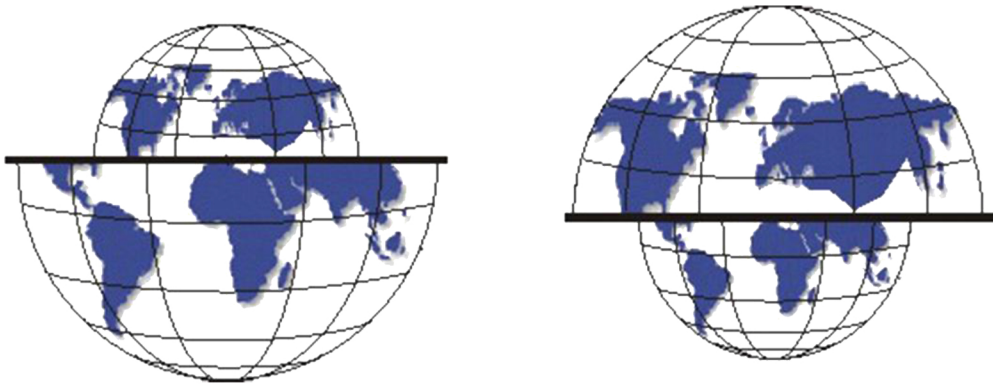


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA  
TRABAJO FIN DE GRADO

CONSTRUCCIÓN EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO.  
PROTOTIPO DE VIVIENDA DE CRECIMIENTO PROGRESIVO EN  
BASE A LA UTILIZACIÓN DE LA BÓVEDA NUBIA



En primer lugar, sabiendo que podemos cambiar la gramática:

“Las cosas no son así. Están así, y podemos cambiarlas.” (Paulo Freire)



AUTOR: DAVID HERNANDO ANDRÉS

TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

JULIO 2016



TRABAJO FIN DE GRADO

CONSTRUCCIÓN EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO.  
PROTOTIPO DE VIVIENDA DE CRECIMIENTO PROGRESIVO EN  
BASE A LA UTILIZACIÓN DE LA BÓVEDA NUBIA

## Resumen:

Este trabajo aporta una visión y orientación alternativa dentro de la disciplina de la arquitectura y tiene como rumbo principal solucionar a través de la Cooperación al Desarrollo el problema de hambre de vivienda existente en el Planeta.

Analiza la errónea concepción del término Cooperación al Desarrollo que ha optado siempre por occidentalizar el mundo en lugar de realmente cooperar.

Se estudian sistemas de climatización natural o pasivos junto con componentes e instalaciones de bajo coste para incorporarlos en proyectos de Habitabilidad Básica.

La construcción con tierra aparece como tema central en el trabajo analizando sus sistemas constructivos más utilizados a lo largo de la historia y con aportes nuevos de las últimas investigaciones realizadas sobre ella.

Finalmente, se ha realizado un diseño de vivienda mínima de crecimiento progresivo que mejore las condiciones de habitabilidad en Soleb (Sudán) un pequeño pueblo situado en la orilla oeste del río Nilo.

**Palabras clave:** cooperación, Habitabilidad Básica, vivienda de crecimiento progresivo, adobe, bóveda Nubia.



**Abstract:**

This work provides an alternative vision and orientation in the discipline of architecture and it has as main direction to solve the problem of houses hunger existing in the World through Development Cooperation.

It analyses the wrong conception of the term Development Cooperation which has always being making the World as western civilisation rather than practising co-operation.

The work studies natural or passive climatisation systems and low-cost components and facilities to incorporate them in Basic Habitability projects.

Earth construction appears as the central topic in the work analysing the most common earth construction systems through human history and the contribution of some of the lasts researches on it.

Lastly, it has been designed a minimum house of progressive growth that improves the living conditions in Soleb (Sudán) and small town at the west bank of Nile river.

**Keywords:** cooperation, Basic Habitability, minimum house of progressive growth, adobe, Nubian vault.

## **ÍNDICE**

TRABAJO FIN DE GRADO.....	1
<b>1. Reflexión .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Cooperación al desarrollo .....</b>	<b>9</b>
2.1 Marco legislativo del Derecho a la Vivienda .....	9
2.2 Criterios generales para el desarrollo de un proyecto de cooperación.....	10
2.3 Conquista, no desarrollo. ....	12
2.4 Habitabilidad Básica .....	16
<b>3. Arquitectura y clima .....</b>	<b>19</b>
3.1 Introducción .....	19
3.2 Climas .....	20
3.2.1 Clima cálido y árido .....	20
3.2.2 Clima cálido y húmedo .....	21
3.2.3 Clima templado .....	21
3.2.4 Clima frío .....	22
3.3 Estrategias climáticas .....	22
3.3.1 Topográficas .....	22
3.3.2 De ordenación .....	23
3.3.3 Barreras .....	24
3.3.4 Forma .....	27
3.3.5 Aberturas.....	28
<b>4. Construcción con tierra .....</b>	<b>31</b>
4.1 Introducción .....	31
4.2 Historia .....	31
4.3 Valores de la construcción con tierra.....	32
4.4 Propiedades de la tierra como material de construcción .....	33
4.4.1 Composición.....	33
4.4.2 Comportamiento ante el agua y el vapor.....	34
4.4.3 Comportamiento ante el calor.....	35
4.4.4 Resistencia.....	36
4.4.5 Comparación de la tierra con los materiales industrializados .....	37
4.5 Mejoramiento del comportamiento del barro .....	38
4.5.1 Reducción de fisuras provocadas por la retracción .....	38
4.5.2 Estabilización por impermeabilización.....	39

4.5.3	Aumento del aislamiento térmico.....	39
4.5.4	Aumento de la resistencia a compresión.....	40
4.5.5	Aumento de la cohesión.....	42
4.6	Selección de tierras, ensayos y producción de adobes.....	42
4.7	Técnicas de construcción.....	45
4.7.1	Albañilería portante.....	45
4.7.2	Monolítica y portante.....	49
4.7.3	Estructura mixta.....	54
4.8	Detalles constructivos.....	57
4.9	Construcciones antisísmicas.....	62
4.9.1	Muros de tapial.....	64
4.9.2	Muros de adobe.....	66
4.10	Revoques y protecciones de superficies.....	69
4.11	Ejemplos de algunas construcciones.....	70
<b>5.</b>	<b>Componentes e instalaciones de bajo coste.....</b>	<b>75</b>
5.1	Introducción.....	75
5.2	Abastecimiento de agua.....	75
5.2.1	Captación.....	75
5.2.2	Filtros, destiladores y purificadores.....	76
5.2.3	Artefactos.....	77
5.3	Saneamiento.....	78
5.4	Energía.....	79
5.5	Tratamiento de residuos.....	80
5.6	Cocinas y conservación de alimentos.....	81
<b>6.</b>	<b>Prototipo de vivienda para la Baja Nubia (Sudán).....</b>	<b>85</b>
6.1	Contextualización.....	85
6.2	Propuesta de vivienda mínima de crecimiento progresivo.....	87
6.2.1	Implantación.....	87
6.2.2	Proyecto arquitectónico.....	88
6.2.3	Ventilación.....	91
6.2.4	Instalación de fontanería. Retrete solar.....	92
6.2.5	Instalación de electricidad. Preparación de alimentos.....	94
6.2.6	Construcción.....	95
6.2.7	Sistema estructural.....	97

---

<b>7. Conclusiones</b> .....	98
<b>8. Anexo</b> .....	100
<b>9. Bibliografía</b> .....	111
<b>10. Figuras</b> .....	113

## 1. Reflexión

Dios le dijo a Noé que construyese un arca. La manera exacta en que Dios le dijo a Noé como hacerla queda para el imaginario. Los hechos son que las nubes en el horizonte fueron reveladas a Noé. Aunque vivía lejos del agua estaba inspirado en construir una nave. Debe haber experimentado el ridículo por desperdiciar tiempo, energía y materiales en ésta nave. La inspiración, sin embargo, es más poderosa que el ridículo. Noé vio las nubes en el horizonte y la inundación en camino, así que construyó una nave que flote en los mares, porque estaba por llegar el tiempo en que no habría tierra.<sup>1</sup>

Desde los orígenes de la humanidad, el hombre ha construido para protegerse fundamentalmente de los fenómenos atmosféricos y cualquier clase de inclemencia. Los edificios han ejercido un papel de barrera contra la lluvia, el viento, de refugio contra temperaturas extremas o de filtro sutiles a la luz. Dicho de otro modo, lo que la arquitectura pretende siempre es ofrecer un grado adecuado de confortabilidad frente a los elementos del entorno variables que la rodean, donde se alternan el día y la noche, el calor y el frío, el viento y la calma, la lluvia y el sol. Así pues, se convierte en un refugio artificial, en una isla de tranquilidad asentada en un mundo de condiciones adversas.

Al igual que todas las ciencias, la arquitectura es hija de su historia; de su gran riqueza histórica a nivel global, en sus distintos modos de ser pensada y diseñada para cumplir su función esencial. Una función de refugio que variaba dependiendo de su localización geográfica, en una estrategia de adaptación e integración para un determinado clima y entorno. Esta integración de la arquitectura con su clima y entorno hacía que las construcciones se armonizaran con todos los elementos a su alrededor. Armonía que se lograba no solamente adaptando el diseño constructivo a las condiciones climáticas de la zona sino también mediante el uso de los materiales que el entorno cercano ofrecía. Esta concepción de la arquitectura se ha invertido en la actualidad perdiendo toda sensibilidad y sentimiento de pertenencia hacia lo que nos rodea.

Las ciudades son la clara representación de esta brecha con el pasado y la naturaleza; aparecen en medio de la naturaleza como “elementos visuales extraños” que no se integran con lo natural pero al mismo tiempo, son estrechamente dependientes de los recursos naturales para su funcionamiento; sufriendo así la naturaleza todo el peso de las necesidades humanas.

Los edificios se abastecen de esos recursos naturales que requieren a su vez, de unos sistemas altamente sofisticados para ser confortables; pasando a ser dependientes y vulnerables sin ellos. Se produce así una intensa conexión entre lo arquitectónico y los sistemas tecnológicos; trabajando ambos de manera complementaria en la que lo uno no puede sobrevivir sin lo otro; desaprovechando así muchas de las ventajas que podría ofrecer lo arquitectónico pero que se abandonan en favor de la libertad de diseño para seducir y excitar con su supuesta belleza visual que en definitiva es lo que vende en una economía basada en la persuasión.

---

<sup>1</sup> Reynolds, M., *Earthship: How to Build Your Own, Vol. 1. Solar Survival Press. Introduction*. Hemisferio Sur, 1990, p.V.

Esto ha permitido la construcción de edificios con diseños tan estrambóticos en cualquier parte del planeta sin apenas considerar las condiciones climáticas o las tradiciones arquitectónicas del lugar. Una ingenua fe en la artificialidad que nos ha llevado hasta el extremo de construir edificios totalmente revestidos de vidrio en lugares con condiciones climáticas tan distintas -como en el anillo del Ecuador o países como Alaska o Rusia- sin importar la baja inercia térmica del cristal.

A esta ciega fe en la artificialidad, la tecnología y las matemáticas, Evgeny Morozov le ha dado el nombre de “*solucionismo tecnológico*”, un concepto con el que describe “una visión a corto plazo que no interesa más que por la superficie de esa actividad de la que busca el perfeccionamiento. Todas las situaciones sociales son reconsideradas y se convierten en problemas claramente definidos con soluciones precisas y previsibles o en procesos que se pueden optimizar fácilmente a condición de disponer de buenos algoritmos”. El término lo extrajo Morozov del mundo de la arquitectura y del urbanismo, donde se utilizaba para designar “esa preocupación malsana por las soluciones seductoras, desmesuradas y estrechas de espíritu –el género de cosas que impresionan al público de las conferencias TED- sobre cuestiones controvertidas y de gran complejidad”.<sup>2</sup>

El arquitecto y diseñador industrial Mies van der Rohe afirmó: “Es imposible ir hacia delante y mirar hacia atrás; quién vive en el pasado no puede avanzar”; es cierto que no hay que vivir en el pasado pero tampoco se trata de romper drásticamente con él. El filósofo, sociólogo y psicólogo Zevedei Barbu dijo: “El pensamiento en todas sus manifestaciones nunca es sólo lo que es, sino también lo que fue”; algo que sin duda también podría ser aplicado a la arquitectura.

Todavía hay gente que piensa que las cosas no por ser modernas o nuevas son mejores que las de antes. Eso no es defender lo antiguo, es simplemente decir que no tengo ninguna razón para pensar que las cosas de ahora y las que van a ser hechas en el futuro son las únicas y las mejores que pueden haber sido hechas, pensadas, imaginadas y utilizadas. Muchos indicios nos demuestran que estamos tomando un camino errado. Parece ser que hay una especie de presión o máquina que nos empuja a todos en una dirección; tal vez esa máquina podría ser parada si todos los que estamos siendo empujados; empujáramos a la máquina.<sup>3</sup>

Esa máquina de la que hablaba Saramago se ha extendido a nivel global y está obligando a los países menos desarrollados -en un intento de parecerse a occidente- a importar tecnologías inapropiadas -para su clima y estilo de vida- que requieren de grandes inversiones energéticas y económicas que no terminan creando bienestar. Así pues, conviene plantearse si este occidentalismo global es el camino a seguir o se debería cambiar de rumbo y de nave.

---

<sup>2</sup> Hernández, E., *Nosotros o el Caos*. Ediciones Deusto, 2015, p.230.

<sup>3</sup> Saramago, J., *Reflexión de Saramago*, YouTube, 17 de diciembre de 2008.

<https://www.youtube.com/watch?v=borpuCh6PNA&list=PLlcwBoTwtINIGKiX98MYsKCLzaoZ419Nv&index=47>

---

## 2. Cooperación al desarrollo

### 2.1 Marco legislativo del Derecho a la Vivienda

#### 1. Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948).

Artículo 25. “Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la **vivienda**, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfrentamiento, invalidez, vejez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.”<sup>4</sup>

#### 2. Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PESC, 1976).

Artículo 11. “Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y **vivienda adecuados**, y a una mejora continua de las condiciones de existencia. Los Estados Partes tomarán medidas apropiadas para asegurar la efectividad de este derecho, reconociendo a este efecto la importancia esencial de la cooperación internacional fundada en el libre consentimiento.”<sup>5</sup>

#### 3. Declaración de Estambul sobre los Asentamientos Humanos (1996).

Artículo 1. “...**garantizar una vivienda adecuada para todos** y de lograr que los asentamientos humanos sean más seguros, salubres, habitables, equitativos, sostenibles y productivos. Nuestras deliberaciones sobre los dos temas principales de la Conferencia -la vivienda adecuada para todos y el desarrollo de asentamientos humanos sostenibles en un mundo en proceso de urbanización- se han inspirado en la Carta de las Naciones Unidas y vienen a reafirmar los lazos de solidaridad existentes y forjar nuevos lazos para una acción solidaria en los planos local, nacional e internacional, a fin de mejorar el entorno en que vivimos. Nos comprometemos a respetar los objetivos, principios y recomendaciones contenidos en el Programa de Hábitat y prometemos ayudarnos mutuamente para hacerlos realidad.”

Artículo 9. “Ampliaremos la oferta de vivienda asequible, para lo cual velaremos porque los mercados funcionen con eficiencia y de manera social y ambientalmente racional, por que se mejore el acceso a la tierra y al crédito y porque **se ayude a los que estén excluidos del mercado de la vivienda.**”<sup>6</sup>

#### 4. Objetivos de Desarrollo del Milenio (Informe de 2015)

META 7.C: “Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.”

META 7.D: “Haber mejorado considerablemente, para el año 2020, la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios.”<sup>7</sup>

<sup>4</sup> Declaración Universal de Derechos Humanos. <http://www.un.org/es/documents/udhr/>

<sup>5</sup> Naciones Unidas. Derechos Humanos. Oficina del alto comisionado. <http://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/CESCR.aspx>

<sup>6</sup> Naciones Unidas. Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Habitat II). <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/CONF.165/14>

<sup>7</sup> Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo del Milenio. [http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015\\_spanish.pdf](http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf)

**5. Informe del Relator Especial sobre la vivienda adecuada como elemento integrante del derecho a un nivel de vida adecuado y sobre el derecho de no discriminación a este respecto, Sr. Miloon Kothari.**

ENFOQUE DEL DERECHO A UNA VIVIENDA ADECUADA: “El derecho humano a una vivienda adecuada es el derecho de todo hombre, mujer, joven y niño a tener un hogar y una comunidad seguros en que puedan vivir en paz y dignidad.” El Relator Especial ha identificado 14 elementos basados en obligaciones emanadas de los tratados internacionales y su interpretación por los órganos especializados: 1. Seguridad de la tenencia; 2. Bienes y servicios públicos; 3. Bienes y servicios ambientales (incluidos la tierra y el agua); 4. Asequibilidad (incluido el acceso a la financiación); 5. Habitabilidad; 6. Accesibilidad (física); 7. Ubicación; 8. Adecuación cultural; 9. Garantía frente a la expoliación; 10. Información, capacidad y creación de capacidad; 11. Participación y posibilidad de expresión; 12. Reasentamiento; 13. Medio ambiente seguro; 14. Seguridad (física) y privacidad.<sup>8</sup>

## 2.2 Criterios generales para el desarrollo de un proyecto de cooperación

El desarrollo humano digno no puede ser posible si no se da un mínimo de habitabilidad. Sin abastecimiento de agua potable; sin saneamiento; sin escuelas; sin hospitales y centros médicos; sin suministro de energía; sin una seguridad ciudadana; sin espacios de recreación..., el ser humano vivirá como un “superviviente” pero nunca como un “ciudadano de pleno derecho”. Por ello, es necesario entender que la Construcción en Cooperación al Desarrollo no puede estar centrada solamente en la construcción de viviendas, sino también en la construcción de dotaciones y servicios públicos.

En los proyectos de cooperación es indispensable tener una visión interdisciplinar para ser más certero en la solución de problemas. Es necesario adquirir un alto conocimiento del estilo de vida, la forma de la vivienda, el clima, la geografía; la cultura -aquello que les identifica-, etc. todos ellos son condicionantes a tener muy en cuenta desde un primer momento para no cometer el error de importar tecnología o ideas que pueden no encajar o ser sostenibles dentro de un ámbito socioeconómico totalmente distinto. Por este motivo todas las fases iniciales de recopilación de información y comprensión de la situación serán esenciales para un correcto diseño y futuro desarrollo del proyecto; ellas serán las que terminen por dar forma al proyecto. Así pues, los condicionantes comunes a tener en cuenta para lograr una habitabilidad básica serán:

I.- Elección de suelos no vulnerables en lugares apropiados para vivir: elección de asentamientos donde se pueda usar la geografía y el clima en favor de la futura población.

II.- Parcelación ordenada y racional: aprender de los urbanistas nativos puesto que la ordenación del territorio será distinta.

<sup>8</sup> Promoción y protección de todos los derechos humanos, civiles, políticos, económicos, sociales y culturales, incluido el derecho al desarrollo.

<http://www.acnur.org/t3/fileadmin/scripts/doc.php?file=t3/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6084>



III.- Urbanización y dotación paulatina de equipamientos: al igual que en los países desarrollados, los equipamientos no llegaron de repente. Cada vez se van incorporando equipamientos distintos que van llegando con el tiempo: escuela, energía eléctrica, hospital... no se pueden pretender todos a la vez.

IV.- Construcción incremental de viviendas: crecer conforme van creciendo los ingresos de la población y de cada familia. También es importante diseñar viviendas y edificios públicos que puedan crecer con el tiempo en función de las necesidades; “edificios semilla”

V.- Materiales existentes en la zona: fomentar el uso de materiales de construcción que se puedan encontrar en la zona puesto que será más fácil abastecerse de ellos en un futuro sin tener que depender de agentes exteriores a quién comprárselos. Además, el uso de materiales autóctonos les hará sentirse más identificados con su territorio.

VI.- Mano de obra disponible: fomentar la autoconstrucción y las técnicas de construcción local con materiales locales ya que se podrá dar empleo tanto a los que trabajan directamente en la construcción como a los que abastecer a la construcción. Los franceses dicen: “Si la construcción marcha, todo marcha”.

VII.- Tecnología apropiada: no se debería importar tecnología foránea a menos que se demuestre que es respetuosa con la cultura, viable y sostenible a largo plazo y realmente eficaz donde se ubique. En su lugar, convendría crear centros que generen “tecnologías apropiadas” desde la misma zona.

VIII.- Identidad del lugar y sus habitantes: analizar cuáles son realmente sus necesidades, sus formas y estilos de vida, sus tradiciones, etc. para que el proyecto se integre de manera coherente y respetuosa.

IX.- Tipo de proyecto: finalidad para la que se realiza el proyecto en caso de que sea una obra de rehabilitación, de emergencia, permanente, etc.

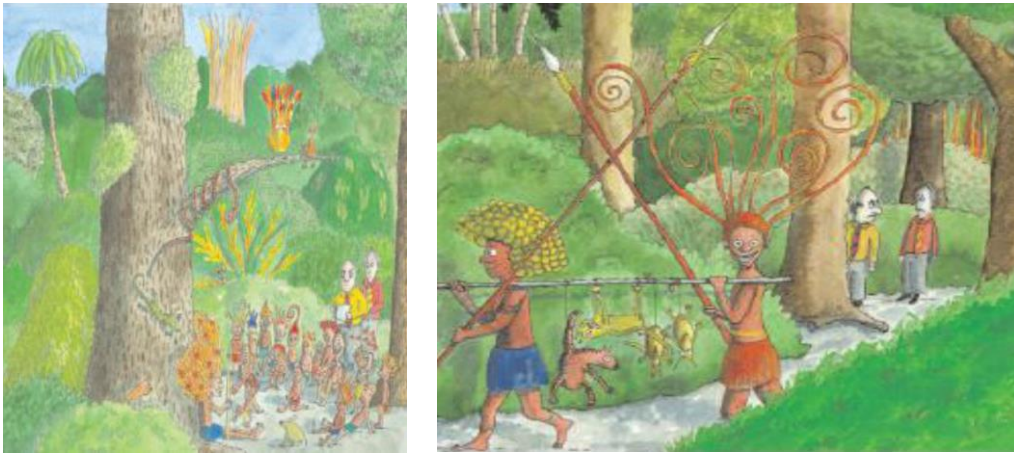
Si se siguen estos puntos se logrará tener una posibilidad de fracaso y pérdidas de tiempo y dinero mucho menores.

En el apartado 2.3 las viñetas relatan una historia que no tiene nada que ver con el desarrollo y mejora de las condiciones de vida sino más bien de retroceso. En la siguiente historia los retrocesos en la comunidad se dan por causa de los avances tecnológicos importados y sobre todo por intereses económicos.

### 2.3 Conquista, no desarrollo.



Nuestro objetivo inicial era, como siempre, llevarles el desarrollo sostenible.



Sin embargo, en este caso, nos encontramos con un desafío inesperado.

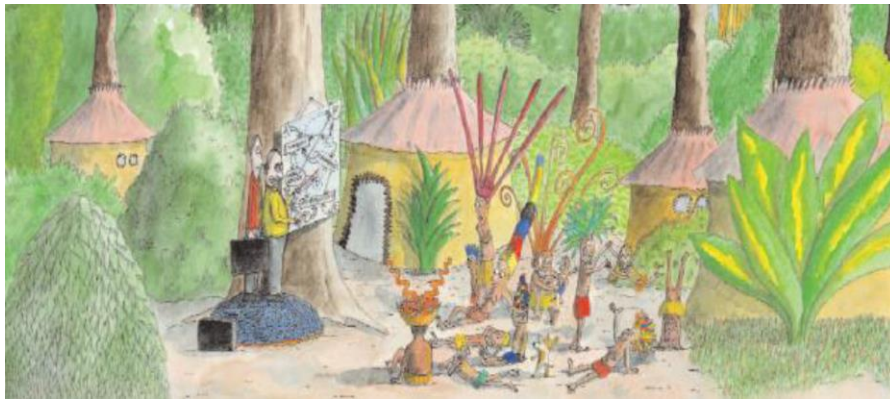
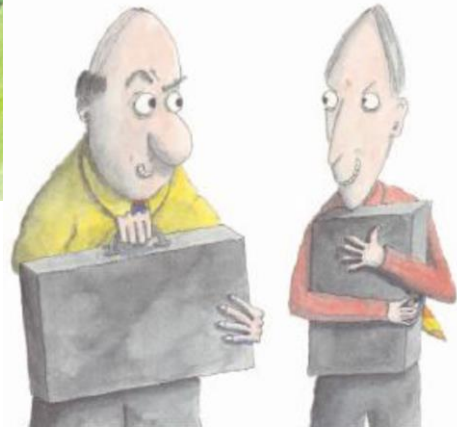


Resultó que la vida de esta gente, a su peculiar modo y manera...



Ya era sostenible.

Así que lo único que podíamos llevarles era...  
DESARROLLO



Empezamos por el Desarrollo Comunitario Participativo. Pero ellos participaban más bien poco...



Probamos con actividades generadoras de ingresos...  
Pero algunos parecen contentarse con menos de 1 dólar al día.

Tratamos incluso de darles poder...

...pero su reacción fue más poderosa de lo que esperábamos.

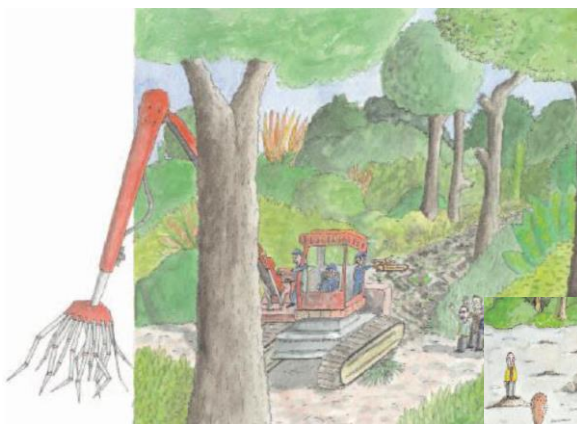




Construcción en Cooperación al Desarrollo.  
Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.



Así que decidimos optar por un Enfoque Interdisciplinario Integrado por Múltiples Accionistas.

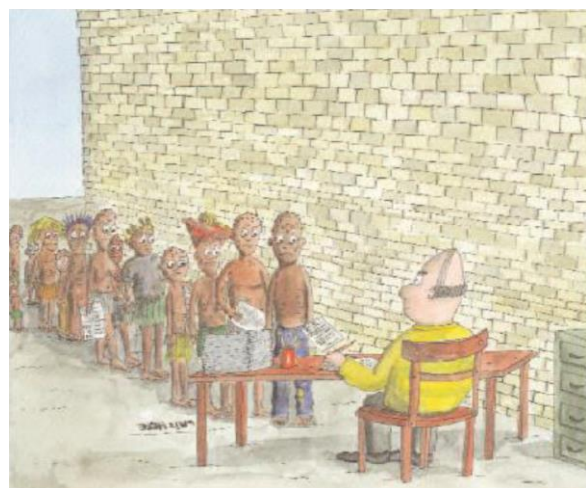


Desarrollamos innovadores competencias con el sector privado.

Desarrollamos Competencias Profesionales adaptadas a una economía rotativa



Desarrollamos estrictas medidas de conservación para evitar más daños al entorno.



Y desarrollamos ambiciosas Redes de Protección Social: para quienes no eran capaces de cuidar de sí mismos.

**El proceso ha supuesto un reto en el que hemos aprendido muchas lecciones.**



Estamos deseosos de aplicarlas en otros lugares en un futuro muy cercano.

Pero por ahora permítannos sólo decirles:

## ¡BIENVENIDOS A LA ALDEA GLOBAL!<sup>9</sup>

A pesar de que la historia anterior pueda parecer un poco exagerada, nos hace ver que los seres humanos –aunque hayamos nacido en lugares del mundo totalmente opuestos- si solamente conocemos la realidad en la que vivimos y nos encontramos a gusto viviendo en ella; acaba siendo muy fácil pensar que todo el mundo debería vivir así y, por lo tanto, -como se muestra en la historia anterior- pretender imponer un modo de vida y de organización por considerarlo superior. Sin embargo, si estuviéramos dispuestos a ensanchar la visión y la mente; a entender otras partes y realidades del mundo; conoceríamos muchas realidades -no sólo la nuestra- y tendríamos mucha más información para llevar a cabo –si realmente son necesarias- operaciones de cooperación más integradas con los pueblos.

“Nuestra colonización fue sobre todo una empresa comercial. Nuestros colonizadores no tuvieron –y difícilmente podrían haberla tenido- intención de crear en la nueva tierra recién descubierta una civilización. Les interesaba la explotación comercial de la tierra. (...) Su intención preponderante era realmente la de explotarla, la de permanecer sobre ella, no la de permanecer en ella y con ella, integrados”.<sup>10</sup>

Por ello, la cooperación al desarrollo siempre debe ir acompañada de una “educación para el desarrollo” que nos permita comprender las interrelaciones económicas, políticas, sociales y culturales entre los dos hemisferios -Norte y Sur- de tal modo, que se promuevan valores y actitudes de solidaridad, de justicia social y de búsqueda de vías posibles de acción con las que alcanzar un desarrollo humano con el pueblo; no sobre él.

<sup>9</sup> Ginzburg, O., *Allá vamos, otra vez*, Hungry Man Books, 2005.

<sup>10</sup> Freire, P., *Educación como práctica de la libertad*. Siglo XXI, 1969, p.35-36.

## 2.4 Habitabilidad Básica<sup>11</sup>

La habitabilidad básica es la satisfacción de las necesidades fundamentales de habitabilidad de todos los seres humanos; es una esperanza de mejora y progreso paulatino de las condiciones elementales de vida que se opone a todas las hipotecas de futuro.

Es la que colma las necesidades esenciales de cobijo que tenemos todas las personas. Su satisfacción requiere que se cubran las urgencias residenciales del vivir: no sólo las que conciernen al mero cobijo individual, sino también a los espacios públicos, infraestructuras y servicios elementales que constituyen, en conjunto, un asentamiento propicio para la vida digna.

Alrededor de 900 millones de seres humanos viven en el mundo en tugurios (*slum* en inglés); que son asentamientos donde la gente vive en condiciones precarias de habitabilidad en las que los habitantes no se poseen algunas de las siguientes facilidades:

- agua potable a menos de 250 metros,
- sistema de saneamiento básico,
- condiciones de accesibilidad seguras,
- durabilidad de la vivienda,
- área suficiente para vivir cómodamente sin hacinarse
- y donde muchas veces ni siquiera poseen un título de propiedad, es decir, tenencia segura.

El mundo está rodeado de tugurios sobre todo cuando se sale de los recintos más turísticos. Las siguientes imágenes muestran dos ejemplos de tugurios como son las favelas en Brasil (fig. 1) y en Nairobi, Kenia (fig. 2) que además muestra las enormes desigualdades que ocurren en las ciudades.



Figura 1: Favela en Río de Janeiro



Figura 2: Gueto de Caracas

Sin habitabilidad básica no hay desarrollo humano; sin cobijo mínimo, sin acceso a los servicios más indispensables, se puede ser “superviviente”, pero no “ciudadano de pleno derecho”. Habitabilidad básica la necesitan todos los seres humanos sin excepción y la necesitan durante toda la vida (desde el parto hasta la defunción). Se trata de una de las servidumbres más cosmopolitas e intensamente utilizadas de cuantas requiere la humanidad... pero ciertamente,... la “vivienda” no es la primera prioridad de los indigentes del mundo.

<sup>11</sup> Salas Serrano, J. *Cooperación para el desarrollo en Habitabilidad Básica: Contra el hambre de viviendas*. Seminario CIUDAD INFORMAL. Reflexiones sobre experiencias de cooperación internacional. Valencia, ETSAV-UPV 05 mayo 2016.



En las intervenciones de cooperación al desarrollo en lo que concierne a temas de habitabilidad básica, es necesario invertir hasta cierto punto el modo de actuar, intervenir y organizar el proceso, para ello hay que hablar de:

#### FORMALIDAD → INFORMALIDAD

De informalidad en lugar de formalidad, ya que muchos de los proyectos que se realizan están orientados a satisfacer necesidades básicas del ser humano y mejora de las condiciones, pero no a ofrecer todas y cada una de las facilidades de que disfrutamos en occidente.

#### PRODUCTO → PROCESO

De proceso en lugar de producto, ya que no se trata de entregar directamente las llaves de la vivienda o el producto final, sino de empoderar a la gente, compartir conocimientos con ellos y de buscar la solución a problemas sociales.

#### CIUDAD → BARRIO

De intervención en barrios en lugar de en toda la ciudad, ya que muchas de las ciudades no han sido planificadas previamente y no se puede pretender con presupuestos tan ajustados operaciones de envergadura tan grande.

#### PROYECTO → PRESUPUESTO

De comenzar desde el presupuesto y no desde el proyecto; algo que no se enseña mucho en las facultades de arquitectura de occidente.

#### EMPRESAS CONSTRUCTORAS → AUTOCONSTRUCCIÓN ORGANIZADA ó MIXTO

#### HACER “PARA” → HACER “CON”

De un proceso de autoconstrucción y no de empresas constructoras a las que contratar para entregar la obra acaba, sino de un proceso de autoconstrucción en el que participen y se involucren todos, para que se sientan identificados con su trabajo y capacitados. También, mediante acuerdos con empresas comprometidas socialmente, se pueden aprovechar las ventajas de la industria, que junto con el proceso participativo se puede conseguir muy buen resultado.

#### CONSTRUCCIÓN ACABADA → CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL

De construcción incremental o “vivienda semilla” y no de construcción acabada, para que las familias según se vaya incrementando su nivel adquisitivo, tengan la posibilidad de incrementar su vivienda.

#### USO PRIVADO → USO PÚBLICO

Priorizar el uso público antes que lo privado, siguiendo la máxima: “mejor lo poco para muchos que lo mucho para pocos”.

“Lo importante no es lo que la vivienda ES sino lo que la vivienda HACE para sus usuarios”.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Turner, J. *Vivienda todo el poder para los usuarios*. Ediciones Blume. 1977. P.115.

Construcción en Cooperación al Desarrollo.

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

---



### 3. Arquitectura y clima

#### 3.1 Introducción

En cualquier edificio se puede actuar desde el diseño sobre los parámetros ambientales que resultarán finalmente en el interior arquitectónico. La actuación normal y lógica es proyectar edificios en los que las condiciones térmicas interiores sean más agradables que las exteriores, pero por desgracia muchos de los edificios actuales –por si solos y sin ayuda mecánica- se puede afirmar de ellos que “funcionan peor que el clima”.

El mundo actual de la arquitectura aparece movido por una motivación estética muy fuerte y tratan su relación con el entorno como una relación de oposición. Los edificios aparentan el mismo funcionamiento de siempre solo que rellenos de tubos y conducciones en su interior; crean así un ambiente totalmente artificial que actúa como barrera ante los agentes climáticos. Esto conlleva un gasto energético excesivo con sus consiguientes repercusiones medioambientales y una dependencia completa en un sistema tecnológico que a la mínima avería crea un espacio inconfortable e incontrolable por los usuarios; coartando su libertad de actuación. Por el contrario, la arquitectura debería librarse de la forma de pensar que sólo nos permite trabajar con la geometría y sus formas; e incorporar al mismo tiempo el concepto de espacio energético en armonía y convivencia con un medio ambiente.

La antigua ciencia china del Feng Shui –viento y agua- estudia el hábitat humano y su relación con el lugar, apoyándose en su topografía e hidrografía, pero también evalúa conceptos muchos menos perceptibles como los espirituales, donde se estudia la armonía con el universo y la energía -presente en todo-. La sabiduría del Feng Shui radica en la buena elección del emplazamiento y adecuada disposición de los espacios en el lugar; un lugar se evalúa a través de las acciones y flujos energéticos que se establecen entre la tierra y el cielo y hacen que un lugar sea agradable o desagradable. En definitiva, lo que el Feng Shui nos enseña es a alinearnos con los fenómenos naturales e interfluir con ellos. De acuerdo con esto, el ser humano actual ha perdido la sensibilidad hacia estas influencias naturales.

La arquitectura actual ignora aquello que no puede medir, lo cual resulta muy peligroso porque no valora “el todo”. Por el contrario, todos los elementos que intervienen en el ambiente arquitectónico deberían ser valorados, aunque no necesariamente parametrizados con exactitud. De este modo, los resultados serían más apropiados que los que obtendríamos si nos olvidáramos del fenómeno. Con respecto a la cuestión de estética, merece la pena mencionar que algunas culturas niegan el concepto de “bonito o feo” y entienden que sólo existe lo “favorable o desfavorable”, pero nosotros creemos que con la estética podemos evaluar todo tipo de fenómenos que actúan sobre la arquitectura.

Si en su lugar intentáramos que la luz, el calor o el sonido resonaran armónicamente en el interior de los edificios desde la implantación en el lugar hasta en sus acabados, obtendríamos edificios mucho más sensibles e integrados tanto en su funcionamiento como en su implantación en el lugar.

## 3.2 Climas

Con frecuencia se puede observar un error que la gente suele cometer al llegar a nuevas regiones, y es construir la casa con la misma forma y materiales que en su lugar de origen aunque los climas sean totalmente distintos. De este modo, muchas casas pueden quedar demasiado calientes o frías al no adaptarse adecuadamente al clima. Para evitarlo, siempre será mejor observar el modo de construcción local de las viviendas, y así se podrá evitar el común error de importar diseños y materiales que no se adaptan a las condiciones locales. La vivienda debe responder al clima y no el clima a la casa.

### 3.2.1 Clima cálido y árido

Se da en las regiones con temperaturas muy altas durante el día y que bajan acusadamente durante la noche. Es el clima propio de las zonas cercanas al ecuador y en ellas, se da un intenso soleamiento y escasas precipitaciones y nebulosidad, lo que hace que la radiación solar directa predomine y sea necesario que se distinga entre espacios con sol y sombra. Además, al ser zonas muy áridas y con poca vegetación, los vientos predominantes suelen venir cargados con partículas de polvo. Así pues, la vivienda a construir en regiones de clima cálido-seco debería responder con las estrategias y características generales siguientes:

- Ubicar las viviendas en las partes bajas de las montañas donde se da un movimiento de aire más fuerte.
- Paredes gruesas o subterráneas, para obtener la máxima inercia térmica; retardando así la penetración del calor del día y el frío de la noche.
- Ventanas pequeñas, para evitar la entrada de polvo y controlar la entrada de luz solar.
- Techos con poca inclinación y transitables.
- Espacios interiores gran altura de suelo-techo para que el aire caliente permanezca en la parte superior.
- Casas muy juntas, para haya menos paredes expuestas al sol y se arrojen sombra entre ellas.
- Uso del patio, para ventilar los cuartos; generando un espacio protegido del sol que puede ser humedecido y refrescado con la presencia de agua.
- Materiales como piedra, adobe, tabicón y bloques. Materiales con gran inercia térmica que permitan almacenar el calor del día y soltarlo poco a poco durante las horas nocturnas en las que baja la temperatura considerablemente.



Figura 3: Ejemplo de viviendas en clima cálido-seco

### 3.2.2 Clima cálido y húmedo

En estas regiones las temperaturas son más moderadas y más constantes que en las desérticas. Las precipitaciones y la alta nebulosidad son frecuentes y la radiación aunque también es intensa, pero mucho más difusa que en regiones cálido-secas y la humedad siempre suele ser elevada. Es el clima característico de las zonas subtropicales marítimas y las estrategias y características generales a las que responde su arquitectura son:

- Ubicar las viviendas donde hay un movimiento constante de aire como en elevaciones o cerca de lomas.
- Paredes livianas, para que no conserven la humedad.
- Techos muy inclinados para evacuar rápidamente el agua de lluvia.
- Materiales como madera, bambú y zacates.
- Ventanas grandes, para mejorar la ventilación.
- Los edificios conviene que sean estrechos, alargados y separados unos de otros y del suelo para que pase mejor la brisa y refresque.
- Piso elevado sobre el suelo para evitar la humedad del terreno.
- Uso de corredores abiertos alrededor de la vivienda para protegerse de la lluvia.
- Las cubiertas se elevan y se proyectan con grandes aleros, de tal modo que los cerramientos verticales de los edificios queden protegidos de la radiación solar.



Figura 4: Ejemplo de viviendas en clima cálido-húmedo

### 3.2.3 Clima templado

Es el clima de las regiones donde se presentan acusados cambios en las condiciones climáticas a lo largo del año, como es el caso de las regiones de clima mediterráneo. La arquitectura de estos climas es más compleja debido a que tiene que adaptarse a distintos períodos climatológicos. Esta complejidad aumenta al presentarse condiciones de signo contrario en casi cualquier período del año: en invierno el frío puede venir seco o húmedo, y lo mismo en verano que el calor puede ser seco o húmedo. Las características y estrategias generales para la arquitectura de estos climas son:

- Ubicar las viviendas en áreas más abiertas al sol.
- Paredes gruesas para que no se pierda el calor de las habitaciones.
- Techos con inclinación mediana.
- Materiales: madera, adobe, tabiques, bloques, etc.



Figura 5: Ejemplo de vivienda en clima templado.

- Ventanas pequeñas al norte para protegerse de los vientos fríos y grandes al sur para aprovechar la radiación solar y que caliente los espacios.
- Aislar el suelo contra el frío del terreno.
- Incorporar soluciones y sistemas flexibles para adaptarse a las condiciones climáticas como: sistemas de sombreado móviles para controlar el acceso de la radiación solar; aislamientos móviles en las aberturas para permitir el aislamiento nocturno; etc.

### 3.2.4 Clima frío

En las regiones frías las temperaturas son bajas todo el año y especialmente en invierno. La radiación solar es muy baja y las precipitaciones son frecuentemente sólidas. En estas condiciones tan extremas, la humedad no se considera. Es el clima de las zonas con elevada altitud y cercanas a las zonas polares. Las formas arquitectónicas de estos climas guardan similitudes con las de clima cálido-seco y sus características principales son:

- Conservación del calor en su interior como principal objetivo.
- Edificios compactos.
- Aberturas pequeñas para evitar la pérdida de calor.
- Formas adaptadas que minimicen la acción de los vientos fríos sobre sus paredes.

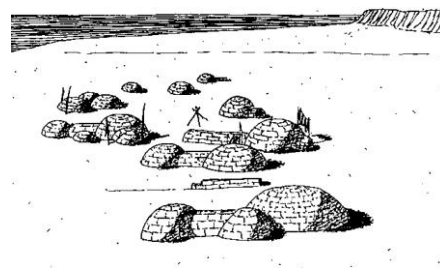


Figura 6: Ejemplo de refugio en clima frío

## 3.3 Estrategias climáticas

### 3.3.1 Topográficas

Las construcciones no deben situarse en los pies de las colinas puesto que son las zonas donde se acumula el agua de lluvia que baja de las ellas por gravedad (fig. 7). En su lugar, para evitar las inundaciones por lluvias, se deben ubicar en la ladera o en las partes más altas de las montañas y drenar bien el agua hacia la parte más baja donde están plantados los árboles (fig. 8). Esto se hará en zonas lluviosas, pero en zonas secas será lo contrario.

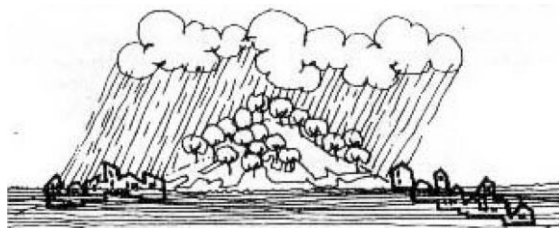


Figura 7: Inundación de casas de la parte baja

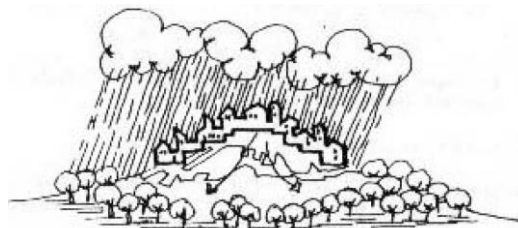


Figura 8: Casas protegidas de inundaciones

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

En zonas frías hay que ubicar el pueblo de tal forma que el sol caliente las viviendas durante el día aprovechando toda la radiación solar posible (fig. 9). Además, esta ubicación servirá para protegerse de los vientos fríos, ya que la colina formará una barrera natural contra el frío traído por el viento (fig. 10).

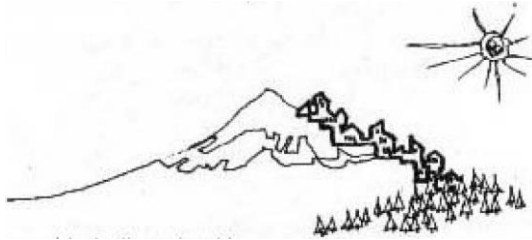


Figura 9: Rayos de sol calientan el pueblo

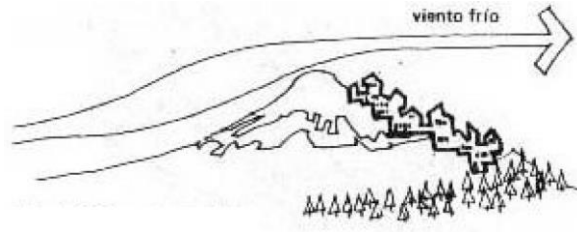


Figura 10: Pueblo queda protegido del frío viento

En zonas cálidas el pueblo se ubica en el otro lado de la colina buscando el mayor número de horas posibles de sombra durante el día (fig. 11). Situándole en esta parte el pueblo también recibirá el máximo aporte de brisa fresca (fig. 12).



Figura 11: Pueblo queda en sombra

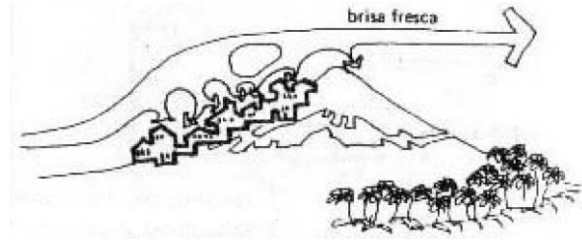


Figura 12: Brisa refresca los espacios interiores

### 3.3.2 De ordenación

En zonas cálidas y húmedas si se pretende que el viento refresque y ventile lo máximo posible se puede colocar un edificio alto para que haga rebotar al viento, enfriando así las viviendas situadas a menor altura (fig. 13). Por el contrario, en zonas frías el viento no sólo trae aire frío sino que además saca el calor de los espacios interiores. Para protegerse de él, un edificio alto actuará como barrera; permitiendo que los vientos pasen por encima de las casas a menor altura (fig. 14).

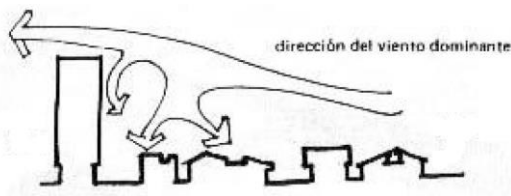


Figura 13: Viento revota y enfría las viviendas

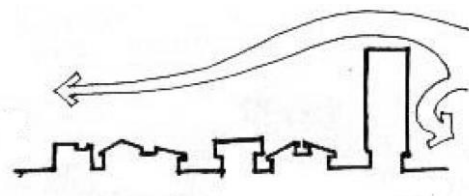


Figura 14: Edificio alto protege del viento

No se debe ordenar las viviendas como en la foto de la izquierda, ya que una hilera de viviendas actuará de barrera, impidiendo la ventilación de las demás hileras. Por el contrario, el trazado de las calles principales deberá hacerse en la dirección de los vientos dominantes (fig. 16) permitiendo así la adecuada ventilación.

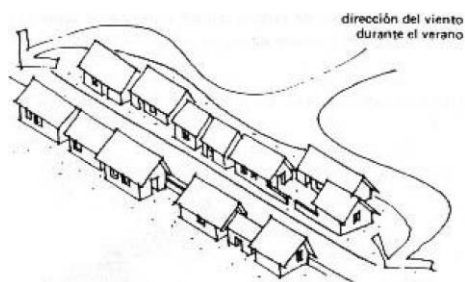


Figura 15: Mala orientación para ventilación

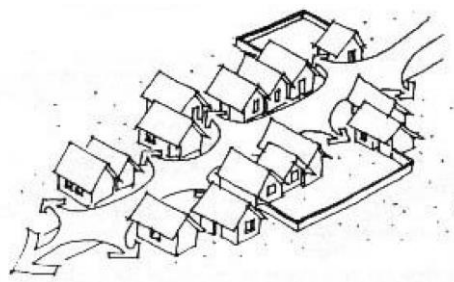


Figura 16: Buena orientación para ventilación

Las parcelas en zonas húmedas conviene que tengan un frente ancho para mejorar la ventilación; las viviendas conviene que estén aisladas y con jardín a su alrededor para que el aire circule y ventile bien cada una de las estancias interiores (fig. 17). Por el contrario, en zonas cálidas las parcelas serán más estrechas y largas, juntando las paredes para reducir la incidencia de los rayos solares sobre las viviendas; el jardín en patio interior servirá para ventilar y que el aire llegue más fresco. La parte trasera podrá ser utilizada para alargar las viviendas (fig. 18).

