas adobe.

Debido al gran tiempo de secado habrá que planificar muy bien los tiempos en este tipo de construcciones y realizar primero los adobes para durante el secado cimentar y realizar otras actividades.

11. MORALES, Roberto, TORRES, Rafael, RENGIFO, Luis, IRALA, Carlos. *Manual para la Construcción de Viviendas en Adobe*.



FIG37. Apilamiento adobes.



FIG38. Proceso construcción.

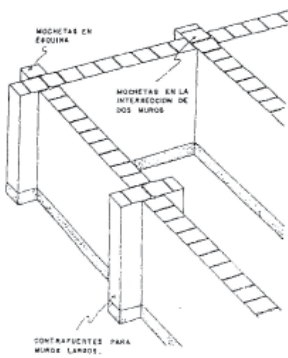


FIG39. Elementos verticales riostras.

Con este procedimiento, los adobes se apilan con barro (no con mortero de cemento ya que no deja respirar al elemento constructivo). Si la mezcla estaba estabilizada, no hará falta protegerlo, mientras que si no, habrá que proteger los muros.

Ventajas:

- Protección frente a incendios.
- Inercia térmica.
- Aislamiento acústico.
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de elaboración.

Desventajas:

- Necesidad de reforzar aislamiento térmico, construcción de paredes separas para rellenar con aislamiento o cámara de aire.
- Necesidad de protección de los paramentos y mantenimiento constante, sobre todo si no es estabilizada.
- Gran tiempo de secado de los adobes.
- Riostras verticales (machones) en el encuentro de los muros, sobre cimentación.

5.5.3 Superadobe

En esta técnica, unos sacos de polipropileno son rellenos con tierra inorgánica, y cerrados se van apilando, permitiendo versatilidad en las formas y rapidez en la construcción. Cuando el proyecto está terminado, se calienta el interior para consolidar la terracota de la estructura. Después, se recubren los sacos tanto exterior como interiormente de barro o de pintura para darle un acabado.¹²

12. www.ecodomo-superadobe.com

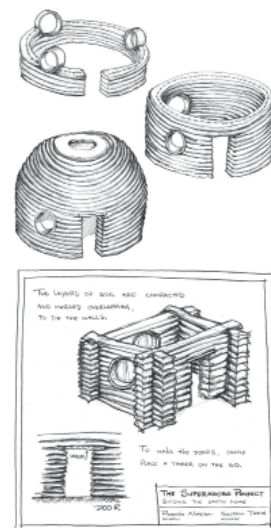
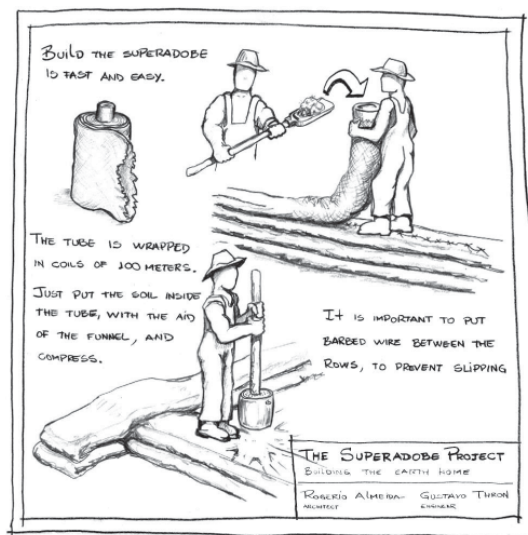


FIG40-42 Proceso construcción Superadobe.

Tipologías construcciones.

Ventajas:

- Gran rapidez de ejecución.
- Protección frente a incendios.
- Inercia térmica.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de elaboración.

Desventajas:

- Necesidad de mantener el acabado.

5.5.4 PISE

“Pneumatic impact stabilized earth” se basa en proyectar tierra (arcillosa, con muy poca agua, 4%) con mortero a alta presión en un encofrado de una sola cara. Éste se coloca sobre los cimientos, y sobre él se impulsa la mezcla de cemento Portland (3%) y tierra, lo suficiente líquida para adherirse pero no para caer. Se va construyendo por capas de 60-90 cm de alto, y se deja secar. Entre 30-60 minutos, se puede añadir otra capa. Sin embargo el encofrado debe dejarse un par de horas, hasta que esté completamente seco, siendo reutilizable.^{13, 14}

Ventajas:

- Libertad formal (el encofrado da la forma, con el consiguiente aumento del coste).
- Facilidad para instalaciones y refuerzos sísmicos.
- Gran rapidez de ejecución, por tanto menores costes.
- Alta resistencia a compresión.
- Resistencia a la erosión con el viento y el agua.
- No necesita acabados.
- Protección frente a incendios.
- Inercia térmica.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Facilidad de elaboración de las herramientas constructivas.

Desventajas:

- Disponibilidad de las herramientas para proyectar la tierra (mayores costes).
- Mano de obra especializada.



FIG43. Proceso constructivo.



FIG44. Aspecto final.



FIG45. Proyectado de la tierra sobre encofrado. PISE.



FIG46. Aspecto final obra PISE.



FIG47. Muro PISE.

13.

<http://www.consumerenergycenter.org/home/construction/earth.html>

14. <http://www.ecomii.com/building/pise>



FIG48. Mezclado tierra.



FIG49. Proceso construcción COB.



FIG50. Muros de COB y cubierta de bambú en la Handmade School de Rudrapur, India.

15. WATSON, L. *The Cob Building Technique. Past, present and future.* Informes de la Construcción Vol 63, 523, 59-70.

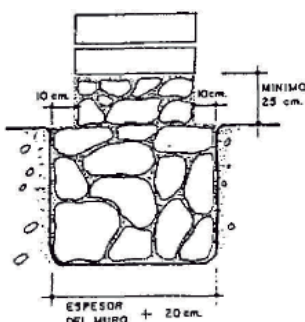


FIG51. Cimentación y sobrecimiento de piedras para proteger el muro de tierra del ascenso de la humedad.

5.5.5 COB

Se utiliza una mezcla de arcilla, arena, paja, agua y tierra, sin cemento. El material se utiliza crudo, como en el adobe, pero sin realizar los ladrillos. Es decir, no se construye a través de un elemento que formamos, sino que consiste en levantar los muros apilando directamente la tierra con las manos, realizando capas cada 30 cm aproximadamente que deben estar completamente secas antes de realizar la siguiente. Este tiempo dependerá de las condiciones climáticas. A medida que se realizan las capas, las paredes van siendo formadas y recortadas para tener estabilidad, así como los huecos que al ser una técnica realizada con las manos se construye el espacio mientras se realizan las capas.^{15, [01]}

A pesar de que las paredes son consistentes con esta técnica será necesario darle un acabado de protección, tanto exterior como interior.

Ventajas:

- Libertad formal
- Alta resistencia a compresión.
- Protección frente a incendios.
- Inercia térmica.
- Aislamiento térmico y acústico.
- No necesita herramientas constructivas.
- Facilidad constructiva.
- Facilidad para instalaciones y refuerzos sísmicos.

Desventajas:

- Elevado tiempo de ejecución.

Mantenimiento tierra como material

Este material presenta como hemos visto unas limitaciones en su construcción, sobre todo debido a la humedad y a su resistencia. En cuanto al primer punto, en todas las técnicas de tierra, deberemos tener cuidado en algunos puntos clave. Uno de ellos será el contacto con el suelo, pues tenemos que evitar que suba la humedad por capilaridad, para ello la cimentación será de otro material (piedra por ejemplo) y subirá un pequeño zócalo que impedirá el ascenso del agua.

Otro punto crítico sería la parte superior del muro, al sujetar la techumbre, de manera que colocar una viga collar superior repartirá el peso uniformemente, además de ayudar a absorber las fuerzas laterales en caso de sismo. Asimismo, será necesario el estudio cuidadoso de los huecos y aperturas, pues influirá en la resistencia de la construcción.^[1]

En cuanto al sismo, según vemos en el ANEXO A., la construcción en tierra se suele producir donde además hay riesgo de sismo. Las construcciones en tierra no son estables en este contexto, sin embargo hay varios estudios dedicados a estabilizarlas, tanto a través de técnicas mixtas, como a través de la incorporación por ejemplo de unas geomallas que garanticen su estabilidad en caso de sismos. En este documento es uno de los objetivos, conseguir resistencia a los movimientos de tierra a través del diseño estructural y arquitectónico.¹⁶

Aquí vemos diferentes formas de reforzar las estructuras de tierra, como Adobe Reforzado a través de unas barras de madera entre los adobes, muros con geomalla, que recubren todos los muros mejorando su resistencia a tracción, o con malla natural. Estos métodos ayudan a mejorar la resistencia de los muros en caso de sismo.

16. Tema 11. Arquitectura Vernácula.
Construcción4A. Arquitectura.
Universidad de Zaragoza



FIG52. Refuerzo con malla natural.

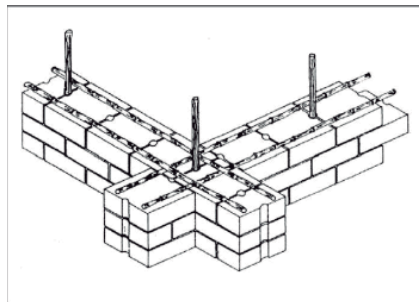


FIG53-54. Adobe Reforzado.