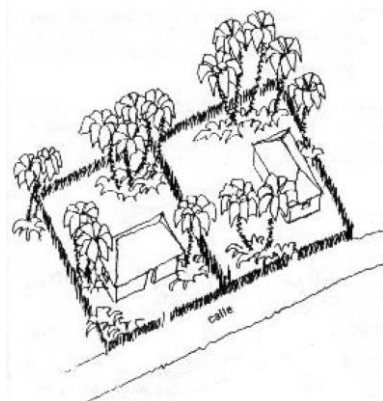


Figura 17: Lotificación y disposición en clima cálido-húmedo

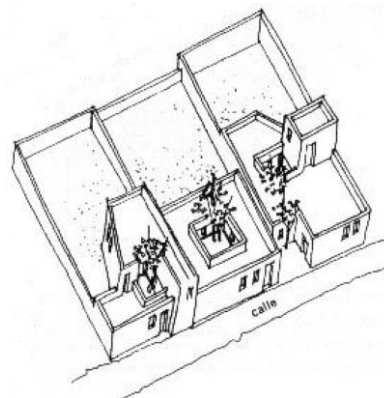


Figura 18: Lotificación y disposición en clima cálido-seco

### 3.3.3 Barreras



Figura 19: Barrera de masa arbórea

El “microclima de un lugar” puede ser igual o más importante que el clima general de una determinada región. En él las condiciones pueden variar en gran medida con respecto a las generales de la zona. Por ejemplo: el hecho de que una pendiente sea a sur o a norte puede significar una variación de temperatura de 3 °C; una masa de árboles que sirve de barrera de protección contra el viento o una reserva de agua que humedece el aire pueden generar un microclima nada parecido al existente unos metros más allá. De esta forma y otras sutiles intervenciones, se pueden mejorar las condiciones respecto a las generales de la zona.

El sol atraviesa el aire y calienta la tierra, cediendo parte de su calor al aire de ella. De este modo, en los lugares donde el sol incide directamente, el aire resultante será más cálido y generará variaciones térmicas con respecto a las zonas en sombra (fig. 20).

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

En tiempo cálido, la regla general es la de detener la radiación lo antes posible: un árbol mejor que una enredadera; una persiana exterior mejor que una interior; una doble piel con cámara de aire mejor que encalar la superficie, pero una superficie blanca será mejor que un aislamiento interior.

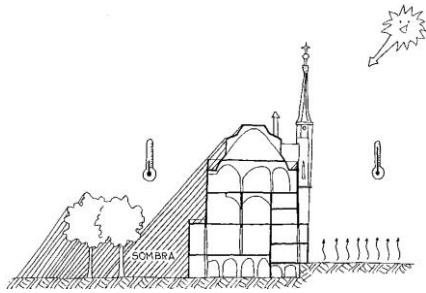


Figura 20: Diferencia de temperatura entre zonas en sombra y con sol directo

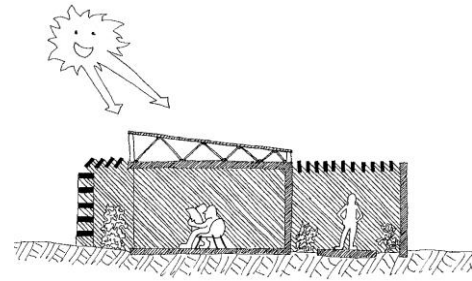


Figura 21: Detención de la radiación lo antes posible mediante lamas.

El terreno si está asfaltado o pavimentado recibe directamente la radiación y se calienta, absorbiendo parte de ella y reflejando otra que reciben los edificios, calentando los espacios interiores a su vez; este tipo de radiación se denomina radiación no visible y es la que se da en superficies calentadas previamente por el sol (fig. 22). Por el contrario, si en lugar de ello tenemos césped o vegetación, toda la radiación solar será absorbida completamente sin que haya reflexión (fig. 23)

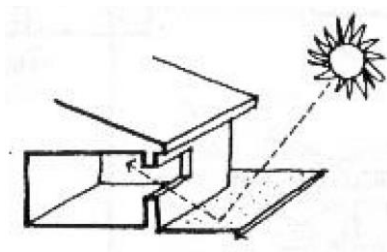


Figura 22: Incidencia sobre pavimento

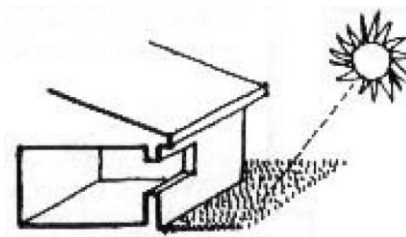


Figura 23: Incidencia sobre vegetación

Lo mismo ocurre con el reflejo de la radiación solar en los edificios, llegando hasta otros y calentando sus muros y espacios interiores (fig. 24). Por el contrario, si en su lugar hay un árbol, la radiación será absorbida completamente por este (fig. 25).

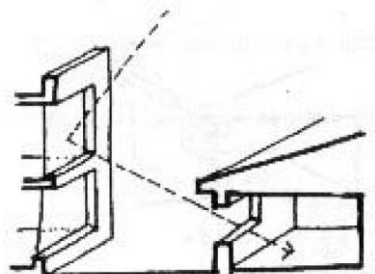


Figura 24: Vidrio refleja la luz

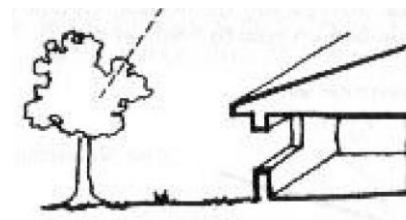


Figura 25: Árbol absorbe la luz

El viento dependiendo de su procedencia podrá ser más cálido o más frío, más seco o más húmedo; alterando las condiciones anteriores. El viento puede ser desviado por obstáculos naturales o artificiales impidiendo su movimiento fluido. La acción mayor o menor del viento podrá determinar un microclima diferente en cada lugar específico.

El sol y el viento actuando conjuntamente provocan la variación microclimática de los siguientes parámetros: temperatura del aire, radiación, humedad y velocidad del aire. Estos parámetros actuando conjuntamente son las que definen la sensación de comodidad que tendrán las personas y el comportamiento de cada edificio en el microclima donde se ubiquen.

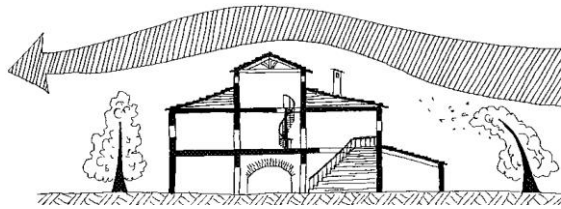


Figura 26: Desviación del viento con árboles

El viento influye sobre los cerramientos de los edificios incrementando las pérdidas de calor de interior a exterior, al mismo tiempo que se introduce a través de aberturas y rendijas, generando movimientos y renovaciones del aire interior.

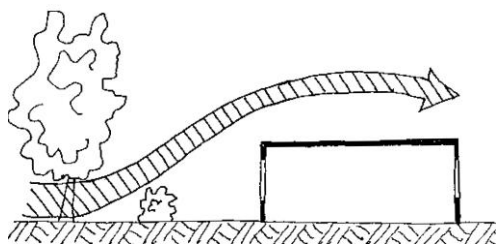


Figura 27: Desviación del viento con árboles y arbustos

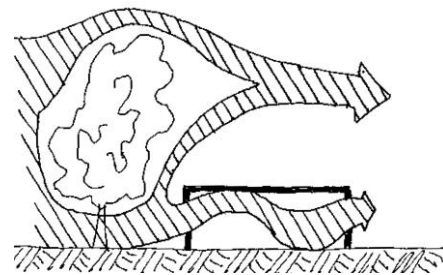


Figura 28: Desviación y control del viento para ventilación

El efecto sobre los cerramientos de los flujos de aire se puede alterar si se colocan barreras vegetales que retarden o eviten la incidencia directa de los vientos predominantes. Con cualquiera de las barreras de las figuras debajo de este párrafo la intensidad del viento se reduce a la mitad hasta una distancia de diez o quince veces la altura de la barrera. Por ello, habrá que tener en cuenta la distancia a la que se encuentren estas barreras del edificio y su altura y la forma de estas.

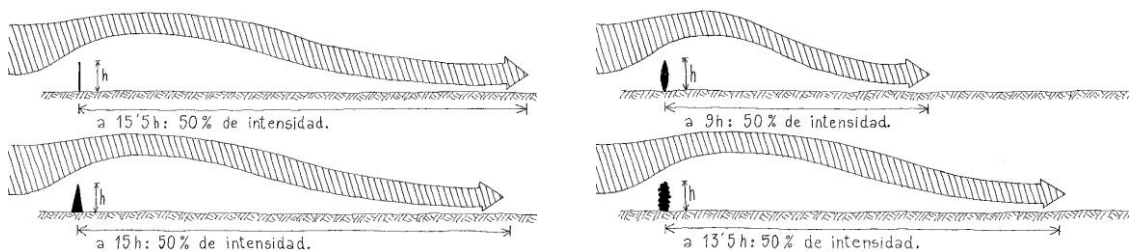


Figura 29: Control de distancias, alturas y formas para desviar el viento



### 3.3.4 Forma

Las viviendas deberían ubicarse de tal manera que no calienten las unas a las otras a través de la reflexión de los rayos solares. Si los rayos de sol llegan a una fachada de vidrio, estos son reflejados y llegan a otras edificaciones y al asfalto de las calles. El asfalto además absorbe el que le llega directamente del sol y lo irradia a la gente. Los techos planos también reflejan a su vez los rayos hacia otros edificios y calienta sus espacios interiores. (Fig. izq)

Se trata de buscar cómo evitar el calor excesivo causado por el sol. Y a su vez, evitar el uso de ventiladores por ser muy caros y requerir un alto consumo energético. Para ello, hay que saber por dónde no puede entrar el calor y en caso de que entre, hay que pensar cómo puede salir; teniendo muy en cuenta que el aire caliente siempre sube por ser menos denso. Si los rayos se proyectan sobre una fachada irregular, entonces la fachada se da sombra ella misma. Para mantener el asfalto a baja temperatura, conviene plantar árboles para que absorban los rayos solares. Por último, si las pendientes de las cubiertas varían, entonces se producirá una reflexión irregular y las partes más elevadas darán sombra a las más bajas. (Fig. 31).

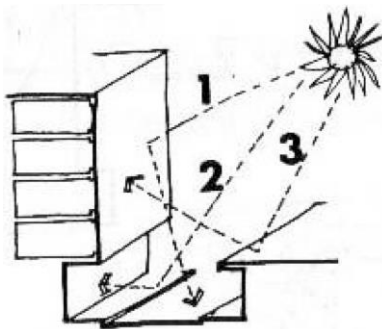


Figura 30: Unas casas calientan a otras mediante la reflexión solar

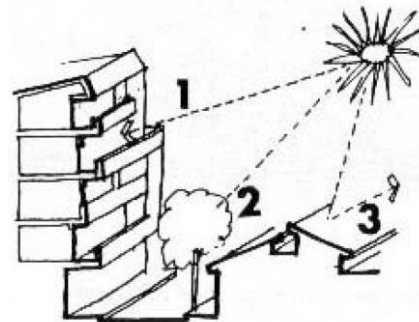


Figura 31: Parte más elevadas dan sombra a las bajas

Si lo que se pretende es que la brisa refresque los espacios interiores, no se deben diseñar los edificios con grandes planos puesto que el viento pasará por los edificios apenas sin tocarlos (fig. 32). Por el contrario, el viento tiene que poder entrar por los huecos que crean los balcones y demás salientes de la fachada; obligar al viento a dar vueltas y que refresque así las fachadas y los techos (fig 33).



Figura 32: Viento pasa casi sin refrescar

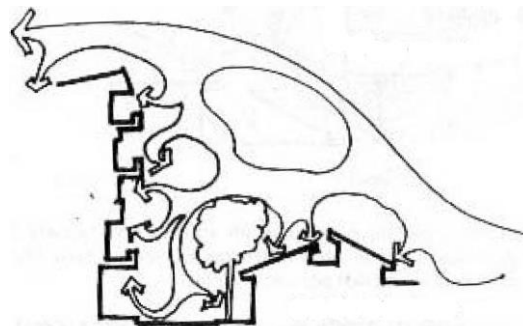


Figura 33: Viento pasa y refresca

Si el viento resulta ser un problema y, por tanto, un factor del cual protegerse, entonces habrá que conocer bien cuál es la orientación más crítica para darla la espalda y mirar todo lo posible hacia las orientaciones más favorables. Una estrategia es distribuir las habitaciones principales hacia los vientos agradables o darlas la orientación solar adecuada. La sección del edificio también será esencial para adaptar la arquitectura a la presencia del viento; como nos muestra la arquitectura popular.

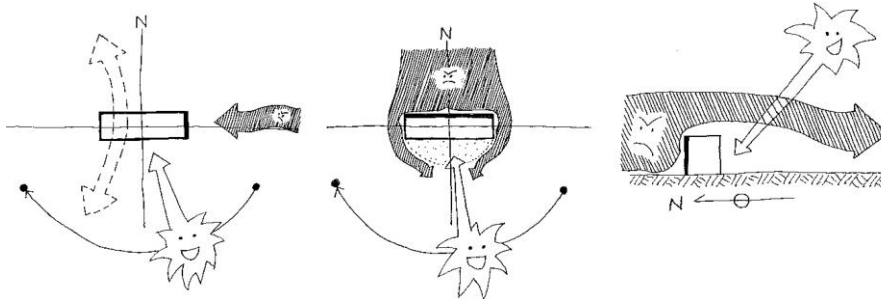


Figura 34: Orientación y distribución según orientación más crítica

Si se trata de edificar en zonas fácilmente inundables o suelos fangosos, habría que construir la casa sobre postes. Sobre todo, en zonas no urbanizadas donde las calles no están pavimentadas ni poseen un drenaje adecuado (fig. izq). Una vez que se ha construido la calle y se haya construido un drenaje dejará de haber riesgos de inundaciones y la gente podrá construir más espacio si se decide cubrir la parte de abajo (fig. centro). Finalmente, cuando ya esté todo bien urbanizado y la familia tenga recursos suficientes, se podrá aumentar la vivienda construyendo hacia afuera (fig. der).

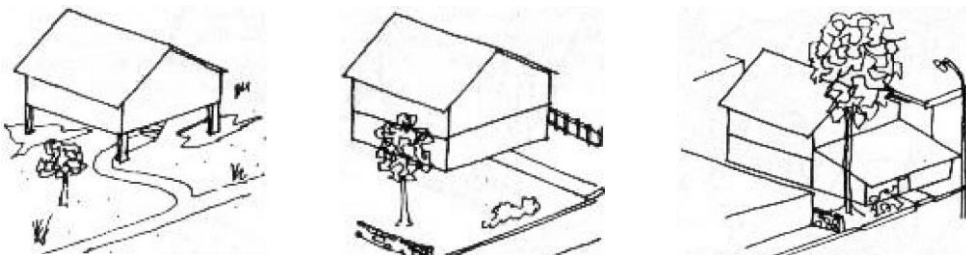


Figura 35: Vivienda incremental según se desarrolla la zona

### 3.3.5 Aberturas

La posibilidad de control del propio ambiente por parte de los usuarios amplía los márgenes de confort, a diferencia de los ambientes rígidos con cerramientos o muros cortina no practicables como en la figura de la derecha.

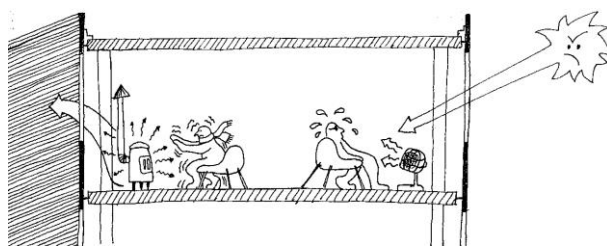


Figura 36: Ambiente rígido no controlable manualmente

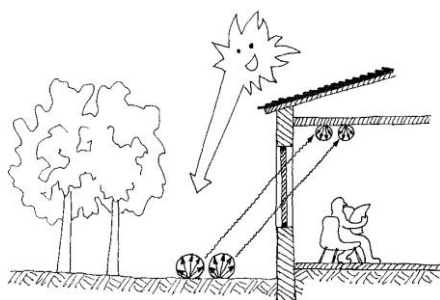


Figura 37: Lamas regulables

En tiempo cálido unas **lomas regulables** de color negro controlan la cantidad de luz que penetra al interior. Así, la única luz que entra es la reflejada por las superficies exteriores y que es proyectada sobre el cielorraso del local; este al ser de color blanco repartirá la luz por dicho local de manera difusa (fig 37).

Si se desea favorecer la ventilación siempre será conveniente situar las de salida en posición alta y las de entrada más baja. De esta manera, el viento más fresco penetra por las aberturas inferiores y el aire caliente sube hacia la parte más alta de los locales escapando por las aberturas superiores.

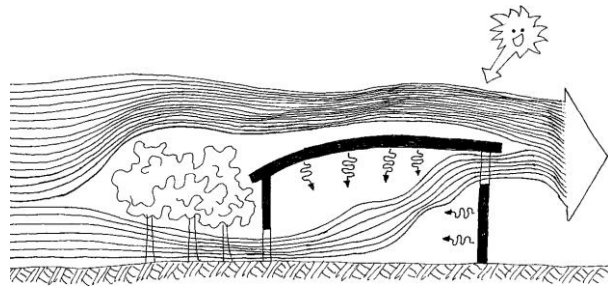


Figura 38: Aire caliente sube

Para las aberturas siempre será mejor usar ventanas que tengan más disposiciones para regular el flujo.

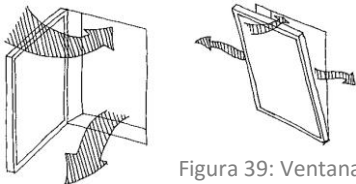


Figura 39: Ventanas reguladores de flujo

El sistema más sencillo de todos para mover y repartir bien el aire por los espacios interiores es la **ventilación cruzada**. Las aberturas para ello, se deben situar en fachadas que tengan condiciones de radiación o de exposición al viento distintas. Crean de 8 a 20 renovaciones hora.

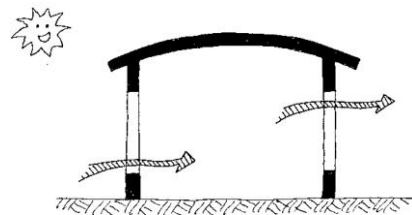


Figura 40: Ventilación cruzada

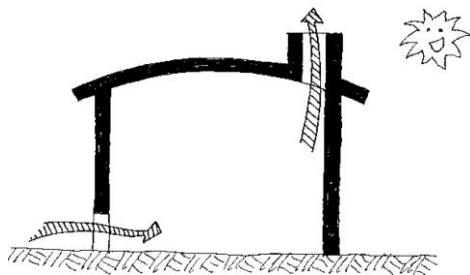


Figura 41: Efecto chimenea

El **efecto chimenea** funciona creando una abertura en la parte superior por donde se extrae el aire caliente que sube al ser menor denso. Para completar el sistema hay que añadir aberturas inferiores para que entre el aire frío. Este sistema no funciona muy bien para temperaturas exteriores altas. Crean de 4 a 8 renovaciones hora.

La **cámara o chimenea solar** funciona captando radiación solar en una cámara de aire cubierta con una superficie de color oscuro y protegida por una cubierta de cristal. El aire al calentarse, disminuye su densidad, entonces provoca un efecto de succión en las aberturas inferiores y extrae el aire hacia la cámara y esta, finalmente lo saca al exterior. La orientación de las cámaras será hacia donde se haya la máxima radiación solar directa. Crean de 5 a 10 renovaciones hora.

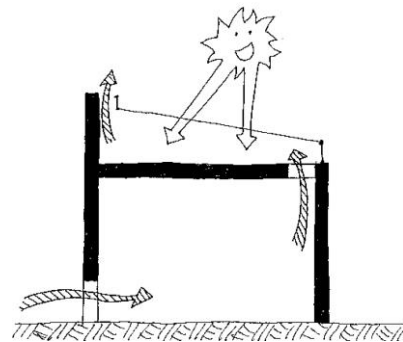


Figura 42: Cámara o chimenea solar



Figura 43: Aspiradores estáticos

Los **aspiradores estáticos** situados en la cubierta, por medio del efecto Venturi producen una succión del aire interior en el edificio. Este sistema de ventilación conviene para zonas templadas y cálidas, pero para que funciones correctamente debe de haber un viento constante. Crean más de 10 renovaciones hora.

Las **torres de viento** se elevan por encima de la cubierta hasta alcanzar una altura suficiente para captar el aire más intenso que se conduce hacia el interior de los locales mediante conductos. Es un sistema útil para climas cálidos, pero no genera una ventilación muy grande aunque se puede combinar con sistemas de tratamiento del aire y sistemas de extracción mencionados anteriormente. Crean de 3 a 6 renovaciones hora.

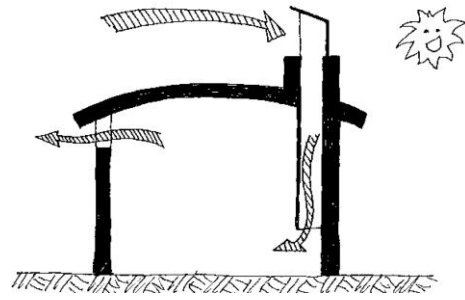


Figura 44: Torres de viento

De entre los sistemas de tratamiento de aire los más habituales son los que favorecen la evaporación del agua en la corriente de aire. La **refrigeración evaporativa** se basa en que un líquido al evaporarse por efecto de la radiación solar, enfría el aire y aumenta su contenido de vapor de agua; refrescando los ambientes interiores.

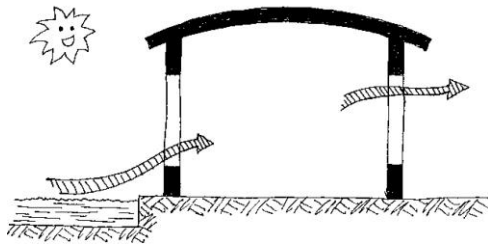


Figura 45: Refrigeración evaporativa

Las **torres evaporativas** tienen paredes humedecidas en contacto con el aire. La evaporación hace que el aire se enfríe y baje hacia los espacios interiores, aunque se trata de un efecto muy reducido, pero útil para tratar pequeños espacios.

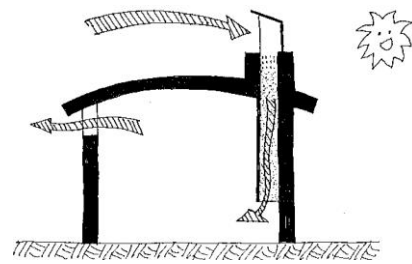
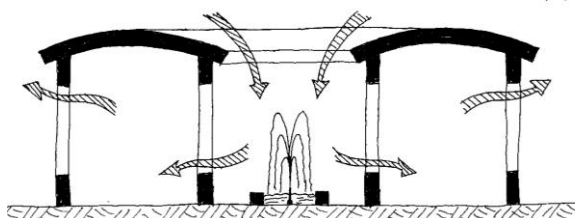


Figura 46: Torres evaporativas

Figura 47: Ventilación por patio



La **ventilación por patio** se utiliza para ventilar y tratar el aire. Se trata de un espacio abierto dentro de un volumen edificado que genera un microclima distinto al general de la zona ya que funciona como un filtro entre el exterior y el interior. Protege de la radiación solar directa, y si además existe vegetación bajará aún más la temperatura del aire. En el caso de la figura 47 la presencia de una fuente o estanque sirve también para reducir la temperatura del aire. Se suele utilizar en climas cálidos secos o templados.

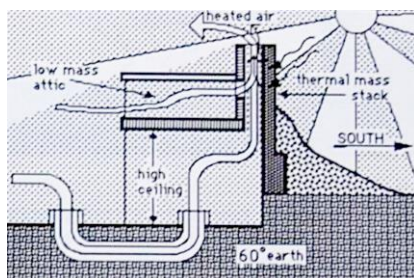


Figura 48: Ventilación subterránea

La **ventilación subterránea** aprovecha la gran inercia del terreno, ya que la radiación solar no afecta a canalizaciones situadas a gran profundidad donde la temperatura es prácticamente constante durante todo el día. Así pues, mediante el contacto del aire de ventilación con el terreno se puede suministrar aire fresco cuando el tiempo es cálido.

**Como norma general siempre se debe prever sistemas flexibles para que los edificios se puedan adaptar a las variaciones climáticas.**

## 4. Construcción con tierra

### 4.1 Introducción

La enorme demanda actual de viviendas en muchos países en vías de desarrollo no ha podido o no está queriendo ser resuelta por las enormes capacidades productivas y financieras existentes. Los materiales modernos industrializados como el ladrillo, el hormigón y el acero no han sido empleados ni integrados del modo correcto para llevar a cabo el desarrollo. Así pues, sólo cabe recurrir al empleo de materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción -como la tierra y otras muchas técnicas tradicionales- para satisfacer las necesidades de hábitat mundiales.

La tierra ha sido el material predominante a lo largo de la historia tanto en zonas con clima cálido-árido como templados por ser el material de construcción natural más abundante en el Planeta que además; se puede obtener en el mismo lugar dónde se construye cuando se excavan los cimientos. Se puede afirmar que un tercio de los habitantes de la Tierra viven en la actualidad en viviendas construidas con tierra; de los cuales, más de la mitad viven en países en vías de desarrollo. Según Mariana Correia, actualmente entre el 15 y el 17% de la humanidad construye todavía con tierra.<sup>13</sup>

En la actualidad, el uso de la tierra como material de construcción requiere de un importante estudio previo que analice la técnica constructiva con tierra empleada tradicionalmente en cada zona, ya que se trata de una arquitectura vinculada al pasado. Si se tiene esto en cuenta, la construcción con tierra podrá suponer –junto con técnicas y tecnologías modernas- una alternativa al desarrollo dentro de un equilibrio social, económico y ecológico que satisfaga el derecho a la vivienda.

### 4.2 Historia

Las técnicas de construcción con tierra datan en torno al 10.000 a.C. Nacieron en los valles inferiores de los ríos Tigris y Éufrates, en torno al Nilo, el Indo y el río Amarillo. Todas las culturas y civilizaciones antiguas emplearon la tierra como material de construcción para viviendas, fortalezas y arquitectura religiosa. Las primeras bóvedas y cúpulas, los primeros arcos, los primeros edificios climáticos, las antiguas construcciones incombustibles o los ensayos iniciales antisísmicos fueron hechos con técnicas de construcción con tierra.

La Gran Muralla China fue construida hace 4000 años, y a pesar de que exteriormente este c de piedra, su capa interior está casi toda construida con tierra apisonada. En África la gran mayoría de las mezquitas se construyeron con tierra. En casi todas las culturas precolombinas existieron construcciones con adobe, así es el caso de México, Centroamérica, Sudáfrica... Durante la Edad Media la tierra fue utilizada en toda Europa con una gran variedad de técnicas constructivas. En la Edad Moderna fue muy utilizado el tapial, sobre todo en Francia donde François Cointeraux publicó en 1790 cuatro folletos sobre la “*terre pisé*” o

<sup>13</sup> Correia, M., *Conservation intervention in Earthen Heritage: Assessment and Significance of Faillure, Criteria, Conservation Theory and Strategies*, 2009. Oxford, Reino Unido: Oxford Brookes University.

tapial, y lo describió como el método de construcción con tierra más ventajoso. Fue a finales del siglo XIX y principios del XX, con el desarrollo de la industrialización cuando aparecieron los nuevos materiales y técnicas de construcción que junto con el desarrollo del transporte provocaron que la construcción con tierra empezase a ser vista como material pobre y de miseria.



Figura 49: Lugares de construcción con tierra y patrimonio de la humanidad.

Después de la Primera y Segunda Guerra Mundial con la devastación que se produjo en toda Europa y la escasez de recursos que hubo posteriormente, miles de personas se vieron obligadas a construir sus viviendas de tierra con las técnicas del adobe, muros entramados y tapial. Estas situaciones de guerras y escaseces provocaron el retorno a economías de autosubsistencia y, por tanto, también de economías en las que se practica la autoconstrucción a la cual siempre ha estado muy ligada la construcción con tierra.

En la actualidad, con la gran expansión de la industrialización a nivel global y los cambios continuos en tecnología, la construcción con tierra parece haber caído en el olvido. Pero al mismo tiempo que se han producido estos cambios, han surgido problemas medioambientales y necesidades de viviendas, a los cuáles el uso de la tierra como material de construcción y autoconstrucción sostenible puede responder perfectamente.

### 4.3 Valores de la construcción con tierra

De entre los valores que puede aportar la tierra a la situación actual del Planeta se encuentran: es un material económico por su enorme abundancia; es reciclable ya que en su derribo no genera escombros que enseguida llenan los vertederos municipales; es un regulador excelente de las variaciones de temperatura y humedad gracias a su gran inercia térmica; es antisísmico si se siguen las técnicas de construcción adecuadas para sismos; se integra perfectamente en el paisaje, dando como resultado una imagen muy armónica entre arquitectura y paisaje; su porosidad le otorga un comportamiento de aislante térmico y acústico, el cual aumenta si se mezcla con paja; es un material incombustible y no es atacado por los olores. Todas estas extraordinarias propiedades de la tierra permiten un ahorro considerable de combustibles fósiles para calefacción en invierno y acondicionamiento del aire en verano, además su proceso constructivo requiere hasta un 60% menos de agua que la necesaria para construir un edificio de hormigón.

Hoy en día los seres humanos nos hemos empezado a dar cuenta de lo importante que es cuidar nuestra propia casa común; este planeta azul que compartimos todos pero que al mismo tiempo degradamos y alteramos con nuestro insensato comportamiento. Por ello, es esencial adquirir una conciencia de desarrollo sostenible que nos permita reflexionar sobre la

arquitectura más allá de su valor estético para adquirir un compromiso crítico y moral sobre la supervivencia del planeta. Así pues, debemos remitirnos al Principio Tercero de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo que enuncia: *El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.*<sup>14</sup>

## 4.4 Propiedades de la tierra como material de construcción

### 4.4.1 Composición

La tierra es el producto resultante de la erosión que se da en las rocas de la corteza terrestre. Se trata principalmente de una mezcla de arcilla, limo y arena, aunque muchas veces también contiene otros agregados como grava y piedra. Los componentes minerales de la tierra se clasifican según el diámetro de sus partículas:

- $\varnothing$  menores de 0.002 mm para arcilla.
- $\varnothing$  entre 0.002-0.06 mm para limo.
- $\varnothing$  entre 0.06-2 mm para arena.
- $\varnothing$  mayores de 2 mm para gravas y piedras.



Figura 50: Componentes minerales de la tierra

La arcilla actuará como aglomerante pegando las partículas de limo, arena y resto de agregados, del mismo modo como lo hace el cemento para formar el hormigón. La proporción que se da en un suelo de arcilla, limo o arena será lo que nos permitirá hablar de sí una tierra es arcillosa, limosa o arenosa.

La **arcilla** es el resultado de la erosión del feldespato y otros minerales. El feldespato contiene óxido de aluminio, óxido de metálico y bióxido de silicio. Estos minerales que componen la arcilla suelen formar una estructura laminar hexagonal y cristalina. Estas láminas están formadas por diferentes láminas que se ordenan alrededor de un núcleo de silicio o aluminio. Los de núcleo de silicio están rodeados por átomos de oxígeno; y los de aluminio por grupos de hidróxidos. Las capas de óxido de silicio poseen una carga negativa más fuertes o cantidad de aniones mayor lo que se traduce en una alta cohesividad (resistencia a la tracción del barro en estado plástico). En cambio, la cantidad y tipo de cationes o carga positiva es lo que determinará la capacidad aglutinante y la resistencia a compresión.

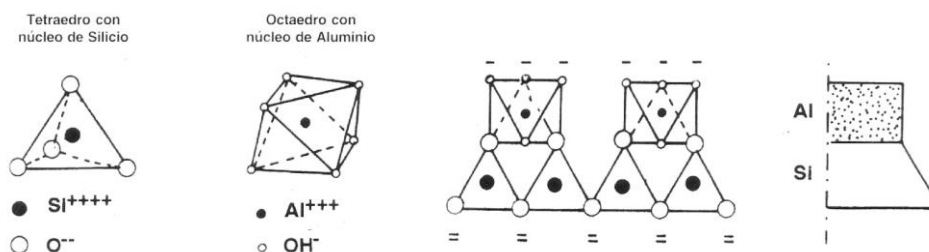


Figura 51: Estructura laminar de los minerales comunes de arcilla (según Houben, Guillard, 1984)

<sup>14</sup> Naciones Unidas. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1992). <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Por el contrario, las propiedades del **limo**, la **arena** y la **grava** son opuestas a las de la arcilla puesto que no poseen ninguna fuerza aglutinante y se comportan tan sólo como agregados o rellenos.

Hasta 40 cm de profundidad la tierra que se extrae contiene por lo general **materia orgánica y humus** (producto de la descomposición de las plantas); y la tierra para construcción no debería contener materia orgánica ni humus, aunque como excepción se pueden utilizar fibras vegetales como paja seca para la producción de adobes, revocos...

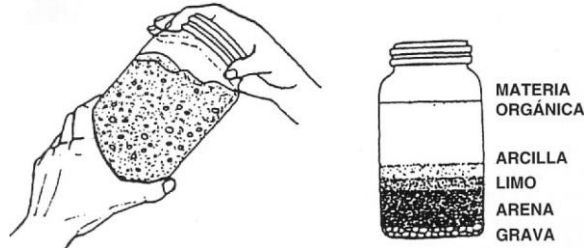
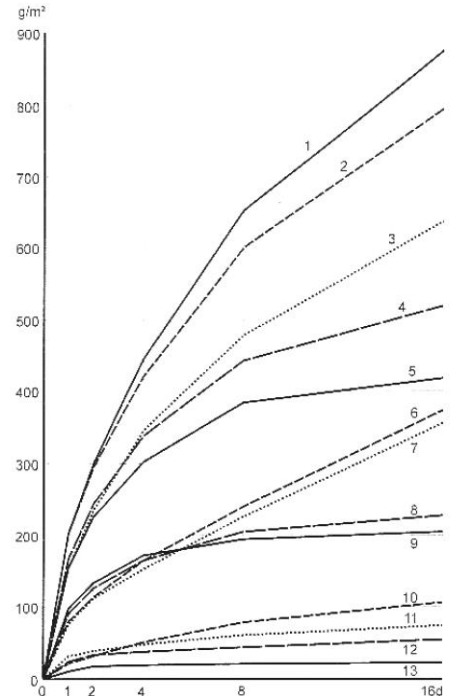


Figura 52: Ensayo de sedimentación: las partículas mayores se asientan en el fondo y las más finas arriba.

#### 4.4.2 Comportamiento ante el agua y el vapor

El **agua** es necesaria para activar las fuerzas aglutinantes del barro. Al humedecer la arcilla que se encuentra en estado seco, esta se expande deslizando el agua entre sus estructuras laminares, recubriéndolas todas con una fina película de agua. Si el agua se evapora la distancia interlaminar se reduce y las láminas aparecen unidas paralelamente gracias a sus fuerzas de atracción eléctricas. De este modo, la arcilla obtiene una fuerza aglutinante y resistencia a la compresión después del secado.

El **grado de porosidad** –volumen de todos los poros del barro- cuanto mayor sea, beneficiará la difusión del vapor y la resistencia a las heladas, además de aumentar su capacidad de aislante térmico y acústico. Cuanto más poroso sea un material más capacidad tendrá de absorber humedad del ambiente y desorberla, para ofrecer un correcto balance de humedad en los espacios interiores. El contenido de humedad en un ambiente interior no debería ser menor de 40% ni mayor de 70% y un material de construcción de barro como son los adobes, se ha demostrado que absorben 50 veces más humedad que la que absorben los ladrillos cocidos a altas temperaturas. Así pues, el barro suele mantener los espacios interiores perfectamente entre el rango de 40-70% de humedad del aire.



- |  |   |
|--|---|
| 1 Barro limoso 1800 kg/m <sup>3</sup>            | 8 Barro aligerado con arcilla expandida 750 kg/m <sup>3</sup> |
| 2 Barro arcilloso 1900 kg/m <sup>3</sup>         | 9 Ladrillo hueco 1500 kg/m <sup>3</sup>                       |
| 3 Barro con paja 1400 kg/m <sup>3</sup>          | 10 Ladrillo aligerado 800 kg/m <sup>3</sup>                   |
| 4 Barro aligerado con paja 700 kg/m <sup>3</sup> | 11 Ladrillo común 1800 kg/m <sup>3</sup>                      |
| 5 Barro aligerado con paja 550 kg/m <sup>3</sup> | 12 Piedra sílico calcárea 2200 kg/m <sup>3</sup>              |
| 6 Abeto 450 kg/m <sup>3</sup>                    | 13 Hormigón B15 2200 kg/m <sup>3</sup>                        |
| 7 Hormigón espumoso 400 kg/m <sup>3</sup>        |   |

Figura 53: Curvas absorción de un muro interior de 11.5 cm con ambas caras expuestas a una temperatura de 21°C después de un incremento de la humedad del aire de 50% a 80%.



La **expansión y retracción** del barro son procesos que se dan cuando entra en contacto directo con el agua perdiendo su estado sólido y secándose posteriormente. La simple absorción de humedad del aire por el contrario no da lugar a ninguna expansión, manteniendo su solidez y rigidez. Esta humedad que son capaces de absorber los materiales porosos como el barro, la almacenan y transportan desde regiones de mayor humedad hacia regiones de menor humedad a través de los vasos capilares.

Cuando el barro al secarse presenta fisuras se vuelve más vulnerable al congelamiento. Pero si no presenta fisuras y tiene una gran porosidad y poros suficientemente grandes, el agua que se congele dentro del barro tendrá suficiente espacio para expandirse, aumentando así su resistencia al congelamiento. Con respecto a la acción de la lluvia, un barro arenoso sin fisuras tiene menos resistencia a ella que un barro arcilloso sin fisuras, puesto que el alto contenido de arcilla hace que el barro sea más impermeable; sin embargo, el barro arenoso al ser más poroso que el arcilloso tiene más resistencia al congelamiento.

La **condensación** se produce cuando el aire se enfría y se deposita en el interior o exterior de los muros. Esta humedad que aparece reduce la capacidad de aislamiento térmico de los muros y puede provocar también la aparición de moho en ellos. Para evitarlo, es imprescindible que la humedad pueda ser transportada lo más rápido posible por la acción capilar hacia la superficie de los muros desde donde se pueda evaporar. Los materiales de construcción con barro poseen una alta capilaridad, por lo que resultan ventajosos con respecto a otros materiales. Si lo que se pretende es reducir las condensaciones en los muros lo que se debe hacer es aumentar la resistencia a la transmisión del vapor en la parte interior con respecto a la exterior. Y para aumentar la resistencia a la transferencia de calor habrá que aislar mejor la parte exterior del muro.

#### 4.4.3 Comportamiento ante el calor

Se suele creer que el barro es un buen material aislante térmico, pero realmente no puede demostrarse. Si el muro de tierra es macizo y sin ninguna clase de fibras vegetales o agregados livianos, su capacidad de aislamiento será prácticamente el mismo que el de un muro macizo de ladrillos cocidos. Cuanto más ligero y poroso sea un material mayor será su capacidad de almacenar aire por lo que su efecto de aislante térmico aumentará; pero cuanto más húmedo se encuentre el material, menor será su capacidad de aislamiento.

Un muro con una alta capacidad de almacenamiento crea un largo retraso de la penetración del calor y una disminución de la amplitud térmica, mientras que un muro con un alto aislamiento térmico solamente reduce la amplitud térmica.<sup>15</sup>

En zonas con un clima de gran amplitud térmica entre el día y la noche como en zonas desérticas, la capacidad térmica de los muros es una propiedad relevante para crear un clima interior confortable que se encuentre entre 17° y 25°C.

<sup>15</sup> Minke, G., *Manual de construcción en tierra*. Fin de siglo 1994, p.39.

Los gráficos de la derecha son el resultado de unos experimentos que realizó Hassan Fathy en El Cairo, Egipto. Se realizaron dos construcciones: una de barro compactado de 50 cm de espesor y bóvedas de bloques de barro y la otra con muros de hormigón prefabricado de 10 cm de espesor y con techo plano; ambas con el mismo volumen interior. Los resultados mostraron que cuando la amplitud térmica exterior era de 13°C, la temperatura interior en la vivienda de tierra variaba solamente 4°C y en la de hormigón 16°C. A las 4 de la tarde, en la vivienda de hormigón la temperatura interior era 5°C superior a la exterior, por el contrario, a esa misma hora, en la de tierra la temperatura era 5°C más baja que la exterior. El experimento mostró que si se tiene en cuenta el comportamiento climático y el precio de la construcción, la vivienda de tierra era la preferible a la de hormigón. La vivienda de tierra se adapta mucho mejor al clima, los materiales se pueden extraer del mismo terreno de la construcción y no requiere de mano de obra necesariamente especializada.

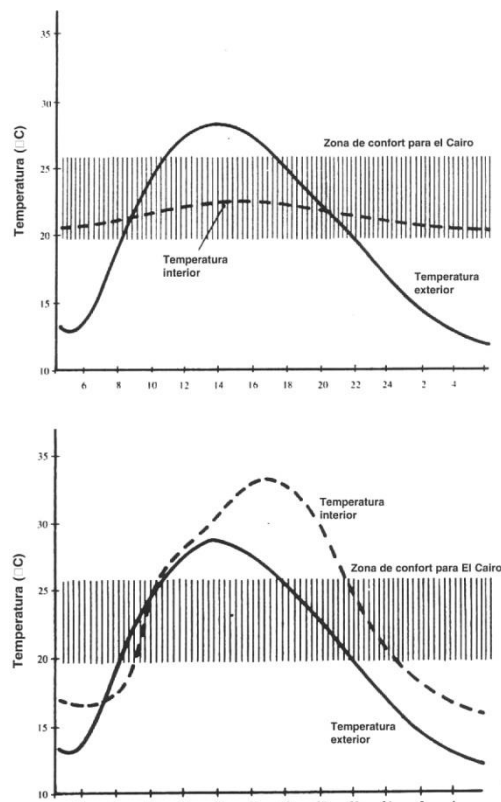


Figura 54: Comparación de temperaturas interiores y exteriores de una construcción de tierra (arriba) en relación a una construida con elementos prefabricados de hormigón (abajo) (Fathy, H. 1986)

El comportamiento del barro ante el fuego es muy favorable puesto que aunque contenga fibras vegetales como paja, se le considera incombustible si su densidad no es menor de 1700 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.4.4 Resistencia

La **resistencia a compresión** de los materiales de construcción con tierra varía mucho, dependiendo de su composición y técnica constructiva que se emplee. Depende de la calidad y tipo de arcilla, de la distribución granulométrica del limo, arena y resto de agregados, además de los métodos de preparación y compactación. Por ejemplo, la resistencia a compresión entre los adobes y el tapial puede variar de 5 a 50 kg/cm<sup>2</sup>.

Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>
1600	20
1900	30
2200	40

Figura 55: Relación peso específico y resistencia a compresión.

En las construcciones con tierra no deben aparecer esfuerzos de tracción, por lo que la **resistencia a tracción** no es algo relevante y que haya que medir, sino simplemente evitar.

La **resistencia a la flexión** en la construcción con tierra en estado seco es de poca importancia, tan sólo para establecer la calidad del mortero de barro y la rigidez de los bordes de los bloques de barro. Depende sobre todo del contenido de arcilla y del tipo de minerales de arcilla. La **adhesión** de los morteros de barro dependerá de la aspereza de la superficie de los bloques de barro y de la resistencia a flexión del mortero.

#### 4.4.5 Comparación de la tierra con los materiales industrializados

Entre las desventajas, cabe destacar las siguientes:

- **No es un material de construcción estandarizado** ya que su composición de arcilla, limo, arena dependerá de la zona donde haya sido extraído. Por ello, es imprescindible conocer la composición específica para saber sus características y modificarlas con aditivos en caso de que sea necesario.
- **Se contrae al secarse** debido a la evaporación del agua de amasado que es necesaria para activar la capacidad aglomerante de la arcilla. La retracción se puede reducir variando la composición de la tierra o mediante el empleo de aditivos.
- **No es impermeable.** Durante el período de construcción se debe proteger de la lluvia y heladas hasta que haya secado y endurecido. A las superficies también conviene darlas un revoco exterior impermeable y proteger con aleros.

Y las ventajas:

- **Regula la humedad ambiental** absorbiendo y liberándola más rápido y en mayor cantidad que cualquier otro material de construcción por lo que las condiciones de vida resultantes son más saludables.
- **Almacena calor** durante el día y lo libera durante la noche balanceando y regulando el clima interior.
- **Ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental** ya que prácticamente no produce contaminantes en comparación con otros materiales de construcción.
- **Es reutilizable.** Basta con triturar y humedecer el barro crudo de los escombros para volverlo a utilizar. Por ello, nunca contaminará el medio ambiente.
- **Economiza materiales de construcción y costos de transporte.** La tierra excavada de los cimientos también puede ser utilizada para la construcción y en el caso de que haya que transportarla, suele ser más económico que otros materiales industriales.
- **Es apropiado para autoconstrucción.** Las personas involucradas en la construcción no tienen por qué ser especialistas, basta con una persona experimentada que controle el proceso constructivo. Además, las herramientas son sencillas, de fácil uso y económicas, pero el tiempo requerido para la ejecución de la construcción es más trabajoso que con técnicas más modernas.
- **Preserva la madera y otros materiales orgánicos** manteniéndolos secos cuando se encuentra en contacto directo con ella. Esto es gracias al bajo equilibrio de humedad de 0,4 a 6% y a la alta capilaridad de la tierra; y los insectos y hongos atacan la madera cuando las condiciones de humedad son mayores del 14%, por lo que la madera queda protegida perfectamente.

## 4.5 Mejoramiento del comportamiento del barro

La estabilización del barro tiene como objetivo generalmente unir las partículas del hormigón de tierra entre sí, impedir la absorción de agua y evitar que se produzcan contracciones o variaciones volumétricas. Los aditivos que se decida añadir tendrán siempre por objeto la mejora de algunas características del barro, pero es necesario tener en cuenta que al mismo tiempo se pueden empeorar otras; como muestra la figura de la derecha con el ejemplo de un barro arenoso.

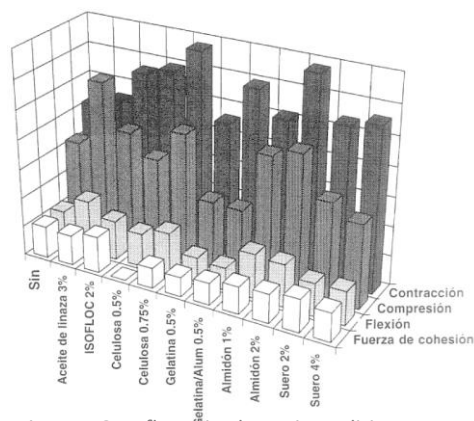


Figura 56: Influencia de varios aditivos en un barro arenoso

### 4.5.1 Reducción de fisuras provocadas por la retracción

Las fisuras que aparecen en las superficies debido a la retracción durante el secado deben evitarse puesto que si se exponen al agua de lluvia la erosión de los bloques de tierra aumenta rápidamente. El contenido de agua y la composición de la tierra determinarán la retracción durante el secado y la cantidad y tamaño de fisuras que aparezcan.

Una opción para reducir la retracción se basa en disminuir el porcentaje de arcilla total en la mezcla. Para ello, se puede añadir **arena** u otros **agregados** mayores a un barro.

Otra opción para reducir la retracción es añadir **fibras** animales como pelo animal o humano; o fibras vegetales como de coco, sisal, agave, bambú o paja. Las fibras provocan que parte del agua sea absorbida por sus poros. Además, también reducen la aparición de fisuras al aumentar la cohesividad de la mezcla. Actúan como un esqueleto interno que permite aumentar la resistencia inmediata de la tierra, pero disminuye ligeramente la resistencia final en seco; en cambio reduce las posibilidades contra la erosión de la lluvia y el viento. Esta técnica ha sido muy utilizada en gran parte de las arquitecturas tradicionales y representa la variante “pobre” de la estabilización.

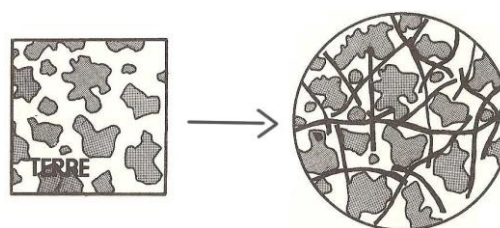


Figura 57: Estabilización por armazón.



Figura 58: Adobes secándose al aire.

Por último, **incrementar** el **tiempo** de secado y reducir las **dimensiones** resulta ser el método más simple para reducir las fisuras por retracción. En el caso de los adobes, es muy importante voltearlos verticalmente y protegerlos del sol y brisa directos para conseguir un secado homogéneo y lento.

#### 4.5.2 Estabilización por impermeabilización

Por lo general, a la tierra como material de construcción no es necesario añadirla estabilizadores contra el agua, siempre y cuando el edificio vaya a quedar protegido de la lluvia por aleros o ripias y de la humedad que pueda ascender desde el terreno o cimentación, con una barrera horizontal de impermeabilización. Si pueden ser útiles por el contrario para acabados exteriores expuestos al agua de lluvia como **revocos** de tierra. Una pintura puede servir de impermeabilizante, pero en la práctica suelen aparecer fisuras por donde puede penetrar el agua.

Uno de los materiales más utilizados para impermeabilizar es el **betún o bitumen** –más apropiado para barros con bajo contenido de arcilla-, que se presenta en forma líquida y es necesario mezclar con agua o con un solvente volátil. La estabilización que se realice, tan sólo requiere reducidas cantidades de esta mezcla; y el resultado será una tierra que conserva su cohesión, pero pierde plasticidad y desaparecen las indeseables variaciones de volumen. Después del secado, acaba aglutinando las partículas del barro y evita la penetración del agua en ellas. También se han utilizado otros estabilizadores minerales como el cemento, el silicato de sodio y la cal hidráulica; se preparan de forma análoga pero su eficacia es algo menor.

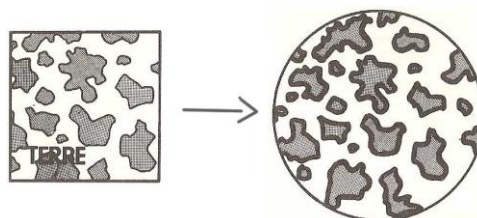


Figura 59: Estabilización por impermeabilización.

Entre los impermeabilizantes de procedencia animal se han utilizado a lo largo de la historia productos como la sangre de toro, orina, estiércol, caseína y cola animal; se han empleado como agentes aglutinantes, estabilizantes y resistentes a la abrasión, sobre todo para revocos tradicionales que hoy en día se siguen utilizando en algunas zonas. Mezclas de cal y estiércol o cal y suero han sido también muy utilizadas en la antigüedad como revocos de protección contra el agua.

De entre los estabilizantes vegetales contra el agua se pueden emplear savias de plantas aceitosas y con contenido de látex como sisal, agave, banano y *euphorbia herea* que si se combinan con cal tienen excelentes resultados como pintura impermeable.

#### 4.5.3 Aumento del aislamiento térmico

El aumento de la propiedad de aislamiento térmico de la tierra se consigue aumentando la porosidad de la mezcla y, por tanto, haciéndola más ligera. Para ello, se añaden aditivos porosos como paja, algas marinas, corcho y otras fibras vegetales livianas; también partículas minerales porosas como piedra pómez, lava, arcilla expandida, vidrio expandido, perlita expandida o partículas vegetales porosas como el corcho expandido; y finalmente, desechos como aserrín, virutas de madera o cáscara de granos. Si al barro se le añaden alguno de estos agregados livianos se le pasa a llamar barro alivianado; siempre que su densidad en estado seco sea menor de  $1200 \text{ kg/m}^3$  (según Norma Alemana DIN 18951). La preparación de estos barros alivianados requiere una lechada rica en arcilla. Los más usados son:

El **barro alivianado con paja** en estado seco, su densidad debe ser menor de 1200 kg/m<sup>3</sup>. La paja que más conviene usar es la de cebada por ser más suave que el resto de pajas. Más importante que el tipo de paja, es la estructura de los tallos; cuanto más rígidos sean más costará deformarlos, por lo que mantendrán más aire encapsulado, aumentando así su capacidad de aislamiento térmico. Las grandes ventajas de su uso son el bajo costo de los materiales y lo propicio que es para la autoconstrucción por no requerir herramientas ni maquinaria especializada. Las desventajas son que: densidades menores de 700 kg/m<sup>3</sup> resultan ser muy bajas para fijar clavos, por lo que el revoque tendría que ser de doble capa y con algún refuerzo, lo cual es más laborioso; el trabajo con él resulta ser muy laborioso, resultando cuatro veces más lento el proceso de construcción que con mampostería de ladrillo; y finalmente, cuando secan se pueden provocar asentamientos verticales con aberturas en su parte superior (fig. 60) que deberían ser rellenadas posteriormente.

Figura 60: Asentamiento de un elemento de ensayo de barro alivianado con paja.



El **barro alivianado con agregados minerales** las densidades que alcanza varían entre 500 kg/m<sup>3</sup> y 1200 kg/m<sup>3</sup>. Cuando se construye con barro alivianado se suele producir una retracción desventajosa, pero esta puede ser anulada si se eligen las correctas proporciones de agregados minerales. Los agregados minerales aumentan la resistencia a la difusión del vapor por lo que reducen las posibilidades de condensación dentro del muro. Entre estos aditivos porosos cabe destacar: la arcilla expandida, el vidrio expandido, la perlita expandida, la lava expandida y la piedra pómez. Algunos de ellos como la arcilla expandida es un material de muy bajo costo en países industrializados, y funciona muy bien al cerrar sus poros y no permitir la entrada de agua.

Una de las ventajas del barro alivianado con minerales es que se puede producir y mezclar fácilmente en una hormigonera común. Su aislamiento térmico depende sobre todo de su densidad y cuando esta es mayor de 600 kg/m<sup>3</sup> resulta ser la misma que la del barro alivianado con paja; pero cuando la densidad es menor de 600 kg/m<sup>3</sup> resulta ser mejor que la del barro alivianado con paja puesto que la paja tiene un contenido de equilibrio de humedad más alto, lo que conlleva más humedad y, por tanto, se reduce su aislamiento.

La ventaja del **barro alivianado con corcho** expandido es su baja densidad, pero tiene un costo bastante alto y baja resistencia a compresión, por ello en los bordes de los bloques suelen aparecer importantes fisuras.

El **barro alivianado con madera** (aserrín, virutas, chips de madera...), al tener mayor densidad la madera que el corcho y la paja, su aislamiento térmico es menor. Su densidad mínima es 500 kg/m<sup>3</sup> aproximadamente, pero pierde mucha rigidez con ella, por lo que no es aconsejable. También puede aparecer moho y putrefacción, aunque el riesgo es menor que con paja.

#### 4.5.4 Aumento de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión del barro utilizado en construcción debe poseer de 20 a 50 kg/cm<sup>2</sup> (2 a 5 N/mm<sup>2</sup>). Dependerá principalmente de la distribución granulométrica, del

contenido de agua, de la compactación dinámica o estática y del tipo de arcilla. Se suele creer que la preparación de bloques en prensas conduce al incremento de la resistencia a compresión, pero no es realmente así. Por el contrario, si se mezcla a mano y finalmente se arroja dentro de un molde como en la fabricación de adobes, su resistencia a compresión aumenta. Esto se debe a que el agua y el movimiento de la mezcla activan la atracción eléctrica interna de los minerales de arcilla. Lo que quiere decir que el amasado del barro en estado plástico, conduce a que los minerales de arcilla se unan mejor, aumentando su densidad y su cohesión, y por tanto, una mayor resistencia a compresión. La trabajabilidad y la cohesión son dos de los parámetros más decisivos y por ello conviene que el contenido de agua sea siempre algo mayor que el que se suele considerar óptimo.

Si se añade **cal y cemento** además de aumentar la resistencia del barro a las inclemencias del tiempo, también se aumenta su resistencia a compresión si su cantidad es mayor del 5%. Por el contrario, si es menor de 5% decrece puesto que la cal y el cemento interfieren con la cohesión de los minerales de arcilla; así que mientras mayor sea la cantidad de arcilla más cemento y cal habrá que añadir. Algunos ensayos que se han realizado han mostrado que la cal da mejores resultados en barros ricos en arcilla y el cemento en barros pobres en arcilla. Hay que tener muy en cuenta que los morteros de barro estabilizados con cemento, deben utilizarse inmediatamente ya que el fraguado del cemento comienza rápido; tampoco se debe dejar reposar la mezcla antes de compactar los bloques de barro porque su resistencia a compresión se puede reducirse más de un 50%.

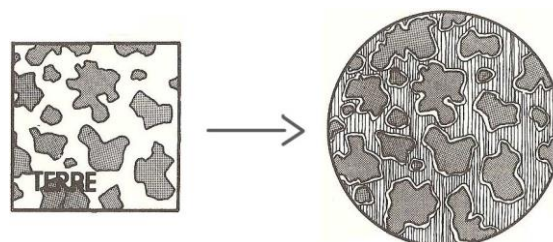


Figura 61: Estabilización por cementación.

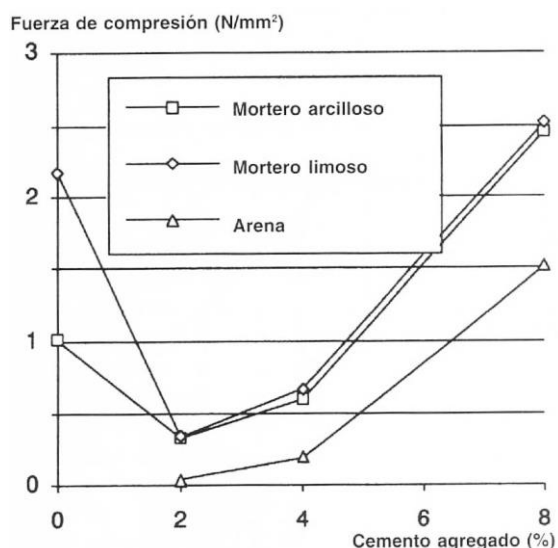


Figura 62: Morteros de barro con adición de cemento.

Se suele pensar que la adición de fibras mejora la resistencia a compresión de los bloques, pero no es realmente así puesto que estas se añaden con el objetivo principal de reducir las fisuras de retracción. Si se añaden fibras finas o pelos en pequeñas cantidades, la resistencia a compresión si se puede incrementar levemente, pero si lo que se añade es paja, ocurre lo contrario (fig. 63).

Paja (%/masa)	Peso (kg/m³)	Fuerza de Compresión (N/mm²)
0	1882	2.2
1	1701	1.4
2	1571	1.3
4	1247	1.1
8	872	0.3

Figura 63: Reducción de la resistencia a compresión del barro con adición de paja cortada (5 cm).

#### 4.5.5 Aumento de la cohesión

La cohesividad es la resistencia a la tracción que tiene el barro cuando se encuentra en estado plástico; y normalmente no se requiere una cohesividad específica para la construcción. Pero si no es suficiente, se puede aumentar añadiendo arcilla y con un amasado y curado mejor. También se pueden utilizar otros productos minerales, vegetales o animales que además de mejorar la resistencia a las inclemencias del tiempo, pueden aumentar la cohesividad, aunque también la pueden reducir. La preparación es esencial y si se mezcla con la suficiente cantidad de agua; el amasado, mezclado y curado serán más propicios para aumentar la cohesividad. Si se trata de un barro pobre en arcilla también se puede incrementar la cohesividad añadiendo aditivos como suero, orina, estiércol, aceite de linaza doblemente cocido o cola de cal y caseína.

#### 4.6 Selección de tierras, ensayos y producción de adobes

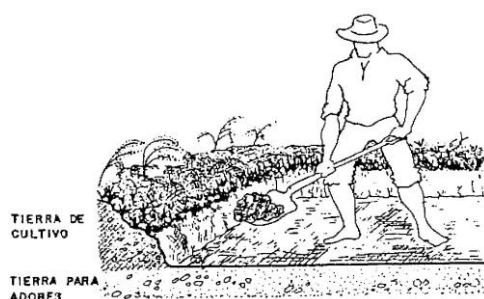


Figura 64: Suelo apropiado.

Por lo general, casi todos los tipos de tierra existentes sirven para realizar construcciones con tierra; aunque al existir tantos tipos de tierra con distintas proporciones, a veces es necesario combinar varios tipos para conseguir una composición adecuada. La tierra empleada no debe ser de cultivo sino que se encuentra a unos 30 o 40 cm de profundidad.

Es necesario llevar a cabo una serie de pruebas para determinar si la tierra del lugar tiene una composición adecuada para realizar una construcción durable. También conviene fabricar algunos adobes de prueba y efectuar así un control de calidad.

La primera a realizar es la **prueba granulométrica**; con ella se determinará la proporción de los componentes principales (arena, limos y arcilla) de la tierra. Primero se pasa la tierra por un tamiz para extraer las partículas mayores; posteriormente, se llena con esta tierra tamizada una botella de boca ancha de un litro de capacidad hasta la mitad de su altura y, finalmente, se rellena el resto de la botella con agua limpia.

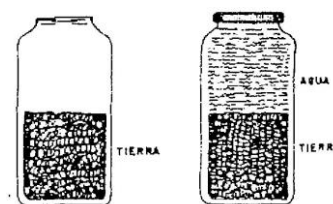
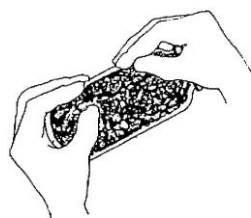


Figura 65: Prueba de la botella.



Se agita la botella con fuerza para que se mezcle con el agua y acaben todas las partículas de la tierra en suspensión. Una vez que se haya mezclado, se coloca la botella en vertical sobre una superficie plana y se deja reposar hasta que las partículas mayores se acaban asentando en el fondo y las más finas arriba. Las partículas de arena reposarán inmediatamente, pero las de limo y arcilla tardarán algunas horas. Finalmente, se miden las capas de arena y limos con arcilla para determinar la proporción. Una adecuada proporción sería que la cantidad de arena se encuentre entre 1,5 a 3 veces la cantidad de limos y arcillas.

Figura 66: Prueba de la botella: agitar y dejar reposar.



La **prueba de plasticidad** nos permite conocer si la tierra es arcillosa, arenosa o arcillo-arenosa. Para ello, se forma con tierra húmeda un rollo de 1,5 cm de diámetro, posteriormente se suspende en el aire y se mide la longitud del extremo que se rompe. Podrán darse tres casos:

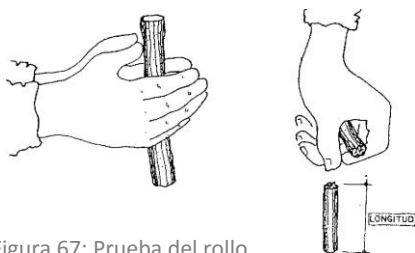


Figura 67: Prueba del rollo.

**Tierra arenosa** (inadecuada): menos de 5 cm.

**Tierra arcillo-arenosa** (adecuada): 5 a 15 cm.

**Tierra arcillosa** (inadecuada): más de 15 cm.

La **prueba de resistencia** consiste en amasar cinco discos de tierra húmeda de 3 cm de diámetro por 1.5 cm de grosor, dejarlos secar durante 48 horas y tratar de aplastarlos. Si el disco se aplasta fácilmente entonces la resistencia será baja (inadecuada); y cuando el disco se aplasta con dificultad o se rompe con un sonido seco entonces la resistencia será media o alta (adecuada).

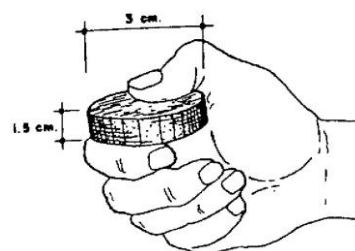


Figura 68: Prueba del disco.



Figura 69: Proceso de mezclado.

Después de haber realizado las pruebas anteriores se pasa al **mezclado** agregando al barro la cantidad de agua necesaria. El mezclado se puede realizar con rastrillo, con los pies... También se puede añadir a la mezcla los aditivos en sus proporciones correspondientes para mejorar sus propiedades.

Antes de pasar al moldeo conviene comprobar si la proporción de agua es la adecuada en la mezcla. Para ello, se hace una bola con el barro de la mezcla y se deja caer desde una altura de un metro. Si la bola se rompe en pocos trozos grandes, hay suficiente agua; si se aplasta sin romperse, hay exceso de agua; y si se rompe en muchos trozos pequeños entonces, falta agua.

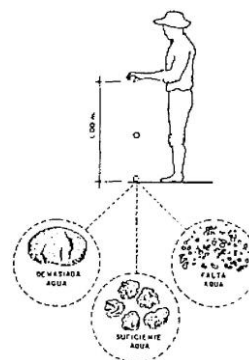


Figura 70: Comprobación de la proporción de agua.

El **moldeo** se puede realizar en moldes (gradillas, mecal o adoberas) con fondo o sin fondo y en cada uso que se le dé hay que lavarlo y esparcir arena fina en su interior. Para dar forma al adobe, se hace una bola con el barro y se lanza con fuerza sobre el molde. Los excesos de barro se cortan con una regla de madera para terminar de dar al adobe una forma regular.

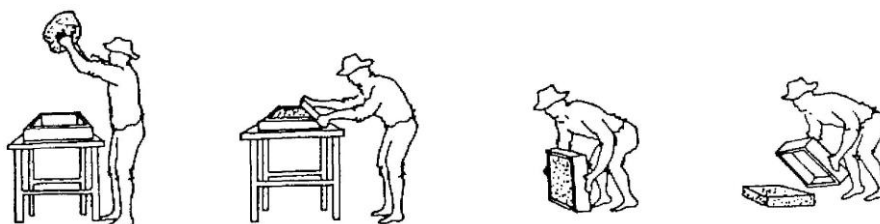


Figura 71: Moldeo de adobes.

El **desmoldeo** se realiza con suaves sacudidas. Si al retirar el molde el adobe acaba deformado o se comba será debido a que el barro tiene exceso de agua. Si por el contrario en el adobe aparecen fisuras o se quiebra es porque el barro está demasiado seco y habría que añadir más agua.

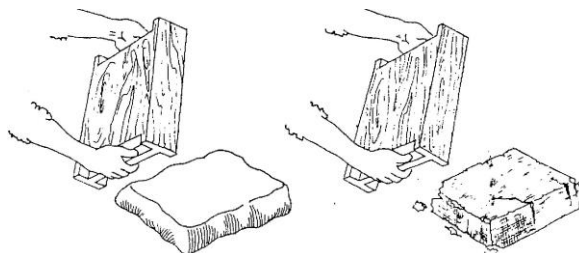


Figura 72: Desmoldeo de adobes.

El **secado** de adobes se debe realizar sobre una superficie horizontal, limpia y libre de impurezas orgánicas o sales; además, para evitar que se peguen los adobes en la superficie hay que espolvorear arena fina sobre ella. Se deben proteger de la radiación solar directa para evitar que se sequen demasiado rápido y aparezcan fisuras. Por ello, el lugar de **almacenamiento** debe ser un lugar techado pero abierto para dejar que corra el aire y se sequen lentamente. Al cabo de tres días de haberlos puesto a secar, los adobes se podrán colocar de canto y una semana después se deberán apilar.

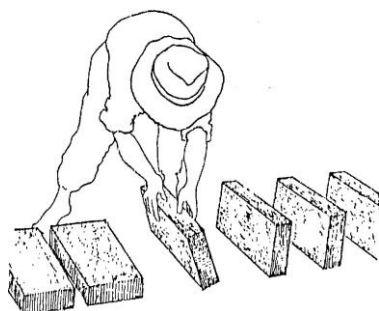


Figura 73: Proceso de secado.

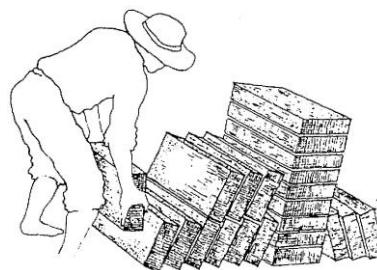


Figura 74: Almacenamiento de adobes.

En el **control de calidad** se comprobará que a las cuatro semanas el adobe no presenta fisuras ni deformaciones, sino habrá que añadir paja al barro para que gane firmeza y se mantengan unidas las partículas. Y sí a las cuatro semanas el adobe no resiste el peso de un hombre de peso medio, habrá que añadir arcilla a la mezcla.

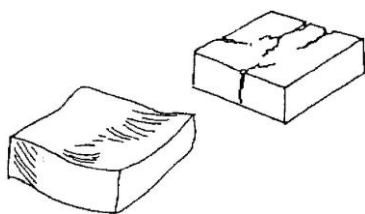


Figura 75: Control de fisuras y deformaciones

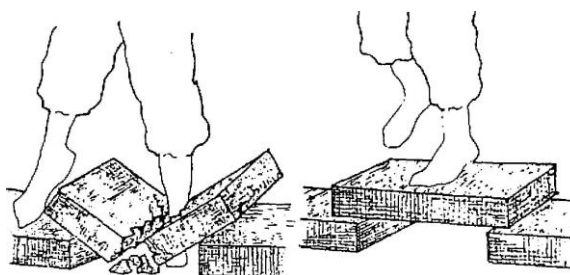


Figura 76: Control de resistencia a flexión.

## 4.7 Técnicas de construcción

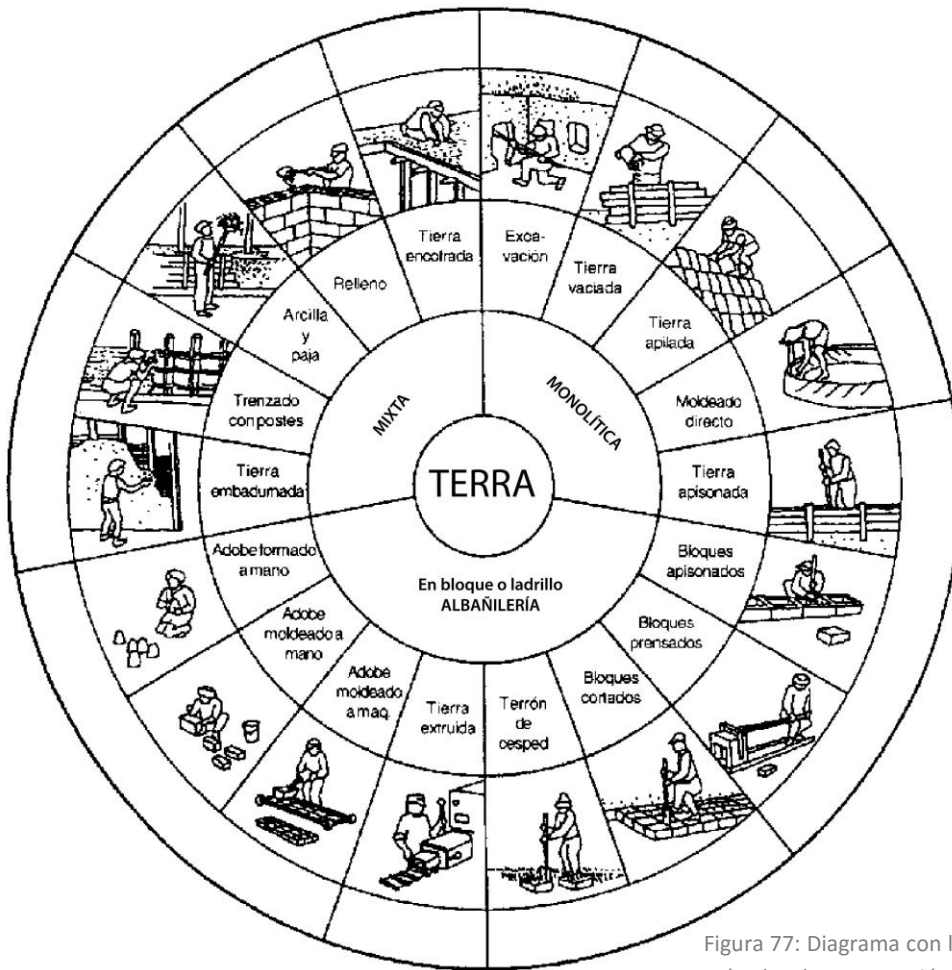


Figura 77: Diagrama con los 12 principales métodos de construcción con tierra.

### 4.7.1 Albañilería portante

Dentro de la albañilería de tierra hay diferentes formas de fabricar los ladrillos de tierra. Se denominan **adobes** a los bloques de barro que han sido producidos manualmente en moldes y secados al aire libre. Si el adobe se produce compactando tierra húmeda con una prensa manual o automática se denominarán **bloques de suelo**, si estos bloques son más grandes que las dimensiones convencionales, se llamarán bloques compactados o adobones.

Cuando los ladrillos de tierra se producen mediante un extrusor y sin cocer, se denominarán **ladrillos crudos**. Por último, también existe la técnica de la **tierra cortada**, menos conocida y usada que las anteriores, que consiste en terrones o bloques de tierra de dimensiones variables que se cortan directamente del terreno para su uso en la construcción.

Aquí se explicarán los dos primeros por ser los más adecuados para autoconstrucción en calidad/precio.

Con la técnica de elaboración de adobes manualmente se puede llegar a elaborar 300 adobes por persona y día, incluido la preparación de la mezcla, el transporte y el apilado. Si además, se usa un molde que permita elaborar más de un adobe al mismo tiempo, entonces el número de producción de adobes puede aumentar considerablemente.

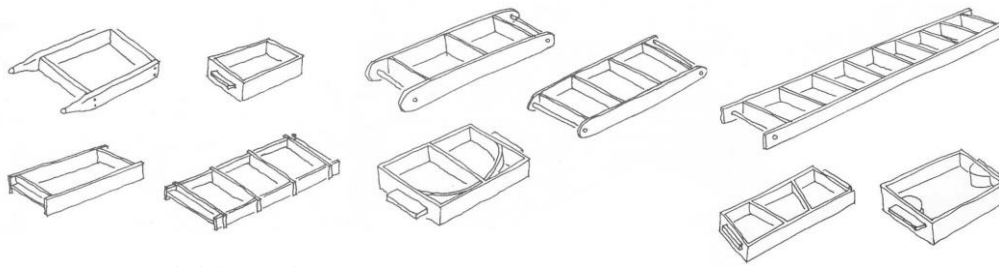


Figura 78: Variedad de mecales.

La elaboración de bloques con prensas manuales fue desarrollada por el arquitecto francés François Cointeraux en 1789. A pesar de tratarse de una producción mecánica, las prensas manuales tan sólo alcanzan un rendimiento de 150 a 200 bloques por persona y día; bastante inferior si se compara con la técnica anterior. Las ventajas de la producción con prensa mecánica son que ofrecen la posibilidad de emplear un barro con menor cantidad de agua; permitiendo un almacenamiento inmediato, además de conseguir un bloque más regular que con la técnica manual de producción de adobes. Las desventajas son que las fuerzas aglutinantes de la arcilla no se activan si no hay un proceso de amasado, batido y tan poco contenido de agua. Por ello, es necesario estabilizar con cemento de 4 a 8% para obtener una resistencia a compresión suficiente, ya que sin él, los bloques prensados tendrían una resistencia a compresión menor que los adobes producidos a mano. Además, es necesario preparar la mezcla con composición y humedad constante para que no varíe su resistencia.

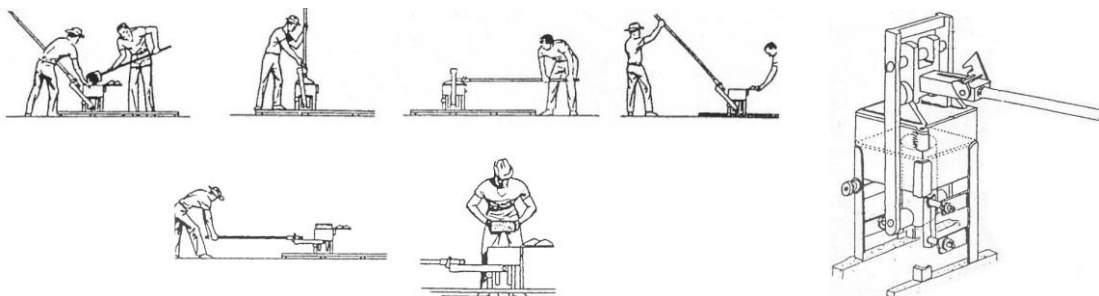


Figura 79: Elaboración de adobes con prensa mecánica.

Por otro lado, lado la elaboración de bloques con prensas automáticas y ladrillos de tierra extruidos, aunque su producción es muy alta al ser industrializados, su uso no es para países en vías de desarrollo donde la producción de adobes manualmente o con prensas manuales es más económica.

Para la producción de adobes y bloques prensados la proporción adecuada que ha de tener la tierra debe encontrarse entre los siguientes rangos:

- Arena de 55 a 75%
- Limo de 10 a 28%
- Arcilla de 15 a 18%

A estas proporciones habría que añadir el cemento en los bloques prensados y algún aditivo más para estabilizar y mejorar su comportamiento en caso de que se requiera.



Figura 80: Adobes en proceso de secado.



Figura 81: Bloque de suelo o BTC (bloque de tierra compactada). Prensa manual.

A la hora de ejecutar los muros se debe tener en cuenta que el adobe o bloque prensado no puede estar directamente en contacto con el suelo para no sufrir erosión por el agua de lluvia o del terreno. Por ello, los muros de adobe se comienzan a ejecutar a partir de un zócalo o sobrecimiento de piedra que sobresale 30 o 40 cm del nivel de terreno. A partir de aquí las hiladas de adobe se van uniendo con mortero de barro, estabilizado con cal hidráulica o pequeñas cantidades de cemento; pero nunca mortero de cemento únicamente puesto que es muy rígido y provocaría fisuras. Las fisuras de retracción durante el secado en el mortero de barro se pueden evitar si este contiene suficiente arena gruesa y si la capa de mortero es delgada. Y el contenido de arcilla puede variar de 4 a 10%. El espesor de las juntas de mortero varía entre 1,5 y 2,5 cm, si es más ancha debilitará el muro.

También es posible construir los muros de adobe sin usar mortero aunque es una técnica que requiere mucha práctica y destreza; para ello, hay que sumergir los adobes unos minutos en agua antes de su colocación, para que se ablanden las superficies, se colocan y se aprietan unos contra otros. El inconveniente es que esta técnica exige mucha exactitud, ya que no hay menos tolerancia que la que ofrece el mortero de barro.

Los adobes se van colocando en hiladas continuas para que las paredes crezcan simultáneamente; de este modo, los esfuerzos se repartan igualmente sobre toda la cimentación. No se debe construir más de 1 metro de altura por día, para que las juntas frescas de mortero se compriman. Antes de colocar cada adobe hay que asegurarse de humedecer las superficies, para que los adobes no absorban el agua del mortero.

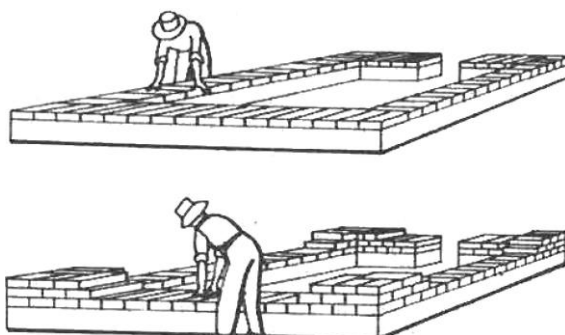
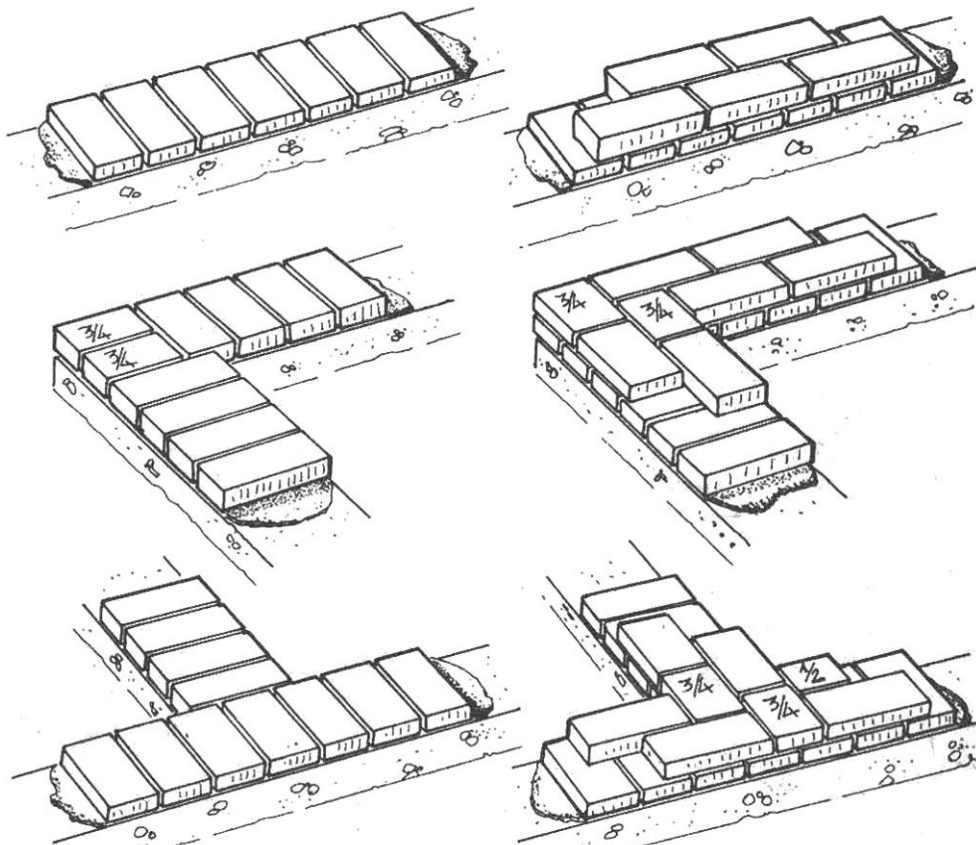


Figura 82: Se comienza a levantar los muros por las esquinas para asegurarse de que todo queda a escuadra.

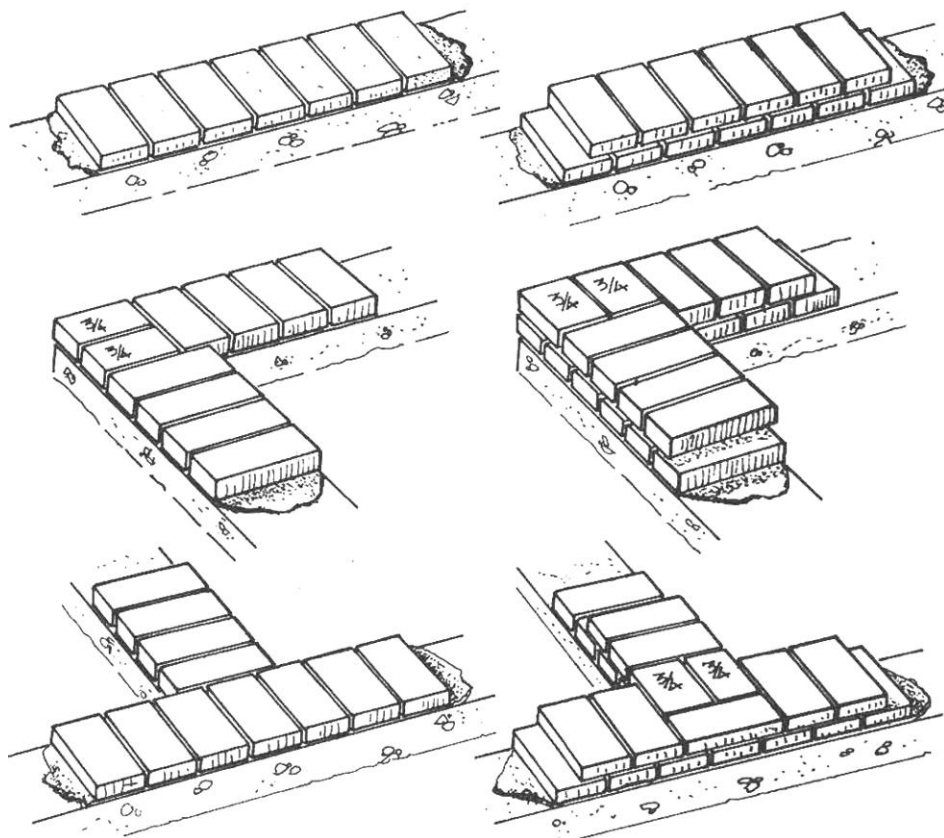


Figura 83: Las esquinas de los muros de adobe se pueden proteger de la erosión sustituyendo los adobes por piedras; que además servirán para reforzar la estructura.

Hiladas de adobes colocados a soga y tizón. Trabado de esquinas y parte intermedia de muro: Figura 84.

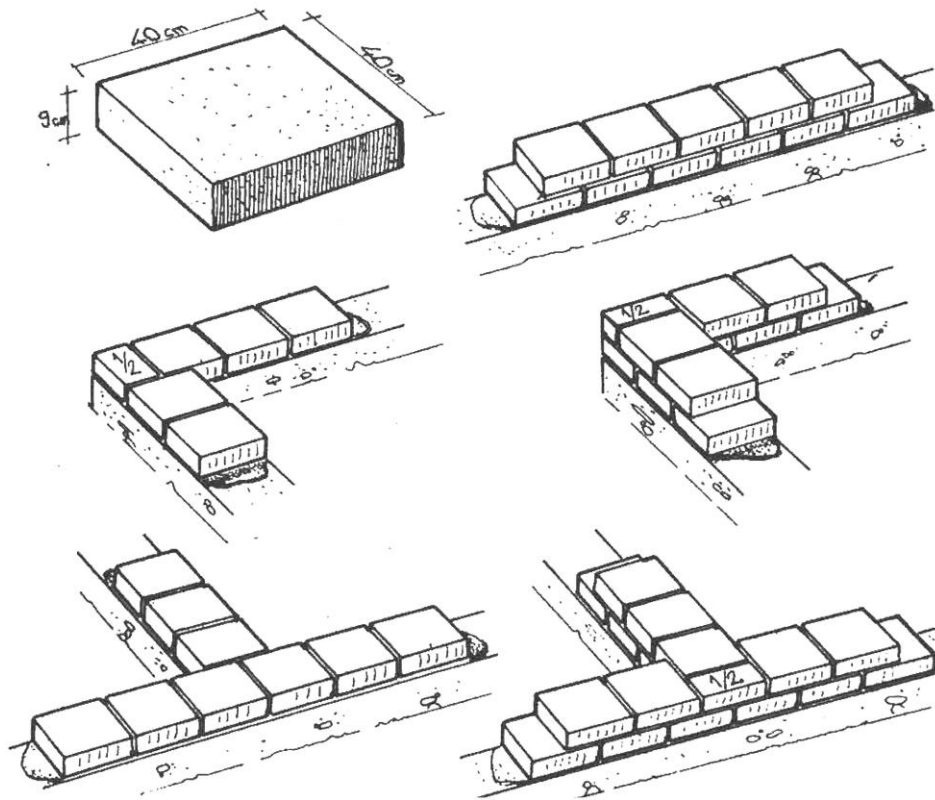


Hiladas de adobes colocados a tizón. Trabado de esquinas y parte intermedia de muro: Figura 85.





Hiladas de adobes cuadrados. Trabado de esquinas y parte intermedia de muro: Figura 86.



Un ejemplo muy conocido de construcción con la técnica del adobe es la ciudad de Shibam, Yemen. Ciudad construida completamente en adobe y donde la mayoría de edificios alcanzan ocho pisos de altura que datan del siglo XV.



Figura 87: Ciudad de Shibam, Yemen.

#### 4.7.2 Monolítica y portante

Dentro de la construcción monolítica con tierra también existen distintas técnicas. La más conocida y utilizada a lo largo de toda la historia de la construcción monolítica con tierra es la técnica del **tapial**, también conocida como tierra apisonada o comprimida; que consiste en comprimir tierra húmeda en moldes o encofrados con ayuda de pisones manuales o mecánicos. Dentro de esta técnica también se considera a veces a los BTC (bloque de tierra comprimida) explicados en el punto anterior 4.7.1.

Otra técnica que también han sido muy utilizadas aunque poco conocida actualmente es la técnica de la tierra **modelada**; esta técnica usa la tierra en estado plástico pudiendo así ser moldeada a mano, para la construcción de muros de poco espesor. Es una de las técnicas más simples y primitivas ya que no se requiere ninguna herramienta prácticamente.

La técnica de la tierra **excavada**, es decir, adentrarse en la tierra también ha sido una de las formas de habitar más utilizadas y favorables puesto que la tierra se encarga de trabajar climáticamente en nuestro favor al protegernos de las inclemencias y mantener siempre una temperatura constante a partir de una determinada profundidad.

La tierra si se mezcla con agua y arena también puede ser **vaciada o vertida** en moldes o encofrados al igual que el hormigón. Se puede utilizar para la construcción de muros portantes vertiendo la mezcla en capas sucesivas y para producir pequeña albañilería, así como para elementos de suelo y pavimentos en tierra líquida y estabilizada.

Por último, la tierra también puede ser **apilada**; para ello, se forman bolas de tierra que se van apilando en capas sucesivas construyendo paredes o muros gruesos. Esta técnica suele ser conocida como *cob*.

En este apartado, aunque todas las técnicas monolíticas mencionadas son apropiadas para la autoconstrucción, y además no requieren muchas herramientas ni conocimientos especializados; se profundizará en la técnica del tapial por ser la que más calidad, durabilidad y seguridad ofrece, además se sigue utilizando hoy en países en vías de desarrollo.

La técnica del tapial es conocida con diversos nombres; en francés se la denomina *pisé de terre* o *terre pisé*, en inglés *rammed earth*, y en alemán *Stampflehmbau*. Consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra húmeda de 10 a 15 cm de espesor, compactando cada una de las capas con un pisón. El encofrado se compone de dos tablonces paralelos separados la distancia del espesor del muro y unidos por travesaños. Al tapial se le podría considerar como una piedra artificial, al contrario de la piedra arenisca, que se produce de forma natural; ambas son muy arenosas y si pasas el dedo se suele desprender un poco de arena. Las siguientes figuras muestran una técnica de encofrado para comprimir la tierra del tapial:

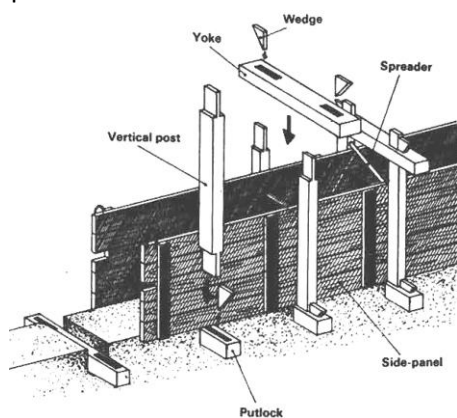


Figura 88: Despiece de un encofrado donde se pueden apreciar los mechinales que conviene rellenar una vez finalizada la construcción.

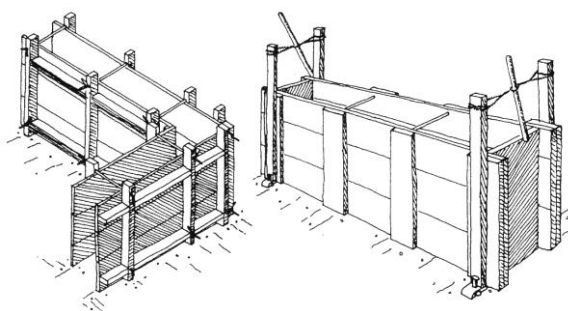


Figura 89: Encofrados para barro apisonado.

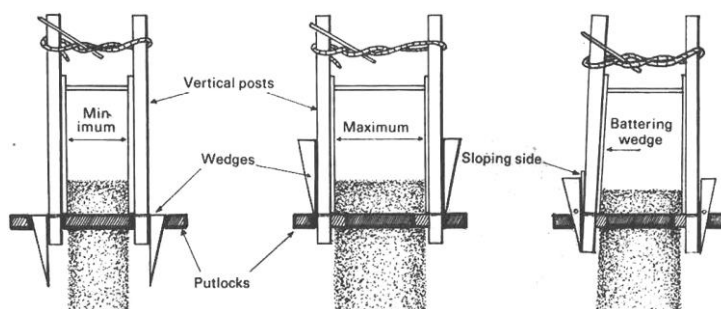


Figura 90: Los dibujos muestran cómo se puede ir variando la anchura del muro ajustando cuñas de madera.



Los encofrados están formados por tablonces con un espesor que puede oscilar entre 19 y 45 mm, cuanto más ancho sea más rígido será el tablón y por tanto menos pandeo sufrirá. Los tablonces se sujetan con elementos verticales que se colocan a una distancia que oscila entre 75 y 150 cm. Cuando la mezcla es muy arcillosa, el encofrado no debe retirarse directamente sino más bien conviene deslizarlo cuidadosamente sobre la tierra que ha sido apisonada, para que no se queden pegadas al encofrado partículas de la mezcla. Por ello, las superficies de los encofrados no convienen que sean ni muy rugosas ni muy lisas. Los pisones manuales es preferible que sean de dos cabezas; una cabeza cuadrada para compactar las esquinas y otra redondeada para compactar el resto; el peso del pisón debe ser de 5 a 9 kg.

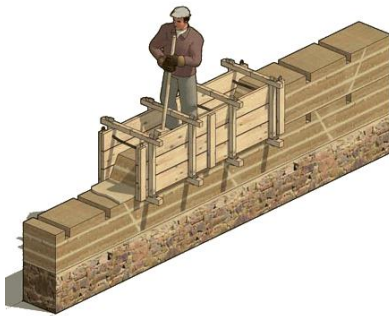


Figura 91: Ejecución de tapial.

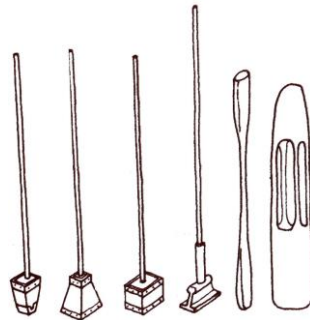


Figura 92: Pisones manuales.

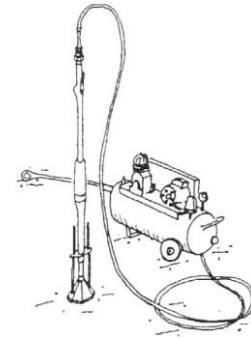


Figura 93: Compactador neumático.

La técnica del tapial al usar una tierra que se encuentra muy poco húmeda, la retracción que presenta es mucho más baja que con otras técnicas. Comparándola con el adobe, al ser el tapial una construcción monolítica su durabilidad y resistencia son mayores.

Para la construcción de tapial la proporción adecuada que ha de tener la tierra debe encontrarse entre los siguientes rangos:

- Grava de 0 a 15%
- Arena de 40 a 50%
- Limo de 20 a 35%
- Arcilla de 15 a 25%

Según algunos constructores franceses, la tierra debería tender a color rojizo, que no contenga materia orgánica y que la tierra no se encuentre demasiado húmeda; el período de construcción debería ser durante primavera cuando la sabia empieza a salir.

En el **proceso de construcción** la tierra se va apisonando en bloques que van de 50 a 80 cm, dependiendo de la altura del encofrado. Una vez que se ha terminado de compactar un bloque, se desmonta al encofrado y se pasa al siguiente en horizontal. Al igual que los adobes, el tapial no puede apoyarse directamente sobre el terreno debido a la humedad, sino que debe apoyarse en un zócalo o sobrecimiento de piedra. Los bloques de tapial debe ir colocados matando las juntas al igual que un muro de adobes, para trabajar de manera homogénea como muestran las siguientes figuras a y b; en contraposición a las figuras c y d.

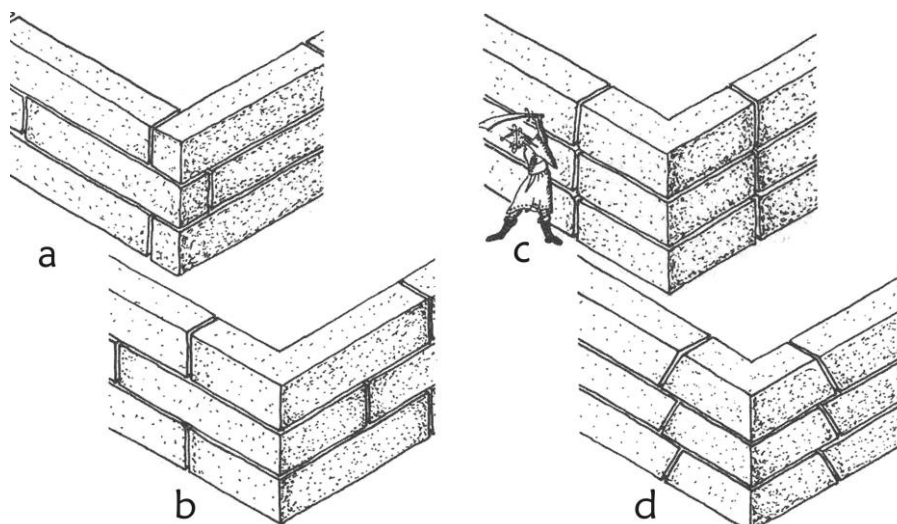


Figura 94: Matado de juntas en esquina: a y b formas constructivas que más estabilidad y homogeneidad otorgan al muro.