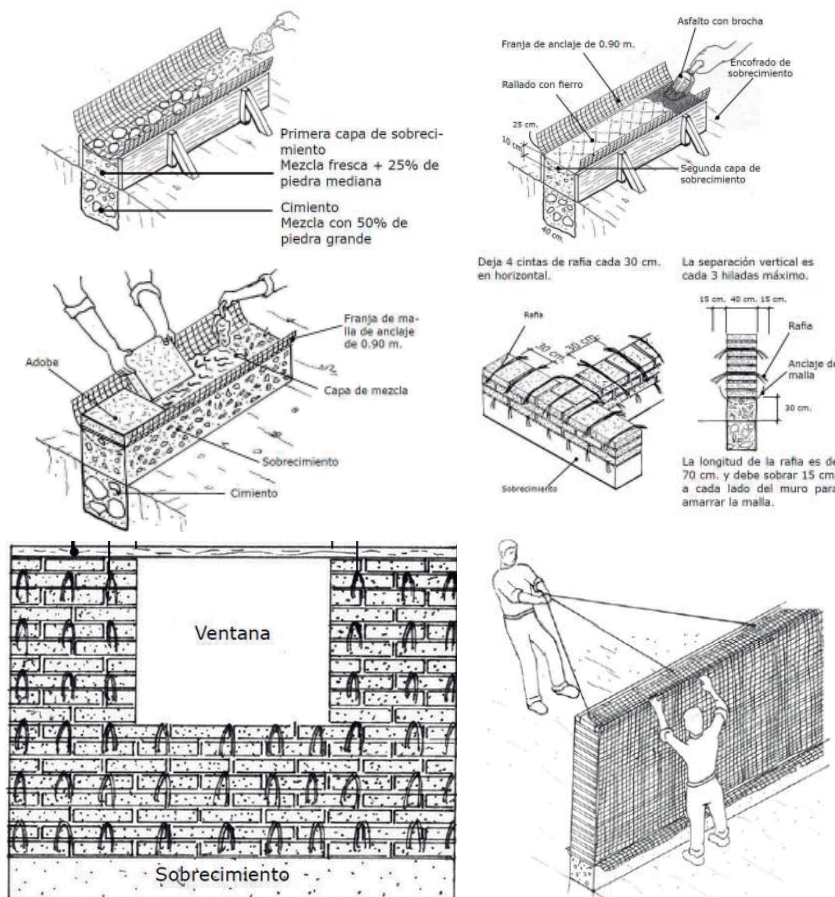


FIG55-60. Geomalla en muro de Adobe.

Aplicaciones tierra como material

La aplicación fundamental de este material es la construcción de los cerramientos, ya sea resistente o no. Tradicionalmente los muros de tierra han sido monolíticos, de gran espesor, siendo al mismo tiempo la estructura y los cerramientos. Esto ha llevado a varios problemas, ya que como hemos comentado, sísmicamente no tiene resistencia alguna. Además es inestable si no se protege lo suficiente contra el agua, sobre todo en sitios con lluvias monzónicas, características en algunos de estos lugares. Sin embargo, si construimos la estructura de otro material, la tierra sólo desempeñaría la función de cerramiento, resultando una construcción más resistente.

5.6 Técnicas mixtas

5.6.1 Desarrollo técnicas mixtas

Las técnicas mixtas se basan en la combinación de las técnicas tradicionales del lugar y las prefabricadas, buscando la composición más eficaz. Con esta articulación se pretende sustituir o compensar las desventajas de un sistema con las ventajas del otro.

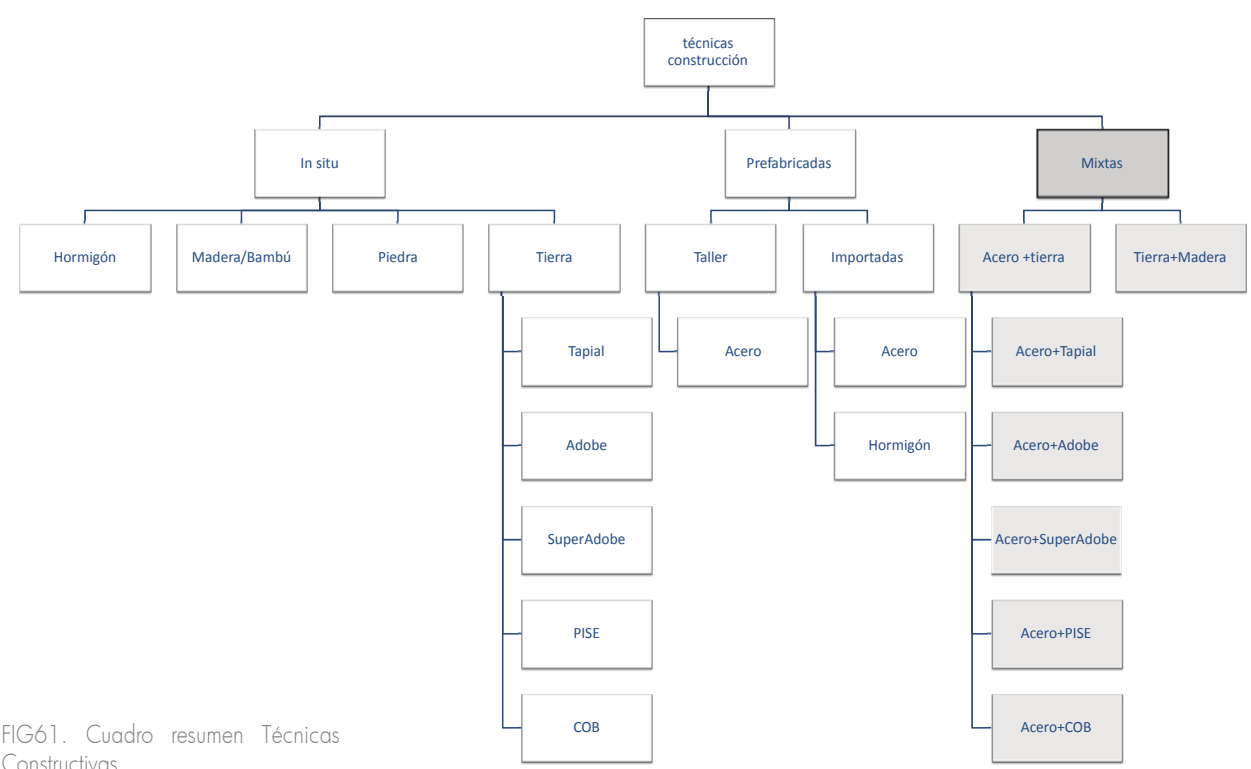


FIG61. Cuadro resumen Técnicas Constructivas.

Con esta premisa, el objetivo será tanto mejorar el tiempo de producción/montaje como asegurar estructuralmente la construcción, sin perder la participación y educación de los usuarios así como el aprovechamiento de lo local a bajo coste. Otro de los objetivos es el fácil mantenimiento de la construcción (realizado por los propios usuarios) y la posible reproducción de los proyectos debido a la adaptación de las técnicas a las propias del lugar.

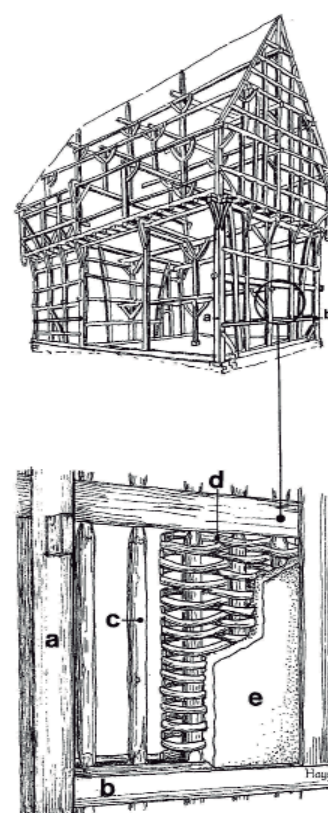
Las técnicas mixtas han sido objeto de estudio tanto desde los países en desarrollo como de los países desarrollados, sobre todo por países de América del Sur, para encontrar una manera de ayudar. Sin embargo han sido investigados desde la combinación de material vegetal (como madera/bambú) y tierra. En estas técnicas mixtas se distingue una estructura maestra, que es la que soporta estructuralmente todos los esfuerzos y que confiere las características tanto físicas como arquitectónicas. Por otra parte, se conforma una estructura auxiliar, que sirve de apoyo al relleno (la tierra) y lo sujeta a la estructura maestra. Y por último, el relleno y el revestimiento. ^[5]

Se toman como base estas investigaciones (Técnicas Mixtas de Construcción en Tierra. CYTED ^[5]), en las cuales existen cinco tipos de estructura maestra:

- Armazones, tanto pesados como ligeros. Son estructuras pesadas, cuyos elementos han sido poco o nada habilitados.
- Entramado pesado. Donde existen múltiples elementos de fuerte sección con ensamblajes complejos.
- Entramado liviano. Donde los elementos son esbeltos y se encuentran a corta distancia entre ellos, dando rigidez al conjunto (lo que más tarde se denominaría Balloon Frame)
- Poste-Viga, un sistema en el que se forman pórticos de fuerte sección, con gran distancia entre ellos permitiendo una gran libertad espacial.
- Prefabricado. No confundir con el sistema pre-cortado, donde se preparan individualmente las piezas para un ensamblaje posterior. En este sistema existen varios grados de prefabricación, desde paneles modulares auto portantes hasta unidades volumétricas.

La segunda estructura, la estructura auxiliar, también dispone de una clasificación según el sistema utilizado:

- Elemental, conformada simplemente por listones dispuestos linealmente sobre la estructura.
- Enrejada, parecida con la elemental, pero formando tal como indica el nombre una reja. Los elementos tienen una sección fuerte y a poca distancia unos de otros.
- Esterada, constituida por elementos blandos, y teniendo como resultado un tejido como una estera.



Estructura maestra:

a_columna

b_travesaño

Estructura auxiliar

c_montura

d_osamenta

e_relleno

FIG62. Esquema estructura maestra técnicas mixtas. ^[5]



FIG63-65. Tipos de estructura auxiliar y rellenos.

63.Osamenta elemental.

64.Osamenta doble lateral elemental.

65.Osamenta reticular.



FIG66. Taller técnicas construcción mixtas Tierra-Madera, de ECoT (Escuela de Construcción en Tierra).



FIG67. Técnica mixta Adobe-Madera, en São Pedro de Alcântara, Brasil, por Organización Permacultura.

- Llenante, cuyos elementos no sirven solo para sujetar el relleno, si no para llenar la estructura maestra.
- Pre-llenada, donde los elementos mismos reciben una envoltura a base del material del relleno.
- Tejidas, formando una trama o urdimbre.
- Reticular, con los elementos cruzados ortogonalmente.