La capa superior siempre será más húmeda que la inferior, y por ello habrá una retracción mayor en la superior, además de aparecer fisuras. El peligro de estas fisuras es que se puede filtrar el agua por ellas, a través de las juntas, provocando humedecimiento y desintegración. Este inconveniente se puede resolver aplicando una capa de mortero de cal sobre cada capa antes de ejecutar la siguiente. La ventaja que ofrece el mortero de cal es que, al durar su proceso de curado varias semanas, se mantiene plástico hasta que el barro deje de retraerse. Algo que también puede hacerse sobre las juntas verticales si se las da una cierta inclinación.

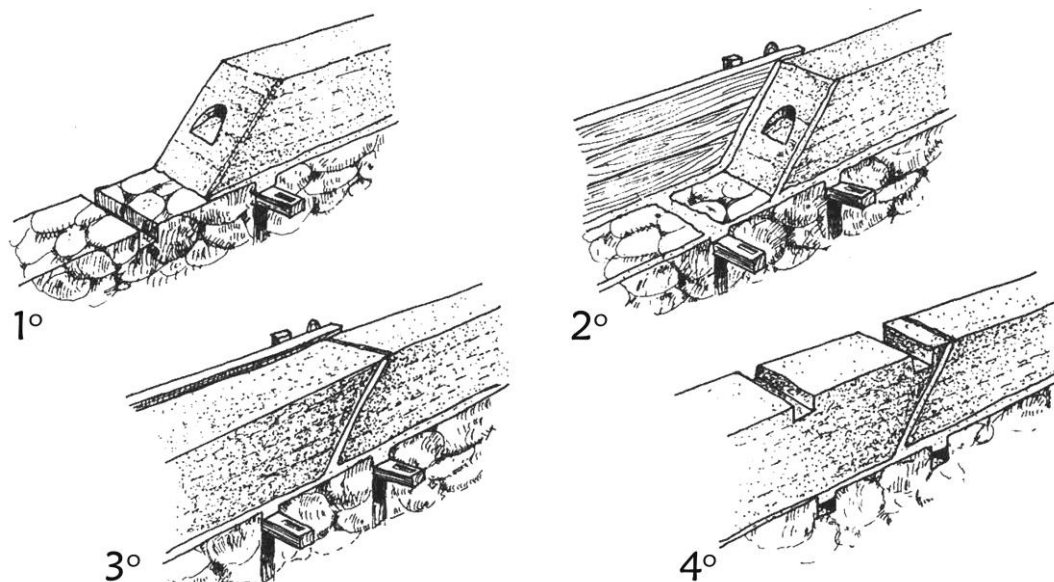


Figura 95: Técnica francesa del pisé. Aplicación de mortero de cal para evitar la retracción y aparición de fisuras en las juntas.

La técnica del **encofrado trepador** es un método de construcción de tapial con el que se pueden evitar las juntas horizontales y, por tanto, la retracción en esas zonas. El muro se ejecuta verticalmente en paneles de hasta 2,40 metros de altura, mediante un proceso de compactación continua. Las juntas verticales que son las únicas que se forman, se sellan

después del proceso de retracción con mortero de cal. La unión de las juntas verticales es a través de un sistema de machihembrado que asegura la estabilidad lateral.

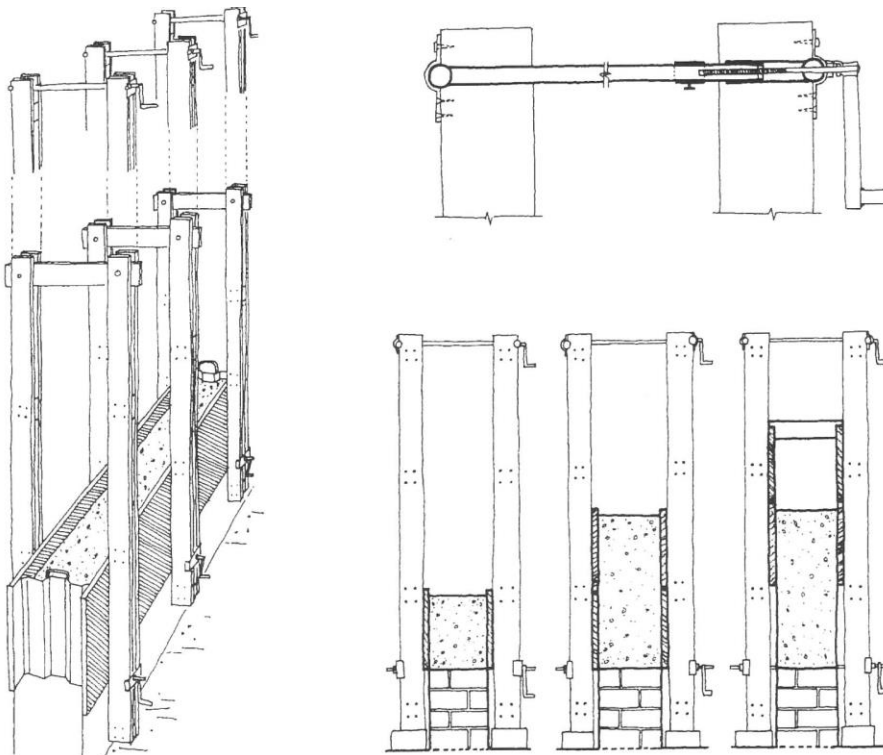


Figura 96: Encofrado trepador para paneles de barro apisonado.

La **ejecución de vanos** se puede realizar por dos técnicas. Una de ellas aunque menos utilizada, es realizar la compactación entera del bloque o del muro pueden hacerse perforaciones utilizando un machete o alambre de púas como sierra, raspando o cortando; no conviene utilizarse para vanos muy grandes. La más utilizada sin embargo, es la colocación de piezas adicionales durante el apisonado que dejan definidos los vanos.

El **secado** de un muro de tapial siempre es más rápido que un muro de ladrillo o de hormigón. Dependerá mucho del clima es que se esté; si es cálido y seco y con suficiente aire, el proceso de secado y retracción completos durarán tan sólo algunos días. Aunque a la tercera semana el muro se encuentre totalmente seco al tacto, seguirá conteniendo más cantidad de agua en relación al equilibrio de humedad.

El **aislamiento térmico** que ofrece un muro monolítico de tapial no es suficiente para alcanzar el valor  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  de transmitancia que se exige en muchos países europeos; para alcanzarlo el espesor del muro debería ser de 1,6 a 1,8 m, lo cual es desorbitado. Un muro de tapial de 30 cm de espesor tan sólo alcanza un valor de 1,9 a 2,0  $\text{W/m}^2\text{K}$ ; por lo que para conseguir el valor de 0,5 habría que colocar una capa de aislamiento térmico convencional o usar un mayor espesor con barro alivianado.

Construcción en Cooperación al Desarrollo.

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

François Cointeraux definió el tapial como: “El tapial es una técnica de construcción con la que se puede construir con tierra sin utilizar ningún soporte permanente de madera, y sin necesidad de mezclarla con paja o fibras. Consiste en compactar tierra, que ha sido mezclada para este propósito, capa a capa entre tablas de encofrado separadas la misma anchura que un muro de piedra. Una vez compactada, la tierra se mantiene unida, adquiere consistencia y forma una masa homogénea que puede ascender hasta cualquier altura adecuada para viviendas.”

Figura 97: Casa de tapial, Weilburg Alemania, 1828. Un total de cinco pisos de viviendas más bajo cubierta.



Figura 98: Alhambra de Granada un ejemplo en histórico de construcción con tapial en España. Construida en el siglo XI.

### 4.7.3 Estructura mixta

Las estructuras mixtas de construcción con tierra están formadas generalmente por una estructura portante de madera y un recubrimiento de barro. La técnica del **bahareque** es una técnica de lanzado de barro que ha sido utilizada en todos los climas y es muy probable que sea más antigua que las técnicas del adobe y tapial. La estructura consiste en listones verticales y horizontales de madera, de caña o simples ramas que forman una malla.

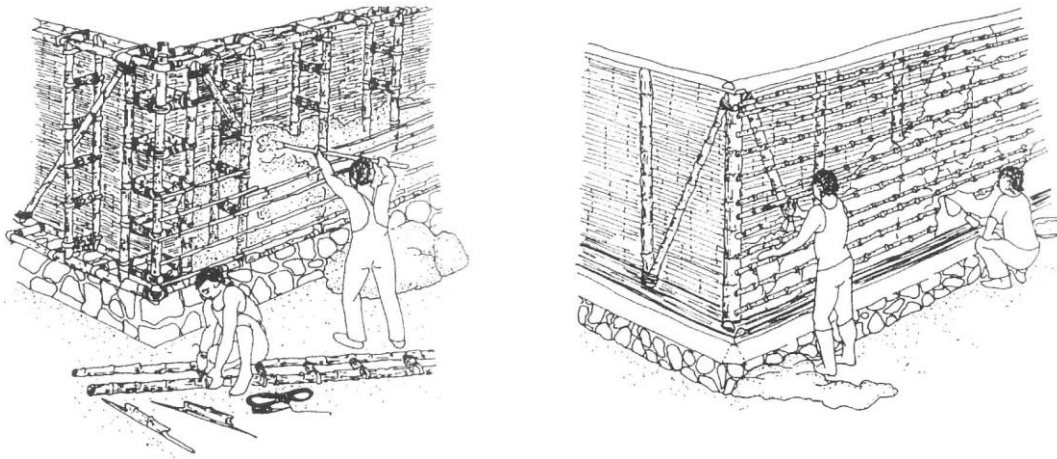


Figura 99: Dos variantes de la técnica del bahareque.

Esta estructura se ha ido perfeccionando a lo largo de la historia con secciones de madera más regulares y resistentes, además de uniones más sofisticadas. La mezcla de recubrimiento está formada por barro más paja o fibras, se lanza o se compacta sobre la malla procurando que todos los listones o elementos del entramado queden cubiertos con al menos, 2 cm de la mezcla. No deben quedar fisuras porque si no el deterioro de la construcción se acelera mucho. Antes del lanzado siempre se debe hacer una prueba de consistencia; para ello, se deja caer desde 1 m de altura una bola de 10 cm de diámetro; y si el disco aplastado que se forma tiene un diámetro entre 13 y 14 cm, entonces la consistencia será apropiada.



Figura 100: Deterioro del bahareque debido al mal recubrimiento y a la aparición de fisuras.



Figura 101: Secciones de madera más regulares y resistentes.

La técnica del bahareque es conocida con diversos nombres dependiendo de la región, entre ellos están: *torchis*, *encestado*, *quincha* y *muro entramado*. En España se ha empleado mucho la última denominación y se pueden encontrar muchos ejemplos de construcciones con estructuras de madera rellenas de adobes y barro lanzado.



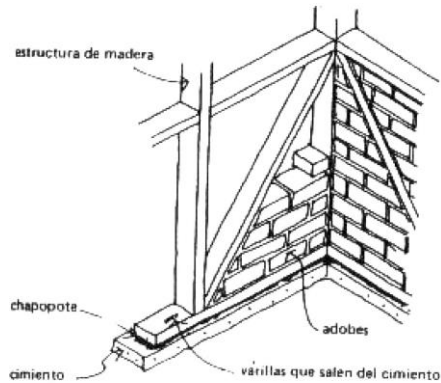


Figura 102: Encuentro de muro entramado con zócalo. Relleno de adobe.



Figura 103: Viviendas con muros entramados rellenos de adobe en Covarrubias, Burgos.

El entramado de madera también puede ser relleno de barro aliviano con paja, para proveer el suficiente aislamiento térmico y adaptarse mejor a los climas fríos. La ventaja que tiene es que requiere menos trabajo y no presenta fisuras de retracción. Existen muchas técnicas, entre ellas: se puede usar el barro en forma líquida mezclarlo con paja y verterlo en un encofrado de madera que funciona como armazón portante. También se pueden formar bloques de gran formato de tierra-paja que rellenan el entramado de madera y se revisten posteriormente de tierra. Por último, existe una técnica alemana denominada *Wickelstaken* que consiste en elementos formados con paja y barro enrollados alrededor de una estaca de madera.



Figura 104: Bloque de gran formato de tierra y paja relleno en una estructura de madera.



Figura 105: Entramado de madera con relleno de rollos de barro y paja "Wickelstaken".



Figura 106: Elaboración de los rollos de paja y barro "Wickelstaken"

#### 4.8 Detalles constructivos

Constructivamente los edificios hechos con tierra como material principal se resuelven de manera muy parecidas todas ellas, con sus correspondientes variantes y mejoras dependiendo de la zona; pero todas ellas, han evolucionado a lo largo de la historia a través del método de ensayo y error. Los siguientes detalles muestran variantes generales para solucionar constructivamente los edificios de tierra.

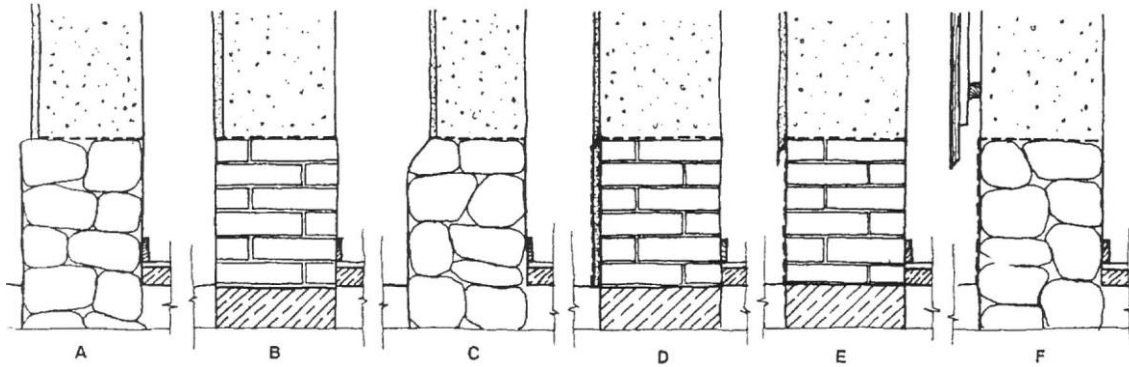


Figura 107: Los muros de adobe y tapial, así como las estructuras mixtas siempre se tienen que apoyar sobre un zócalo de piedra o ladrillos para que no dejen subir el agua del suelo por capilaridad y protegerlo de la erosión provocada por el agua de lluvia. El caso A no debe realizarse puesto que el agua de lluvia se puede quedar retenida en la unión del zócalo con el muro de tierra. El resto de casos son aceptables, aunque los más perfeccionados son D, E y F. La parte superior del zócalo conviene que se coloque un material impermeable como cartón asfáltico (fieltro bituminoso), planchas metálicas o plásticas.

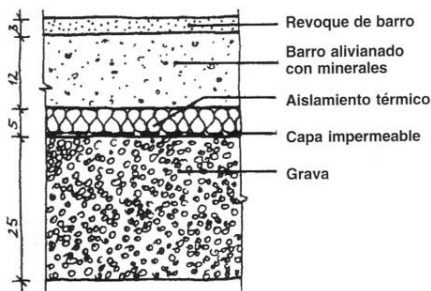


Figura 109: Sección vertical de un piso de barro alivianado con mineral.

La grava interrumpe la acción capilar del agua. La sigue una capa de cartón asfáltico y un aislante térmico de lana de roca. Si el clima no es muy frío se podrá prescindir del aislante térmico y bastaría con los 12 cm de barro alivianado con minerales.

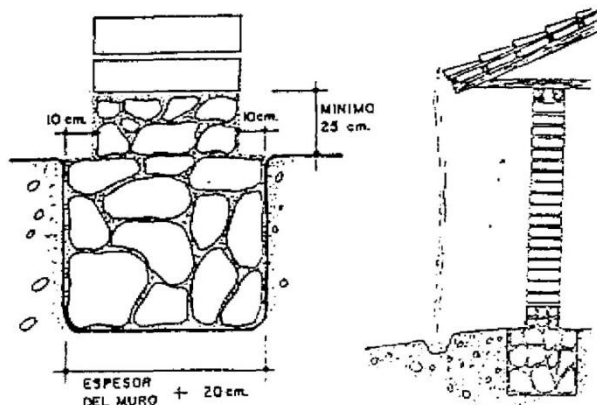


Figura 108: El zócalo y la zapata corrida de cimentación serán de hormigón ciclópeo. La altura mínima del zócalo será de 25 cm. La profundidad de la cimentación será hasta donde se encuentre el firme, pero como mínimo unos 50 cm de profundidad. Su anchura será 20 cm más que el muro de tierra.

Un alero funciona bien para proteger al muro de la lluvia y un drenaje para canalizar el agua de lluvia.

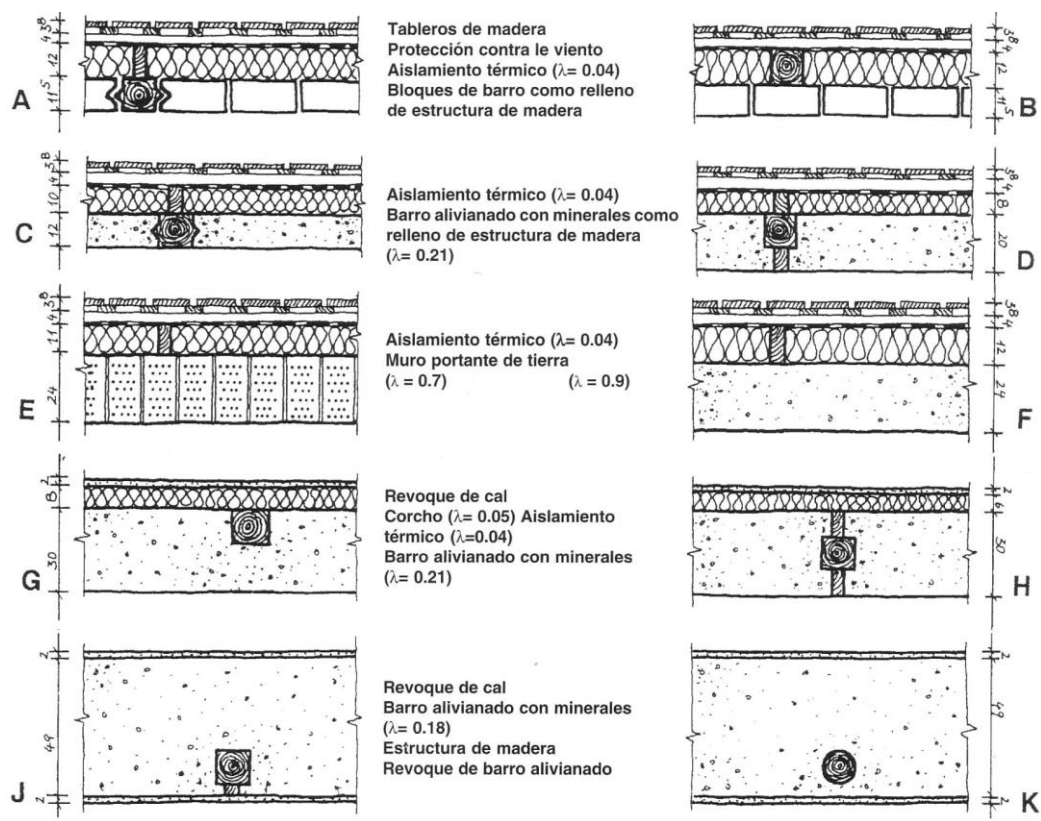


Figura 110: Secciones horizontales de varios muros de barro con una transmitancia de  $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Las soluciones E y F son muros portantes, el resto no. Para climas lluviosos los más adecuados son de la A a la F por tener cámara de aire como protección contra el clima. J y K son muros monolíticos rellenos de barro aliviado de muy baja densidad; son los más simples y que mejor resultado obtienen.

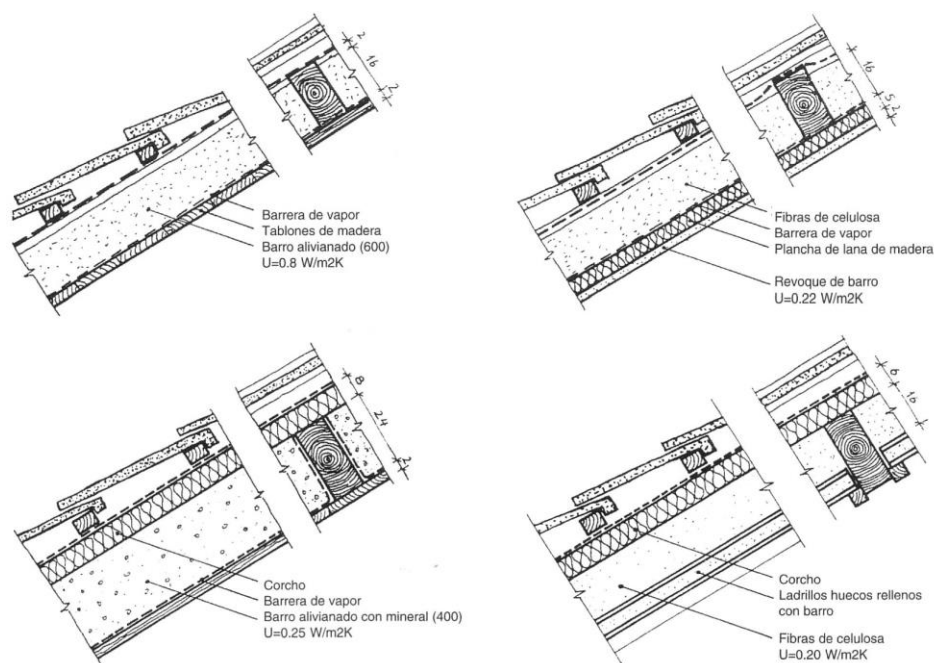


Figura 111: Detalle de cubiertas inclinadas con barro aliviado. Se puede observar que con tan sólo 5 cm de aislamiento térmico, la transmitancia mejora considerablemente.



Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

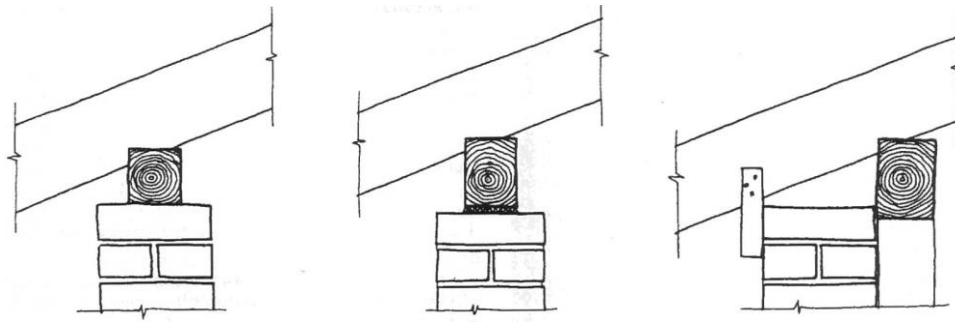


Figura 112: Estructuras de cubierta. En A el durmiente apoya directamente sobre el muro. En B entre el durmiente y el muro se coloca una junta elástica. En C el sistema estructural y el muro funcionan de manera independiente, permitiendo un mejor movimiento.

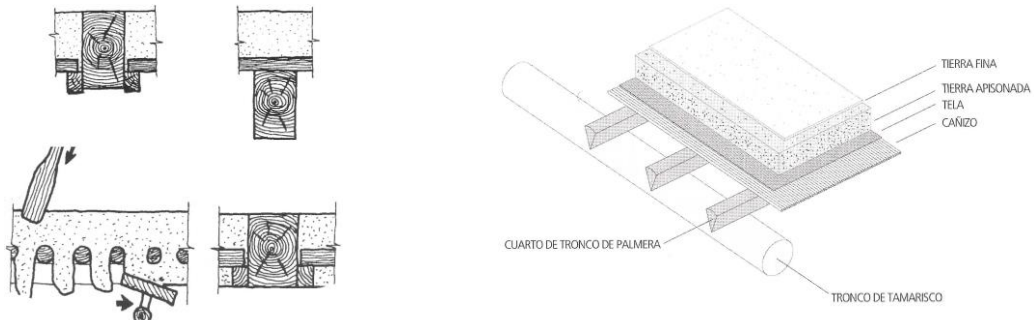


Figura 113: Los detalles representan forjados de tablas y listones de madera vistos y no vistos sobre los que se compacta tierra húmeda. Para prevenir la caída de barro al piso inferior, se coloca debajo del barro una capa de paja o cañizo.

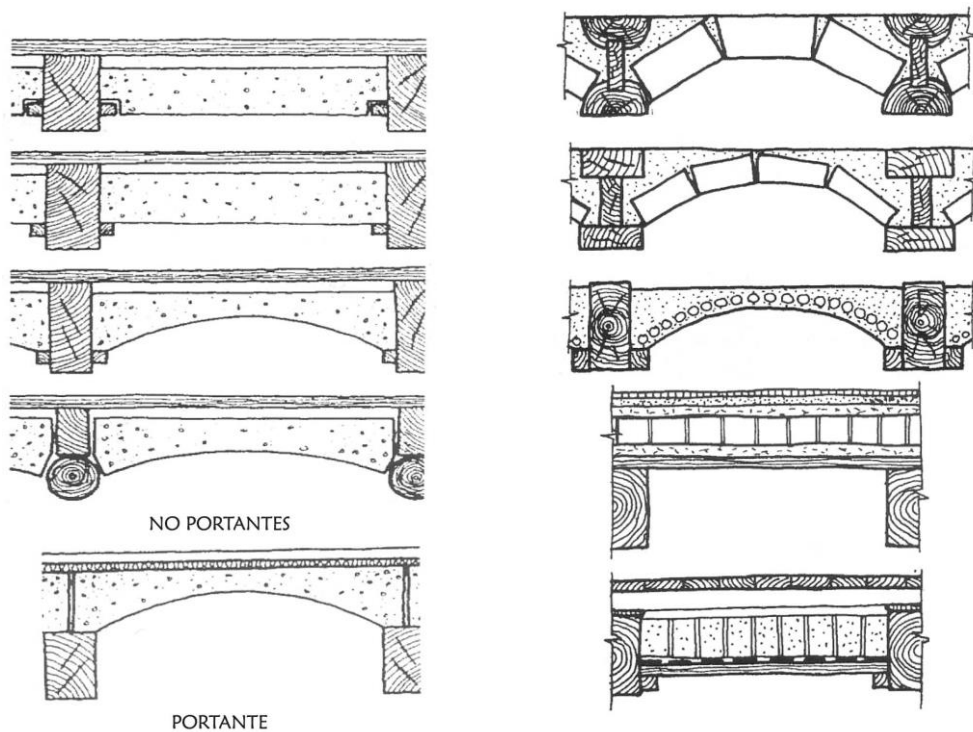


Figura 114: Los forjados no portantes proveen también aislamiento térmico y acústico. Ambas se resuelven con barro aliviado.

Figura 115: Los tres primeros son bovedillas de bloques de tierra que trabajan a compresión y una estera de caña que no está sometida a ningún esfuerzo. Los dos últimos simplemente rellenos de adobe.

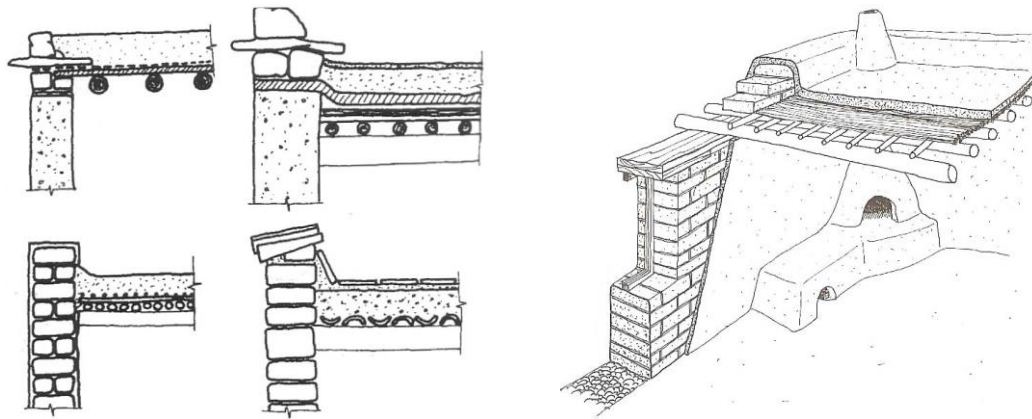


Figura 116: Cubiertas planas tradicionales de barro. Los antepechos deben ser protegidos al sufrir especialmente ante el viento y la erosión del agua.

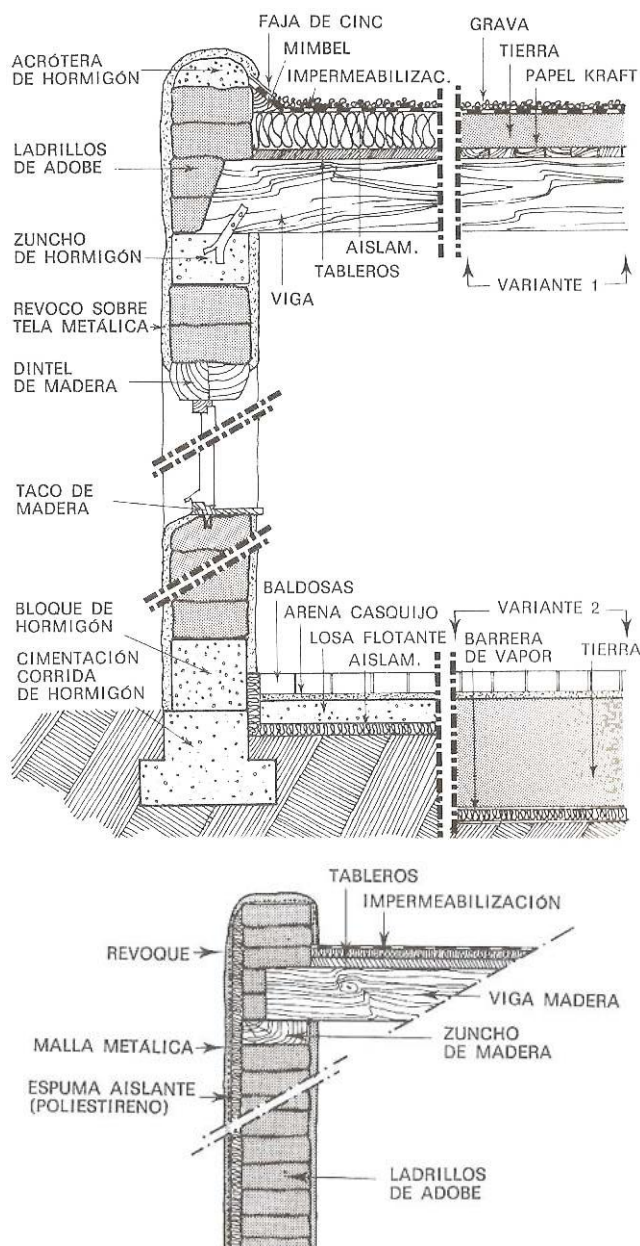


Figura 117: La cimentación y el zócalo también pueden resolverse con hormigón, aunque el precio siempre será más caro y la técnica menos apropiada para autoconstrucción.

El zuncho puede ser resuelto con hormigón para darle mayor rigidez, además otorgar un mejor comportamiento contra los sismos.

Figura 118: El zuncho tradicionalmente se ha resuelto con madera y es más apropiado para la autoconstrucción aunque no otorga la rigidez del hormigón.

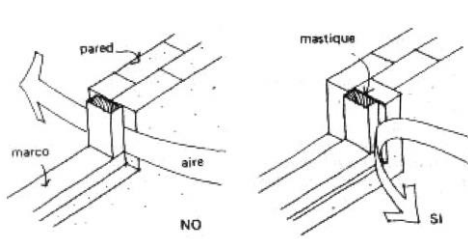


Figura 119: Para evitar tanta entrada de aire, se debe dejar un escalón alrededor de la abertura.

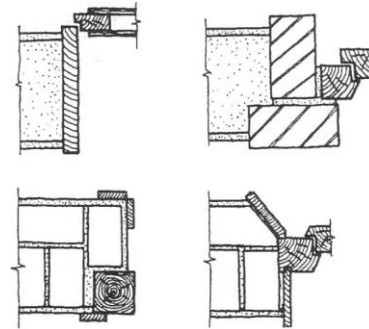


Figura 120: Las esquinas de barro son las que más sufren debido a la erosión y, por ello, conviene que se protejan con perfiles de madera, ladrillos cocidos u otros.

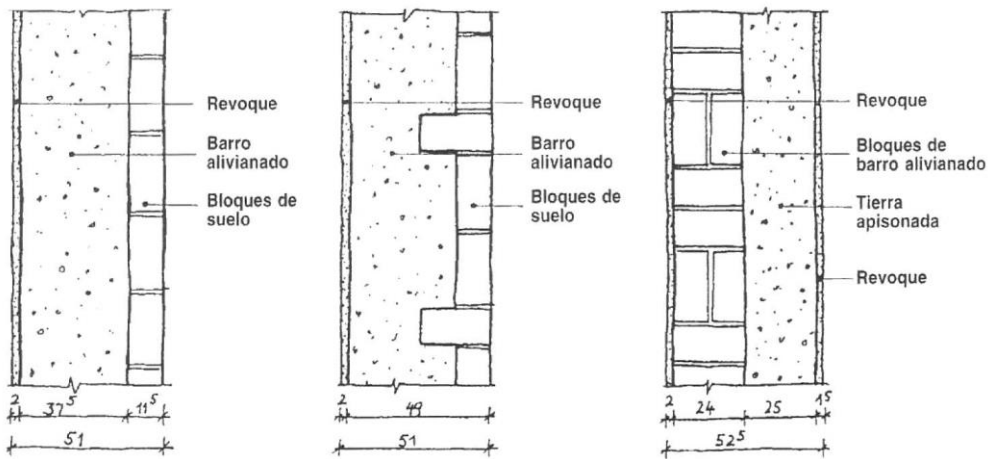


Figura 121: Secciones horizontales de muros de barro alivianado apisonado con una cara de bloques de suelo actuando como encofrado perdido.

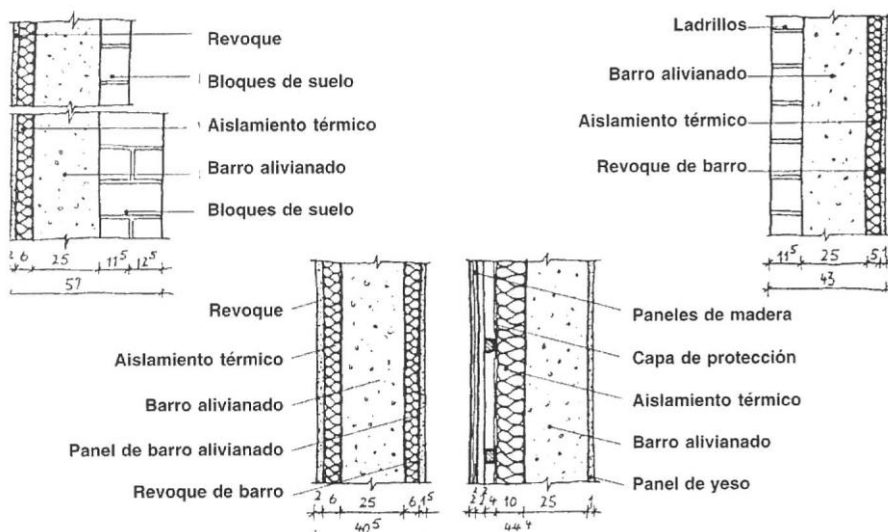


Figura 122: Secciones verticales de muros de barro alivianado apisonado con encofrado perdido (aislamiento y bloques de suelo) en ambas caras.

## 4.9 Construcciones antisísmicas

Una de las causas por las que la construcción con tierra ha perdido credibilidad, ha sido que gran parte de las viviendas construidas recientemente han colapsado ante la acción sísmica. Esto ha aumentado más la visión de la tierra como un material pobre y para los pobres. Se ha dado el caso incluso, de llegar a la prohibición de construcción de viviendas con tierra debido a grandes catástrofes producidas en algunas regiones Andinas. Aun así, a pesar de su prohibición, se sigue construyendo con ella debido a los altos costos del hormigón armado y el ladrillo.

Hay que tener en cuenta que muchas viviendas construidas con tierra en el pasado no han colapsado, mientras que las construidas nuevas si lo han hecho. Esto se debe en gran parte a la pérdida de las técnicas constructivas del pasado basadas en el método de prueba y error. Las viviendas antisísmicas que se construyan deben ser capaces de deformarse y de absorber la energía sísmica. Las soluciones propuestas a continuación se orientan a viviendas de bajo costo y de un solo nivel, evitando las técnicas sofisticadas que no se adecúan a la autoconstrucción.

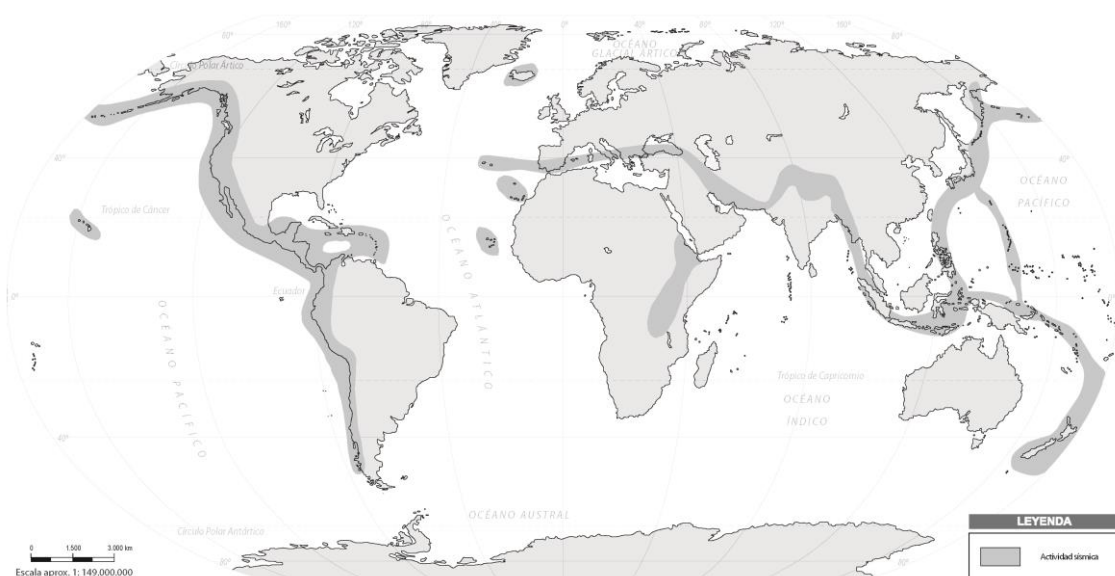


Figura 123: Localización de los sismos de mayor intensidad.

Los sismos son un fenómeno de sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre al liberarse energía acumulada en forma de ondas sísmicas. Los más comunes se producen por la actividad de las fallas geológicas, aunque también ocurren por la fricción en el borde de las placas tectónicas, procesos volcánicos o incluso por el hombre al realizar pruebas de detonaciones nucleares subterráneas.<sup>16</sup>

El mapa superior muestra donde se han detectado los sismos de mayor intensidad en el planeta. En el anillo del Pacífico, desde Canadá hasta Chile, Nueva Zelanda, Japón, y Nueva Guinea. También en todo el Mediterráneo, África del este y el sur de Asia.

<sup>16</sup> Definición de sismo, fuente: <https://es.wikipedia.org/>

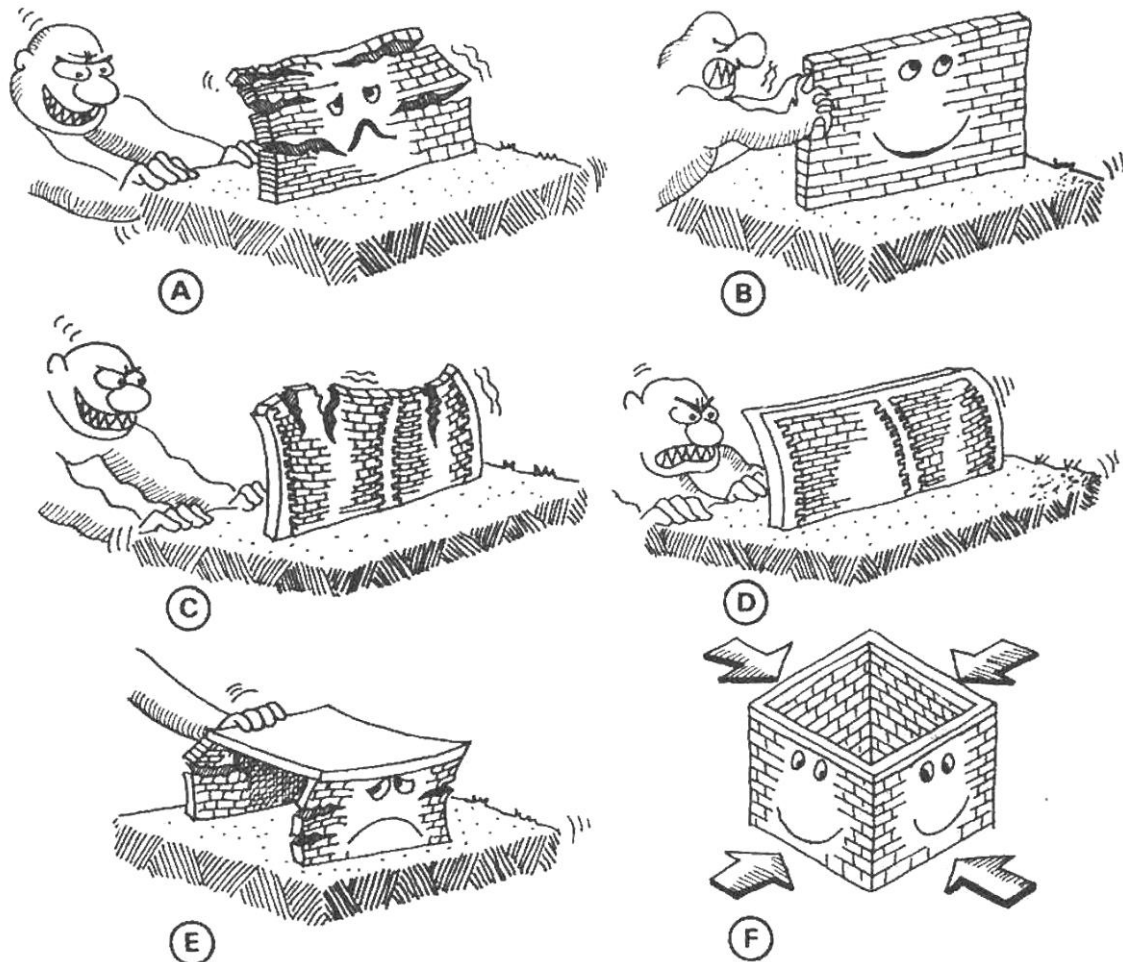


Figura 124: Efectos de un terremoto sobre los muros.

Las edificaciones ante los sismos son afectadas mayormente por los movimientos de la tierra en el plano horizontal. El mayor peligro dentro de las viviendas es que los muros colapsen hacia afuera y, por tanto, la cubierta y los entresijos caigan hacia el interior. Por ello, hay que procurar siempre que los muros no colapsen hacia afuera y las cubiertas y entresijos se encuentren bien arriostradas.

Las estructuras que se diseñen deben de ser **resistentes** a las fuerzas horizontales de los sismos sin llegar a la deformación y **dúctiles** que tengan capacidad para deformarse sin romperse. Como ambas parecen contradictorias, se construyen de manera que las estructuras tengan mucha resistencia y una baja ductilidad o viceversa; o valores medianos tanto para la ductilidad como de la resistencia. Un ejemplo de construcción con alta resistencia sería el tapial con muros de 60 cm de espesor, que han resistido durante siglos; una resistencia muy alta es una solución muy poco económico puesto que requiere una gran cantidad de material para absorber los esfuerzos sin deformarse. Y una con alta ductilidad sería el entramado o bahareque al ser más livianas y flexibles. Frecuentemente se suele escoger una resistencia mediana y que acepte algunas deformaciones moderadas.



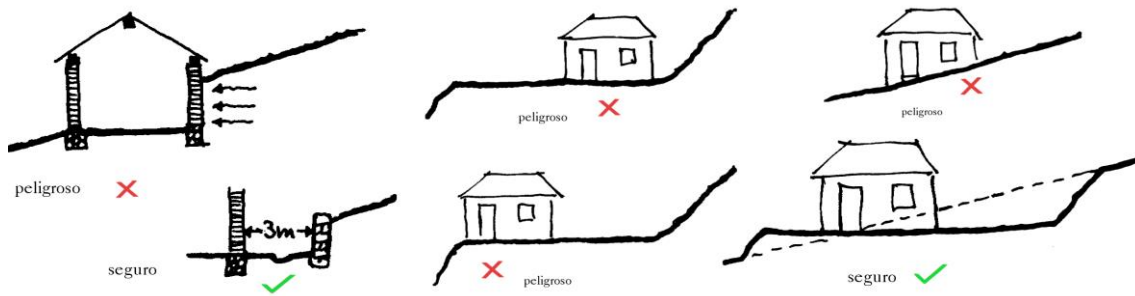


Figura 125: Emplazamiento de una vivienda en pendiente.

En las zonas propensas a movimientos sísmicos, es muy importante considerar ciertos aspectos a la hora de elegir el emplazamiento del edificio: las viviendas, no deben emplazarse en el corte de una pendiente puesto que, la tierra impactará horizontalmente en el edificio pudiendo llegar a colapsar el muro adyacente; por ello, conviene separarse un mínimo de 3 m y contener las tierra con un muro de contención separado.

No se debe asentar la vivienda muy cerca de una fuerte pendiente, ya que pueden ocurrir deslizamientos del terreno por ambos bordes superior e inferior. Del mismo modo, tampoco se deben asentar sobre un terreno inclinado ya que la vivienda misma se puede deslizar en sobre él. Por el contrario, cuando la vivienda se vaya a construir en un terreno en pendiente hay que crear una plataforma, que se encuentre a la suficiente distancia de ambos bordes.

Las viviendas con una alta resistencia, es decir, las masivas y pesadas, conviene que se asienten en terrenos suaves y arenosos, para reducir el impacto del sismo. Por el contrario, las viviendas con una alta ductilidad, es decir, las más livianas y flexibles, se pueden emplazar sobre terrenos arenosos.

#### 4.9.1 Muros de tapial

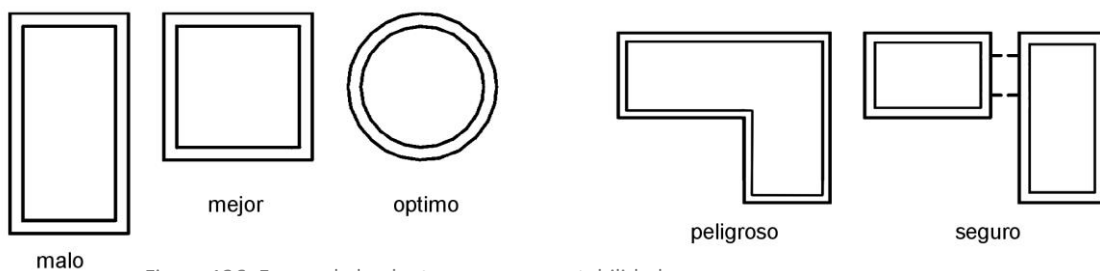


Figura 126: Forma de la planta para ganar estabilidad.

En cuanto a la forma de la planta, siempre es mejor diseñar formas compactas, para darle más estabilidad a la vivienda. Una cuadrada será mejor que una rectangular y una circular sería la forma ideal. Formas con más de cuatro ángulos tampoco son recomendables; siempre será mejor separarlas y conectarlas por una unión liviana y flexible. Los muros convexos reforzados en esquinas con contrafuertes pueden llegar a tener la misma resistencia a los sismos que las plantas circulares.

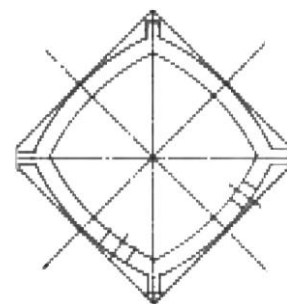


Figura 127: Muros convexos con contrafuertes en esquinas.