Una vez hemos estudiado esto, procedemos a analizar y proponer la mejor opción.

Debido a los requisitos que se buscan, se seleccione el sistema estructural metálico como estructura. La elección de este material es debido a su resistencia y su durabilidad, ya que tiene una gran resistencia a los movimientos sísmicos, además de responder bien ambientalmente. Al igual que la madera, tiene problemas con la humedad, sin embargo la madera la absorbe y va pudriendo poco a poco el material hasta el fallo. En el acero se producen corrosiones. Sin embargo, al ser la tierra un material que regula la humedad, este problema queda controlado. Por otro lado, la madera también se ve atacada por insectos u hongos, pudiendo dejarla inutilizada. Por otra parte, el acero si se promueve un taller a nivel local es un material disponible, mientras que la madera depende mucho de los recursos de la zona, la disponibilidad y su trabajabilidad. En esta zona la disponibilidad de los recursos de madera se ve limitada. Si comparamos las ventajas y desventajas de ambos materiales en el EML (Anexo B. Enfoque Marco Lógico), tenemos una percepción más clara de lo que ofrece cada uno de ellos. Sobre todo si la estructura metálica proviene de la propia comunidad, ofrece las mismas características respecto a costes, tiempo, formación, impacto género, aceptación e impulso de lo local, teniendo mejoras respecto a durabilidad (principal objetivo del estudio de las técnicas mixtas). Por estos motivos se considera que la combinación óptima para la proposición de una técnica constructiva en estos países es acero y tierra. A continuación se estudia la unión con cada una de las técnicas con tierra, estudiando su viabilidad, para elegir las más adecuadas y desarrollas constructivamente después.

Una vez habiendo elegido los dos materiales de la técnica a proponer, trasladamos los estudios previos hechos a los materiales escogidos. Por ello, tomando la clasificación previa de las técnicas mixtas en madera como modelo y pensando en su transición hacia el acero y su combinación con la tierra como relleno, la estructura más apropiada para este material sería sin duda el entramado ligero con el "Steel Framing" y el Premarco metálico (perteneciente a los paneles estructurales, un sistema más prefabricado).

La elección tanto del "Steel Framing" como del Premarco se basa en su durabilidad, su resistencia sísmica y en su rapidez de montaje. Gracias a ello, la estructura puede estar ejecutada en un marco temporal

muy corto e ir poco a poco completando el cerramiento en aquellas partes con más urgencia de ocupación. Este sistema también permite dejar la estructura base preparada para que, cuando la comunidad tenga medios, se apropie de ella y finalice con la técnica que les sea más cómoda (sobre todo en el caso del Premarco). Por otra parte tiene una característica muy interesante en estos proyectos, y es su modularidad. Debido a ello, según las circunstancias sociales o económicas, el proyecto puede crecer, sobre todo si debido a su grado de prefabricación tiene facilidad de montaje y desmontaje. Las principales diferencias entre ellas son que el premarco ofrece más rapidez de montaje y ocupación inmediata del proyecto. Podría pensarse directamente en utilizar este sistema, sin embargo como veremos en el estudio del Steel Framing con cada técnica de la tierra, tiene ventajas sobre el Premarco. La elección de cada uno de los sistemas dependerá de las circunstancias.

Por otra parte, este método puede ser producido también por los mismos usuarios en talleres locales, así como por organizaciones externas en proyectos puntuales de cooperación.

Recordamos las ventajas de este sistema.

Ventajas (Apartado 5.1 Steel Framing):

- Distribución homogénea de las cargas en la base.
- Durabilidad y seguridad frente a acciones estructurales imprevistas.
- Protección de la estructura frente ambientes corrosivos, amplia vida útil.
- Posibilidad de integrar las instalaciones entre los montantes.
- Versatilidad en forma y cerramiento.
- Facilidad y rapidez de montaje.
- Posibilidad de ampliación.
- Construcción en seco (menores residuos, reciclable, reutilizable).
- Al ser muy ligero, el coste es menor (respecto otras estructuras de acero).

Algunas de las desventajas se verán compensadas con el uso de la tierra como cerramiento, como el posible gran coste (eliminado si es producido por la comunidad) o el elevado gasto energético (neutralizado con el gasto cero de la tierra).

En el entramado ligero, los perfiles metálicos de la estructura principal tienen una sección transversal pequeña y se encuentran a corta distancia, tal como se ha explicado en la técnica "Steel Framing" (Apartado 5.1). Por tanto, nuestros montantes y cintas se encontrarán a una distancia no muy grande (aproximadamente 50 cm), conformando un volumen rígido con gran estabilidad. Al hablar de la segunda estructura, hay sub-



FIG68-69. Construcción Mixta Acero-Paja. ECoT (Escuela de Construcción en Tierra).

estructuras que pierden el sentido al hacer la transposición. Sin embargo, hay otras cuyo concepto es viable para ambos materiales. La elección de una u otra dependerá de cómo sea la técnica en tierra. Es decir, la estructura auxiliar puede no ser la misma para COB, PISE o Adobe. Con el desarrollo de cada una de ellas, iremos profundizando.

Como ya hemos comentado, aunque la estructura sea de acero, la cimentación será la propia de los países en vías de desarrollo, protegiendo correctamente el muro del ascenso de la humedad. Este es uno de los puntos clave de las técnicas mixtas, la correcta unión de la estructura con la cimentación. Esto será igual para todas las técnicas en tierra, tanto la cimentación como la disposición de la estructura maestra, así como la cubierta.

Sobre esta cimentación, descansará la estructura metálica. Para ello, se dispondrá una platea de cimentación, es decir, un perfil horizontal sobre la cual se erigirá la estructura, y la cual estará sujeta a la cimentación. Los apoyos deben estar cuidadosamente dimensionados y diseñados para asegurar la continuidad de las cargas. Además, deberán estar protegidos y dicha platea estará a una altura lo suficientemente alta para garantizar que no sufre daños por el ascenso de la humedad. Por tanto, la cimentación tendrá un sobrecrecido, un zócalo.

Sobre la platea, se levanta progresivamente la estructura metálica, explicado en el apartado "5.1 Acero" y "5.1 Steel Framing".

Una vez realizada ya la estructura base, se realiza la estructura auxiliar. Esta será diferente para cada tipo de técnica.

Ahora estudiaremos la articulación del "Steel Framing" con los posibles sistemas en tierra.

5.6.2 Steel Framing + Tapial

En esta técnica la malla metálica se encontraría en el interior del muro de tierra. Es decir, el encofrado se encontraría a ambos lados de la estructura de acero, por lo cual ésta quedaría embebida en el cerramiento. Debido a la ejecución del tapial (recordemos que en esta técnica, la tierra se elevaba gracias a un encofrado en el cual la tierra se compactaba), el apisonamiento de la tierra se ve imposibilitado por la estructura metálica. Esto impide el buen funcionamiento entre los dos materiales, por tanto no es posible la unión de ambas técnicas.

Ventajas:

- Mayor durabilidad (frente a otras construcciones de tierra).
- Tiempo de ejecución medio.
- Facilidad de elaboración de las herramientas constructivas.

- Acoplamiento acero-tierra, movimiento sísmico.

Desventajas:

- Necesidad de reforzar aislamiento térmico.
- Necesidad de protección de los paramentos y mantenimiento constante.
- Dificultad de ejecución.
- Imposibilidad de apisonar la tierra.

5.6.3 Steel Framing + Adobe

El “Steel Framing” en este caso no se puede incorporar en el interior del cerramiento. En este caso se realizaría un muro capuchino, es decir, una doble pared de adobe, una fábrica a soga a cada lado de la estructura, con armadura Murfor cada tres o cuatro hiladas para asegurar su comportamiento conjunto y la transmisión de las acciones laterales.

Otra opción sería colocar el adobe en la pared exterior de la estructura metálica, siempre atados mediante la armadura Murfor, y por la cara interior colocar unos paneles de otro material, ya sea local o prefabricado. Se trata de sustituir el muro interior de adobe por otro material, con el correspondiente anclaje.

Esta opción requiere de un diseño más cuidadoso y una construcción más compleja. Sin embargo es viable si se realiza un cuidadoso estudio y diseño.

Ventajas:

- Posibilidad de incorporar aislamiento térmico.
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de elaboración.

Desventajas:

- Alto tiempo de ejecución.
- Necesidad de protección de los paramentos y mantenimiento constante.
- No acoplamiento acero-tierra, movimiento sísmico.

5.6.4 Steel Framing + Superadobe

El superadobe se realiza con sacos de arena apoyados unos sobre otros. El “Steel Framing” en este caso tampoco se puede incorporar en el interior del cerramiento. Los sacos dan gran estabilidad al muro, pero

también gran grosor. Aunque en este tipo de proyectos no hay unas exigencias respecto al aprovechamiento del suelo, una doble pared de superadobe (la misma solución que en el Adobe) ocuparía demasiada cantidad de suelo. Sin embargo, debido a su construcción, no es posible asegurar un buen funcionamiento conjunto entre los dos materiales. Lo cual condiciona su estabilidad frente a sismos u otras acciones.

Ventajas:

- Mayor durabilidad (frente a otras construcciones de tierra).
- Inercia térmica.
- Tiempo de ejecución medio.
- Necesidad de mano de obra.

Desventajas:

- Necesidad de mantenimiento constante.
- Gran consumo de espacio.
- No acoplamiento acero-tierra, movimiento sísmico.

5.6.5 Steel Framing + PISE

Al construirse el muro a través de pulverizar tierra sobre un encofrado, al encontrarse la estructura metálica, el método debe adaptarse a ella.

El primer paso sería apoyar al encofrado sobre una de las caras (mejor la interior) de la estructura metálica e ir conformando el muro a capas según ésta técnica. Una vez el muro tiene un espesor y se encuentra seco, se retira el encofrado. Si fuera necesario, se podría cambiar el encofrado de cara y pulverizar tierra sobre la otra donde estaba previamente el encofrado para ocultar la estructura y asegurar mejor el funcionamiento conjunto de la construcción.

Esta técnica mixta asegura un comportamiento estructural conjunto, pues la mezcla de tierra se adhiere al acero y en caso de movimiento de tierras trabajarían como un solo elemento.

Para facilitar el posible mantenimiento de las mismas, es recomendable que la cara interior de tierra no tenga mucho espesor, para ser más accesible.

Ventajas:

- Mayor durabilidad (frente a otras construcciones de tierra).
- No necesidad de mantenimiento superficial (revoque)
- Tiempo de ejecución bajo.
- Facilidad de elaboración de las herramientas constructivas.

- Acoplamiento acero-tierra, movimiento sísmico.

Desventajas:

- Poca mano de obra.
- Necesidad de reforzar aislamiento térmico.
- Acceso a las herramientas técnicas necesarias.

5.6.6 Steel Framing + COB

Al ser el COB el apilamiento manual de la tierra, es la técnica mixta más fácil de realizar, pues no se debe realizar ningún cambio respecto a la técnica COB. Sin embargo deberemos tener cuidado de rellenar todos bien los espacios del entramado metálico.

En esta técnica también queda garantizada la estabilidad al volver a formar un solo elemento los dos materiales. Si bien en este caso, al ser un proceso manual y no mecánico, habrá que poner más atención en la colocación de la tierra y en cómo la compactamos, asegurando que quede de manera homogénea.

Ventajas:

- Tiempo de ejecución medio.
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de elaboración.
- Acoplamiento acero-tierra, movimiento sísmico.

Desventajas:

- Necesidad de reforzar aislamiento térmico.
- Necesidad de protección de los paramentos y mantenimiento constante.

5.6.7 Soluciones óptimas

Una vez estudiadas la viabilidad y los posibles problemas de las diferentes técnicas mixtas tierra-acero, podemos establecer las más adecuadas y adaptables, para desarrollarlas en profundidad.

Debido a que la unión del acero con la tierra tiene por objeto mejorar la estabilidad de los sistemas constructivos de la tierra sin perder sus múltiples ventajas (participación, coste, recursos locales), las técnicas más apropiadas serían aquellas cuyo arriostramiento entre acero y tierra sea el más adecuado, ya que estas técnicas se utilizan en zonas como hemos visto con un índice sísmico importante. Gracias a esta articulación entre ambos, la estructura absorbe los posibles movimientos sísmicos, evitando



FIG70. Relleno de paja en entramado ligero de acero (semejanza con Cob+Steel Framing. ECoT (Escuela de Construcción en Tierra).



FIG71. Aspecto final de un proyecto realizado con técnicas mixtas Acero-Tierra. ECoT (Escuela de Construcción en Tierra).

el derrumbe del cerramiento de tierra, siendo a la vez de una apariencia familiar para los usuarios (permitiendo la apropiación) y respondiendo favorablemente al ambiente local. Por tanto, las técnicas propuestas son COB + “Steel Framing”, y PISE + “Premarco”.

Aunque no hayamos desarrollado en profundidad la unión del premarco como panel prefabricado con las distintas técnicas de tierra, sí que se considera como solución óptima el combinado con el PISE. Este sistema de almacén no se puede combinar con las demás, pues debido a su constitución no ofrece sujeción al relleno de tierra. Por tanto no garantiza una buena trabazón entre ambos materiales, y por consiguiente la estabilidad del conjunto. El PISE al ser una técnica proyectada sobre un encofrado, consigue una ligazón correcta.

Ahora vamos a ver porqué algunas de las técnicas no son viables, y cuándo es preferible utilizar una técnica u otra.

- Tapial y “Steel Framing” no es factible por el posible daño que puede sufrir la estructura de acero, comprometiendo la estabilidad general del proyecto. Al compactar la tierra se podría dañar, además de que las zonas cercanas al acero tendrían un grado de compactación diferente del exterior del muro debido a las dificultades para ello. Por eso no sería estable la construcción y no es viable.
- La unión de Adobe y “Steel Framing” es realizable pero deberá prestarse especial cuidado a la correcta articulación entre los dos materiales, asegurando su comportamiento estructural conjunto. Esto se conseguirá diseñando adecuadamente una subestructura.
- Superadobe y “Steel Framing” como hemos dicho necesita de mucho espacio para su construcción, además de que la adherencia entre los dos materiales es imposible.
- PISE y “Steel Framing” es una técnica apropiada pues tiene un rápido tiempo de ejecución, pero muchas veces no dispondremos de la pistola neumática, herramienta imprescindible. Además de que para el PISE no es necesaria mucha mano de obra, con lo cual la participación disminuye, y la apropiación se puede ver comprometida.
- COB y “Steel Framing” es un método apto desde muchas perspectivas, tanto por la participación, la apropiación y el coste. Y es viable en todos los contextos al no ser necesaria ninguna herramienta para su realización. Sin embargo, sus tiempos de ejecución son mayores que en otras.

Una vez comparadas las distintas técnicas, podemos establecer que las técnicas óptimas son COB y PISE con la estructura metálica. La elección de una u otra dependerá de los medios de los que disponga la

comunidad en la cual vamos a trabajar. Si la comunidad es muy pobre, con mucha mano de obra disponible, será preferible COB al necesitar más gente para su levantamiento (educación local) y al no ser necesario ningún utensilio excepto las manos.

Si por el contrario la rapidez es un factor clave, tenemos los útiles necesarios, la comunidad está formada en esta técnica y además no es posible contar con la propia comunidad para la construcción, el PISE se presenta como la acertada.

En el caso de querer realizar la construcción con Adobe porque sea la técnica local y sea la requerida por la comunidad, como hemos dicho podría realizarse siempre que se diseñara correctamente la estructura, tanto la metálica, como la parte que conectaría la subestructura con los adobes.

Ventajas de las técnicas mixtas:

- Alta durabilidad.
- Protección frente a incendios.
- Inercia térmica.
- Aislamiento acústico.
- Tiempo de ejecución medio.
- Necesidad de mano de obra.
- Facilidad de elaboración y reproducción.
- Integración de las instalaciones.
- Posibilidad de aumentar el aislamiento térmico (colocado sujeto a la estructura metálica).
- Acoplamiento acero-tierra, movimiento sísmico.

Desventajas:

- Necesidad de protección de los paramentos y mantenimiento constante (No para el PISE).

5.6.8 Desarrollo técnicas mixtas acero-tierra

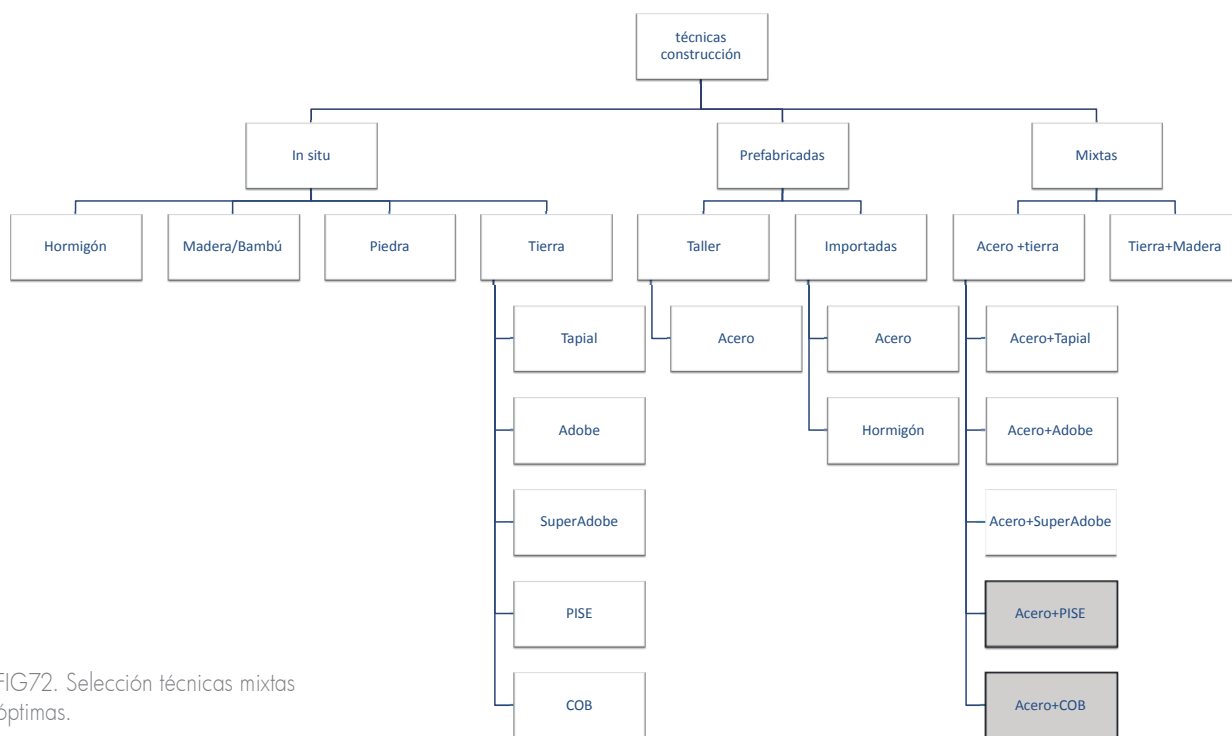


FIG72. Selección técnicas mixtas óptimas.

Aunque tanto el PISE como el COB pueden ser realizados de la misma manera, cada uno de los dos sistemas tiene una forma que se adapta mejor a un tipo de prefabricación con acero.

Proponemos dos tipos de estructura de acero, la más prefabricada que consiste en un premarco completo, y la menos prefabricada basada en unos perfiles que se ensamblan y conforman la estructura.