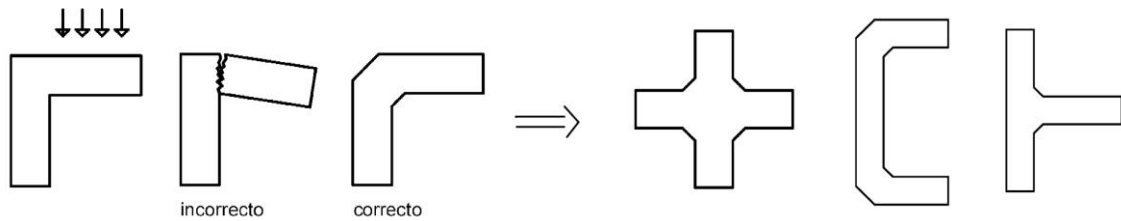


Figura 128: Refuerzo de esquinas.

En construcciones compactas como las de tapial, durante el sismo las fuerzas se concentran en las esquinas del ángulo, que tiende a abrirse, por ello, conviene diseñar las esquinas con un espesor mayor al resto del muro y evitar el ángulo recto.

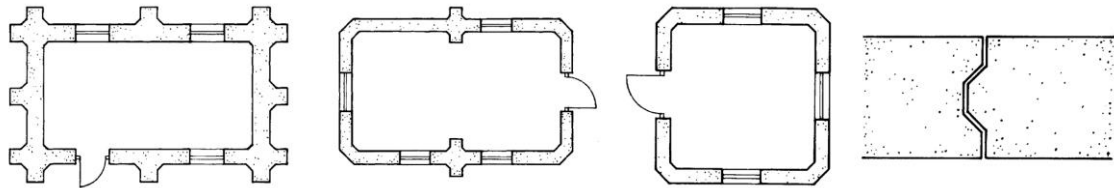


Figura 129: Plantas diseñadas con elementos angulares.

Estas plantas representan distintas soluciones en muros de tapial mejorados con los elementos angulares anteriores. La estabilidad lateral se mejora realizando una junta machihembrada entre los bloques de tapial y con un encofrado trepador (explicado en el apartado 4.7.2). Por último, en muros de tapial la relación aconsejable entre altura del muro y espesor será:  $\text{espesor} \geq \text{altura}/8$ .

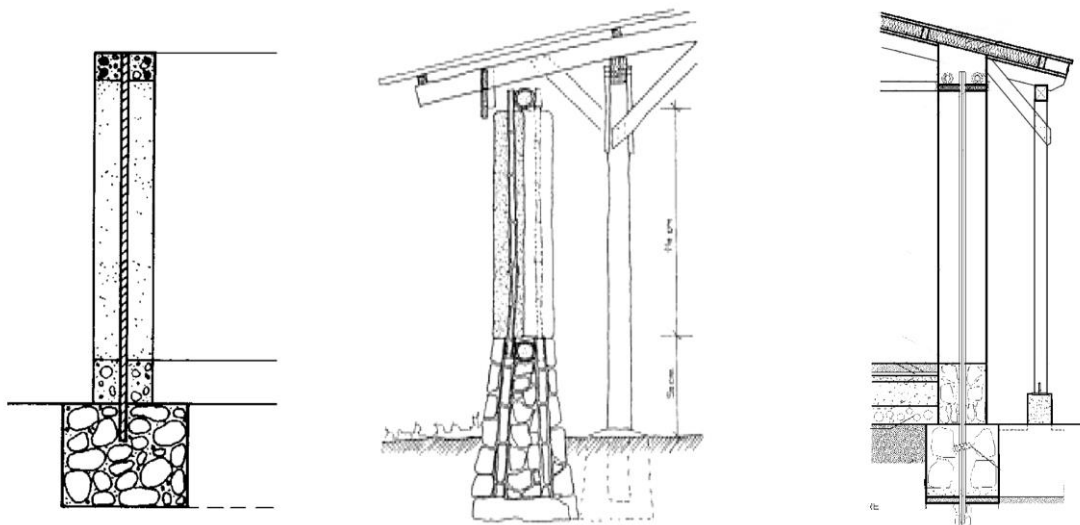


Figura 130: Refuerzos internos.

Colocar elementos verticales de madera o bambú dentro del muro de tapial, anclados al zócalo y al zunchos de atado perimetral es otra solución para estabilizar los muros contra los impactos horizontales del sismo. Si se independiza la estructura de la cubierta del sistema de muros aumenta aún más la seguridad contra los impactos sísmicos, al desaparecer el peligro de que la cubierta colapse hacia el interior puesto que se mueve independientemente al muro. Los soportes de la cubierta se pueden situar tanto en el interior como en el exterior y es necesario que se empotren en los cimientos y se anclen a la cubierta mediante riostras. Estas uniones deben ser semirrígidas para que haya más ductilidad. En muros de adobe, la cubierta también se puede hacer que funcione independientemente.

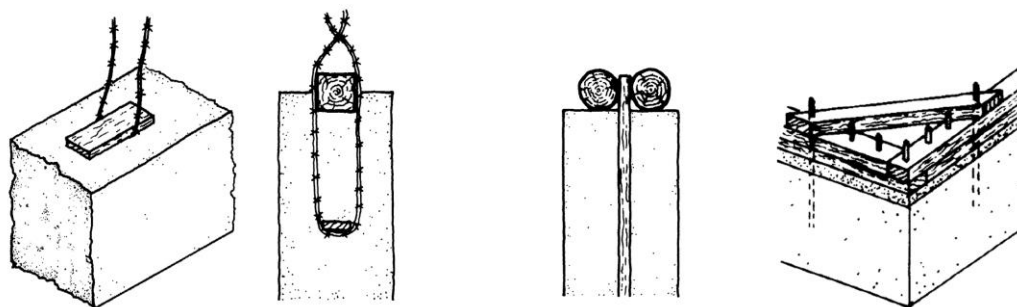


Figura 131: Anclaje del encadenado con el muro de tapial.

El zuncho perimetral es el que transmite las fuerzas de flexión que ocurren por los impactos perpendiculares al muro. A su vez, sirven también de soporte para la cubierta. La conexión entre el zuncho y el muro es fundamental; para ello, se pueden emplear entre otros, alambre de púas o elementos de madera o bambú. Este último, comentado en el párrafo anterior es el que más seguridad ofrece.

#### 4.9.2 Muros de adobe

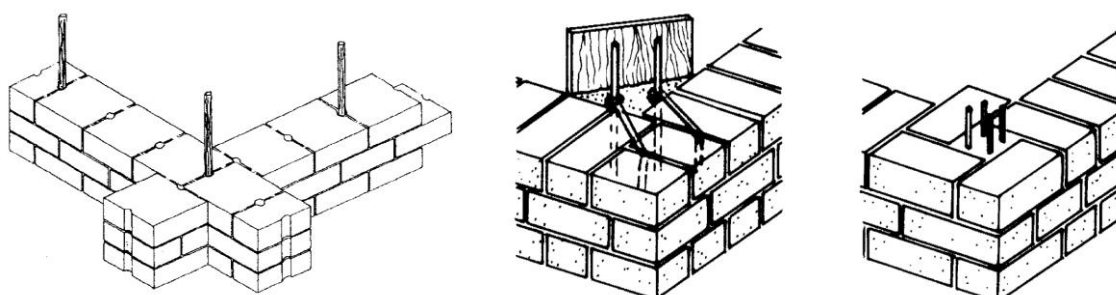


Figura 132: Refuerzo de esquinas en muros de adobe.

En cuanto a las formas de las construcciones, al igual que en el tapial, se deben procurar las formas compactas, para dar más estabilidad a la edificación. Del mismo modo, en las esquinas se concentran mayores esfuerzos durante el sismo, por lo que se deben reforzar. Una solución es construir contrafuertes, que además de absorber esfuerzos sísmicos, también ofrecen la oportunidad de ampliar la construcción en un futuro. Esta técnica se puede mejorar introduciendo varillas de acero verticales cada 50 cm, ancladas en el zócalo y en el zuncho. Otra técnica para reforzar las esquinas es el uso de hormigón armado, como se puede ver en las dos axonometrías de la derecha.

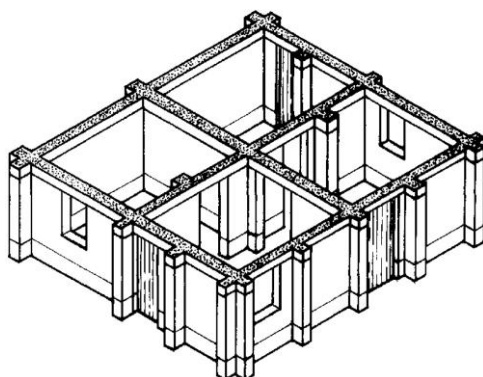
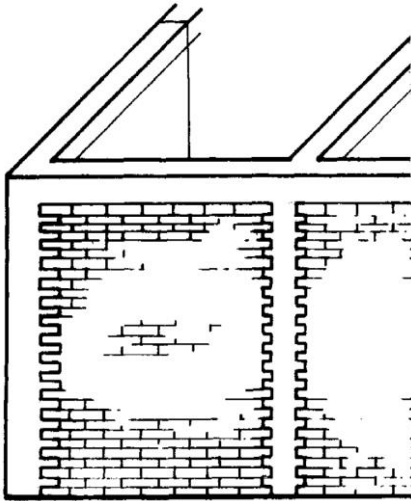


Figura 133: Zuncho o encadenado más refuerzo con contrafuertes.



Figura 134: Centro de educación Acomayo, Perú.





Una solución muy rígida, aunque costosa y sin apenas ductilidad, es emplear un sistema de refuerzo de hormigón armado. Para ello, se construyen pilares verticales y zunchos de hormigón armado rodeando la mampostería de adobe o bloques de suelo. Primeramente, se construye la mampostería y, posteriormente se ejecutan los refuerzos verticales y horizontales (mínimo 4 barras de acero longitudinales de 14 mm y cercos de 6 mm cada 10 cm). Es muy importante la traba entre la mampostería y los pilares de hormigón, para trabajar conjuntamente aportando rigidez.

Figura 135: Estructura de hormigón armado con relleno de mampostería.

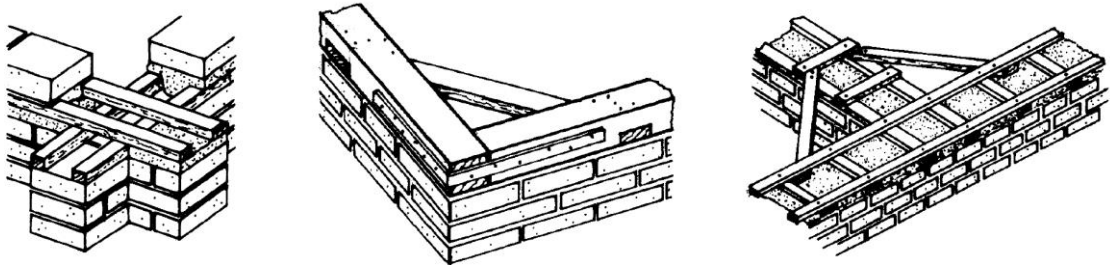


Figura 136: Zunchos de madera.

Las esquinas de los zunchos perimetrales o encadenados deben ser rígidas, para soportar los momentos creados bajo la influencia sísmica. Cuando se emplea madera para la construcción del zuncho perimetral, se deben cubrir los elementos de madera con mortero de cemento, con un espesor mínimo de 2 cm.

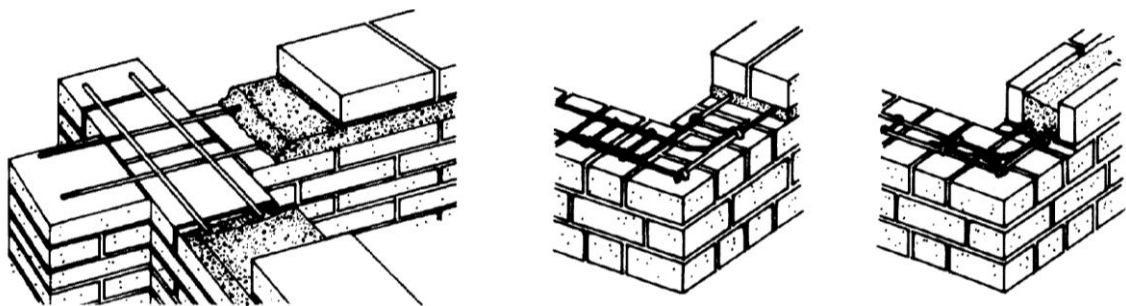


Figura 137: Zunchos de hormigón armado.

Si el zuncho se realiza de hormigón armado, para que agarre bien el hormigón al muro de mampostería de adobe, es necesario no rellenar de mortero las juntas verticales de la hilada sobre la que se apoya el zuncho.

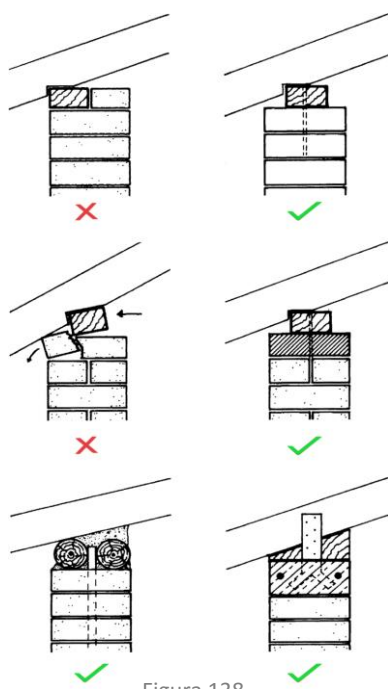


Figura 138

Quando la cubierta apoya sobre el zuncho perimetral:

- El zuncho debe descansar en el centro del muro.
- La última hilada debe ser de ladrillo cocido, para que la carga sea distribuida uniformemente en todo el muro. Colocar adobe en la última hilada no es seguro, puesto que durante el sismo corre el riesgo de quebrarse.
- La carga de la cubierta debe repartirse uniformemente sobre el muro, para ello se emplean cuñas de madera o de hormigón.

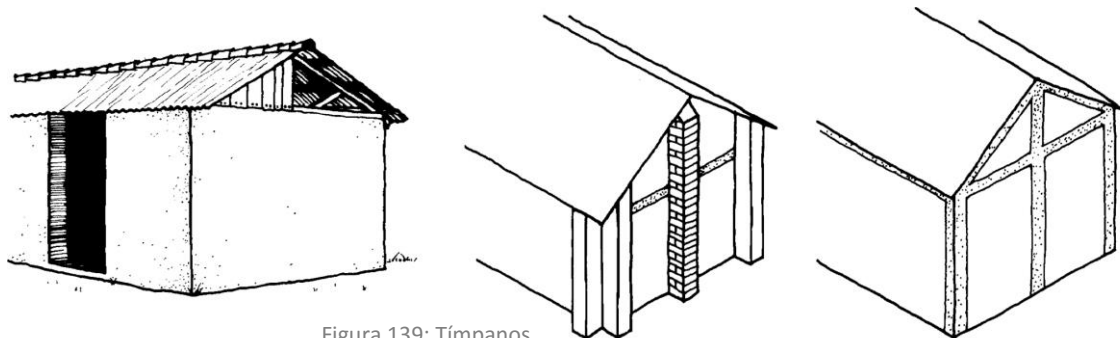


Figura 139: Típanos

En construcciones antisísmicas, siempre conviene construir cubiertas a cuatro aguas; así se evita la construcción de tímpanos que tienden a colapsar durante un sismo a causa de los impactos horizontales perpendiculares a ellos. En caso de que sean necesarios, es recomendable construir el muro de adobe o tapial hasta la altura del zuncho y el tímpano como un tabique aislado del muro, como muestra la figura de la izquierda. Si se requiere construir el tímpano con adobes o tapial, entonces el muro debe ser estabilizado con contrafuertes. No se recomienda el uso de hormigón armado puesto que encarece excesivamente la construcción.



Figura 140: Dimensionamiento de vanos.

Es necesario que los vanos de puertas y ventanas tengan unas dimensiones determinadas, ya que debilitan mucho la estabilidad del muro y durante el sismo se crean en ellos grietas diagonales en las esquinas y sobre los dinteles. Los dibujos superiores establecen las dimensiones y separaciones de los vanos.

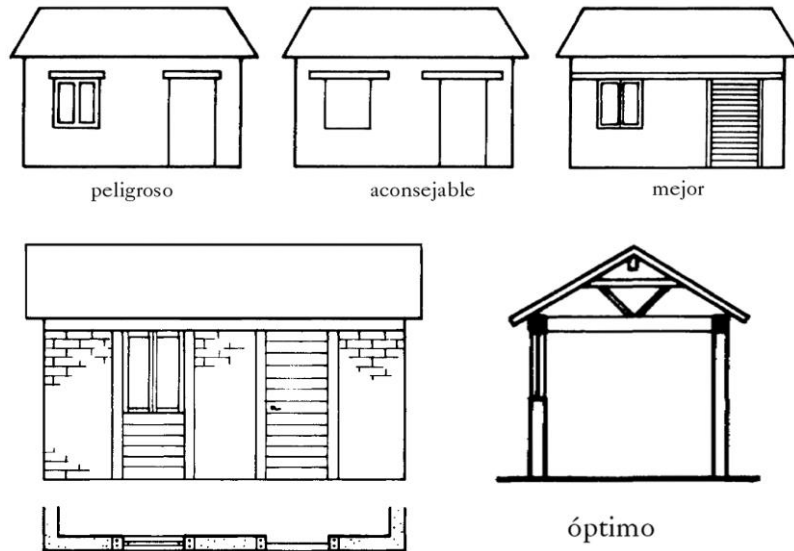


Figura 141: Soluciones para dinteles.

Los dinteles deben estar empotrados un mínimo de 40 cm en la mampostería de adobes, y obtener así una buena traba. Una mejor solución es colocar los dinteles continuos en un mismo nivel, formando un solo elemento. El dintel también puede actuar como zuncho perimetral; si a esto se le suma que el antepecho de la ventana y los laterales no se ejecutan de mampostería sino con un elemento flexible de entramado o bahareque, la ventana funcionará como el vano de una puerta, consiguiendo mayor estabilidad.

#### 4.10 Revoques y protecciones de superficies

Los revoques de barro se componen principalmente de limo y arena; tan sólo hace falta un porcentaje de arcilla de entre 5 a 12% para activar la cohesividad y la adherencia de la mezcla. Generalmente, se adhieren muy bien y pueden ser aplicados tanto en superficies de barro, de ladrillo y piedra natural como de hormigón. Uno de los requerimientos esenciales es que la superficie sobre la que se aplica sea suficientemente rugosa para obtener una buena adherencia. Para ello, en muros de mampostería de adobe se puede humedecer la superficie y rallar la superficie diagonalmente (fig. 142); otro método es cortar las juntas de mortero a 45° en muros de adobe o ladrillo (fig. 143).

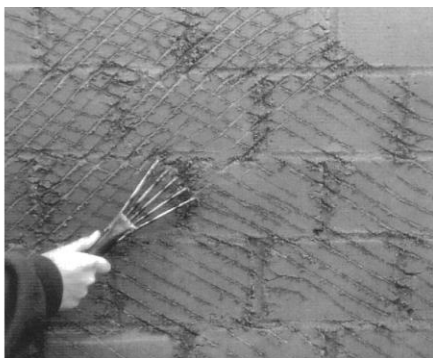


Figura 142: Rayado de una superficie húmeda de

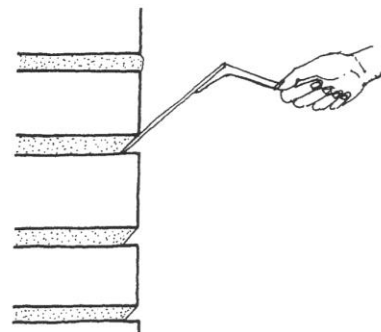


Figura 143: Corte de las juntas con un badilejo.

Los revoques exteriores de barro deben ser resistentes a los cambios climáticos y conviene que se les aplique una pintura impermeable para evitar que se filtre el agua de lluvia;

además, deben ser más elásticos que la superficie donde se apliquen, para resistir las influencias térmicas e hídricas sin que aparezcan fisuras. Por tanto, los revocos de barro exteriores son apropiados siempre que sean impermeables y no aparezcan fisuras; la alternativa más común y mejorada de ellos son los revocos de cal. Por el contrario, los revocos de cemento no son apropiados por ser muy frágiles; usualmente no resisten cargas térmicas e higrométricas sin fisurarse permitiendo así la penetración de agua en el muro.

Los revocos interiores de barro por el contrario, no crean tantos problemas como exteriores; por ejemplo, una pequeña fisura puede ser perfectamente sellada con pintura. En espacios donde se genera mucha humedad como en baños y cocinas, funcionan muy bien como acabados, ya que absorben el vapor de agua generado en ellos; a diferencia de los azulejos contemporáneos que no permiten la absorción. Este es uno de los aspectos higiénicos del barro para interiores. Los revocos de cemento tampoco son recomendables en interiores.

Las pinturas que se apliquen en el exterior deben ser hidrófugas, es decir, que repelan el agua; a la vez, especialmente en climas fríos, las pinturas deben de ser porosas con una red continua de micro-poros, para permitir la difusión del vapor hacia el exterior. Así pues, su efecto de barrera de vapor debe ser menor en el exterior que en el interior.

#### 4.11 Ejemplos de algunas construcciones

##### Escuela en Gando, Burkina Faso

La fue diseñada por el arquitecto Diébédo Francis Kéré natal de la región. El gobierno de Burkina Faso apoyo el proyecto entrenando a hombres y mujeres en la fabricación de bloques de tierra compactada estabilizados con cemento. Sobre todos los muros de carga hay una viga perimetral de hormigón armado. Barras de metal que funcionan como viguetas, sujetan un techo hecho de bloques de tierra compactada; este techo crea una barrera acústica entre la clase y el metal de la cubierta y junto con el grueso muro de tierra regula la temperatura del aire interior y

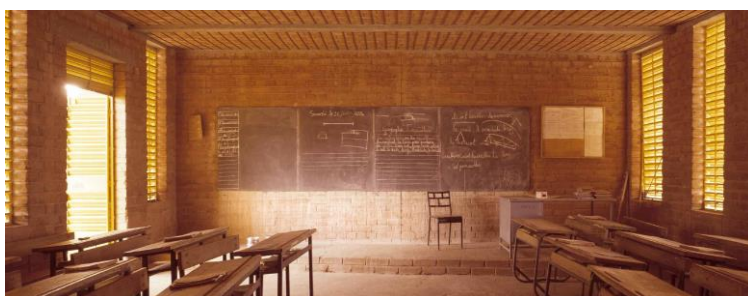


Figura 144: Interior de un aula.

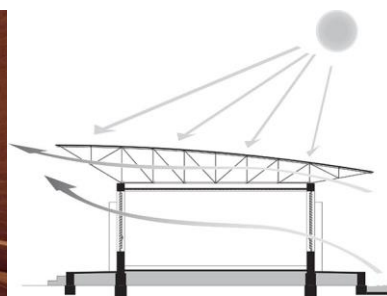


Figura 145: Climatización natural.

Las tres clases se encuentran independientes las unas de las otras, creando espacios de sombra entre ellas que pueden ser usados como clases en el exterior y espacios de descanso.

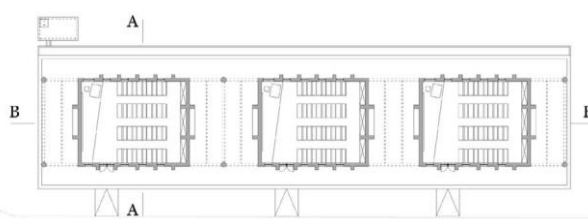


Figura 146: Vista en planta.

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

En Burkina Faso los techos tradicionalmente se han realizado con paja, pero cada vez está apareciendo más la chapa en la nueva construcción. Debido a la baja inercia térmica de la chapa; no funciona bien en climas tan cálidos; y además, durante las tormentas, el impacto sobre ella crea un excesivo ruido y por eso la necesidad de techo de tierra que funcione como aislante acústico y térmico.

Los conocimientos y destreza adquiridos en construcción por los habitantes Gando, están siendo reclamados por las autoridades locales para la construcción de nuevos proyectos en la región.



Figura 147: Vista desde el exterior.

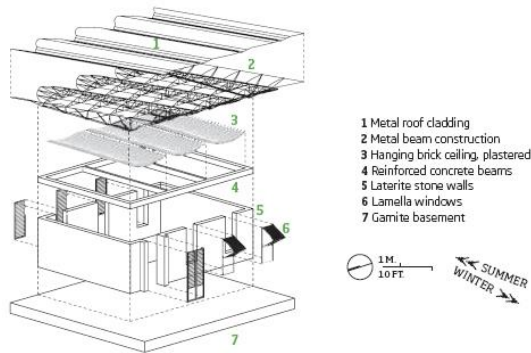


Figura 148: Axonometría explotada.

Oficina, Nueva Delhi, India

El proyecto fue financiado por la agencia alemana gate/gtz, como un proyecto de investigación y desarrollo. El objetivo era demostrar que los edificios construidos con bóvedas y cúpulas de bloques de suelo mejoran el clima interior y son más económicos que las construcciones tradicionales con cubiertas de hormigón.

Para calentar y enfriar los espacios, dependiendo de la época del año, se instaló un sistema de túnel de aire desde donde se impulsa aire a temperatura ambiente con ventiladores. Este túnel construido con cerámica y situado a una profundidad de 3,50 metros donde la temperatura de la tierra se mantiene prácticamente constante a 25°C, que es la temperatura ambiental media anual.

Los resultados fueron muy satisfactorios en cuanto al ahorro de energía para climatizar y en el costo de la edificación.

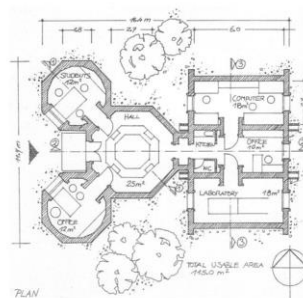
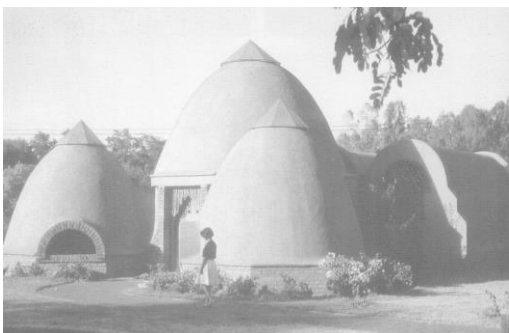


Figura 149: Vista exterior, vista en planta y proceso de construcción.

Centro educativo, Segou, Mali

El proyecto fue financiado por el Vaticano, el arzobispado Segou, la Fundación de Francia, la Fundación pour le Progrés de l'homme, CCFD y Misereor. Construido modularmente con muros de bloques de suelo estabilizados con cal 4% y cemento 2% y con cúpulas que cubren los espacios.

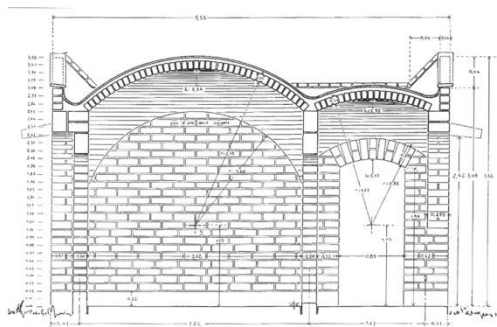


Figura 150: Sección constructiva y vista exterior desde la cubierta.

Posta sanitaria en la comunidad de Nino Yucay, Ayacucho, Perú

Fue construida por el Proyecto AMARES y financiado por la Unión Europea. El objetivo era el desarrollo de capacidades locales como elemento básico de desarrollo y sostenibilidad. Se planteó una construcción con materiales y técnicas locales que permitieran la participación de la comunidad.

El edificio está formado por cuatro bóvedas nubias de 3 m de luz y 3,5 m de altura; construidas con adobes; revocadas exteriormente con una capa de barro estabilizado con aceite de linaza y en el interior un revoco parcial con cal caseína. Finalmente, las bóvedas se recubrieron con una capa impermeable, protegida por esteras tejidas en la comunidad.

La calefacción es un sistema pasivo basado en la creación de un invernadero en la fachada este que recolecta el calor del sol y lo transmite a los ambientes interiores.

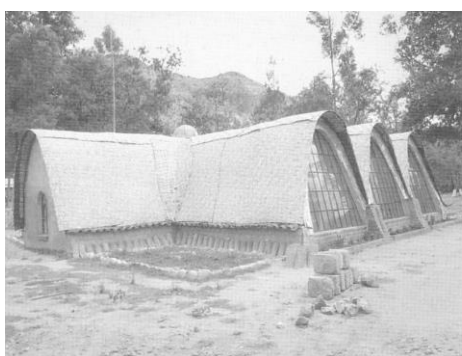


Figura 151: Vistas exterior e interior y vista en planta.



### Reconstrucción del hábitat en el Estado de Guerrero, México

Las intensas lluvias y deslaves provocados por los fenómenos meteorológicos afectaron a más de 230.000 personas, dejando graves daños en las vías de comunicación, viviendas, cultivos y pérdidas de animales en granjas. La cooperación comunitaria de la región llevo a cabo una serie de operaciones para devolver a la población lo perdido.



Figura 152: Estado de las viviendas después de las intensas lluvias.

Entre muchas de las operaciones que se realizaron, una de ellas fue la reconstrucción de 20 viviendas de adobe nuevas y reforzadas con contrafuertes y vigas perimetrales de hormigón armado. Otra de las mejoras en las viviendas fue el aislamiento del techo con material orgánico de la región, pisos de barro y pintura de muros interiores con cal para conseguir una mayor iluminación de los espacios. Las intervenciones fueron realizadas a través del aumento de capacidades autoconstructivas de la población, por medio de su participación.



Figura 153: Vistas exterior e interior de la reconstrucción.

### Construcción de vivienda rural, Castrovirreyna, Perú

La problemática de vivienda en Perú en zonas rurales ha sido siempre muy desatendida por todos los gobiernos y muchas de las viviendas autoconstruidas no reciben ninguna clase de asistencia técnica, lo que conlleva a su fácil destrucción ante cualquier tipo de movimiento sísmico o desborde de ríos.



Figura 154: Proceso de construcción.

Construcción en Cooperación al Desarrollo.

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

Las viviendas que se construyeron para mejorar las condiciones de habitabilidad se llevaron a cabo a través de un programa de vivienda rural financiado por el gobierno peruano y con el aporte de la mano de obra no calificada del beneficiario, para capacitarles en construcción. Una de las técnicas constructivas utilizadas fue la *quincha* o *bahareque*. Con pilares de madera unidos al cimiento y sobrecimiento de hormigón; y muros entramados de tiras de madera y barro. El techo se realizó con troncos madera, cañizo y esterillas trenzadas; finalmente, se colocó una lámina impermeable.



Figura 155: Vista exterior e interior de la construcción.



## 5. Componentes e instalaciones de bajo coste

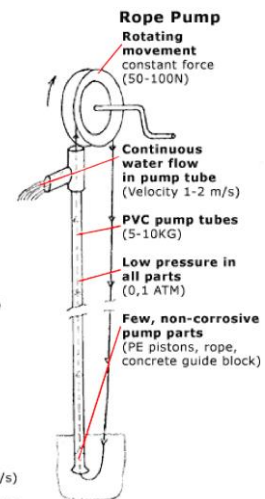
### 5.1 Introducción

En las operaciones o proyectos que se llevan a cabo en temas de habitabilidad básica en lo referente a instalaciones de agua, saneamiento, energía, preparación de alimentos... es evidente que no se puede partir de los estándares que hay en países industrializados; sino que hay que tener muy en cuenta los equipos o aparatos que se vayan a utilizar para que puedan ser contruidos y mantenidos por las propias familias o comunidades. Los siguientes puntos muestran algunos ejemplos de instalaciones de bajo coste que pueden aportar niveles adecuados y dignos de habitabilidad y salubridad.

### 5.2 Abastecimiento de agua

#### 5.2.1 Captación

**Bomba manual de mecate:** Utilizada para extraer agua del subsuelo; normalmente hasta una profundidad de 40 m aunque con diseños especiales se puede llegar hasta 80 m. Formado principalmente por un mecate o cordel auto enlazado o "sinfín" con pequeños pistones de plástico en toda su extensión, que al accionarlo en "circuito cerrado" permite subir hasta la superficie cantidades continuas de agua por un tubo de PVC o metal.



**Bomba manual con pistón:** Utilizada para extraer agua hasta una profundidad promedio de 40 m. Formado principalmente por un tubo de PCV o metal por el que se desliza un pistón verticalmente que al accionarlo por medio de una palanca manual que se encuentra en la superficie permite la ascensión del agua del subsuelo.

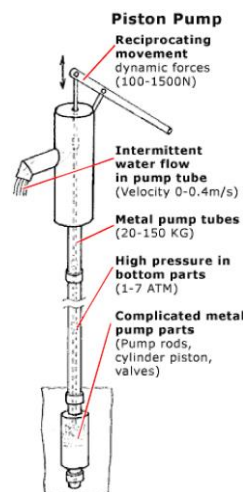


Figura 156: Bomba de mecate y con pistón.

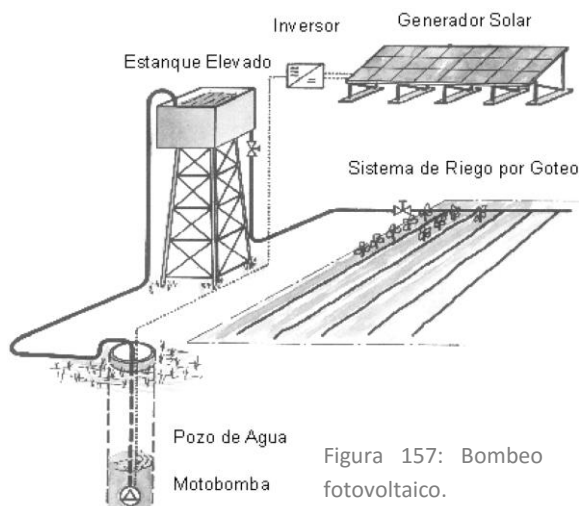


Figura 157: Bombeo fotovoltaico.

**Bombeo fotovoltaico:** El generador solar se encarga de suministrar la energía eléctrica necesaria para accionar la motobomba sumergida que bombea el agua hasta un estanque elevado o a un sistema de riego directo. El estanque permite almacenar el agua y que llegue a los cultivos con una alta presión gracias a la gravedad.

**Malla para captación de agua de neblinas:** capta el rocío matutino sobre una superficie vertical por la que se escurre hasta la parte inferior donde se coleccionará. Se trata de un sistema muy útil para zonas donde escasea el agua pero hay una alta cantidad de rocío o brisas húmedas. El agua aportada por las nieblas anualmente puede llegar a ser siete veces mayor que el agua de las precipitaciones.



Figura 158: Malla para captación de agua de neblinas.

## 5.2.2 Filtros, destiladores y purificadores

**Desinfección solar de agua con botellas:** mejora la calidad microbiológica del agua por medio, de la radiación solar que destruye los microorganismos patógenos que contiene el agua. El agua contaminada se almacena en botellas de plástico y se expone al sol que la trata a través de los rayos UVA y aumentando la temperatura del agua. El tiempo de exposición variará según si el cielo está claro (6 horas) o nublado total o parcialmente (de 6 horas a 2 días consecutivos).



Figura 159: Desinfección solar de agua con botellas.

**Destilador de agua:** sirve para potabilizar el agua a través de la evaporación del agua sucia por medio de la radiación solar. Consiste en un recipiente cuyo fondo es negro o relleno de carbón vegetal molido para que capte la mayor radiación solar posible; sobre ello, se vierte el agua a destilar y en el centro se coloca un recipiente que colecciona el agua destilada; se cubre todo con un plástico al que se le da una pendiente descendente hacia el centro.

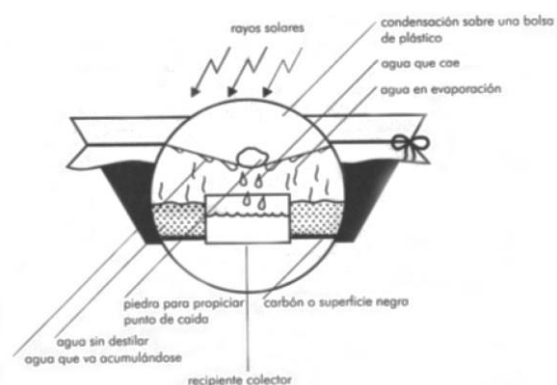


Figura 160: Destilador de agua.

**Destilador solar:** se utiliza para purificar el agua dulce o salada. Por cada litro de agua sin destilar que se vierte en el destilador se obtiene medio litro de agua destilada; el agua sin destilar que sobra, puede ser usada para riego. El fondo del recipiente debe ser de color negro o de silicona negra para absorber la máxima cantidad de calor que consiga calentar el agua. El agua al alcanzar altas temperaturas, se evapora y se condensa en el vidrio inclinado que permite el escurrimiento del agua hasta un conducto donde se almacena para el consumo humano.

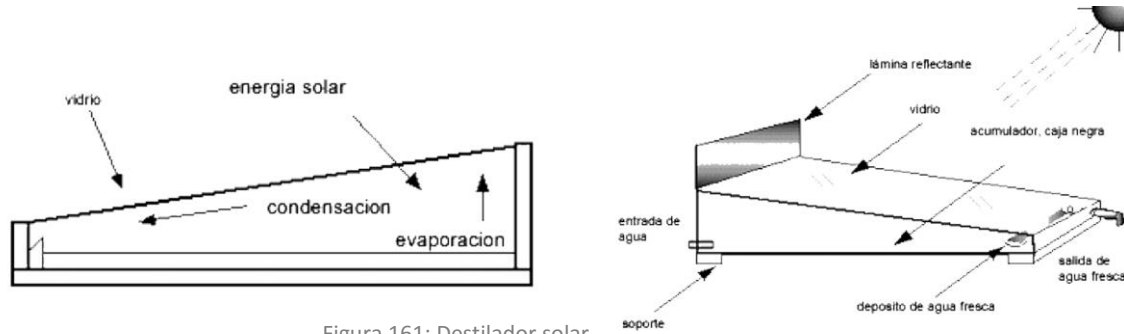


Figura 161: Destilador solar.

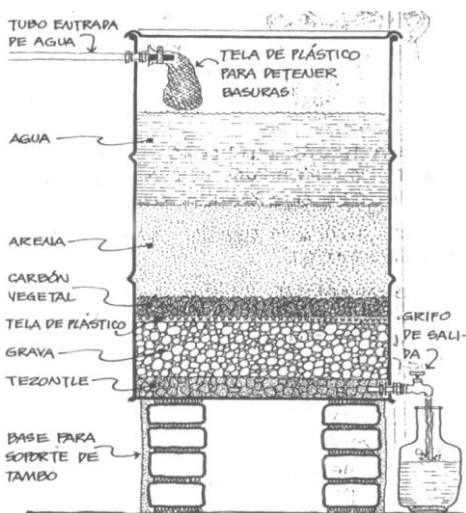


Figura 162: Filtro de agua autoconstruible.

**Filtro de agua autoconstruible:** la filtración del agua tiene como función esencial la eliminación de la turbiedad. Este filtro consta de las siguientes capas por las que tiene que pasar el agua para ser filtrada correctamente: arena, carbón vegetal, tela de plástico, grava y piedra pómez. Finalmente, llega por gravedad a un grifo situado en la parte inferior.

### 5.2.3 Artefactos

**Llave para ahorro de agua:** se trata de transformar una llave convencional en una que reduzca el consumo de agua. Para ello, se lima la rosca de tornillo del vástago y se coloca un resorte o muelle que permita el cierre automático al soltar la palanca.



Figura 163: Llave para ahorro de agua.

**Sistema para transporte de agua:** se le conoce como “Hippo Water Roller” y sustituye a los sistemas de transporte de agua sobre la cabeza u otros que conllevan un gran esfuerzo físico. Es de forma cilíndrica y fabricado con polietileno estabilizado para que rueda y resista bien las malas condiciones de los caminos (piedras, vidrios rotos...). Tiene una capacidad para transportar hasta 90 litros de agua.



Figura 164: Sistema de transporte para agua.

### 5.3 Saneamiento

**Letrina abonera (alcalina):** este tipo de letrina separa las heces de la orina. Las heces caen en la cámara y la orina llega al exterior por un tubo. Las heces se descomponen en la cámara y si se deposita ceniza sobre ellas se consigue su descomposición y en un tiempo más reducido; una vez secas y descompuestas las heces pueden ser utilizadas como abono o acondicionadoras de suelo. La cámara de descomposición debe estar ventilada por un tubo vertical que sale al exterior.



Figura 165: Letrina abonera (alcalina).

**Retrete solar:** se trata de un sistema en el que se mezclan el horno solar y el inodoro de compostaje. No utiliza agua ni electricidad, tan sólo el sol. Las heces caen en una cesta donde se secan los sólidos y los líquidos gotean a través de ella. Las altas temperaturas y el sol directo hacen que se fríen las heces y se evaporen los líquidos; todo el espacio interior de color negro para aumentar el efecto.

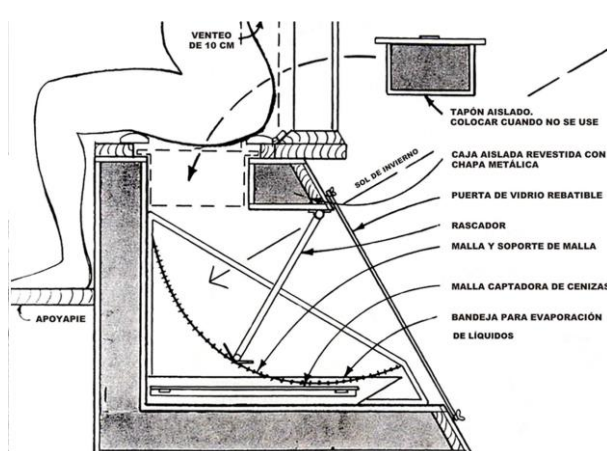


Figura 166: Retrete solar.

La cesta se vacía una vez al mes, extrayéndose ceniza negra en un volumen increíblemente pequeño. Se puede arrojar papel higiénico que se seca y se acaba convirtiendo en copos y, finalmente, en polvo. La ventilación se lleva a cabo como en una cocina de leña o como la letrina anterior.



Figura 167: Vista desde el exterior e interior. Ceniza negra resultante.

## 5.4 Energía

**Kit de energía solar:** se trata de un sistema muy adecuado para lugares a los que no puede llegar la red eléctrica como áreas remotas rurales o de difícil accesibilidad.

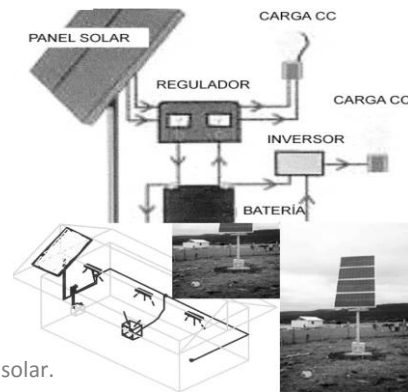


Figura 168: Kit de energía solar.

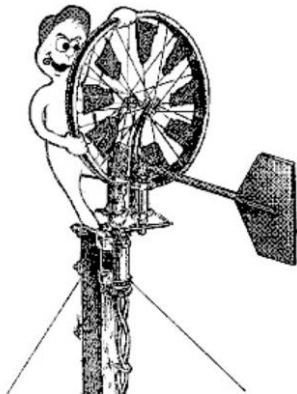


Figura 169: Minigenerador.

**Minigenerador 3-6 W:** un aparato muy sencillo de construir que aprovecha la fuerza del viento para producir energía. Puede llegar a suministrar la misma energía que un panel fotovoltaico de 10 a 15 w, con un coste mucho más reducido. Para construirlo se utiliza la horquilla de una bicicleta, con la rueda incluida. Entre los radios se colocan chapas que hacen de hélice y finalmente, se añade una veleta para orientar el minigenerador frente al viento. La dinamo de una bicicleta hará de dinamo.

**Uso de la energía solar en cultivos:** la energía solar puede ser utilizada en días de ciclo de cultivo para la desinfección del suelo y la disminución de la acción de patógenos, plagas y hierbas dañinas. Para ello, se coloca una película de plástico transparente sobre el suelo húmedo, durante 60 días y en la época más caliente del año. El resultado es un aumento del tensor de cobre y manganeso y su consiguiente mejora en la calidad de las verduras y frutas.



**Microestación hidroeléctrica:** este sistema aprovecha el curso del río para generar energía eléctrica sobre todo en zonas rurales que no poseen red de electrificación. Su construcción consiste en el encauzamiento del agua de un río hasta un punto de contención y liberar el agua haciéndola pasar por una turbina, aprovechando el salto del agua para generar electricidad.

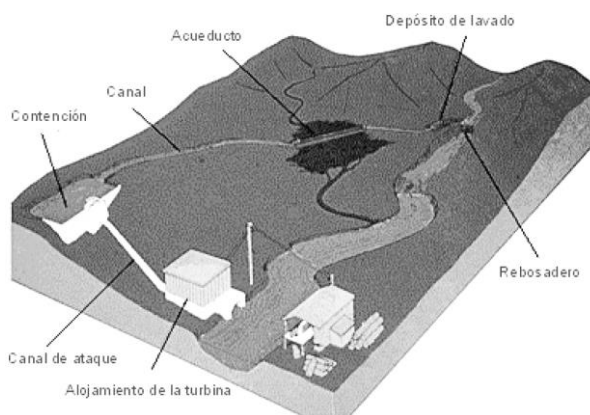


Figura 170: Microestación hidroeléctrica.

## 5.5 Tratamiento de residuos

**Compostador doméstico para desechos orgánicos:** transforma la materia orgánica que proviene de la huerta y cocina, en humus o tierra vegetal, dando así un uso productivo a los residuos orgánicos domésticos. El proceso de compostado se acelera si se trocea el material a descomponer y colocando inicialmente una capa de guano de vacuno o de cualquier animal de unos 5 cm de espesor para aislar bien. Es importante que por cada 25 cm de desechos orgánicos que se vierten se debe agregar una delgada capa de tierra de 5 cm y no apisonar el material para permitir la presencia de oxígeno.



Figura 171: Compostador doméstico para desechos orgánicos.

**Hoyo composta:** consiste en almacenar los desechos orgánicos, convertirlos en composta y usarla como fertilizante. El hoyo tarda de 3 a 6 meses en llenarse, ya que la basura que se convierte en composta es menos voluminosa. Una vez llenado el hoyo y se encuentre la composta lista para ser retirada, hay que tener en cuenta que los primeros 20 cm no se encontrarán aún listo para ser usados como fertilizantes, por lo que habrá que volver a verterlos en el hoyo una vez haya sido vaciado.

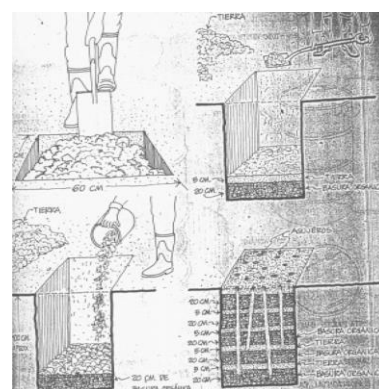


Figura 172: Hoyo composta.

## 5.6 Cocinas y conservación de alimentos

**Cocina básica portátil de arcilla:** cocina muy básica que es utilizada por pueblos nómadas. El tamaño será en función del tamaño real del recipiente que se vaya a utilizar para cocinar. Se moldean tres piezas para el apoyo de la cazuela y se marcan la puerta, asas y la salida de humos.

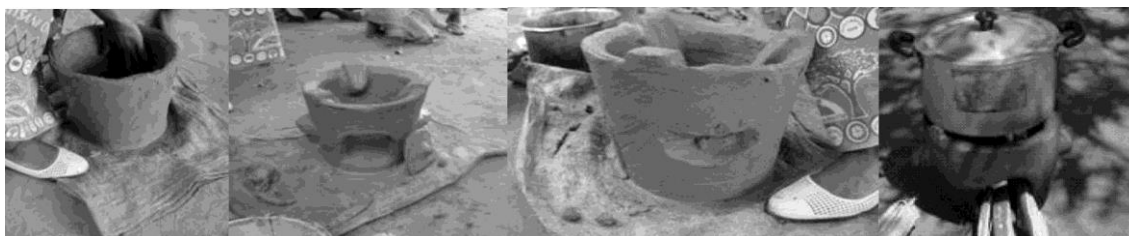


Figura 173: Cocina básica portátil de arcilla.

**Cocina "Lorena":** se construye con lodo y arena, de ahí su nombre. Su funcionamiento está caracterizado por un túnel curvo tanto en planta como en sección que se desarrolla desde la entrada hasta la salida de humos. En cada curva se realiza un orificio de dimensiones adaptadas a cada recipiente donde se concentrará el calor al moverse el aire caliente hacia ellos. Dos compuertas regulan la intensidad del calor y el retorno del humo, consiguiéndose así una mejor administración del combustible. En este tipo de cocinas el consumo de leña se encuentra entre el 30 y el 50% con respecto a los fogones tradicionales, lo que supone un gran ahorro de leña.