En el caso del PISE, la estructura metálica más interesante es la del premarco con una chapa en una de las caras (la interior). Debido a que el PISE necesita un encofrado sobre el que proyectar la tierra, la chapa del premarco realiza esta función. Le da estabilidad y mayor durabilidad. Al tener una gran adherencia, la tierra conforma un elemento de gran resistencia con el acero. Esta estructura tiene la ventaja de que puede desmontarse y por tanto permite ampliaciones y modificaciones en el proyecto. Por tanto es una construcción flexible.

Esta tipología tiene dos opciones. La primera de ellas consiste en una vez relleno el premarco con tierra, utilizar la otra cara de la chapa como encofrado de nuevo y ocultar la estructura de acero. Esto le dará más inercia térmica al conjunto. La segunda consiste en dejar vista la chapa. Si el proyecto no tiene problemas de aceptación esta chapa nos brinda la oportunidad de llevar las instalaciones en esa cara del cerramiento, creando una cámara registrable donde discurran las distintas instalaciones, como fontanería, electricidad, ... Debido a la naturaleza del relleno, la tierra, las instalaciones sólo pueden discurrir en este caso, ya que si

hubiera una avería y estuviera en contacto con la tierra la rotura, se comprometería la estabilidad del cerramiento.

Otra ventaja de esta estructura es que una vez colocado el premarco, se puede habitar el proyecto aun cuando no haya concluido la obra. Más tarde se puede terminar el cerramiento. Esta característica hace idónea esta tipología para casos de emergencia o proyectos donde la rapidez de montaje y ocupación sea un factor clave. Sin embargo, con el premarco la cantidad de acero utilizada es mayor. Esto supone un gasto energético mayor, además de un posible aumento en el coste total del conjunto. Además, la mano de obra necesaria es mucho menor que en otras técnicas, siendo necesaria además la disponibilidad de los recursos tecnológicos para la construcción de los muros (la pistola que proyecta la tierra sobre el encofrado). De esta forma, es una construcción muy rápida y resistente, con cero mantenimiento sobre los cerramientos (lluvias, desgaste), con ventajas sobre las instalaciones, pero necesita muy poca mano de obra (poca implicación de la comunidad, educación no global sobre los sistemas constructivos) y la disponibilidad de los recursos técnicos.

En el caso del COB + Steel Framing, la mejor estructura de acero será una estructura base de entramado ligero con una subestructura enrejada o tejida. El COB se realiza manualmente, por tanto la adherencia deberá ser garantizada a través de nuestras manos, ayudadas por el enrejado metálico entre los perfiles principales. En este caso, la tierra es percibida tanto desde el exterior como desde el interior, provocando una mayor aceptación por la comunidad.

Esta técnica tiene grandes ventajas, ya que necesita mucha mano de obra, y por lo tanto la comunidad se ve implicada en el proceso constructivo consiguiendo una mayor apropiación (además de conseguir un positivo impacto de género). Asimismo, esto produce una educación en los usuarios sobre la técnica constructiva. Esto conlleva a que un futuro si fuera necesario ampliar el volumen del proyecto, construir otras edificaciones u otras construcciones en poblados vecinos, se produzca una repetición y una expansión de la formación recibida. Sin embargo, al ser una técnica totalmente manual, sus tiempos de ejecución son más amplios, y solamente puede ser habitada una vez se ha terminado tanto estructura como cerramiento, al contrario que con el PISE. Igualmente, no dispone de la facilidad del premarco del PISE para las instalaciones, debiendo proteger el cerramiento de posibles fugas y deterioros. Por otro lado, el mantenimiento de los muros debe ser tenido en cuenta, ya que el COB sí que necesita un revoque al contrario que el PISE. Este revoque deberá dejar ser transpirable para permitir que la tierra regule la humedad del lugar.

Añadir que este mismo sistema de entramado ligero y segunda estructura auxiliar es viable también con el PISE. Tan sólo deberíamos construir

previamente un encofrado sobre el que proyectar. Sin embargo, con este método los resultados son los mismos que con el Premarco, pero eliminamos las ventajas principales del sistema, como son su rapidez (al montar la subestructura enrejada/tejida interior), la facilidad de instalaciones (al no tener la chapa que protege la tierra de posibles averías) y la imposibilidad de ocupar el proyecto desde un inicio. Aunque conservamos sus desventajas, como son la poca implicación y educación sobre la comunidad.

Por tanto, a la hora de elegir una técnica u otra, lo principal será saber cuáles son los objetivos del proyecto (principales y específicos) y las actividades a través de las cuales podemos conseguirlas del proyecto. Por ello es fundamental un análisis de las condiciones sociales/económicas/políticas/religiosas/tecnológicas, de los problemas, de las alternativas y de la participación. (Ver 3.5 Ciclo del proyecto. Marco lógico). Esto nos permitirá establecer con criterio cuál de las dos técnicas será la adecuada para las condiciones del lugar. Si predomina la rapidez, o el proceso se puede alargar en el tiempo intentando una mayor implicación social. Si tenemos unas herramientas con las que trabajar o si al contrario los recursos son muy escasos. Con la elaboración del MML conseguiremos el criterio constructivo más adecuado a cada situación.

En el Anexo C. Planos Técnicas Constructivas, se adjuntan una serie de planos con los pasos constructivos de cada técnica constructiva propuesta, así como su explicación y los detalles precisos para su comprensión.

6. Desarrollo Marco Lógico África

Analizamos dos proyectos reales Cooperación al desarrollo en la zona estudiada, en el mismo contexto. Edificaciones de escuelas/orfanatos en entornos rurales, uno en Angola (in situ) y otro en Kenia (prefabricado). Se desarrollarán ambos teniendo en cuenta todas las perspectivas (sostenibilidad, durabilidad, social, constructiva, climatológica,...), con los aspectos positivos y negativos que surgieron, y las ventajas y desventajas del sistema constructivo adoptado.

6.1 Angola

“Una aldea de enfermos, para enfermos y por enfermos”. Desde la Asociación de Amigos da Rúa, se plantea este proyecto en Malanje, Angola, un proyecto pensado desde los enfermos y para ellos, los beneficiarios. Se trata de formar un hogar para esas personas necesitadas (discapacitadas, o niños abandonados), donde puedan formar una familia y desarrollarse como personas que aportan su formación y conocimiento a la comunidad, integrándolos en ésta mejorando el desarrollo comunitario, con el objetivo añadido de autoabastecerse. Por ello se planea una aldea-orfanato, Aldea da Henda, que formará parte del programa actual (unas 8 aldeas a las afueras de las ciudades llamadas “Casas do Gaiato”).

Malanje, con 30.000 habitantes, se encuentra en el norte de Angola, a 350 km de Luanda, la capital. Tiene unas infraestructuras urbanas muy deficientes (ausencia de agua corriente y una red eléctrica insuficiente), y el acceso es a través de una carretera nacional en mal estado. Esto se debe en parte al estado político de la región (25 años de guerra civil).

El lugar donde se construirá la aldea se encuentra a las afueras de la ciudad y rodeada de pequeñas aldeas, estando cerca otra construcción de la asociación, otra “Casa do Gaiato” con 120 niños. El nuevo proyecto acogerá 50 niños y tendrá las siguientes infraestructuras:

- Casa Madre, con los servicios centrales (cocina, despensa, comedor, lavandería, enfermería y sala de enfermos).
- Escuela-Taller, con los talleres y aulas, para los discapacitados y jóvenes de la zona (integración).
- Edificaciones aledañas, para 4 enfermos (familia).
- Granja pecuaria, rehabilitar y ampliar la existente para el autoabastecimiento.
- Además, el proyecto tiene en cuenta su carácter social, y establece una zona central de encuentro.

Para una óptima adaptación, las edificaciones se han desarrollado de tal manera que miran a las construcciones del lugar, evitando un impacto paisajístico y social. Así, serán de adobe revocado con cemento, con la cubierta de madera y capín, protegiendo los paramentos de los monzones y facilitando la ventilación cruzada.



FIG73. Terreno del proyecto.



FIG74-76. Casa del lugar. Referencia para las demás edificaciones (la semejanza con lo local ayudará a una participación y aceptación del proyecto).

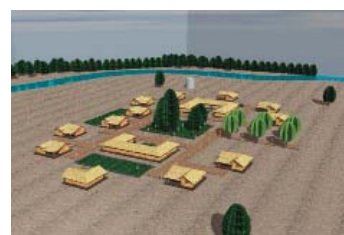


FIG77. Render proyecto Aldea da Henda.

6.1.1 Técnicas constructivas y materiales.



FIG78. Excavación de zanjas, colocación de la cama de arena y hormigón pobre, y realización de la cimentación con piedras del lugar.



FIG79. Realización de los Adobes.



FIG80. Levantamiento de los muros.

En este proyecto se trabaja desde lo local, tanto con técnicas, materiales y recursos humanos. Se estudian las edificaciones próximas y a pesar de construirse a semejanza, se proponen unas mejoras estructurales y económicas. Además se adoptan una serie de medidas para aprovechar las condiciones climáticas.

Para los cimientos se utilizan las piedras del entorno, trabándolas con hormigón (hormigón ciclópeo). Así se protege el cerramiento contra las lluvias y se evita el ascenso de las termitas rociando los cimientos con aceite de motor quemado, echando una cama de arena densa (de esta manera no se les permite ascender). Los muros portantes se erigen con adobe reforzado con papel kraft, consiguiendo a través del diseño que sólo trabajen a compresión y por tanto no tengan problemas estructurales, revocándolos con cemento para conservarlos frente a las lluvias. Para controlar el problema de la termita, para los adobes se utilizó morro de termita abandonado, material de igual calidad pero inatacable de nuevo por las termitas. En cuanto a la cubierta, estructuralmente se utilizarán vigas de madera, y se cerrará con chapa metálica y capín, ventilándola a través de una subestructura de bambú.

Principalmente se realiza in situ para poder construirlas de manera semejante a las construcciones de las aldeas vecinas, por eso se elige la opción de adobe revocado con cemento. Además, de esta manera es viable utilizar las mismas técnicas constructivas aprendidas por la población, ayudando así al desarrollo de la aldea.