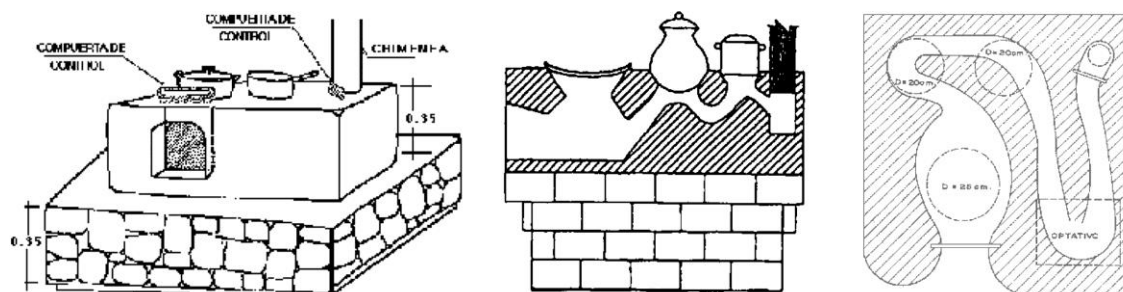


Figura 174: Cocina "Lorena".

**Fogones mejorados:** estos fogones mejoran las condiciones de salubridad en el interior de las viviendas al evitar la presencia de humo dentro de la cocina; el humo puede llegar a generar el amarillamiento de los ojos, crecimiento de carnosidad, afecta directamente al aparato respiratorio y al digestivo. Además, el humo hace que se acumule hollín en el techo y en las paredes. Se trata de un sistema de muy bajo costo y fácil de construir. Consigue ahorrar hasta un 40% de combustible; la cocción es relativamente rápida; otorga una buena comodidad además de garantizar una preparación higiénica de los alimentos. Se compone de una chimenea, de un control termostático, compuerta y soplador automático, además de espacio en la parte inferior para almacenar los utensilios de cocina y combustible.



Figura 175: Fogones mejorados.

**Deshidratador de frutas y verduras:** sirve para deshidratar y conservar ciertos alimentos. Funciona al modo de un captador solar e invernadero que evapora el agua que contienen las frutas y verduras, con esta deshidratación se pueden conservar más tiempo. El fondo negro que capta la radiación solar y la superficie transparente guarda el calor funcionando así como un invernadero. Además, las aperturas permiten la ventilación que se lleva la exudación de la fruta.

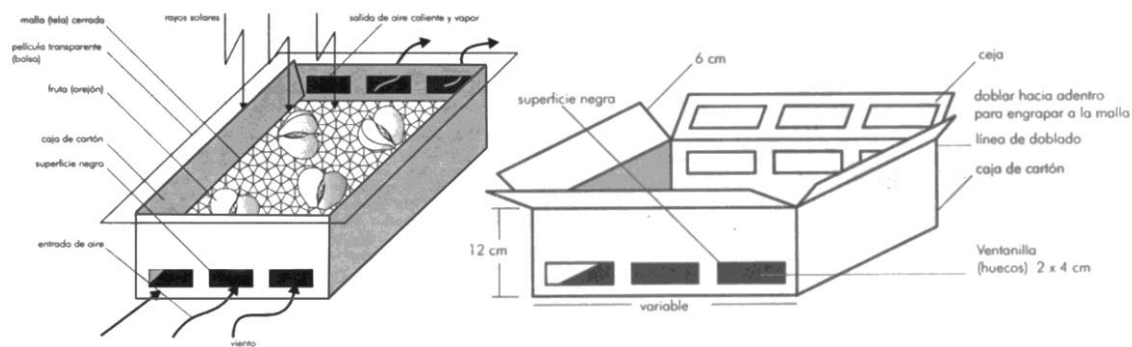


Figura 176: Deshidratador de frutas y verduras.

**Deshidratador solar de alimentos:** se trata de un sistema muy adecuado para zonas en las que no se puede disponer de servicio de energía eléctrica, para conservar los alimentos en refrigeradores. Su funcionamiento es similar al anterior, pero este permite conservar además de frutas y verduras, también carne, pescado, especias, hierbas aromáticas, setas, etc.; su capacidad de almacenaje es también mayor. Los productos una vez que hayan sido deshidratados y protegidos de la rehidratación, permiten conservar los alimentos hasta al menos un año; lo que supera a un refrigerador convencional. Consiste en un cuerpo de aluminio, pintado exteriormente de negro para favorecer la captación de calor y un colector protegido por un vidrio. El aire caliente asciende desde la parte inferior y deshidrata los alimentos colocados en bandejas en la parte superior.



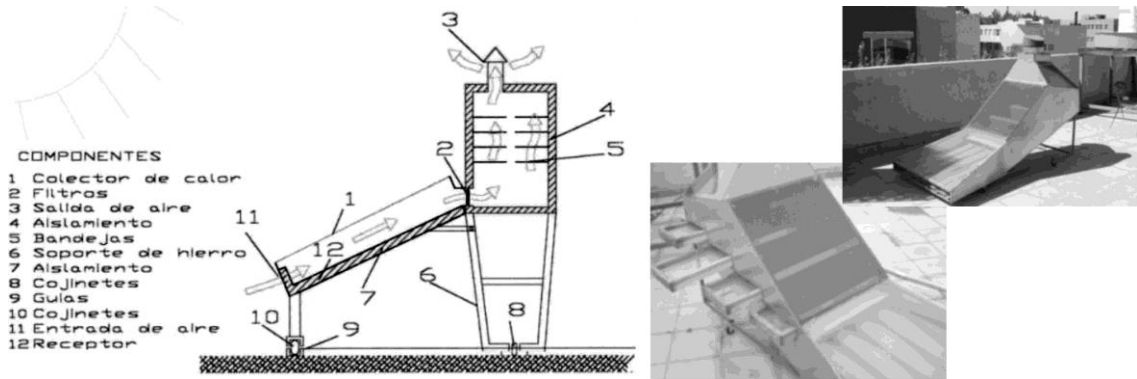


Figura 177: Deshidratador solar de alimentos.

**Refrigerador cerámico “por-in-pot”:** se trata de un refrigerador artesanal de barro para zonas sin energía eléctrica. Consta de dos vasijas de barro de distinto tamaño que se inserta una en la otra, colocando arena en el espacio que queda entre las dos; esta arena debe estar constantemente mojada para mantener húmedas las paredes de las vasijas. Según se va evaporando el agua de la arena, extrae el calor de las superficies de las vasijas, provocando una disminución de la temperatura de hasta 14°C, en relación al exterior.

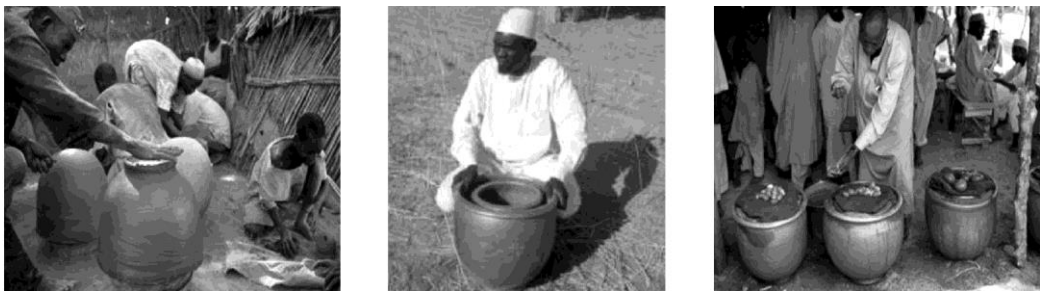


Figura 178: Refrigerador cerámico “pot-in-pot”

Construcción en Cooperación al Desarrollo.

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

---

## 6. Prototipo de vivienda para la Baja Nubia (Sudán)

### 6.1 Contextualización

Soleb es un antiguo pueblo de la Baja Nubia, hoy República del Sudán. Localizado al norte de Sudán y en la tercera catarata del río Nilo, en su orilla oeste. Se encuentra en la zona desértica de Sudán donde las variaciones de temperaturas son muy acentuadas; en invierno descienden hasta los 4,4°C durante la noche, mientras que en verano superan a menudo los 43,3°C y las precipitaciones son insignificantes. También suele haber tormentas de arena durante los meses de verano en las zonas desérticas.

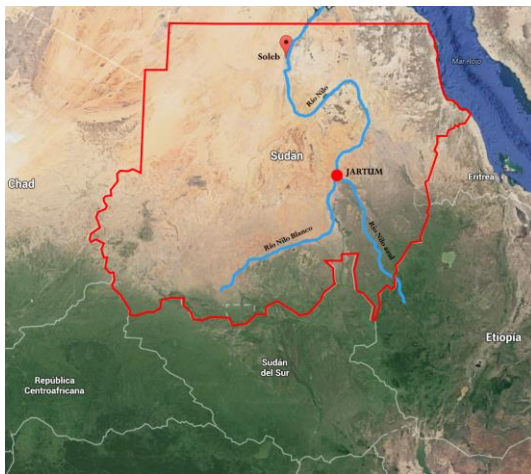


Figura 179: Soleb, República de Sudán

No se han encontrado datos de su número de habitantes y las pocas referencias que aparecen de Soleb son acerca de las ruinas del antiguo Templo de Amón. Este templo fue construido con piedra arenisca por el faraón Amenhotep III hacia el 1350 a.C, con el objetivo de establecer su control sobre la Baja Nubia. De todos los templos construidos por este faraón, este es el que se sitúa más a sur. Fue consagrado al dios Amun-Ra y al propio faraón.



Figura 180: Templo de Amón, Soleb

El pequeño número de habitantes de Soleb vive fundamentalmente del sector primario; de la agricultura de regadío y ganadería. Aprovechando así la cercanía al río Nilo, puesto que la única tierra fértil es la que se encuentra más próxima a él.



Figura 181: Soleb



Figura 182: Río Nilo

Las viviendas se desarrollan en planta baja y principalmente aisladas; se emplazan dentro de una parcela cercada por muros de adobe. La disposición de las parcelas no es ordenada y no responde a ningún sistema de planificación urbana; más bien a un libre asentamiento en el territorio por parte de la población.



Figura 183: Vista desde el terreno



Figura 184: Trama urbana y Templo de Amón

Las viviendas han sido autoconstruidas por los habitantes con adobes con formas rectangulares o cuadradas, aunque también las hay alargadas o en torno a un patio de ventilación. Los techos son planos y transitables con estructura de madera que se apoya en los muros de adobe. Por último, dentro del perímetro de la parcela suele haber un pequeño recinto cubierto para guardar al ganado o las herramientas para el cultivo.



Figura 185: Recinto para el ganado



Figura 186: Vivienda desde el exterior

## 6.2 Propuesta de vivienda mínima de crecimiento progresivo

Entre los objetivos del proyecto se encuentran el dotar de recursos económicos a sus habitantes, muy empobrecidos; por ello, se pretende potenciar el turismo para visitar las ruinas del Templo de Amón, con un gran valor histórico. Este templo forma parte de la ruta del Nilo y con la creación de un hospedaje alternativo en casas nubias o adosadas se podría ofrecer a los turistas un lugar donde pasar la noche.

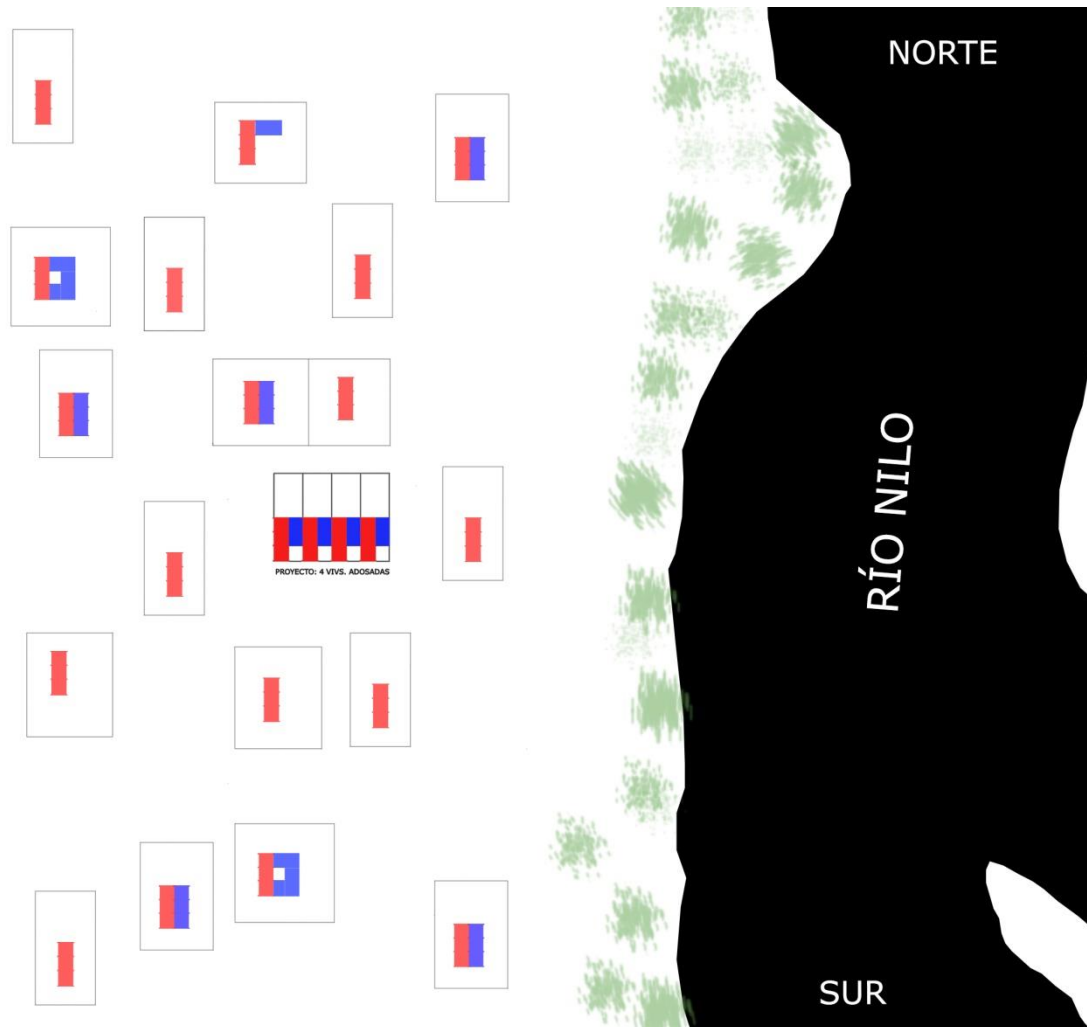
El proyecto busca también, además de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes mediante la potenciación del turismo, dotar de capacidades técnicas mediante su participación en la construcción del proyecto; pero sobre todo, hacer que los habitantes se sientan identificados con él. Y qué mejor, que un proyecto en base a la utilización de la bóveda Nubia, un sistema constructivo propio de su antigua historia Nubia.

### 6.2.1 Implantación

El modelo más adecuado de ordenación urbana para una región de clima tan seco como es en todo el norte de Sudán; sería el de viviendas adosadas y con pocas fachadas expuestas al sol para conseguir más inercia térmica y más espacios exteriores en sombra. Aun así, los habitantes de Soleb prefieren el modelo de urbanización en viviendas aisladas dentro de una parcela cercada; algo que debe ser respetado, puesto que el modelo adosado puede entrar en conflicto con sus ideas.

La intervención busca ante todo dar prioridad a lo público antes que a lo privado, para beneficiar a todos los habitantes por igual, en lugar de sólo a unos pocos. Por ello, el proyecto plantea inicialmente la construcción de cuatro viviendas adosadas que sirvan de hospedaje a los turistas y los cooperantes. Los beneficios del turismo repercutirían en las arcas públicas de Soleb para el futuro desarrollo.

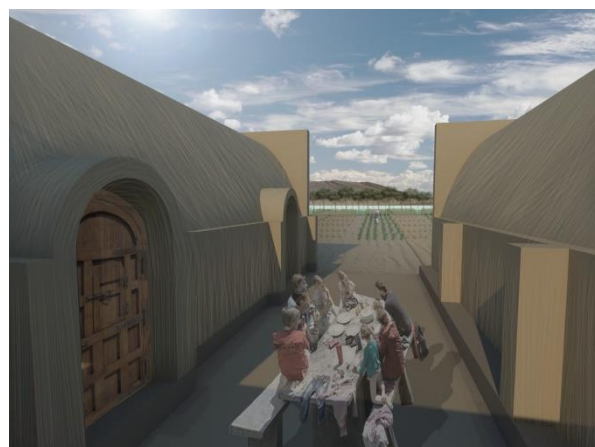
Una vez que los habitantes hayan adquirido los conocimientos para la construcción de la bóveda Nubia mediante su participación en la construcción de las cuatro viviendas adosadas; podrán construirse ellos mismos sus propias viviendas en parcelas aisladas, como muestra el siguiente plano de implantación:



Plano esquemático de implantación

### 6.2.2 Proyecto arquitectónico

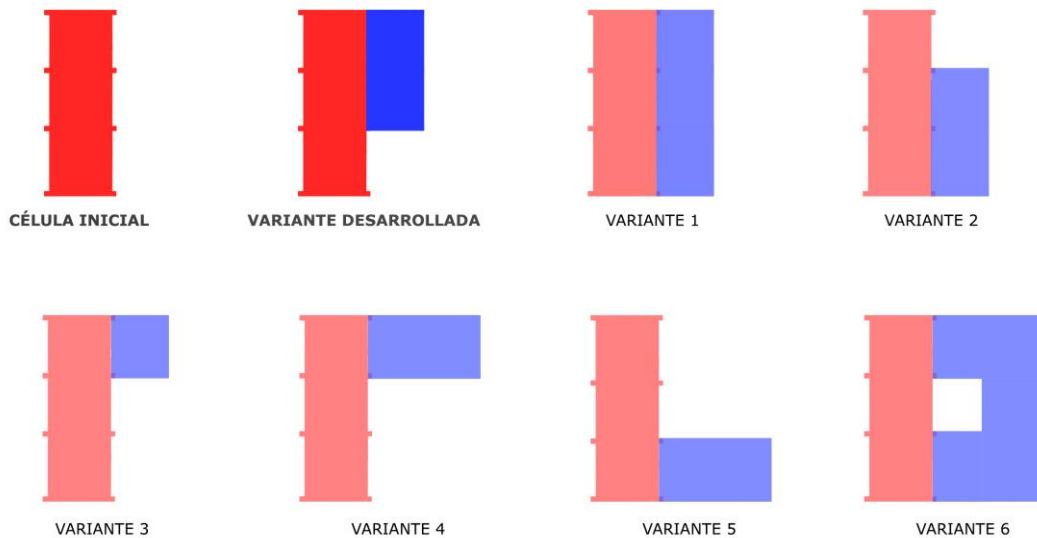
El proyecto se plantea como un prototipo que consiga recuperar el sistema constructivo de la bóveda Nubia. Se trata de un sistema constructivo que no precisa necesariamente del uso de madera; por lo que se evita la tala de palmeras o cualquier otro árbol en una región, donde precisamente no abunda la madera. Se puede construir enteramente de adobes, aunque en el proyecto se ha optado por resolver los vanos transversales con cargaderos de madera.



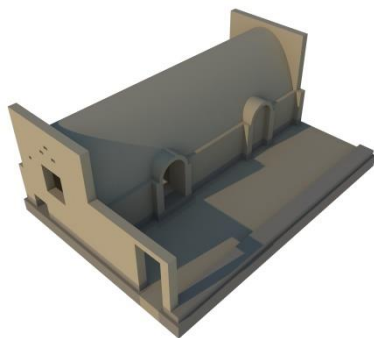
Prototipo de vivienda. Vista del patio interior entre viviendas.



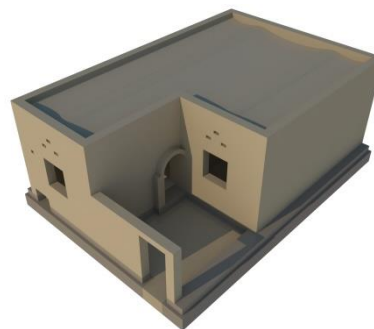
El prototipo propuesto, es una vivienda mínima de crecimiento progresivo que parte de una célula de 40 m<sup>2</sup>. A partir de esta célula puede haber distintas configuraciones que permitan elegir a cada familia su modo de crecimiento en función de sus necesidades:



Todas estas variantes y muchas más son posibles a partir de una célula inicial de 3,60 m x 10,60 m. El crecimiento en altura también puede ser considerado, pero teniendo en cuenta que la cubierta del piso superior no podría ser resuelta con bóveda Nubia, puesto que los muros se desplomarían por los empujes de la bóveda; a menos que se aumentara la sección del muro o se construyera algún tipo de contrafuerte que llegase hasta el segundo piso. Debido a la poca conveniencia constructiva de lo anterior, la mejor solución sería una cubierta plana con estructura de madera.



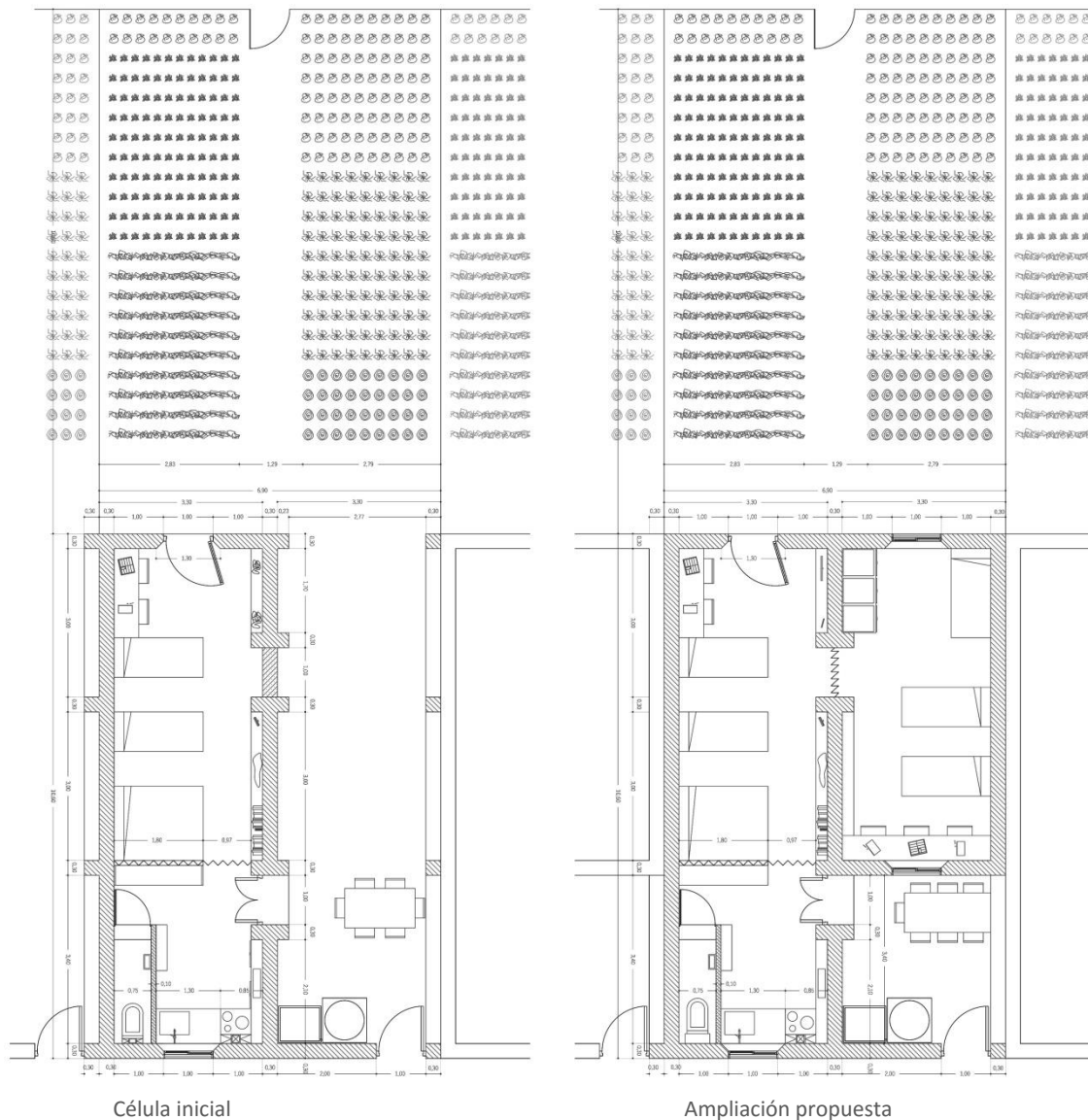
Célula inicial



Variante desarrollada



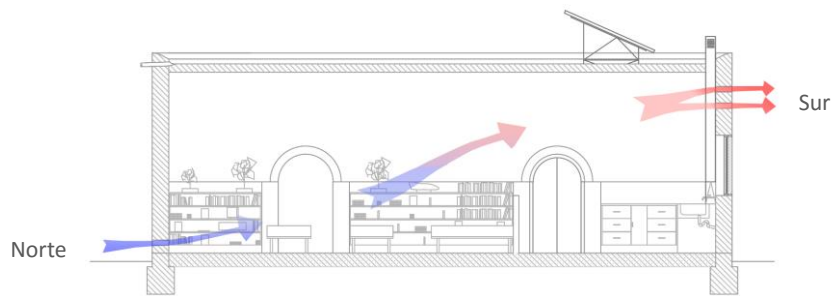
La variante de vivienda desarrollada se presenta como una vivienda inicialmente alargada orientada por un frente (sur preferiblemente) a una calle principal y por el otro frente (norte preferiblemente) a un gran espacio libre de parcela dedicado al cultivo (61,58 m<sup>2</sup>). Entre las viviendas adosadas queda inicialmente un espacio vacío que servirá para comer, ducharse y de patio de acceso.



La distribución busca aportar las mínimas condiciones espaciales para poder desarrollar una vida digna en condiciones de confort e higiene apropiadas. Tras pasar la puerta de acceso, se encuentran los fogones de la cocina y el fregadero; además del retrete solar en un compartimento aparte. El espacio contiguo que se encuentra separado de este anterior por una cortina, es la habitación principal que comunica directamente con la parte trasera de la parcela. La ampliación es una habitación de las mismas dimensiones que la anterior, aunque también puede ser concebida para otros usos dependiendo de las necesidades o prioridades.

### 6.2.3 Ventilación

Para favorecer la ventilación de los espacios interiores y aumentar las renovaciones de aire por hora, la entrada de aire se sitúa en la parte más baja de la fachada que se orienta al Norte; del Norte viene el viento más frío y permite que el agua evaporada del río pueda entrar en forma de brisa fresca en el interior. Puesto que el aire caliente sube, la salida de aire se coloca en la parte alta de la fachada Sur que es en la que hay más horas de sol.



Sistema de climatización natural o pasivo



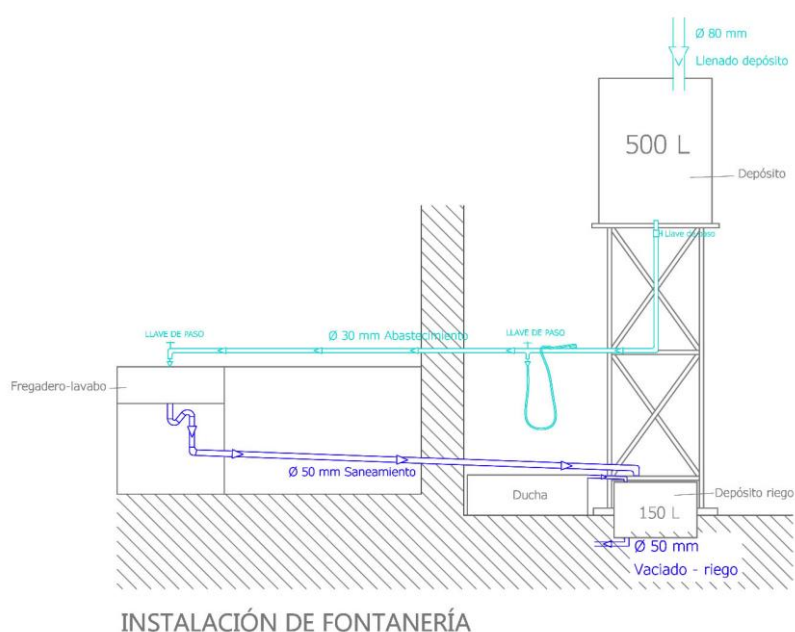
Células iniciales y río Nilo.



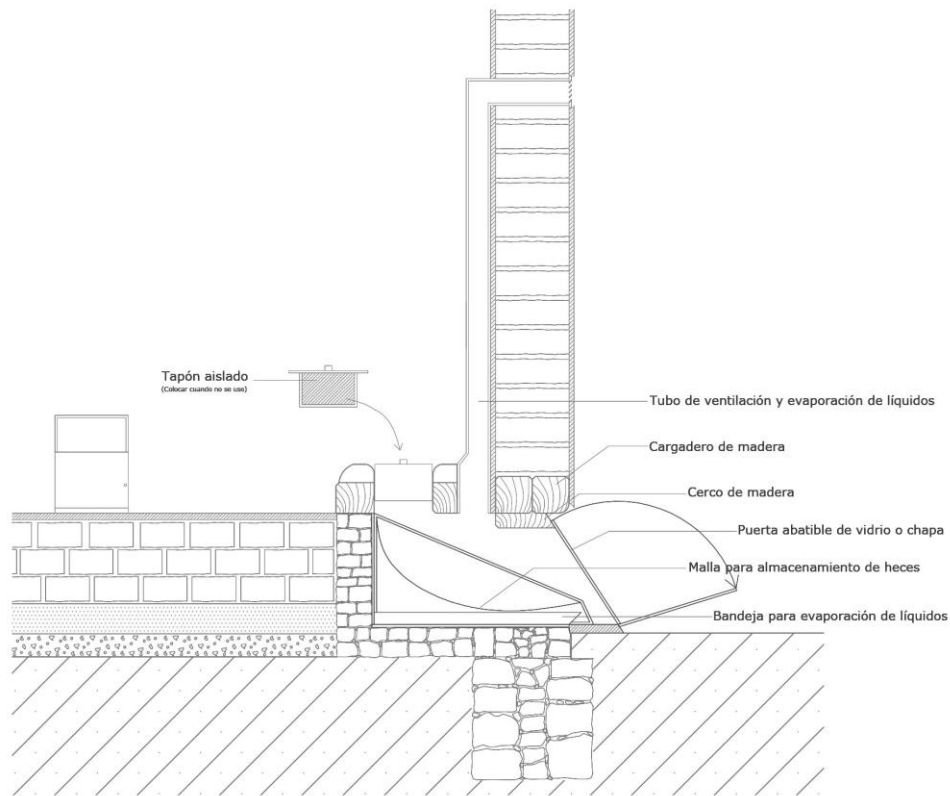
Ampliación propuesta. Frente continuo en la parte trasera.

## 6.2.4 Instalación de fontanería. Retrete solar

La instalación de fontanería es un sistema muy sencillo basado principalmente en un depósito elevado de 500 litros de capacidad. Este depósito puede ser llenado mediante un camión cisterna que pase una vez por semana o con agua subterránea subida a la superficie con una motobomba o bombas manuales de pistón o de mecate. Una vez llenado el depósito, esta agua pasa a una tubería de 30 mm de diámetro que sale de la parte inferior del depósito y llega hasta una ducha exterior y un fregadero interior. El agua una vez haya sido utilizada si no ha sido contaminada con productos tóxicos, puede ser recuperada y reutilizada para el riego. Por ello, esta agua finalmente desagua en un depósito de 150 litros que se está continuamente renovando para el riego de los cultivos de la parcela mediante un sistema de riego por goteo o manual dependiendo de los alcances económicos de la familia.



El retrete diseñado, es un sistema de retrete solar que mezcla dos sistemas distintos: un horno solar y un inodoro de compostaje. Su ventaja es que no utiliza agua ni electricidad, tan sólo el sol. Las heces caen en una malla donde se secan los sólidos y los líquidos son filtrados por ella y caen en una bandeja. El sol incide sobre una puerta abatible de vidrio o chapa y junto con un interior completamente negro, se consiguen unas altísimas temperaturas en el interior que calcinan las heces y permiten la evaporación de los líquidos. Las cenizas resultantes de las heces pueden ser utilizadas como abono. La ventilación es necesaria tanto para la salida de olores como para la evaporación de líquidos. Mientras no se esté usando, el hueco del retrete debe ser tapado con un tapón bien aislado y estanco que no permita la entrada de olores en los espacios interiores ni la salida del calor durante los procesos de compostaje y evaporación.



DETALLE RETRETE SOLAR

La orina por el contrario, puede ser reciclada para diversos usos como se ha hecho a largo de la historia, entre los usos se encuentran: insecticida, elixir bucal, desinfectante, detergente, etc. Como la fermentación de la orina produce amoníaco, también puede ser empleado como quitamanchas en la ropa, limpiarse los dientes y curtir pieles. Por último, también puede ser utilizada en la producción de adobes, tanto la orina humana como animal puede ser empleada como aditivo para mejorar las propiedades de impermeables.



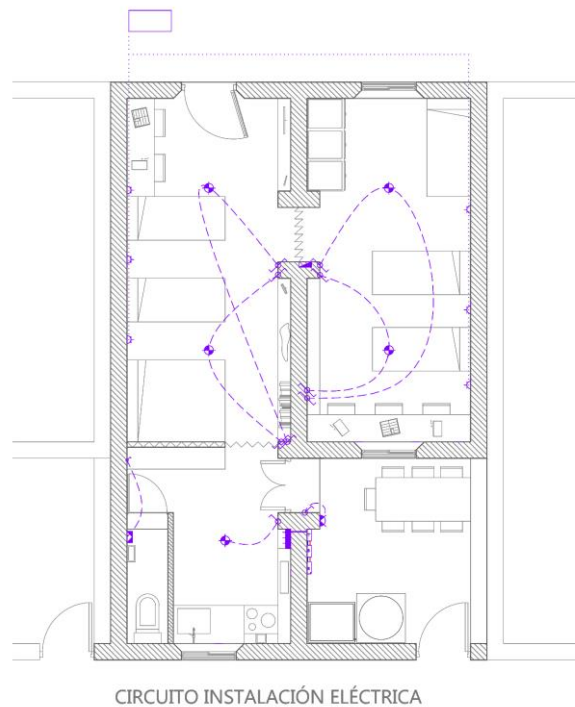
Vista de habitación interior.



Ampliación propuesta. Fachada sur.

### 6.2.5 Instalación de electricidad. Preparación de alimentos

La instalación eléctrica se basa en un sistema de placas solares fotovoltaicas con sus respectivos controlador, batería y transformador situados al lado de la puerta de entrada. El circuito de fuerza se resuelve con un grupo electrógeno a base de gasolina. La preparación de alimentos se realiza en una cocina de fogones tradicionales (fig. 157) que otorga una cocción relativamente rápida y comodidad, además de higiene en la preparación de los alimentos. Se compone de una chimenea, de un control termostático, compuerta y soplador automático, además de espacio en la parte inferior para almacenar los utensilios de cocina y combustible.



La cantidad de luz solar que penetra en el interior es controlada por un sistema de lamas regulables de color negro que absorben y direccionan la radiación hacia el interior.



Alzado trasero

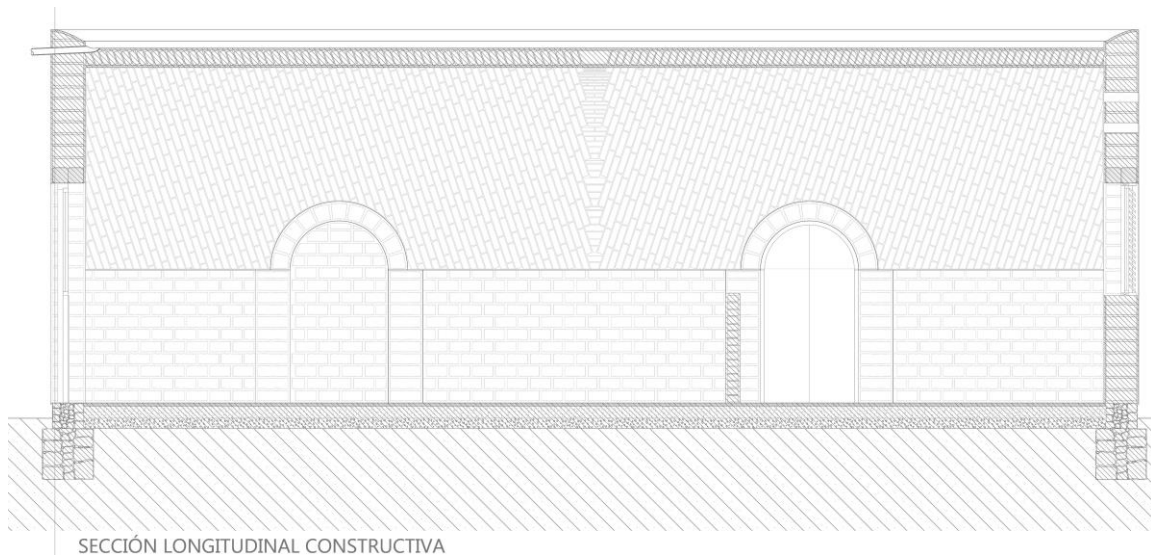


Alzado principal

## 6.2.6 Construcción

La vivienda se asienta sobre un cimiento y sobrecimiento de piedra natural con mortero de cal y arena. El sobrecimiento eleva la vivienda 15 cm sobre el terreno para evitar que los adobes no estén en contacto con el terreno y no se desgasten en caso de lluvias. Los muros de adobes (dimensiones del adobe 30x20x10 cm) suben 1,30 m hasta el arranque de la bóveda Nubia. Los empujes de la bóveda serán absorbidos por contrafuertes en los muros exteriores.

La bóveda se construye con adobes (dimensiones de los adobes 30x15x6 cm) que se apoyan en los muros longitudinales siguiendo la forma de la curva catenaria y en los transversales con una inclinación de 300% para que todas las cargas queden bien repartidas entre todos los muros perimetrales. En la siguiente figura se puede apreciar la inclinación de los adobes de la bóveda para permitir ese reparto de cargas y el funcionamiento a compresión.

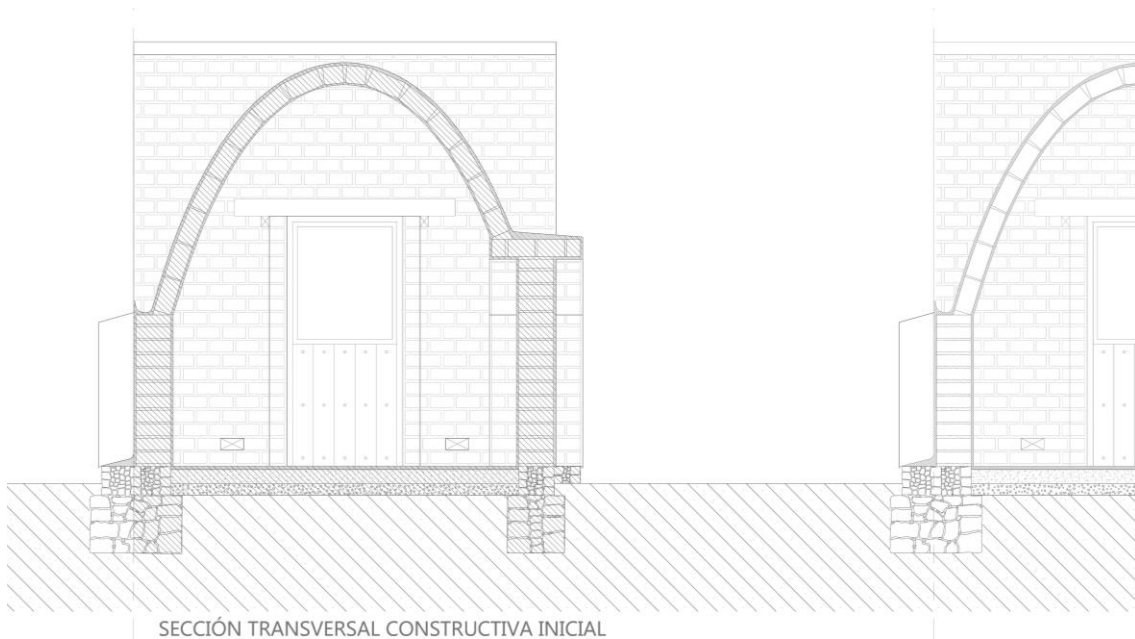


El encuentro del suelo con el terreno se soluciona con una capa de grava de 10 cm; le sigue una capa de tierra apisonada de 12 cm y, finalmente, un acabado final interior de barro vertido de 3 cm de grosor.

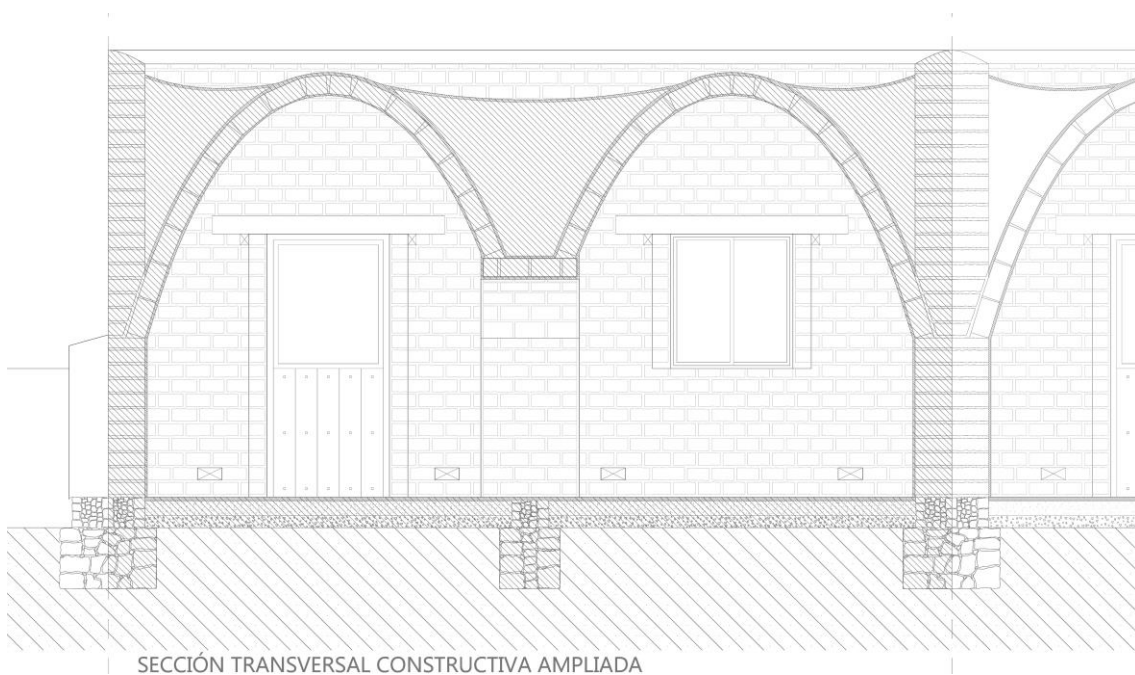
Los huecos de los muros transversales se resuelven con cargaderos de madera y se les practica un abocinamiento interior para permitir la entrada de una cantidad de luz mayor; en los muros longitudinales las puertas se resuelven con arcos de medio punto sobre los que se apoya la bóveda Nubia. Finalmente, el acabado interior y exterior se resuelve con un revoque de barro 2 cm de espesor.

Una de las puertas se tapia con adobes hasta que se construya la ampliación y sirva de conexión.





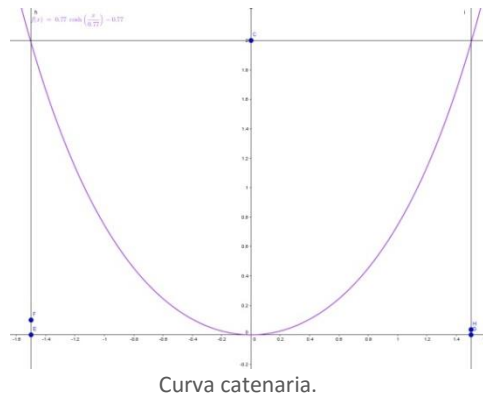
La ampliación se construye siguiendo el mismo proceso constructivo anterior y conectándolas por la puerta que se encuentra tapiada. Los contrafuertes existentes se utilizan para construir los nuevos muros y trabarlos con ellos para que funcionen las dos construcciones como una sola. Los muros longitudinales se construyen hasta el nivel de los muros transversales para rellenar el espacio entre bóvedas con tierra apisonada. Sobre ella, se dará un acabado de barro vertido de 3 cm de espesor con una ligera inclinación hacia la fachada trasera para evacuar el agua de lluvia. Esta cubierta es transitable y permite su uso para dormir sobre ella durante las noches de verano, como acostumbran los habitantes de las zonas desérticas.





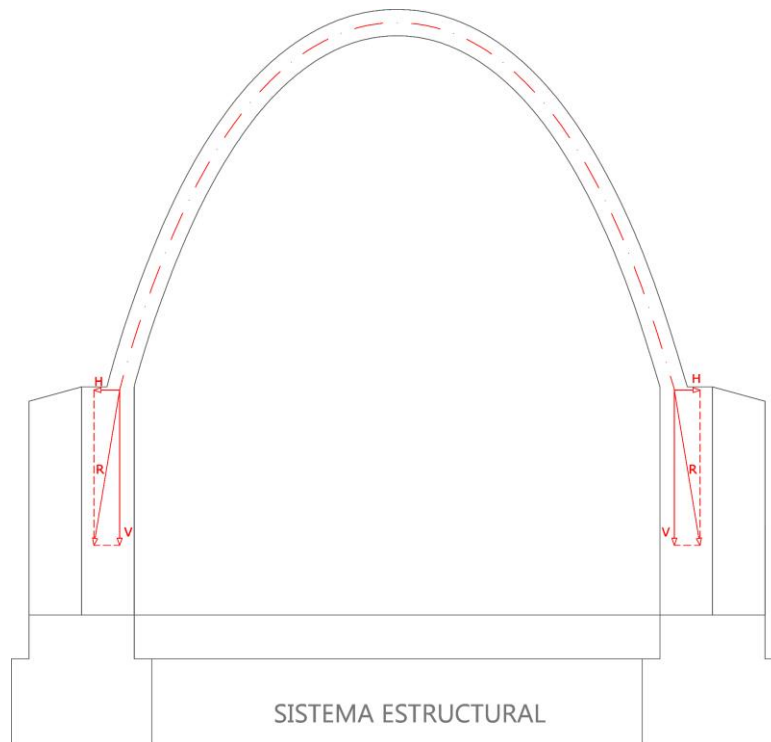
### 6.2.7 Sistema estructural

La bóveda Nubia construida enteramente con adobe y cimientos de piedra. Se trata de una bóveda que trabaja únicamente a compresión, siempre y cuando su resultante no salga de sus puntos de apoyo. La bóveda sigue la forma de la curva catenaria que consiste en agarrar una cuerda por los dos extremos, dejarla colgar y la curva que se forme será la “curva catenaria”. Finalmente, se toman las respectivas medidas de la curva y se dan la vuelta para empezar a construir la bóveda. La longitud de la cuerda y la distancia entre los extremos determinará la forma de la catenaria, y por tanto, la forma de la bóveda.



La curva obtenida ha sido calculada con el programa informático GeoGebra mediante

la ecuación matemática:  $y = h \cdot \cosh\left(\frac{x}{h}\right) = \frac{h}{2} \cdot (e^{x/h} + e^{-x/h})$



Toda la documentación planimétrica relacionada con el proyecto y su construcción se incorpora en el Anexo.

## 7. Conclusiones

La cooperación es un instrumento muy necesario para lograr que todos los seres humanos se conviertan en ciudadanos de pleno derecho; en hombres y mujeres que vivan dignamente y capaces de pensar libremente y por sí mismos. Un hombre no puede nunca llegar a ser realmente libre sino tiene ciertas necesidades básicas y animales satisfechas; sino ha tenido acceso a una educación, a una sanidad, a una vivienda digna, etc. En definitiva, el cumplimiento de los 30 artículos de la Declaración Universal de Derechos Humanos.

Es muy difícil lograrlo en un mundo donde la economía gira en torno a la competición; premiando el carácter egoísta, en lugar del solidario. Por ello, es necesario aclarar que competir y cooperar son términos totalmente opuestos: compitiendo, unos ganan y otros pierden; por el contrario, mediante la cooperación todos ganan, o al menos, nadie pierde. La competición tiene como motivación el miedo y la obtención de beneficio individual; en cambio, la cooperación se motiva a través de las relaciones sociales y la consecución de objetivos comunes.