En algunos puntos del proyecto, se consideraron diversas opciones de prefabricación, aunque al final ninguna se llevó a cabo. Al inicio del proyecto, una asociación propuso donar estructura prefabricada de hormigón para el proyecto, sin embargo no se pudo por la deficiencia de las infraestructuras viarias. También se consideró la opción de cocer los ladrillos, pero por una parte, no se disponían de los recursos tecnológicos para ello, y por otra, el transporte sería muy caro y volvía a ser un problema. Además, la estructura de la cubierta se ejecutó de madera y no metálica por el problema del transporte. Sin embargo, sí que se pudieron conseguir la chapa metálica para la cubierta.

Para mejorar las construcciones locales, se analizaron la estructura, la disposición de las vigas en cubierta y los pilares, entendiendo cómo funcionaban y si se podría hacer alguna mejora, tanto estructural como de envolvente, o para economizar materiales.

Este tipo de técnica constructiva, partiendo de una construcción in situ, ofrece muchas ventajas. Es respetable con el medio ambiente, tiene un coste casi nulo e impulsa los recursos locales (humanos, materiales y económicos). Por otra parte, en el proceso se involucraron activamente los beneficiarios, y se realizaron poco a poco modificaciones en el di-

seño teniendo en cuenta sus necesidades, opiniones y tradiciones. Esto condujo a un proyecto participativo y formativo, teniendo como resultado una infraestructura aceptada y valorada, proporcionando además un mejor referente para futuras ampliaciones o copias del mismo.

Sin embargo, tiene aspectos importantes a mejorar. Los tiempos de ejecución son muy amplios, y hay que organizar bien cada actividad del proceso para minimizar las pérdidas de tiempo. Además, en situaciones de crisis (crisis económicas de los países del Norte) el proyecto se demora provocando una falta de motivación en ambas partes. En este caso en concreto, el proyecto se quedó sin financiación porque en España empezó la crisis económica y más tarde allí se plantearon problemas sociales que demoraron el proyecto y desmotivaron más a la población. Se levantó únicamente la Casa Madre, y además al no haber allí un guía y no realizarse la estructura base del resto de la Aldea, ellos no continuaron con el proyecto, por lo cual sigue paralizado.

Una construcción mixta nos da la ventaja de ser más rápido en la ejecución, además podríamos dejar si fuera necesaria la estructura base, para que los beneficiarios más tarde continúen con el proyecto de manera ya autónoma.

Para más información y el seguimiento de los pasos del EML, consultar el Anexo B.

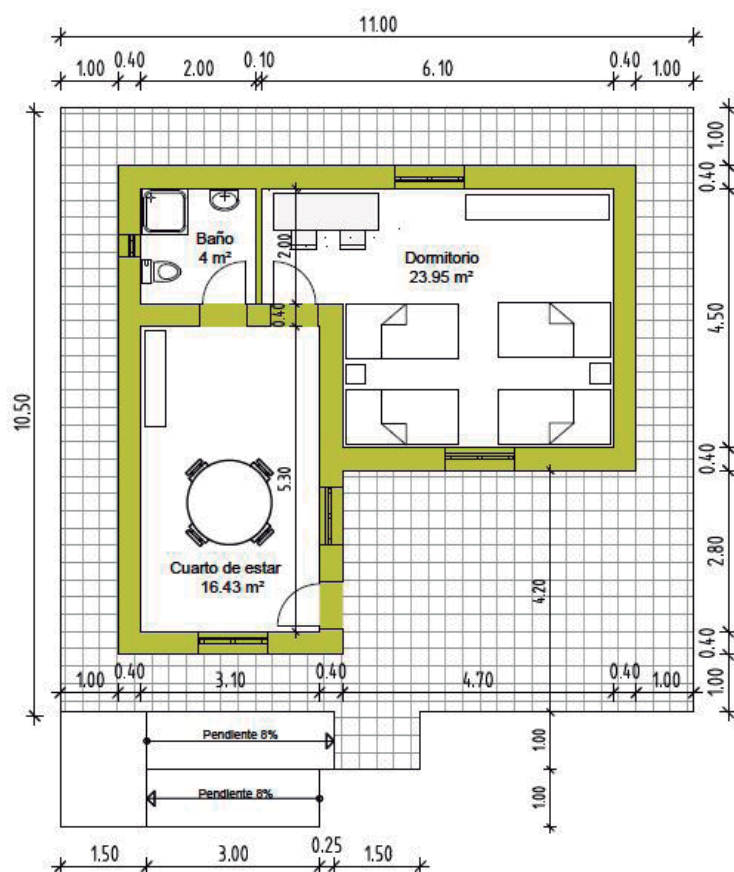


FIG81. Plano casa madre. Realizado por la Asociación Amigos Obra da Rúa.

6.2 Kenia



FIG82. Situación en Kenia.



FIG83. Arquitectura vernácula en Kisumu, Kenia.



FIG84. Terreno del proyecto.

Mejorar las condiciones educativas y sanitarias de niños y mujeres en Turkana, Kenia es el objetivo fundamental a conseguir, por ello se propone un Centro Materno-Infantil cerca de la Misión Nariokotome. En esa zona, hay un grave problema de sequía, agravado por la forma de subsistencia de las familias nómadas de allí, la ganadería, la cual se ve mermada en esta época. Debido a esto, muchas familias se ven en situaciones de malnutrición.

Por otra parte, debido a la lejanía de la escuela existente, la mayoría de los niños no pueden acceder a una educación, y por tanto no reciben recursos formativos para su posterior manutención y desarrollo, problema por el que actualmente los adultos se encuentran en una situación de analfabetismo. Además, la introducción de la mujer en los procesos económicos familiares y de la comunidad es importante para el entorno.

El Centro Materno-Infantil, además de sus propias edificaciones (4 aulas, 1 sala de usos múltiples, 4 aseos y cuarto de baños, cuarto de 4 docentes, 1 cocina, una biblioteca y una casa), está acompañado de otro proyectos, como las INU (Unidades Infantiles Nutricionales), que promoverán la participación en la sanidad y cuidado de los pequeños y enfermos a los familiares y beneficiarios de la zona; un pozo de agua para la comunidad; y la plantación de unos jardines que fomenten la agricultura.

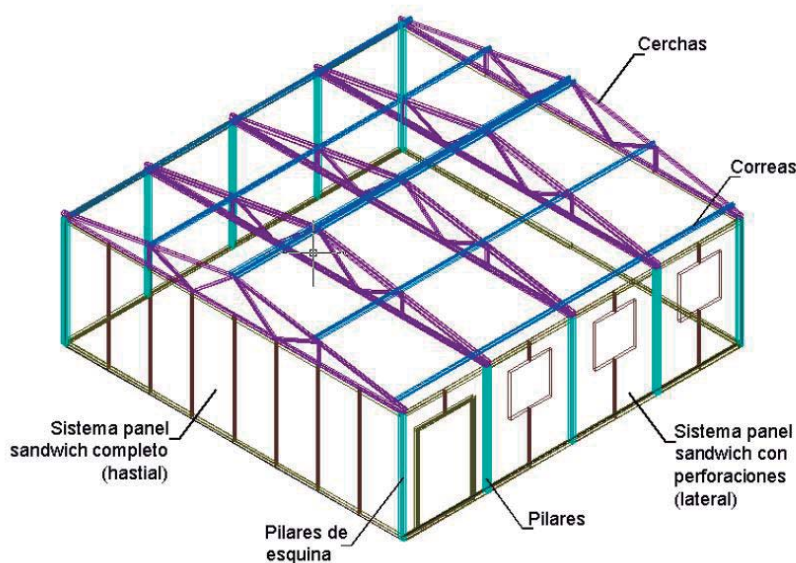
Desde un solo proyecto, se intentan solucionar las múltiples problemáticas de la zona.

6.2.1 Técnicas constructivas y materiales.

Esta infraestructura se aborda desde la prefabricación al no haber referencias en el contexto. La construcciones actuales en la zona son muchos más incipientes que en Angola, constando únicamente de unos troncos sin cerramiento vertical, que sustentan una cubierta de paja. No está introducida la tecnología del adobe, pese a la existencia de los recursos naturales necesarios para ello.

Sabiendo las construcciones del proyecto a realizar y la disposición de las mismas, se propone una estructura metálica modular con cerramiento de panel sándwich metálico, desmontable y ampliable.

El módulo será de 8 m. fijos de ancho y 2 m. de longitud, desde los 8 hasta los 40. Se compone de pórticos cada dos metros, formados por cerchas triangulares apoyadas en pilares. Horizontalmente, las correas constituyen la cubierta, en las cuales apoyarán los paneles sándwich de acabado. Dichos paneles son de 1 m de ancho, 2.6 de alto, 60 mm de espesor (0.4mm de chapa rellenos de poliuretano). Con esta modu-



lación también en los paneles, se configuran las aberturas.

Éste estructura se somete a unos análisis sísmicos, para determinar su estabilidad (FIG 87-89).

Con este método, obtenemos una estructura que es fácilmente montable, lo cual nos ahorra bastante tiempo en la ejecución, y nos aporta seguridad (al ser testado el material). Igualmente, al ser modular y ampliable, si las necesidades se incrementaran, sería fácil ampliar el proyecto.

Aunque se podrían tener en cuenta criterios locales, el lugar en esta concepción no está considerada, ni siquiera a la hora de dimensionar y analizar los esfuerzos sísmicos de la estructura (en el análisis se desconoce el entorno de implantación y se aplican las condiciones más desfavorables, lo cual supone un posible sobredimensionamiento de la misma y por tanto un encarecimiento). Asimismo, criterios de arquitectura bioclimática o vernácula de la zona, se ignoran, al igual que la participación de los beneficiarios en el proceso de diseño, provocando una mala adecuación a la zona, tanto por motivos climáticos y sociológicos. Igualmente, al no contar con la participación de los beneficiarios y no formarlos en el proceso como participantes y mano de obra, se les niega la posibilidad de realizar más tardes edificaciones de manera autónoma parecidas a las levantadas. Además de condicionar la apropiación.