Por todo ello, cuando se habla cooperación al desarrollo hay que tener muy claro que no es suficiente con la ayuda humanitaria a países en vías de desarrollo. Aunque, claro está que sí se pueden solucionar algunos problemas; pero las causas de esos problemas siempre seguirán existiendo, a menos que se cambien las cosas desde la raíz.

Martin Nowak matemático y biólogo de la Universidad de Harvard escribió en su libro *“Supercooperators”* que «la cooperación es la arquitecta suprema de la evolución».

El papel del arquitecto así pues, no sólo debe consistir en saber diseñar arquitectura sino también en comprender todo este conglomerado de problemática social y económica, así como cultural. Aprender de las distintas problemáticas existente en cada lugar; de los valores culturales y convivir con las gentes. Del mismo modo, las intervenciones de arquitectura que se lleven a cabo deben seguir también por este mismo rumbo aprendiendo de los materiales y sistemas constructivos autóctonos.

En la investigación que has sido realizada se pueden destacar los siguientes aspectos:

- La climatización pasiva otorga muchas ventajas si se llevan a cabo las estrategias más apropiadas para cada clima; aunque, lamentablemente son estrategias que se han perdido en la cultura occidental debido a todos los avances en tecnología que han dado lugar a una excesiva libertad en el diseño arquitectónico. Aun así, se empieza a observar en occidente una cierta concienciación hacia el cambio climático y ya empieza a aparecer gente dispuesta a recuperar lo natural y ecológico, apartándose ligeramente de la excesiva tecnología. Muchas de estas estrategias han sido utilizadas por distintas civilizaciones a lo largo de la historia dando muy buenos resultados. Para países en vías de desarrollo, estos sistemas ofrecen la ventaja de no requerir mano de obra especializada; ni para su construcción, ni para su mantenimiento, además de asegurar un bajo coste económico. Por último, otro aspecto es que son estrategias con las que se pueden sentir identificados, puesto que pueden ser perfectamente autoconstruidos, además de integrarse perfectamente en el entorno.

- La tierra como material de construcción es un recurso prácticamente inagotable. Para climas cálidos y templados provee mejor clima interior y puede ser más económica que materiales como piedra, ladrillo u hormigón. En países en vías de desarrollo, aproximadamente la mitad de la población sigue viviendo en casas de tierra; pero se está tendiendo cada vez más a construir con materiales industrializados como ladrillos, hormigón y paneles prefabricados. Esta tendencia no puede solucionar el hambre de vivienda existente, puesto que existe una gran falta de capacidad de producción y medios económicos. En muchas situaciones la única opción que parece viable es la construcción con materiales naturales localmente disponibles y la incorporación de técnicas de autoconstrucción; para lo cual, la tierra es un material idóneo.

Así pues, urge la necesidad de recuperar la tierra como material de construcción, sobre todo en zonas con hambre de vivienda. Para ello, es necesario recuperar toda su tradición que junto con las investigaciones llevadas a cabo para mejorar sus propiedades, puede ser una solución a los problemas habitacionales existentes. Urge también recuperar toda su fiabilidad para que deje de ser vista como un material pobre y con poca resistencia para aguantar un terremoto. Sólo mediante la demostración con ensayos y su difusión mediante cursos de entrenamiento puede ser recuperada como material de construcción.

- La vivienda mínima de crecimiento progresivo es una buena opción para las intervenciones en cooperación al desarrollo, ya que permite a los futuros usuarios adquirir conocimientos de construcción a través de su participación en el proceso constructivo y les da la independencia necesaria para poder desarrollarse en un futuro, con la posibilidad hacer crecer la vivienda según sus posibilidades. En estas viviendas de bajo costo la estructura de cubierta suele representar aproximadamente un tercio del precio de la construcción total. Para reducir estos costes, la construcción de techos con forma de cúpulas o bóvedas, además de mejorar las condiciones climáticas interiores, ofrece un menor costo de construcción que las cubiertas tradicionales.

## **8. Anexo**



### CUADRO DE SUPERFICIES: INICIAL

SUPERFICIE PARCELA	146,28	m <sup>2</sup>
● CONSTRUIDA	42,82	m <sup>2</sup>
COCINA	9,18	m <sup>2</sup>
RETETE	1,8	m <sup>2</sup>
HABITACIÓN	146,28	m <sup>2</sup>
● NO CONSTRUIDA	103,46	m <sup>2</sup>
CULTIVO	61,58	m <sup>2</sup>
COMEDOR	10,71	m <sup>2</sup>
OTROS USOS	31,15	m <sup>2</sup>

### CUADRO DE SUPERFICIES: AMPLIACIÓN

SUPERFICIE PARCELA	146,28	m <sup>2</sup>
● CONSTRUIDA	63,24	m <sup>2</sup>
COCINA	9,18	m <sup>2</sup>
RETETE	1,8	m <sup>2</sup>
HABITACIÓN 1	18,76	m <sup>2</sup>
HABITACIÓN 2	18,76	m <sup>2</sup>
● NO CONSTRUIDA	83,04	m <sup>2</sup>
CULTIVO	61,58	m <sup>2</sup>
COMEDOR	9,9	m <sup>2</sup>
OTROS USOS	11,56	m <sup>2</sup>

## PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O "VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

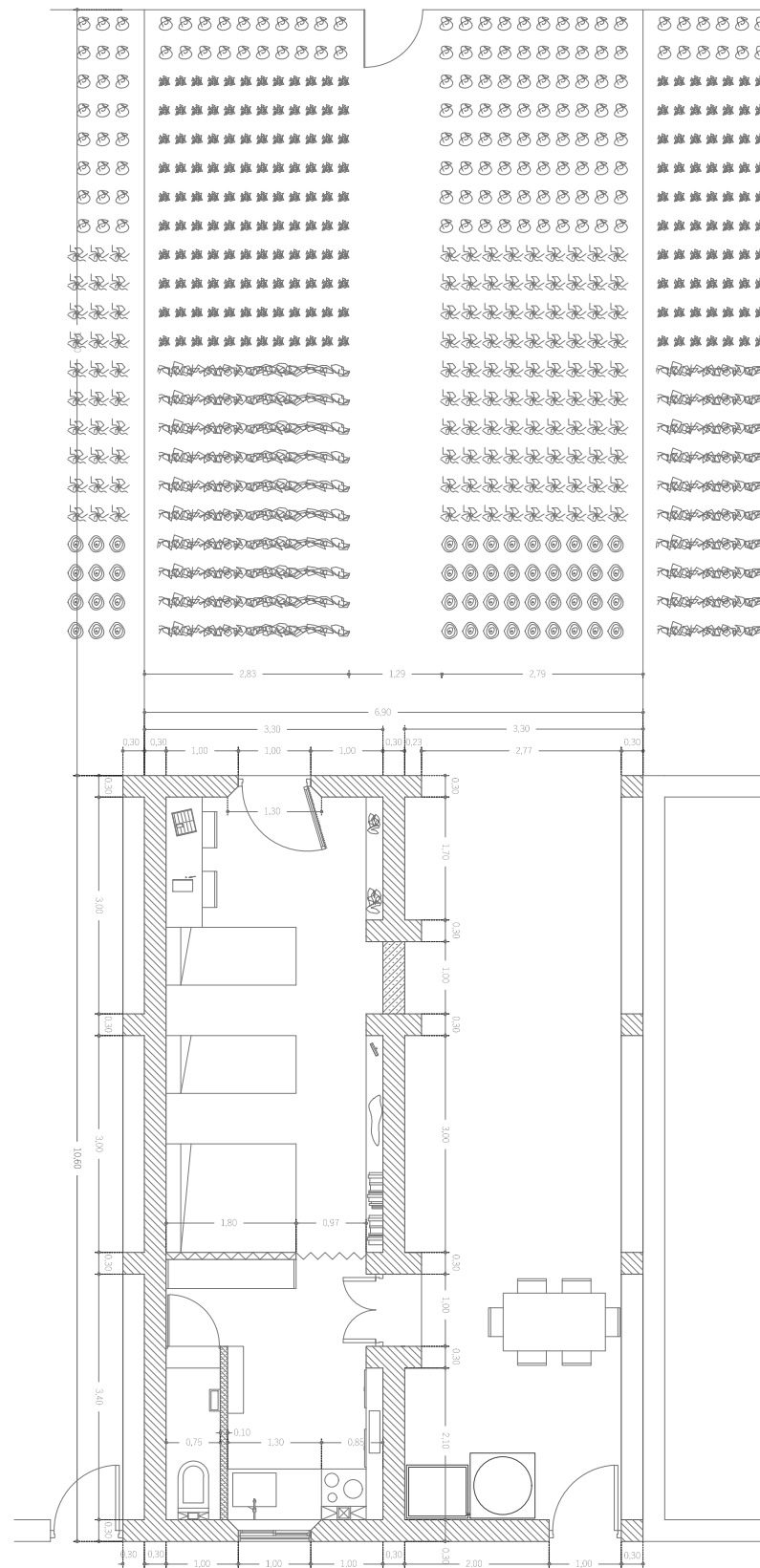
ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

# L1

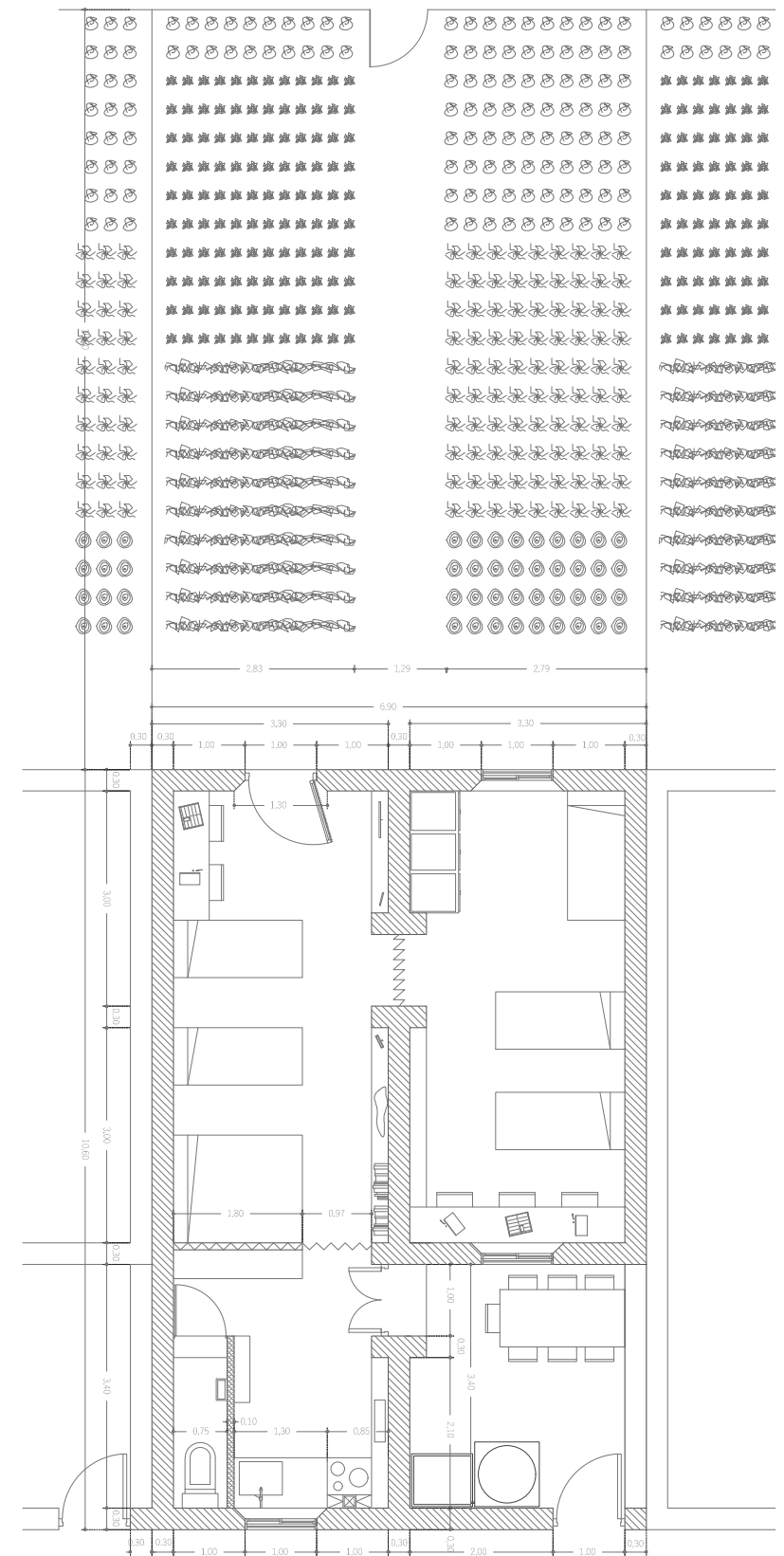
### CONTENIDO

Planta inicial:  
Planta ampliada:

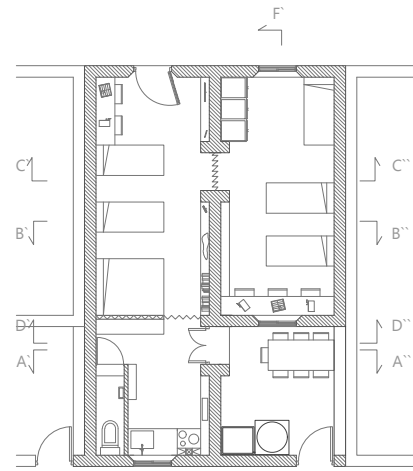
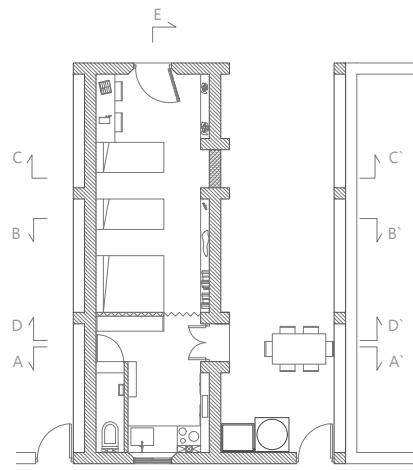
Escala 1/100  
Escala 1/100



PLANTA INICIAL



PLANTA INICIAL



PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA"

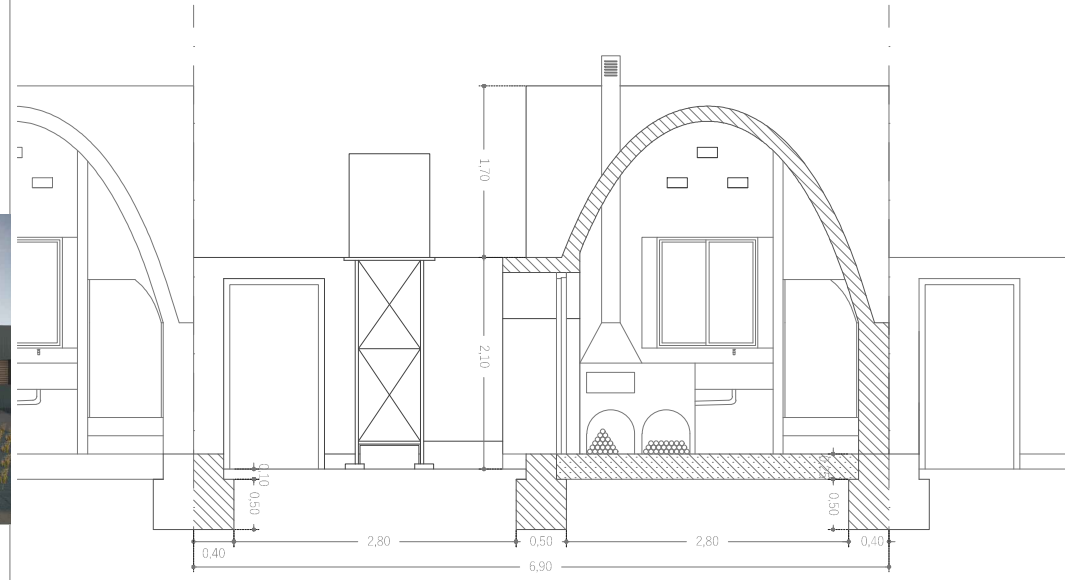
TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

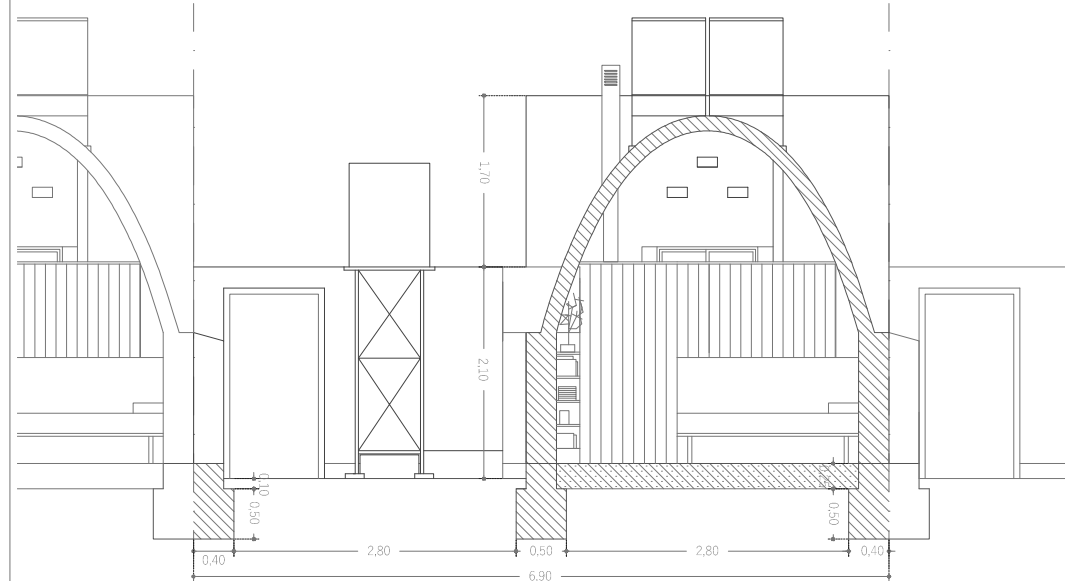


CONTENIDO  
Secciones transversales:  
Alzados traseros:

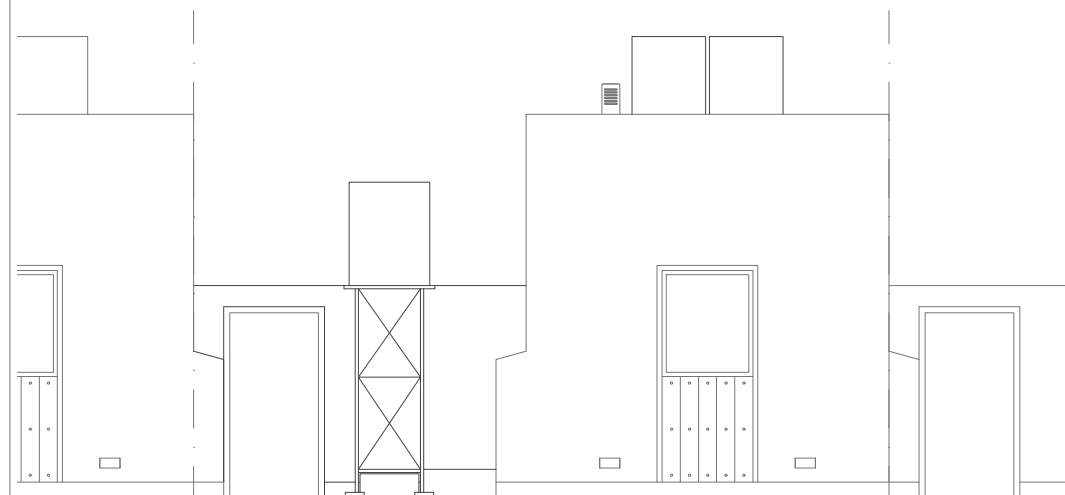
Escala 1/75  
Escala 1/75



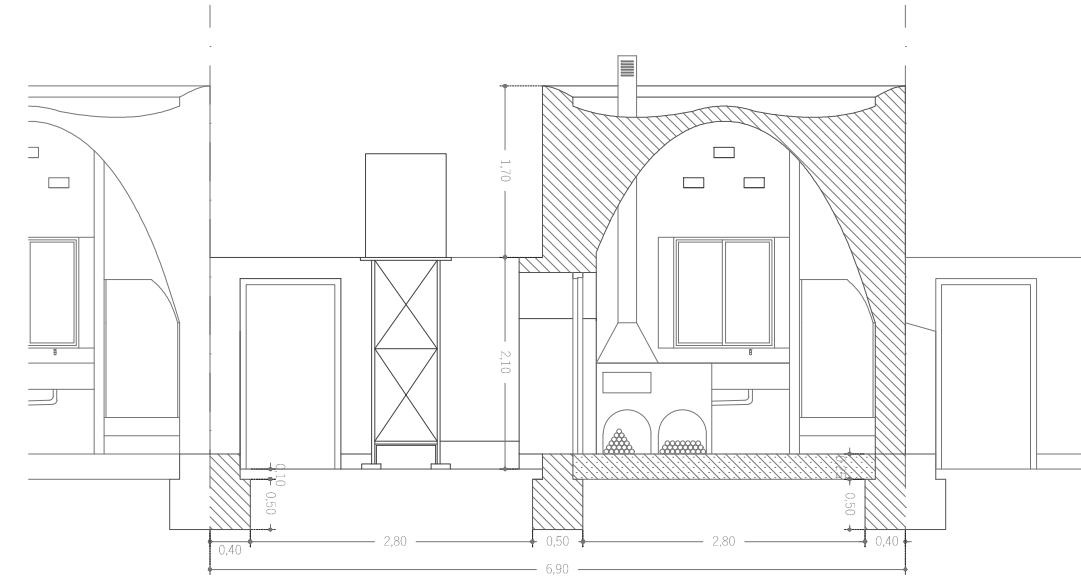
SECCIÓN A-A'



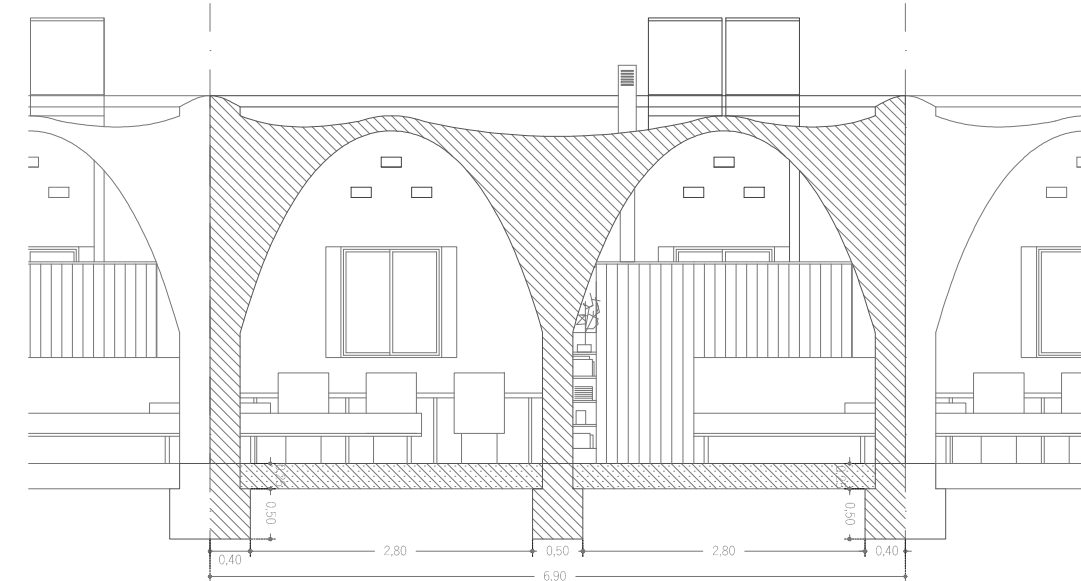
SECCIÓN B-B'



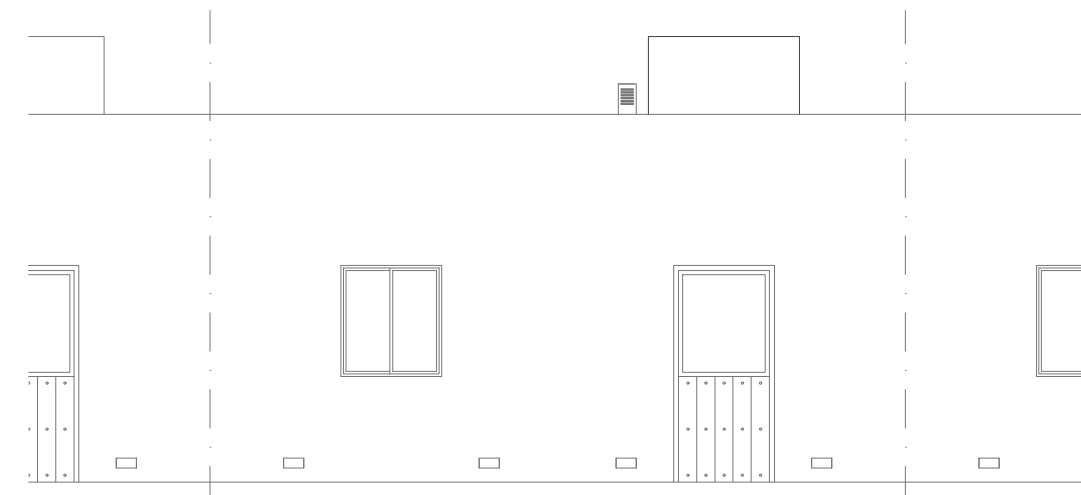
ALZADO TRASERO INICIAL



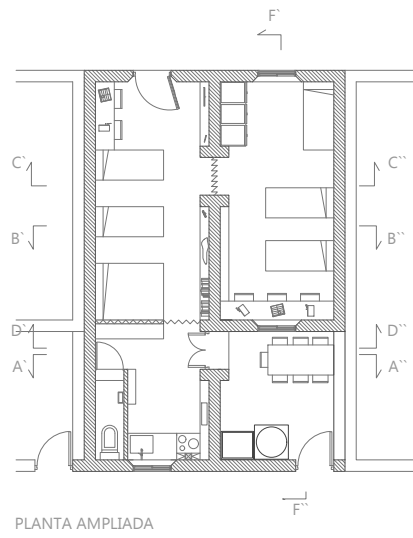
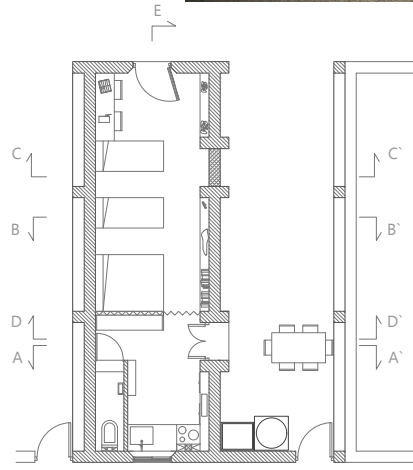
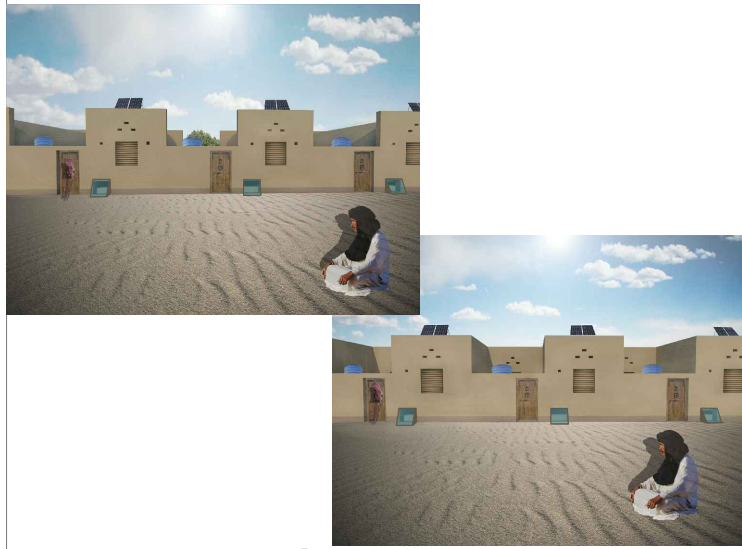
SECCIÓN A-A''



SECCIÓN B-B''



ALZADO TRASERO AMPLIADO



PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

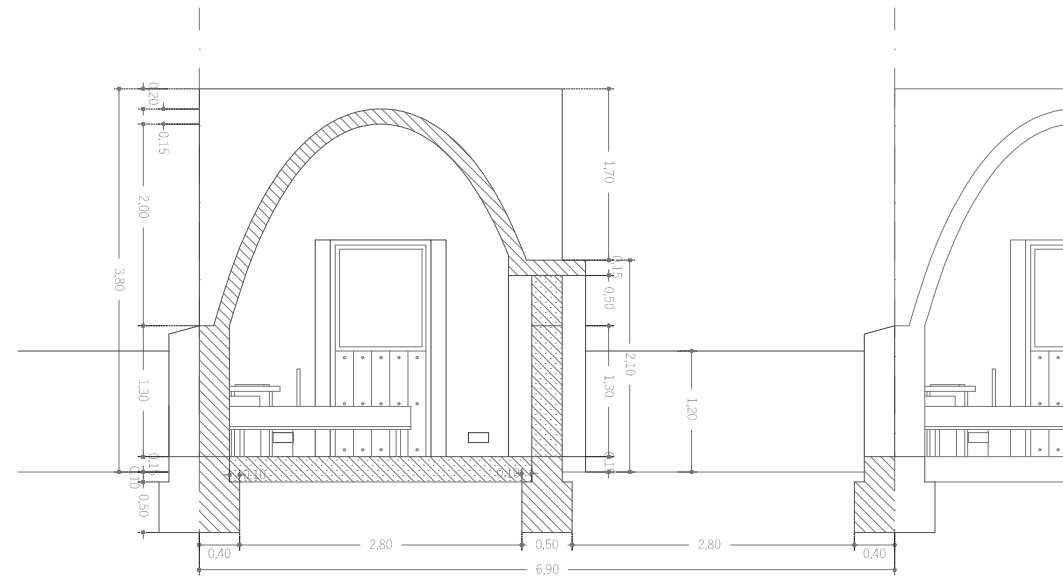
ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

L3

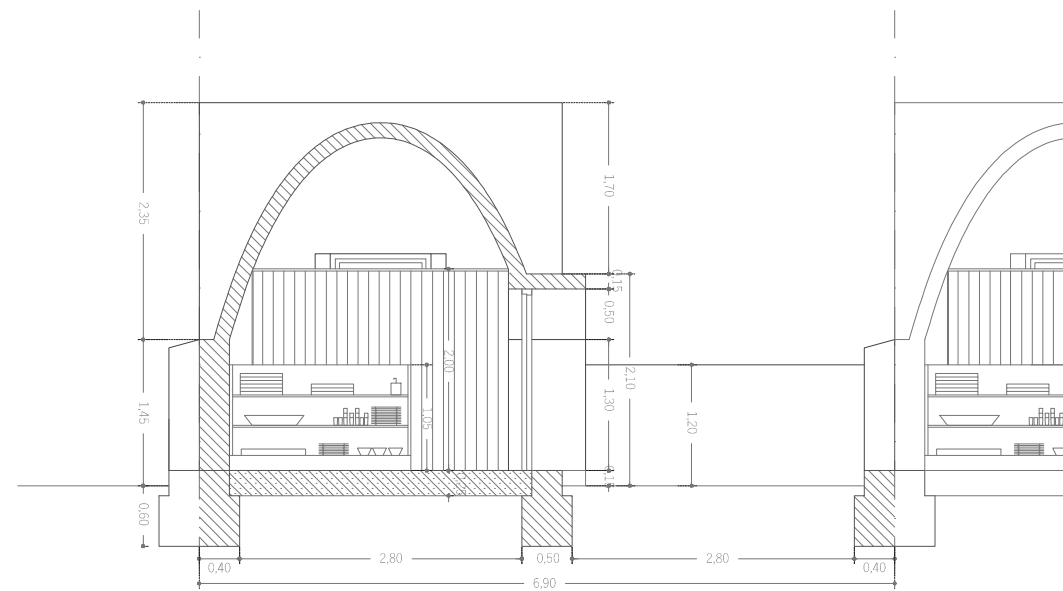
CONTENIDO

Secciones transversales:  
Alzados delanteros:

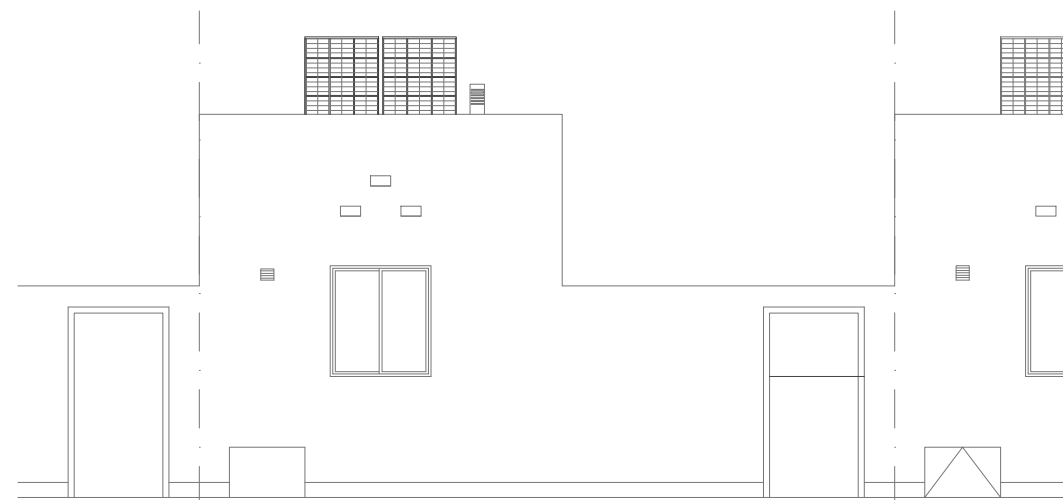
Escala 1/75  
Escala 1/75



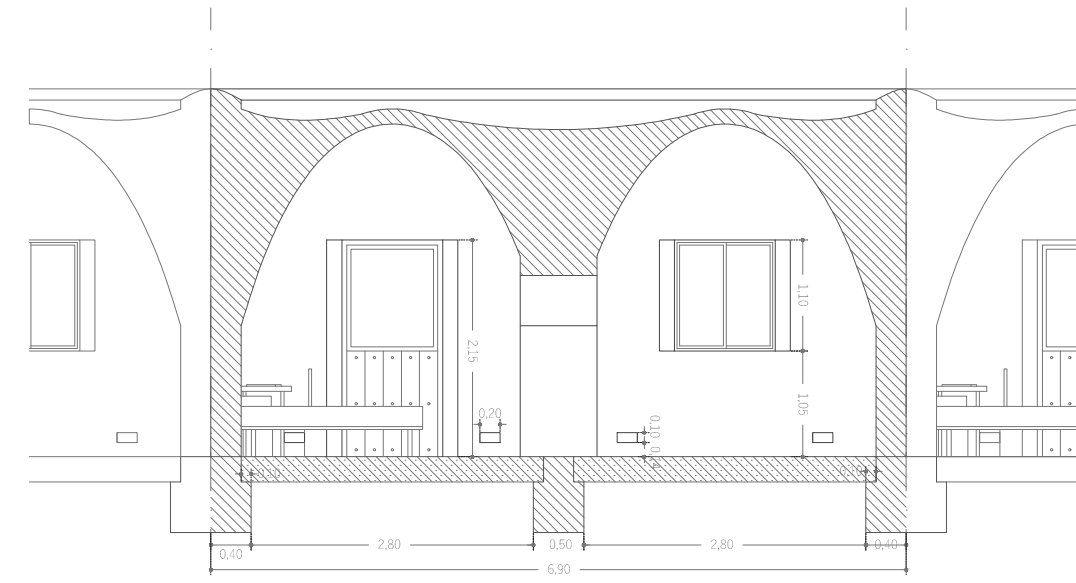
SECCIÓN C-C''



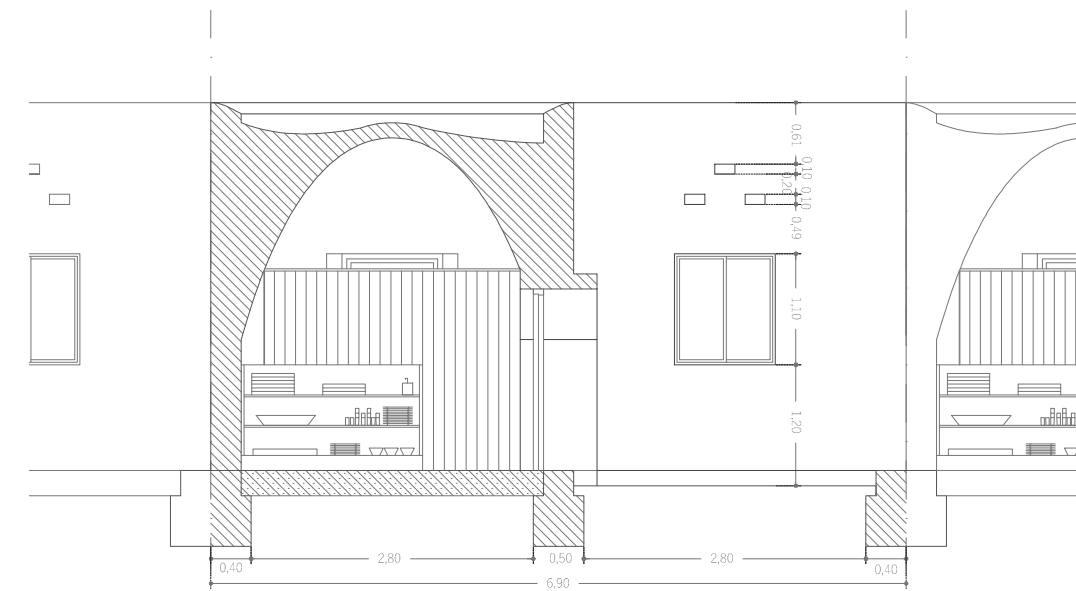
SECCIÓN D-D''



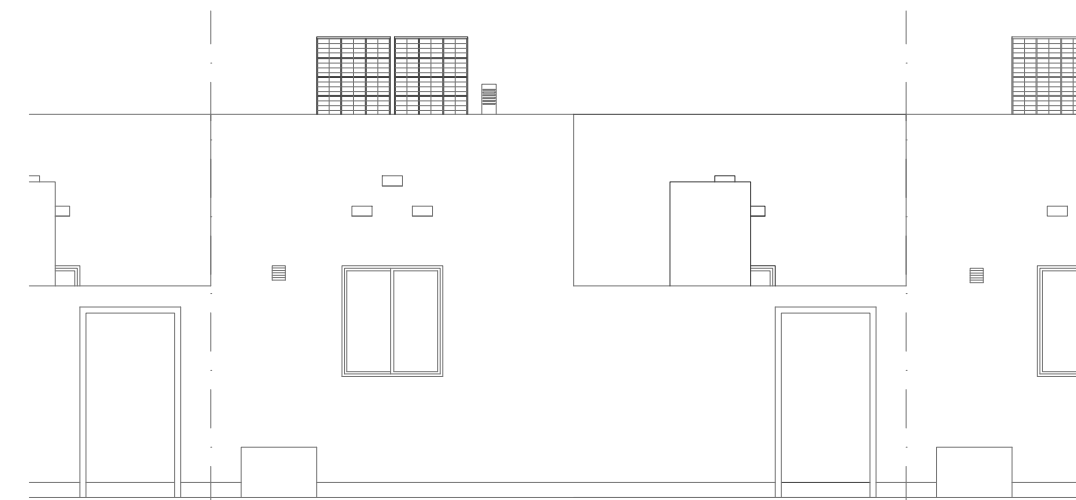
ALZADO DELANTERO INICIAL



SECCIÓN C'-C''

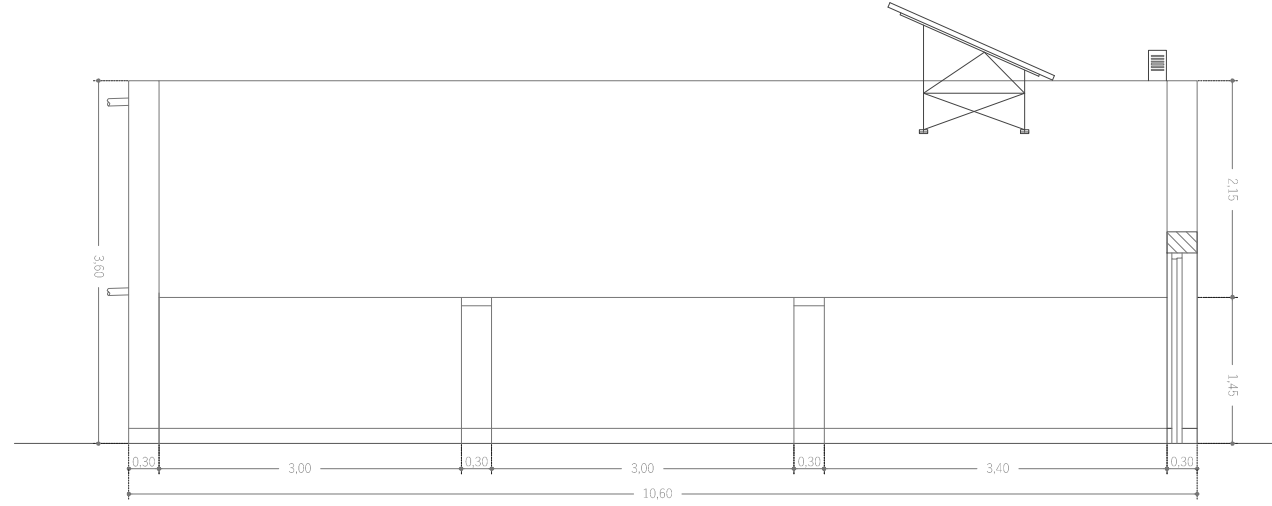


SECCIÓN D'-D''

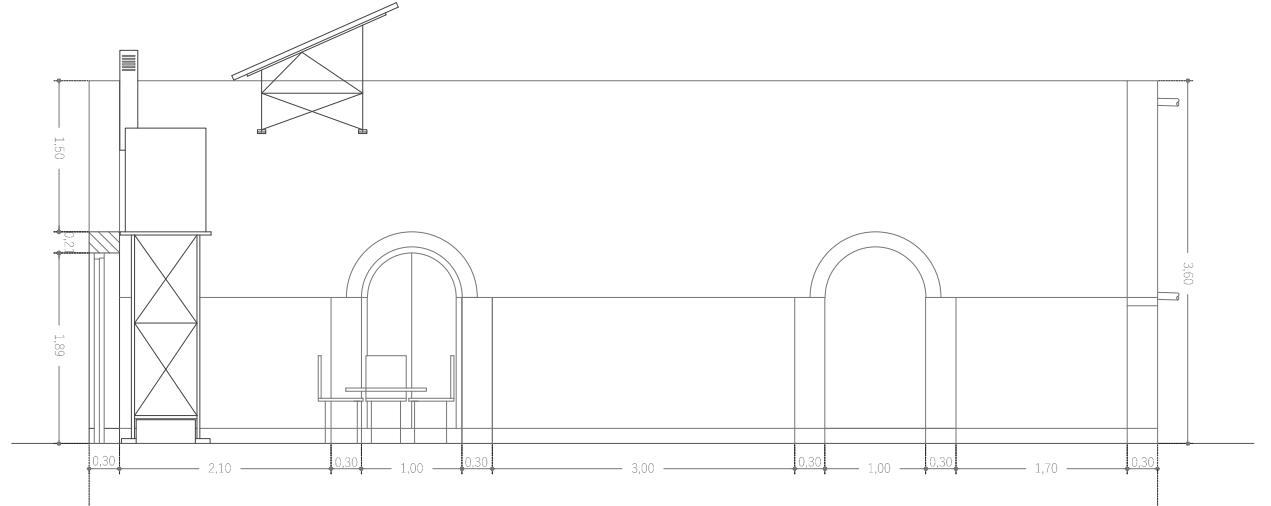


ALZADO DELANTERO AMPLIADO

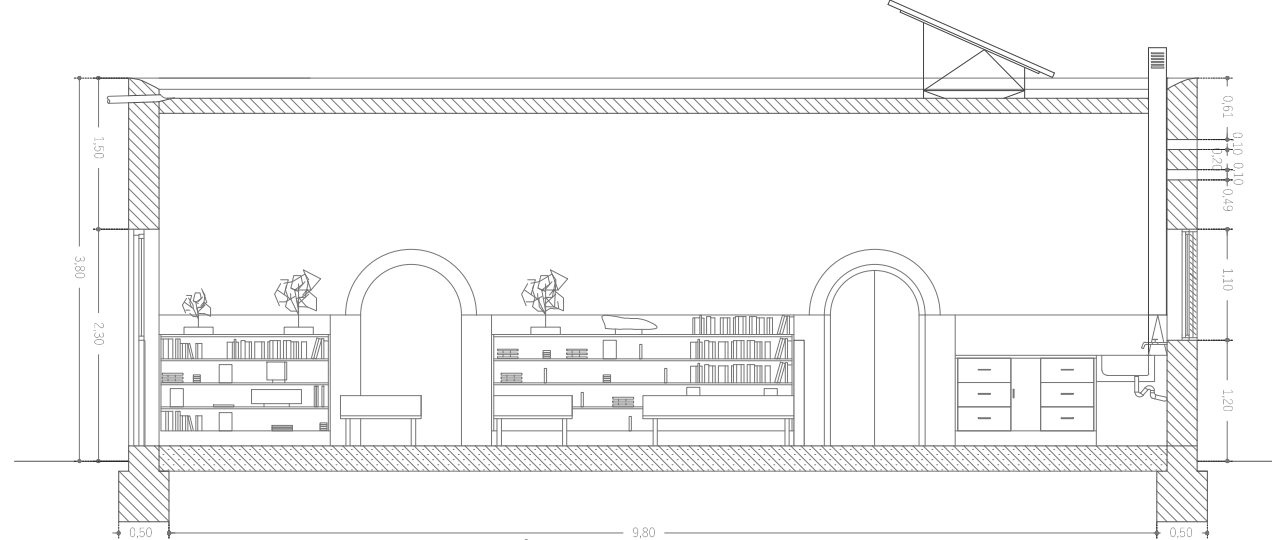




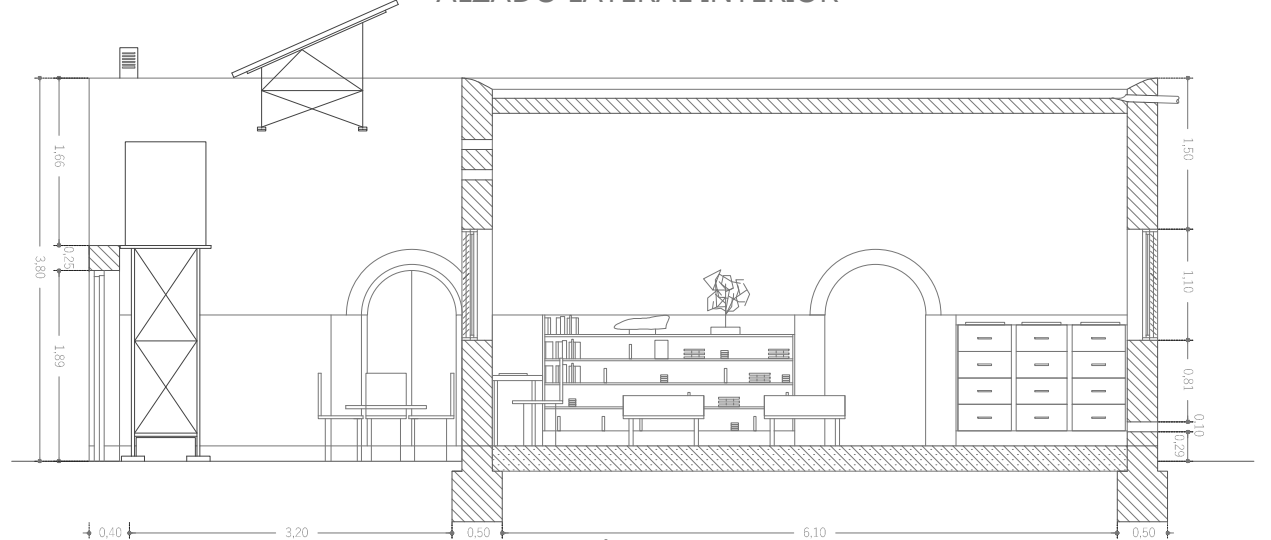
ALZADO LATERAL MEDIANERO



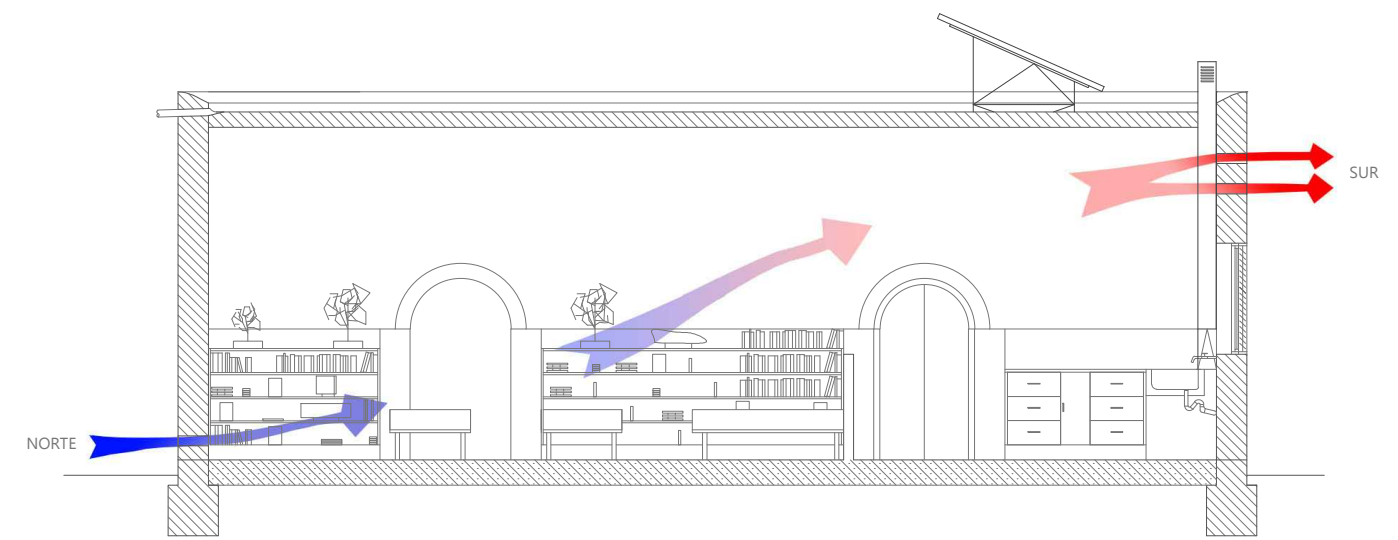
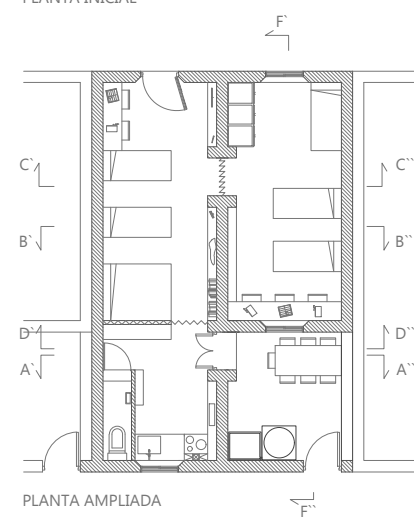
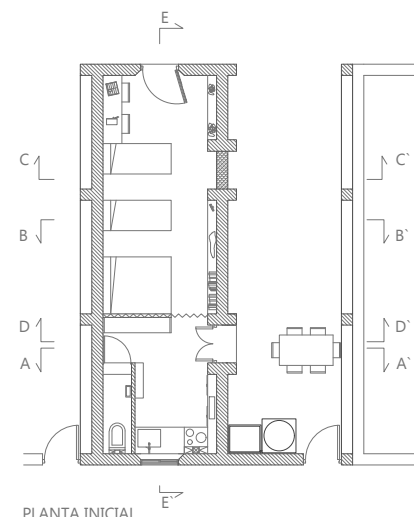
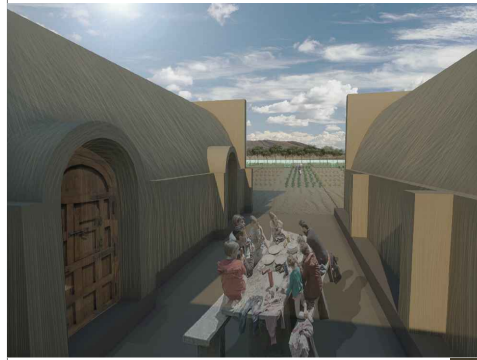
ALZADO LATERAL INTERIOR