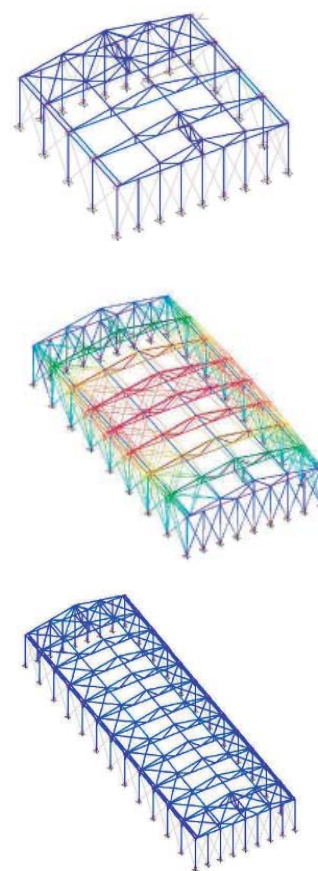


FIG85. Sistema estructural de acero modularo.

FIG86-88. Estudio del sistema según módulos.

86.Módulo 8m.

87.Módulo 16m.

88.Módulo 24m.

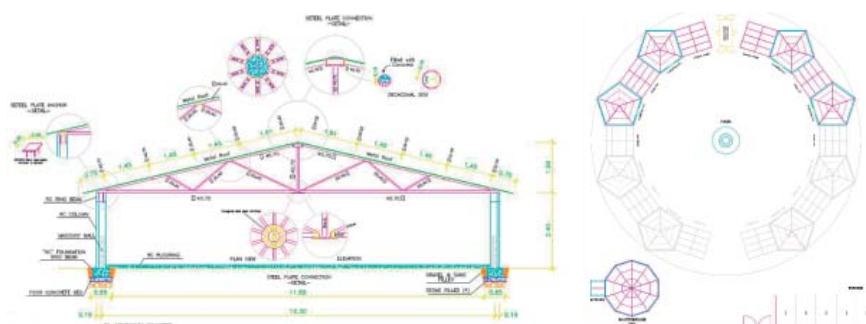


FIG89-91. Planta del nuevo proyecto y sección. En la planta se ve la disposición de los perfiles metálicos en cubierta. En la sección se explica cada perfil, y su unión entre ellos.

- STEEL STRUCTURE
- REINFORCED CONCRETE "T" STRUCTURE
- STRUCTURE TO BE BUILT IN SECOND PHASE
- EXISTING INFRASTRUCTURE
- NEW INSTALLATION

Debido a estos factores, sobre todo a la exclusión de la Misión y de los beneficiarios de la toma de decisiones en el proyecto y su diseño, se rechazó el proyecto y toda opción de prefabricación, y se optó por unos medios locales, que respetasen la zona y sus habitantes. Sin embargo, actualmente está sin desarrollar. Aunque era barato, era mucho más caro que construir con adobe, ya que la mano de obra es barata e incluso gratuita (los propios beneficiarios trabajan de voluntarios al explicárseles el proyecto y contando con ellos como participantes, lo que conduce además a su apropiación, cosa que de esta manera no se consigue).

En Anexo B se encuentran el seguimiento del proyecto a través del EML.

6.3 Solución óptima

Después de haber estudiado los dos casos, uno de construcción in situ y otro de prefabricación, de saber lo que ofrece cada uno y en qué puntos del sistema fallan, es posible la elaboración de un caso tipo, con sus problemas, objetivos, y las alternativas con las que contamos para el mismo. En este caso hipotético, trabajamos con todas las alternativas posibles, siendo éstas construcción in situ, prefabricada, y el sistema mixto (consultar Anexo B. B3.Marco Lógico Propio).

Hemos comprobado anteriormente lo que nos ofrecen desde diversas valoraciones tanto la construcción como la prefabricada. In situ, los costes son muy bajos, ya que la mano de obra son los beneficiarios si desde el principio se cuenta con su participación, la cual lleva a un impacto de género positivo y a una aceptación de la construcción, además de formar a los beneficiarios y proporcionarles un posible empleo en la comunidad. Por otra parte, existe la posibilidad de ampliar el proyecto según necesidades al ser capaces de realizar los trabajos. Por tanto tiene una viabilidad muy alta (gestión, tecnología adecuada, aspecto socio-cultural,...). Sin embargo, los grandes plazos de ejecución dificultan su construcción, ya que por factores ajenos a los beneficiarios se puede ver retrasada o incluso anulada la obra como hemos visto en Angola. Además de que dependiendo de cómo se haya realizado la obra, puede tener problemas de durabilidad importantes.

Una construcción prefabricada, ofrece justo lo contrario. Los tiempos de ejecución se mejoran considerablemente, y la durabilidad viene garantizada. Sin embargo, se corre el peligro de descuidar seriamente a los beneficiarios y su participación en el proyecto, lo cual conduce a un rechazo del proyecto (incluso si es finalmente realizado, se puede quedar inhabitado o desmontado por los mismos usuarios, realizando ellos construcciones precarias con los materiales sacados de la obra) o paralización del mismo, tanto por parte de la asociación del sur como de los usuarios. Otro punto negativo de la prefabricación importada es

no implicar a lo local, tanto a los mercados y empresas como al no formar a los beneficiarios en la construcción, y por tanto no se desarrolla la zona en todos los niveles, sino que ofrece un desarrollo puntual y no real.

Siendo que los dos sistemas son complementarios, y que donde uno falla, el otro ofrece una solución, es posible combinarlos, presentando una alternativa que presente los aspectos positivos de ambos anulando los negativos. Desde esta perspectiva, parece obvio elaborar un sistema mixto, con estructura prefabricada ligera y cerramiento adaptado a lo local. Con esto, los plazos se reducen, es posible dejar una estructura base para su posterior adaptación, promoviendo los recursos locales y consiguiendo la apropiación del proyecto deseada.

Así, en el caso de Angola, in situ, si hubiéramos realizado el proyecto con un sistema mixto, los tiempos habrían disminuido y la población no se habría desmotivado con el retraso del proyecto. Además, se podría haber dejado la estructura base, y ellos con el tiempo ir realizando los cerramientos. Por otra parte, en Angola debido al retraso y por tanto a la extensión temporal, se creó un taller metalúrgico en la zona, con lo cual la parte metálica se encontraba también desarrollada localmente, y por tanto era más asumible y reproducible por ellos, consiguiendo un impacto negativo nulo, y una viabilidad total.

En el caso de Kenia, sistema prefabricado, el haber contado con la construcción mixta habría asegurado la implicación y aceptación por parte de los beneficiarios, y un desarrollo real de la zona, y de esa manera el proyecto se habría realizado en vez de paralizarse por completo debido al rechazo de los usuarios y reiniciarlo con la técnica in situ.

El sistema mixto, aunque tiene unos costes superiores a las construcciones locales, se puede trabajar con unos perfiles básicos de las empresas, reduciendo gastos, existiendo la posibilidad de ser donados por algunas empresas, o como sucedió en Angola, la creación de un taller local que lo produzca (promoviendo el empleo en esa zona). Y a partir de la estructura básica metálica, se puede trabajar sobre el cerramiento con los medios y técnicas vernáculos, adaptándolo a cada contexto. No obstante, la tierra es un recurso natural y disponible en casi todos los emplazamientos, con un grado alto de implicación, de sostenibilidad y de respeto por el medio ambiente, asumible en todos los sentidos por la comunidad a ayudar. Por ese motivo, resulta idónea la combinación tierra y acero.

Una vez propuestas las técnicas mixtas más adecuadas, vamos a examinar cual habría sido la más apropiada para los casos estudiados, considerando la situación de cada uno de los proyectos como los recursos o la población.

En Angola se podía contar con algunos recursos, y se contaba además con la presencia de otra Casa do Gaiato en las cercanías. Había

unas construcciones típicas a las que se podía hacerse referencia, tanto en forma como en el aspecto constructivo. La comunidad se implicó en el proceso de diseño del proyecto, asegurando la apropiación. Las construcciones del lugar eran de tierra, con lo cual se podía implementar la técnica mixta respetando las indicaciones de los usuarios. Por otra parte, en este caso la prefabricación se encontraba como alternativa, estando abiertos a esta opción, por tanto la introducción del acero como prefabricación no habría supuesto un problema en la aceptación del proyecto. Más tarde, como hemos comentado, la comunidad abrió un taller metalúrgico al encontrarse la construcción retrasada por motivos ajenos a ellos. Esto nos muestra que era posible introducir el sistema tierra y acero como sistema adecuado, impulsando los recursos locales y sin crear dependencias de organismos extranjeros. Al contar con todos estos recursos, con el posible taller y la ayuda de las Casas do Gaiato y la comunidad, la técnica de PISE y premarco se establece como apropiada. Los tiempos de ejecución son breves, y se podían construir las distintas edificaciones según prioridad habitándolas desde el primer momento. De esta manera los beneficiarios podían dividirse en la construcción. Los instruidos en el acero podían montar los premarcos, mientras las mujeres o demás sujetos del lugar rellenaban el armazón con tierra con la pistola neumática. Así, la comunidad se veía implicada en todo el proceso, tanto en el de diseño como en el constructivo, cada parte de la población se responsabilizaba de una tarea. Y por otra parte, el proyecto podría crecer con posterioridad, ya que ellos mismo se pueden hacer cargo de su desarrollo y modificación al disponer de todos los medios. La totalidad de los recursos son propios y no dependerían de los tiempos de la ayuda humanitaria en un futuro o sus condiciones. Ellos pueden tomar el control de los plazos, de la iniciación de la construcción y de los medios.

En Kenia, la situación era más complicada ya que los recursos locales eran mínimos. Las construcciones locales eran muy precarias, con los recursos para mejorarlas pero sin la iniciativa adecuada. No había disponibilidad de recursos tecnológicos. Por consiguiente, en este caso la solución a adoptar hubiera sido el COB y "Steel Framing". La estructura metálica podría haber sido donada por la organización del norte como estaba establecido en el proyecto, con poco coste debido a las secciones de los perfiles y su peso. Al contrario que en Angola, donde finalmente los mismos usuarios montaron un taller de acero, aquí las condiciones y recursos no lo permitían. Se podría haber pensado en realizar los perfiles en una ciudad cercana, pero al no haber control sobre su proceso de elaboración esa posibilidad queda excluida. Por tanto la única opción era la exportación desde el país que colabora desde el norte. Como mano de obra, la propia comunidad estaba implicada en el proyecto. Debido a que las construcciones del lugar eran muy incipientes, no había problema de enfrentamiento con las construcciones del lugar, y se podía instaurar y educar a la población sobre un sistema constructivo eficaz. Además como ya se ha comentado, se podía adoptar el

COB como técnica ya que la tierra estaba disponible como material pero no se utilizaba. De esta manera la construcción puede instaurar un nuevo modelo constructivo que les proporcione estabilidad y les dé una identidad, así como un ejemplo a seguir para crecer como comunidad. Así, se consigue un impacto positivo. La comunidad participa, la mujer se puede integrar en el proceso incorporándose también activamente en la toma de decisiones de la comunidad, se educa a los beneficiarios sobre las técnicas, que puede ayudarles tanto en la construcción de otras aldeas o ampliaciones del proyecto. Todo ello lleva a una apropiación y ocupación del proyecto. Asimismo, al mejorar los plazos de ejecución se consigue la no desmotivación de la población. Al tener unas condiciones tan pobres el lugar, les proporciona una formación para poder seguir desarrollándose y poder actuar según las circunstancias (desplazamientos debido a la sequía o al nomadismo propio de la comunidad entre otros motivos).

En el Anexo D. Comprobación en CYPE, se adjunta el cálculo del proyecto de Angola, realizado con las dos técnicas constructivas. En él, se estudian los perfiles, se dimensionan según las cargas y su aprovechamiento. Se incluyen los resultados de ambas estructuras.

Bibliografía

REFERENCIAS EN TEXTO

[1] BOHIGAS, Antoni C., LARRAÑAGA, Miren E., BISTUÉ, Irene E., *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*. Tecnologías para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos. Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo. Volumen 10. 2007. ISBN 978-84-612-3118-8.

[2] *El enfoque del Marco Lógico: 10 casos prácticos*. Cuaderno para la identificación y diseño de proyectos del desarrollo.

[3] *Corso di materiali naturali in architettura*. Corso di laurea in architettura, Tanja Marzi, Torino 2012.

[4] SARMANHO, Arlene M., MORAES DE CASTRO, Renata C., *Steel Framing: Arquitetura*. 2007. Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero. ISBN 978-956-8181-02-4

[5] CORDERO, Jose A, MARTINEZ, Edín de Jesús, NEVES, Celia M, *Técnicas Mixtas de Construcción en Tierra*. CYTED. Proyecto XIV.6 PROTERRA. HABYTED. 2002.

FIGURAS

FIG01. Elaboración propia a través de logos de asociaciones.

FIG02. <http://www.un.hn:8081/UNWeb/index.php/es/odm>

FIG03-04. BOHIGAS, Antoni C., LARRAÑAGA, Miren E., BISTUÉ, Irene E., *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*. Tecnologías para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos. Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo. Volumen 10. 2007. ISBN 978-84-612-3118-8.

FIG05-07. *El enfoque del Marco Lógico: 10 casos prácticos*. Cuaderno para la identificación y diseño de proyectos del desarrollo.

FIG08. BOHIGAS, Antoni C., LARRAÑAGA, Miren E., BISTUÉ, Irene E., *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*. Tecnologías para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos. Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo. Volumen 10. 2007. ISBN 978-84-612-3118-8.

FIG09-10. TEMA11. Arquitectura Vernácula. Construcción 4A. 5ºArquitectura. EINA. Universidad de Zaragoza.

FIG11-12. <http://www.tyinarchitects.com/works/soe-ker-tie-house/>

FIG13-14. BOHIGAS, Antoni C., LARRAÑAGA, Miren E., BISTUÉ, Irene E., *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*. Tecnologías para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos. Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo. Volumen 10. 2007. ISBN 978-84-612-3118-8.

FIG15-16. YUSTE, Beatriz. Arquitectura de tierra. Caracterización de los tipos edificatorios. Máster Arquitectura. Energía y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Cataluña.

FIG17-21. SARMANHO, Arlene M., MORAES DE CASTRO, Renata C., *Steel Framing: Arquitectura*. 2007. Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero. ISBN 978-956-8181-02-4

FIG22-23. BOHIGAS, Antoni C., LARRAÑAGA, Miren E., BISTUÉ, Irene E., *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*. Tecnologías para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos. Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo. Volumen 10. 2007. ISBN 978-84-612-3118-8.

FIG24. TEMA11. Arquitectura Vernácula. Construcción 4A. 5ºArquitectura. EINA. Universidad de Zaragoza.

FIG25-27. <http://proyectoblogspace.com/soe-kert-tie-house-tyin-teg-nestue-architects-noruega/>

FIG28. <http://www.tyinarchitects.com/works/soe-kert-tie-house/>

FIG29. RAMOS, Juan B., YAÑEZ, Alexis. *"Tapia Tradicional" Hacia el rescate y mejora de una tecnología*. Técnicas y tecnología aplicadas a la rehabilitación. III Concurso Iberoamericano de Informes 1988.

FIG30-33. <http://periferiablog.blogspot.com.es/2012/05/muros-de-tapial-en-vivienda.html>

FIG34. C.BESTRATEN, E.HORMIAS, A.ALTEMIR. *Construcción con Tierra en el Siglo XXI*. Informes de la Construcción. Vol. 63, 523, 5-20.

FIG35-36. MORALES, Roberto, TORRES, Rafael, RENGIFO, Luis, IRALA, Carlos. *Manual para la Construcción de Viviendas en Adobe*.

FIG37-38. <http://periferiablog.blogspot.com.es/2012/05/muros-de-tapial-en-vivienda.html>

FIG39. MORALES, Roberto, TORRES, Rafael, RENGIFO, Luis, IRALA, Carlos. *Manual para la Construcción de Viviendas en Adobe*.

FIG40-42. <https://www.jovoto.com/projects/300house/ideas/12137%3Fn=13?n=15>

FIG43-47. TEMA11. Arquitectura Vernácula. Construcción 4A. 5ºArquitectura. EINA. Universidad de Zaragoza.

FIG48-49. WATSON, L. *The Cob Building Technique. Past, present and future*. Informes de la Construcción Vol 63, 523, 59-70.

FIG50. C.BESTRATEN, E.HORMIAS, A.ALTEMIR. *Construcción con Tierra en el Siglo XXI*. Informes de la Construcción. Vol. 63, 523, 5-20.

FIG51. MORALES, Roberto, TORRES, Rafael, RENGIFO, Luis, IRALA, Carlos. *Manual para la Construcción de Viviendas en Adobe*.

FIG52-54. TEMA11. Arquitectura Vernácula. Construcción 4A. 5ºArquitectura. EINA. Universidad de Zaragoza.

FIG55-60. <http://dc378.4shared.com/doc/jAKhEmqd/preview.html>

FIG61. Elaboración propia.

FIG62. CORDERO, Jose A, MARTINEZ, Edín de Jesús, NEVES, Celia M, *Técnicas Mixtas de Construcción en Tierra*. CYTED. Proyecto XIV.6 PROTERRA. HABYTED. 2002.

FIG63-66. <http://ecot.cl/ultimasemana100tierra/>

FIG67. www.yvypora.wordpress.com

FIG68-71. <http://ecot.cl/curso-en-obra-acero-y-tierra/>

FIG72. Elaboración propia.

FIG73-81. *Anteproyecto: Aldea da Henda. "Una aldea de enfermos, para enfermos y por enfermos"*. Malanje, Angola. Amigos Obra da Rúa. Área de Ingeniería de la Construcción.

FIG82. Mejora de la salud y la educación Materno-Infantil. Construcción del Centro Materno-Infantil en Nariokotome-Turkana-Kenya. Comunidad Misionera de San Pablo Apóstol.

FIG83. <http://tresmesesenkenya.blogspot.com.es/>

FIG84. Planos proyecto Centro Materno-Infantil en Nariokotome. Autor: Pablo Moñino Lostalé. Mayo 2013.

FIG85-88. Análisis sísmico. Módulo metálico desmontable de 8m de ancho. ADD INGENIERÍA 3299. Calatayud 27 Junio de 2012.

FIG89-91. Planos proyecto Centro Materno-Infantil en Nariokotome. Autor: Pablo Moñino Lostalé. Mayo 2013.

OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Construcción de vivienda económica en adobe estabilizado. Publicaciones PREDES.

NEVES, Célia, Borges, Obede. *Técnicas de construcción con tierra*. Red Iberoamericana PROTERRA.

LOBERA, Josep, MICHELUTTI, Enrico. *Construcción sostenible y construcción de la sostenibilidad: una experiencia en comunidades rurales de El Salvador*. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo.

MONJÓ, Juan. *Propuesta de evaluación de sistemas constructivos*. (<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>)

VARGAS, Julio, TORREALVA, Daniel, BLONDET, Marcial. *Construcción de Casas saludables y sísmoresistentes de Adobe Reforzado*. Universidad Católica de Perú.

<http://www.buildingtrustinternational.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=q43uXdOKPD8>

<http://mdc.ulpgc.es/cdm/singleitem/collection/atlantica/id/693/rec/10>

<http://www.designboom.com/architecture/architecture-in-the-wake-of-disaster-japan-pavilion-for-the-2012-venice-architecture-biennale/>

<http://issuu.com/letteraventidue/docs/needs>

<http://www.ventoditerra.org/en/abu-hindi-bamboo-school/>

<http://www.ar-co.org/>

<http://www.designboom.com/tag/portable-and-emergency-architecture/>

<http://www.lamaisontropicale.com/www/>

<http://www.basehabitat.org/konzepte>

<http://www.aecid.es/ES>

<http://www.boundaries.it/go/>

www.tyinarchitects.com