SECCIÓN E-E'



SECCIÓN F'-F''



SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN NATURAL

PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS

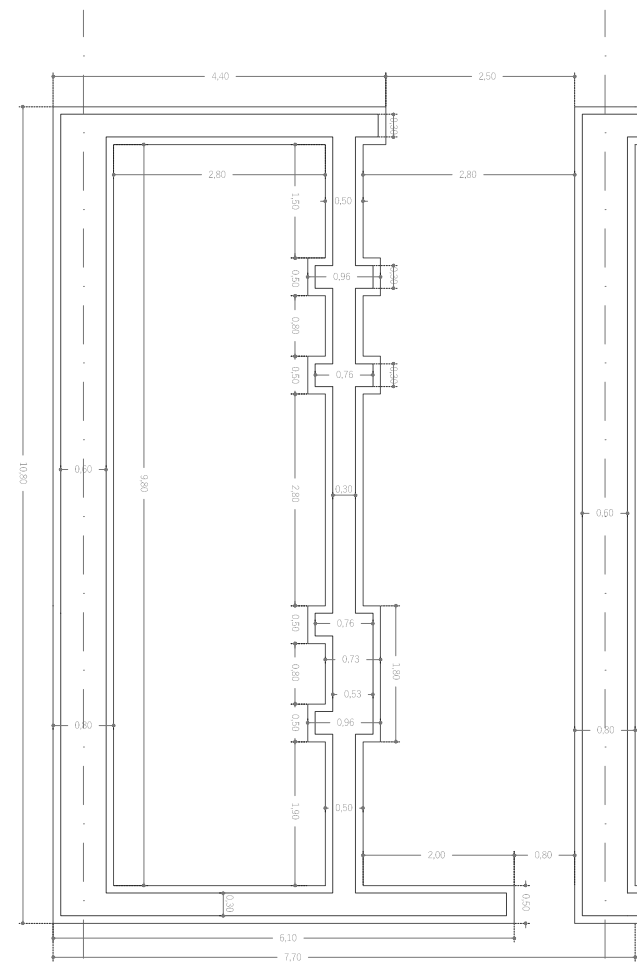
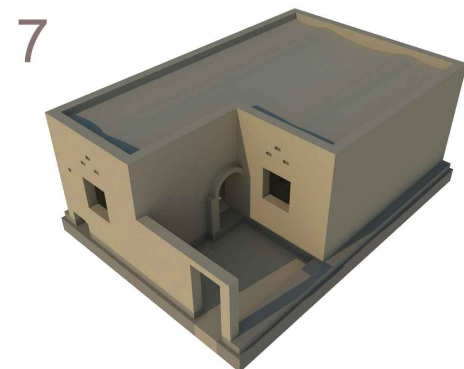
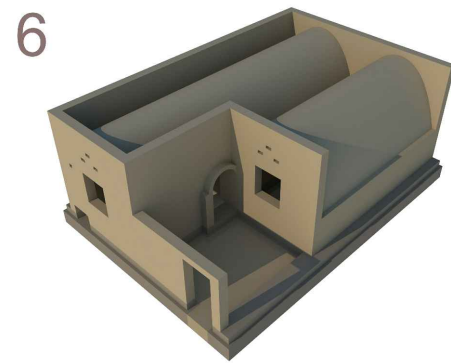
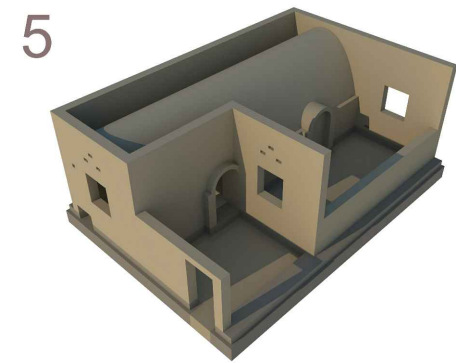
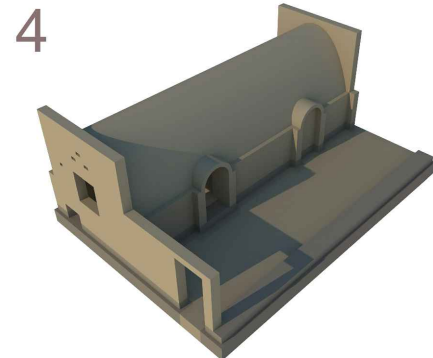
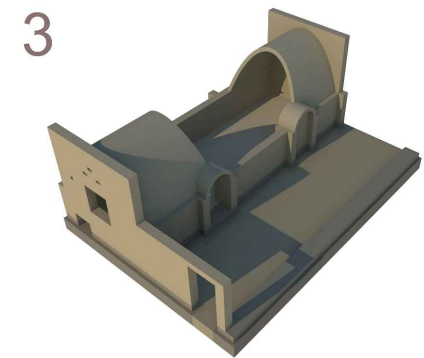
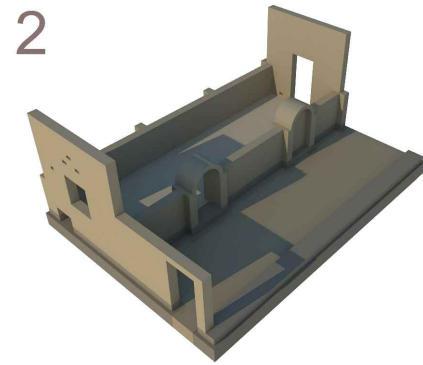
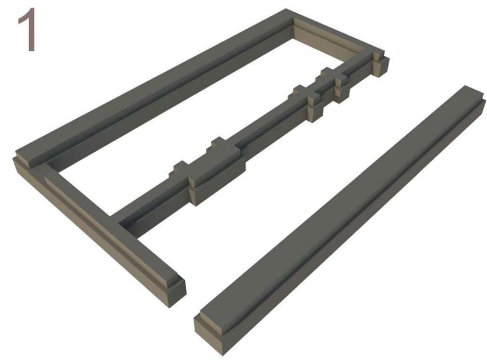
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

L4

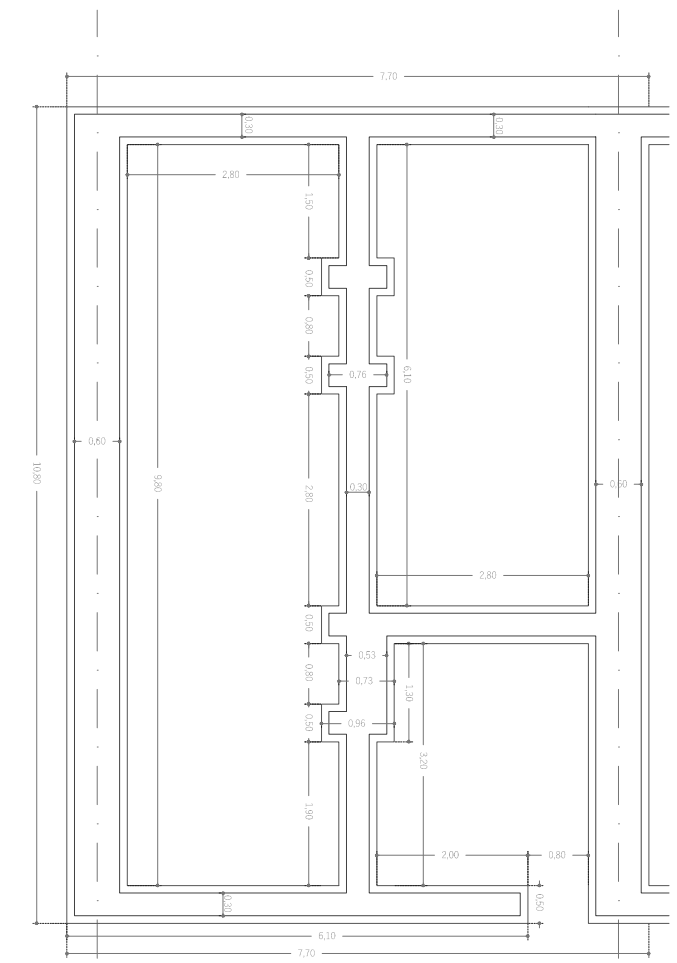
CONTENIDO

- Secciones longitudinales: Escala 1/75
- Alzados laterales: Escala 1/75
- Sistema de climatización natural: Escala 1/75

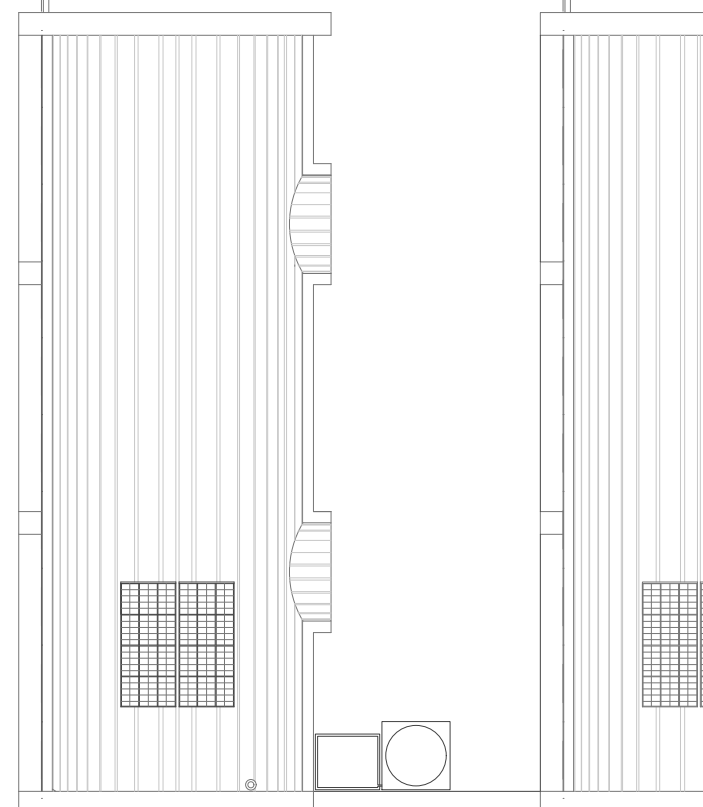
PROCESO CONSTRUCTIVO



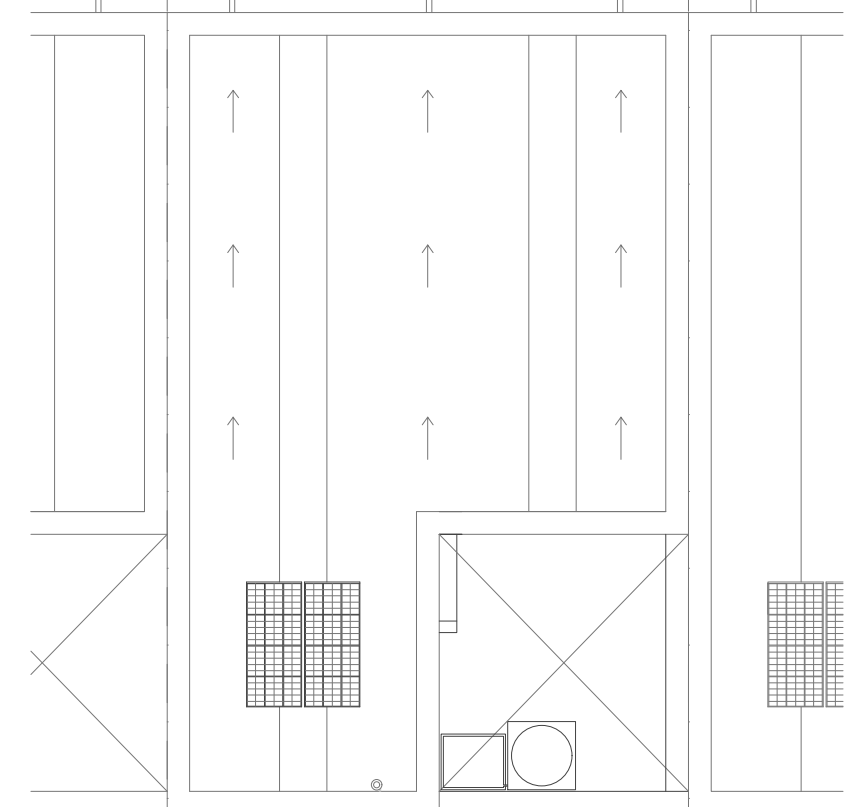
PLANTA DE CIMENTACIÓN INICIAL



PLANTA DE CIMENTACIÓN AMPLIADA



PLANTA CUBIERTA INICIAL



PLANTA CUBIERTA AMPLIADA

PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS

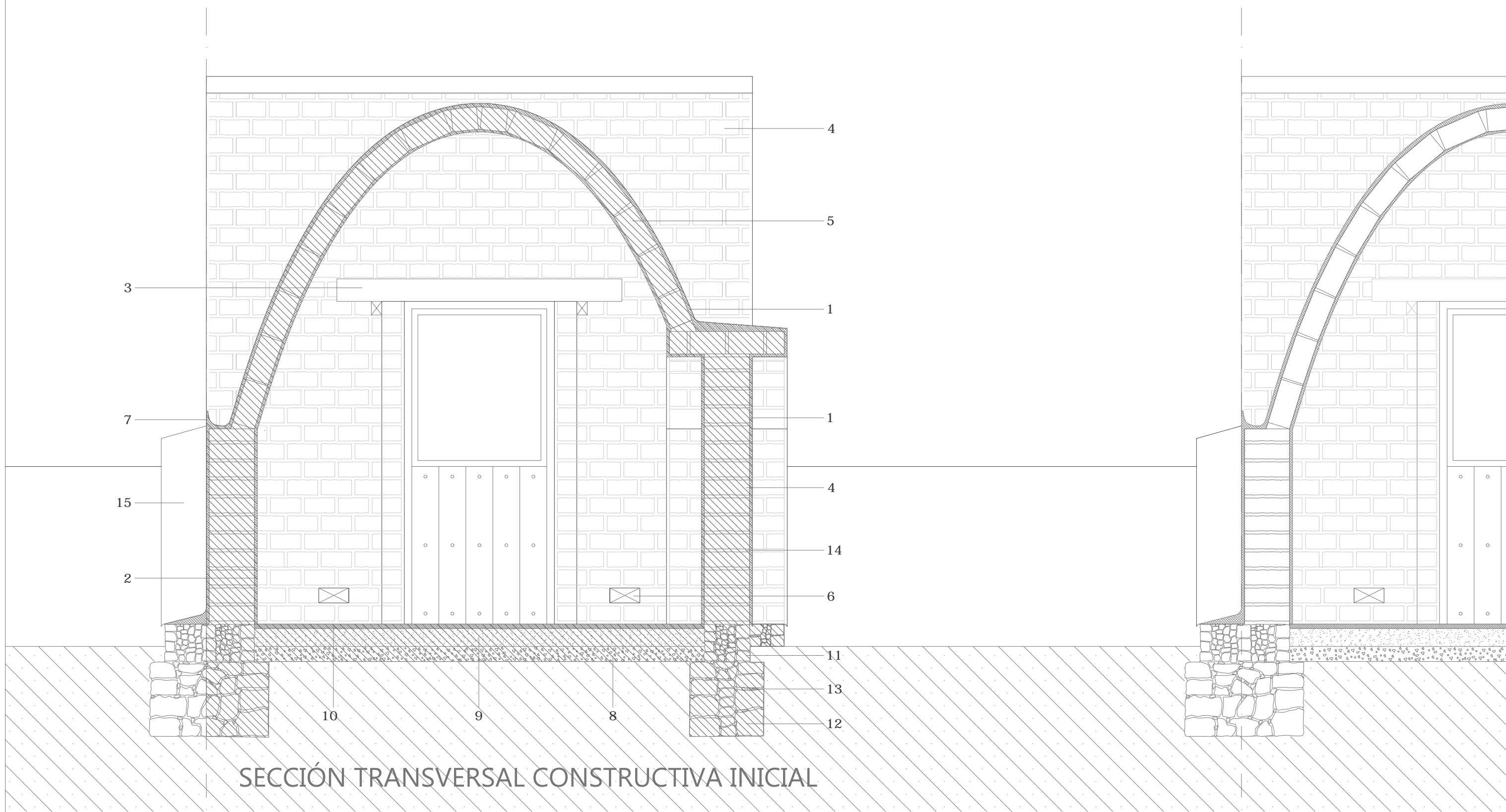
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

L5

CONTENIDO

Plantas de cimentación:  
Plantas de cubierta:

Escala 1/100  
Escala 1/100



SECCIÓN TRANSVERSAL CONSTRUCTIVA INICIAL

PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

CONTENIDO

Sección transversal constructiva inicial:

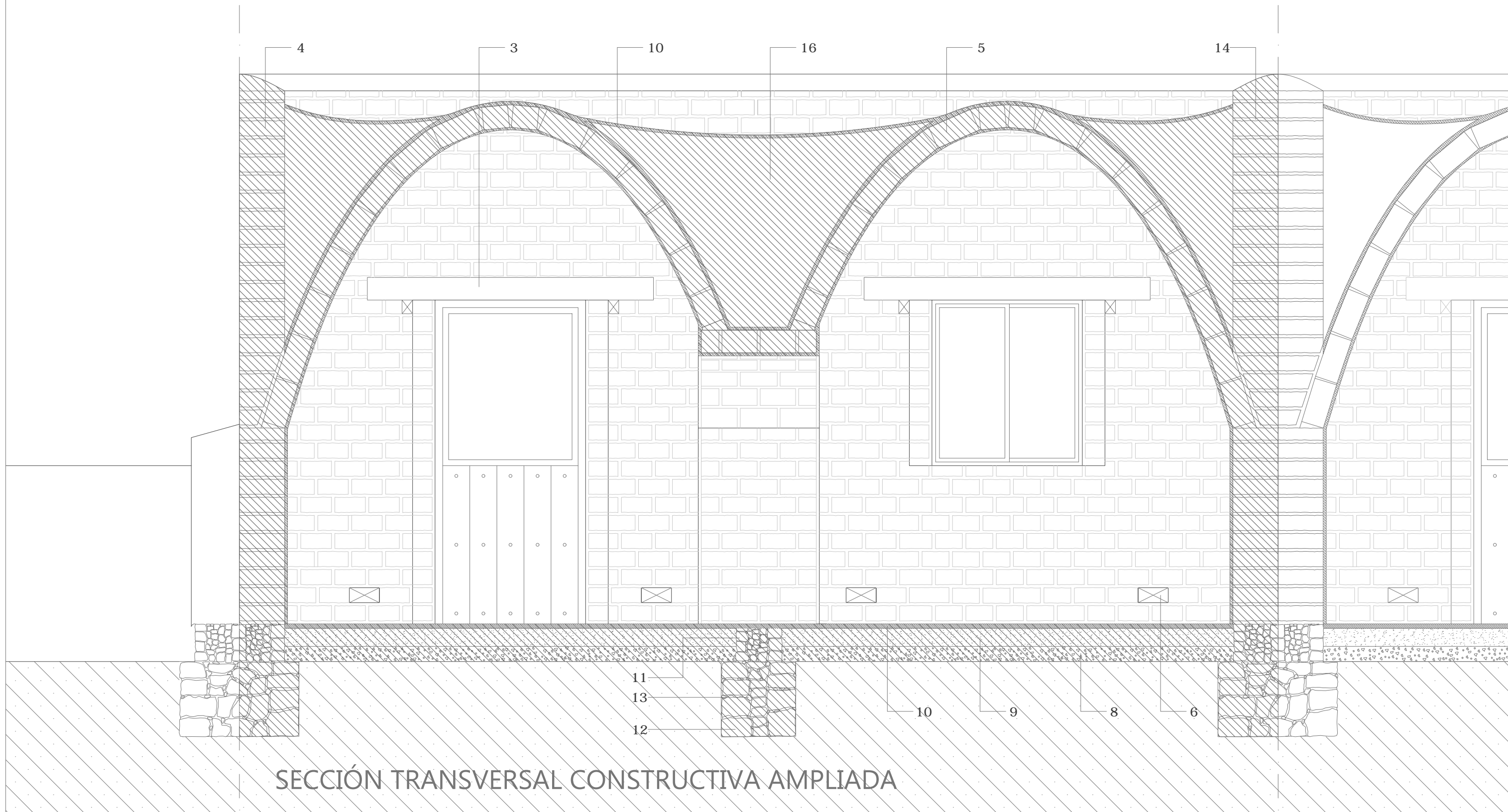
Escala 1/25

LEYENDA

- |   |  |
|---|--|
| 1 - Revoque de barro exterior: 2 cm                 | 9 - Capa de tierra apisonada: 12 cm                                    |
| 2 - Revoque de barro interior: 2 cm                 | 10 - Pavimento de barro vertido: 3 cm                                  |
| 3 - Cargadero de madera                             | 11 - Sobrecimiento de piedra natural con mortero de cal y arena: 25 cm |
| 4 - Muros de mampostería de adobes: 10 x 20 x 30 cm | 12 - Cimiento de piedra natural con mortero de cal y arena: 50 cm      |
| 5 - Bóveda de adobes: 6 x 15 x 30 cm                | 13 - Cuñas con fragmento de rocas                                      |
| 6 - Huecos de ventilación                           | 14 - Mortero de cal y arena  |
| 7 - Canaón moldeado con barro                       | 15 - Contrafuerte  |
| 8 - Grava: 10 cm                                    |  |

L6





## SECCIÓN TRANSVERSAL CONSTRUCTIVA AMPLIADA

PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O "VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

### CONTENIDO

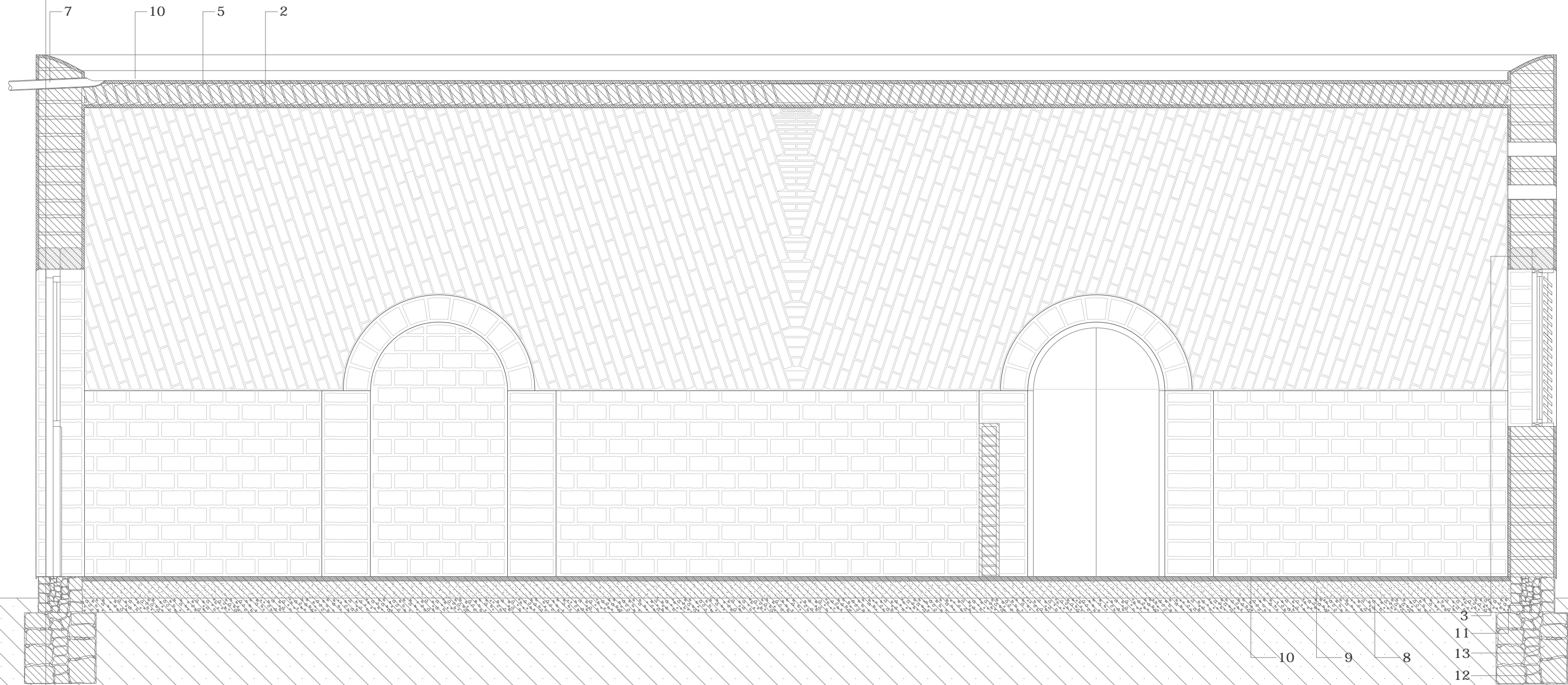
Sección transversal constructiva ampliada:

Escala 1/25

### LEYENDA

- |   |  |
|---|--|
| 1 - Revoque de barro exterior: 2 cm                 | 9 - Capa de tierra apisonada: 12 cm                                    |
| 2 - Revoque de barro interior: 2 cm                 | 10 - Pavimento de barro vertido: 3 cm                                  |
| 3 - Cargadero de madera                             | 11 - Sobrecimiento de piedra natural con mortero de cal y arena: 25 cm |
| 4 - Muros de mampostería de adobes: 10 x 20 x 30 cm | 12 - Cimiento de piedra natural con mortero de cal y arena: 50 cm      |
| 5 - Bóveda de adobes: 6 x 15 x 30 cm                | 13 - Cuñas con fragmento de rocas                                      |
| 6 - Huecos de ventilación                           | 14 - Mortero de cal y arena  |
| 7 - Canalón moldeado con barro                      | 15 - Contrafuerte  |
| 8 - Grava: 10 cm                                    | 16 - Tierra apisonada  |

L7



## SECCIÓN LONGITUDINAL CONSTRUCTIVA

PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA  
CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

**L8**

### CONTENIDO

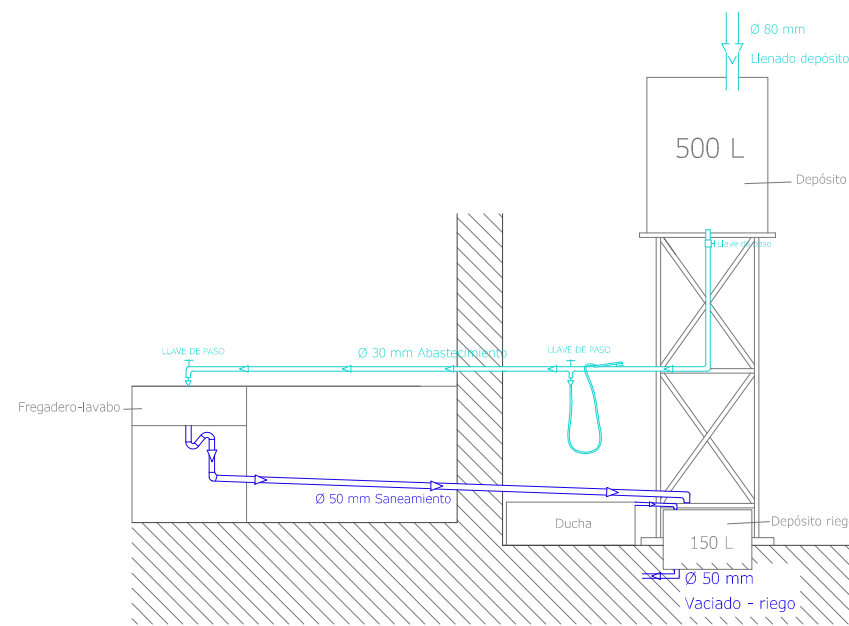
Sección longitudinal constructiva:

Escala 1/25

### LEYENDA

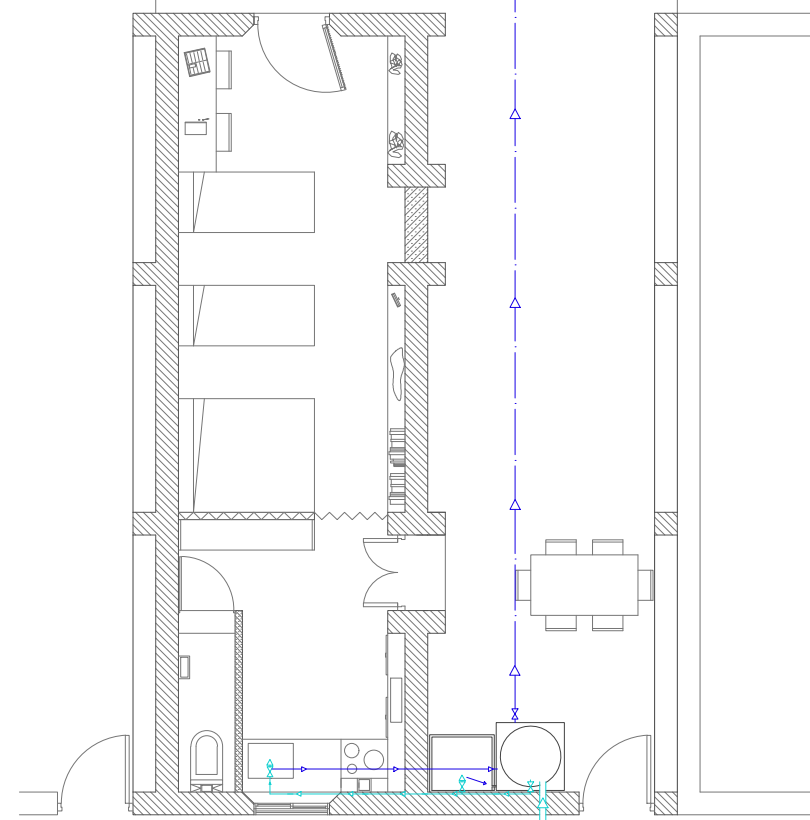
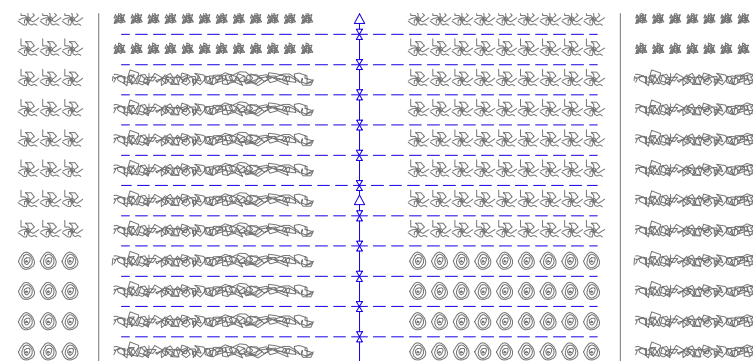
- |   |  |
|---|--|
| 1 - Revoque de barro exterior: 2 cm                 | 9 - Capa de tierra apisonada: 12 cm                                    |
| 2 - Revoque de barro interior: 2 cm                 | 10 - Pavimento de barro vertido: 3 cm                                  |
| 3 - Cargadero de madera                             | 11 - Sobrecimiento de piedra natural con mortero de cal y arena: 25 cm |
| 4 - Muros de mampostería de adobes: 10 x 20 x 30 cm | 12 - Cimiento de piedra natural con mortero de cal y arena: 50 cm      |
| 5 - Bóveda de adobes: 6 x 15 x 30 cm                | 13 - Cuñas con fragmento de rocas                                      |
| 6 - Huecos de ventilación                           | 14 - Mortero de cal y arena  |
| 7 - Gárgola vierteaguas                             | 15 - Contrafuerte  |
| 8 - Grava: 10 cm                                    | 16 - Tierra apisonada  |

### INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

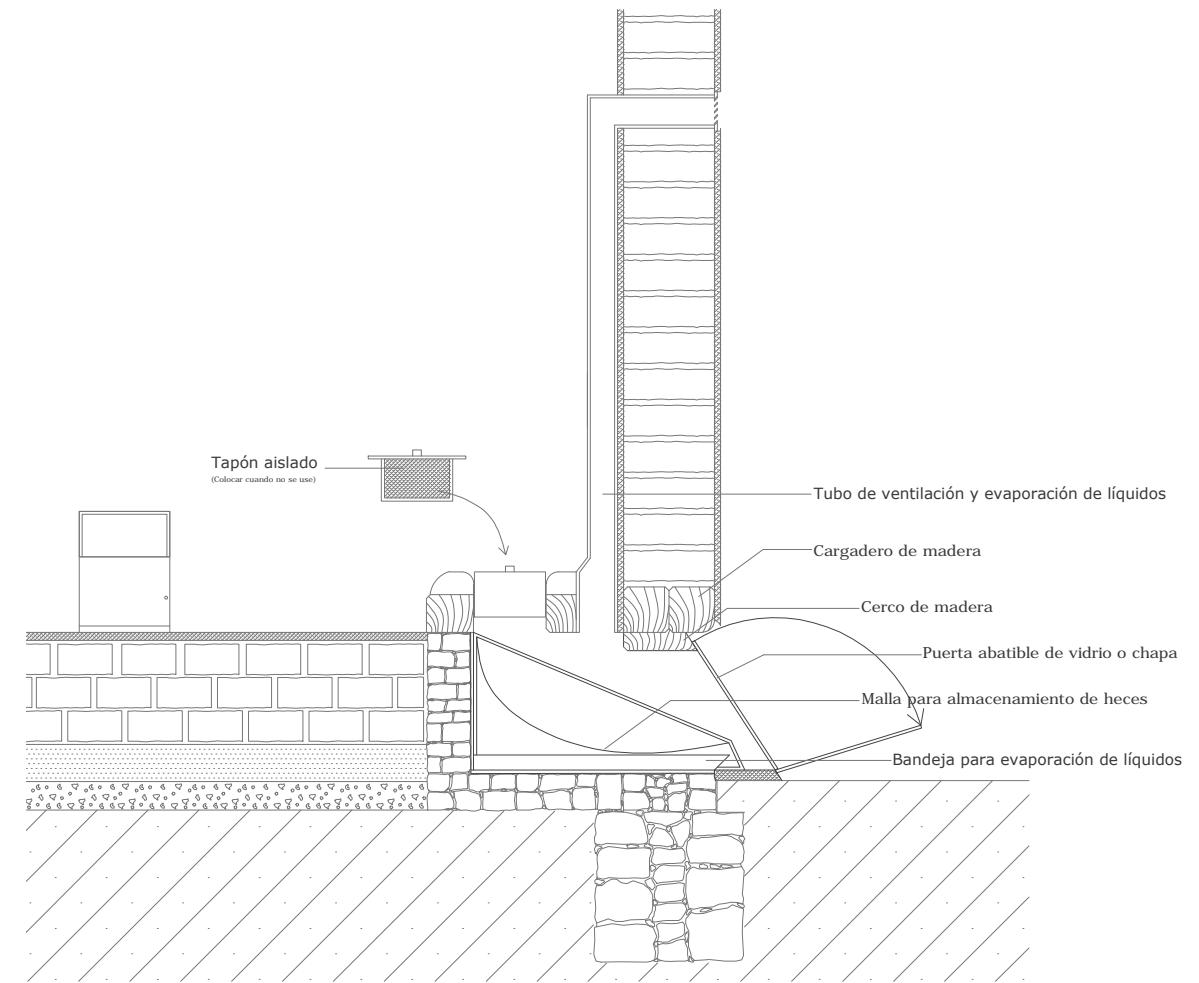


INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

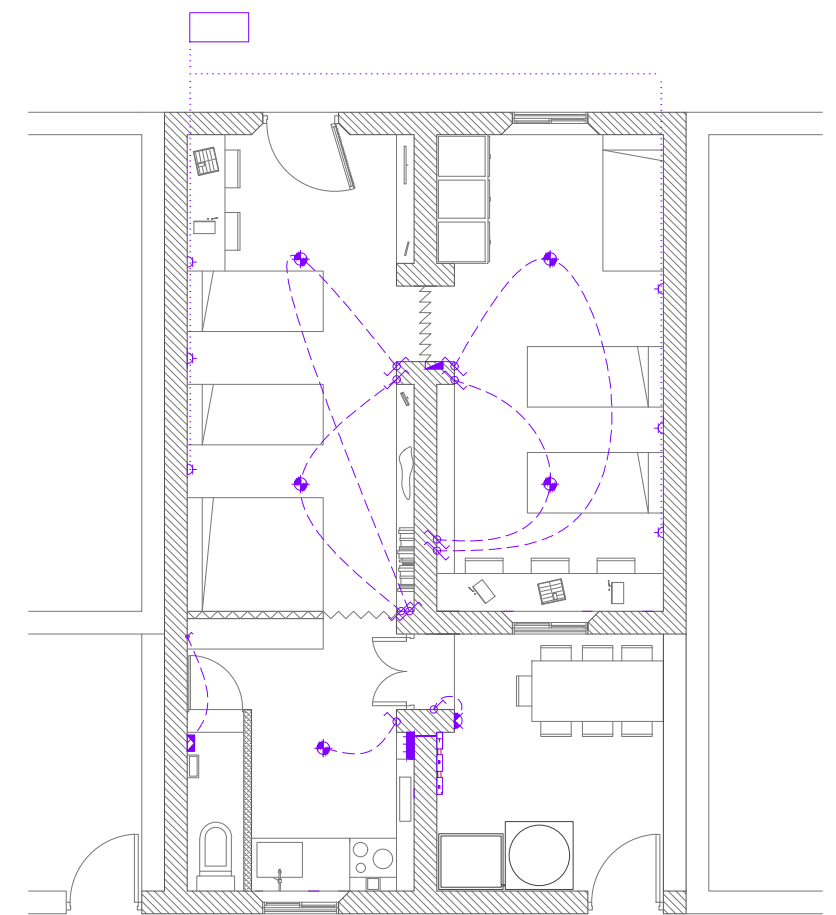
### INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD



CIRCUITO INSTALACIÓN DE FONTANERÍA



DETALLE RETRETE SOLAR



CIRCUITO INSTALACIÓN ELÉCTRICA

## PROPUESTA DE VIVIENDA MÍNIMA CONSTRUCCIÓN INCREMENTAL O " VIVIENDA SEMILLA"

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: DAVID HERNANDO ANDRÉS

TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

# L9

#### CONTENIDO

- Circuito instalación de fontanería:
- Circuito instalación eléctrica:
- Instalación de fontanería explicación:
- Retrete solar:

- Escala 1/100
- Escala 1/100
- Escala 1/50
- Escala 1/25



## 9. Bibliografía

Bardou, vP. Arzoumanian, V., *Arquitectura de adobe*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981.

Colavidas, F. Oteiza, I. Salas, J., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. Disponible en URL: [www.aq.upm.es/habitabilidadbasica/manuales.html](http://www.aq.upm.es/habitabilidadbasica/manuales.html)

Doat, P. Hays, A. Houben, H. Matuk, S & Vitoux, F (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991.

Freire, P., *Educación como práctica de la libertad*. Siglo XXI. Brasil, 1969.

Hernández, E., *Nosotros o el Caos*. Ediciones Deusto. Barcelona, España, 2015.

Loayza, R. Sandóval Tejada, R. Ticona, J. Machicao, S., *Manual para autoconstructores. LAK`A UTA. Asentamientos Humanos Sostenibles en el Altiplano ASHA*. La Paz, Bolivia, 2001.

Martins Neves, M. Flores, M. Silvio Rios, L., *Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, 1994.

Minke, G., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994.

Minke, G., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001.

Morales Morales, R. Torres Cabrejos, R. Rengifo, L. Irala Candiotti, C., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993.

Oshiro Higa, F., *Construcción de vivienda económica en adobe estabilizado*. Publicaciones PREDES. Disponible en URL: [www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/10/Construccion-de-vivienda-economica-con-adobe-estabilizado.pdf](http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/10/Construccion-de-vivienda-economica-con-adobe-estabilizado.pdf)

Rael, R., *Earth architecture*. Princeton Architectural Press. New York, EEUU, 2008.

Regueras Grande, R., *“Más es menos”. Construir en barro. Una arquitectura de futuro*. Centro de Estudios Benaventanos «Ledo del Pozo». Benavente (Zamora), España, 2009.

Reynolds, M., *Earthship: How to Build Your Own, Vol. I*. Edición Hemisferio Sur. Nuevo México, EEUU, 1990.

Reynolds, M., *Earthship: Systems and Components, Vol. II*. Edición Hemisferio Sur. Nuevo México, EEUU, 1991.



Construcción en Cooperación al Desarrollo.

Prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en base a la utilización de la bóveda Nubia.

---

Reynolds, M., *Earthship: Evolution Beyond Economics, Vol. III*. Edición Hemisferio Sur. Nuevo México, EEUU, 1993.

Rocha, M & Jové, F., *Técnicas de construcción con tierra. Introducción*. Argumentum. Lisboa, Portugal, 2015.

Soriano Alfaro, V., *Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos. El oasis de Skoura*. Arquithemas. Barcelona, España, 2006.

Serra, R., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999.

Soriano Alfaro, V., *Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos. El oasis de Skoura*. Arquithemas. Barcelona, España, 2006.

*Terra Incognita. Discovering & Preserving. European Earthen Architecture*. Argumentum. 2012.

## 10. Figuras

- Foto de portada. Disponible en URL: <http://www.avempace.com/paginas/desigualdades/imagenes/globos%20terraqueos.jpg>
- Figura 1: Favela en Río de Janeiro. Disponible en URL: <http://media.diariopopular.com.ar/adjuntos/143/imagenes/000/733/0000733316.jpg>
- Figura 2: Gueto de Caracas. Disponible en URL: <https://dialogopolitico.files.wordpress.com/2011/05/gueto.jpg>
- Figura 3: Ejemplo de viviendas en clima cálido-seco. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 8
- Figura 4: Ejemplo de viviendas en clima cálido-húmedo. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 8
- Figura 5: Ejemplo de vivienda en clima templado. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 10
- Figura 6: Ejemplo de refugio en clima frío. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 9
- Figura 7: Inundación de casas de la parte baja. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 54
- Figura 8: Casas protegidas de inundaciones. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 54
- Figura 9: Rayos de sol calientan el pueblo. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 58
- Figura 10: Pueblo queda protegido del frío viento. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 58
- Figura 11: Pueblo queda en sombra. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 59
- Figura 12: Brisa refresca los espacios. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 59
- Figura 13: Viento revota y enfría las viviendas. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 56
- Figura 14: Edificio alto protege del viento. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 56
- Figura 15: Mala orientación para ventilación. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 57

- Figura 16: Buena orientación para ventilación. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 57
- Figura 17: Lotificación y disposición en clima cálido-húmedo. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 101
- Figura 18: Lotificación y disposición en clima cálido-seco. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 101
- Figura 19: Barrera de masa arbórea. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 10
- Figura 20: Diferencia de temperatura entre zonas en sombra y con sol directo. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 11
- Figura 21: Detención de la radiación lo antes posible mediante lamas. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 36
- Figura 22: Incidencia sobre pavimento. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 69
- Figura 23: Incidencia sobre vegetación. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 69
- Figura 24: Vidrio refleja la luz. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 70
- Figura 25: Árbol absorbe la luz. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 70
- Figura 26: Desviación del viento con árboles. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 11
- Figura 27: Desviación del viento con árboles y arbustos. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 48
- Figura 28: Desviación y control del viento para ventilación. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 48
- Figura 29: Control de distancias, alturas y formas para desviar el viento. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 47
- Figura 30: Unas casas calientan a otras mediante la reflexión solar. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 52
- Figura 31: Parte más elevadas dan sombra a las bajas. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 53
- Figura 32: Viento pasa casi sin refrescar. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 55
- Figura 33: Viento pasa y refresca. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 55

- Figura 34: Orientación y distribución según orientación más crítica. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 51
- Figura 35: Vivienda incremental según se desarrolla la zona. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 102
- Figura 36: Ambiente rígido no controlable manualmente. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 18
- Figura 37: Lamas regulables. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 31
- Figura 38: Aire caliente sube. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 50
- Figura 39: Ventanas reguladores de flujo. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 51
- Figura 40: Ventilación cruzada. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 52
- Figura 41: Efecto chimenea. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 53
- Figura 42: Cámara o chimenea solar. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 53
- Figura 43: Aspiradores estáticos. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 53
- Figura 44: Torres de viento. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 54
- Figura 45: Refrigeración evaporativa. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 54
- Figura 46: Torres evaporativas. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 55
- Figura 47: Ventilación por patio. R. Serra., *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona, España, 1999. p. 55
- Figura 48: Ventilación subterránea. M. Reynolds., *Earthship: How to Build Your Own, Vol. I*. Edición Hemisferio Sur. Nuevo México, EEUU, 1990. p. 45
- Figura 49: Lugares de construcción con tierra y patrimonio de la humanidad. Disponible en URL:  
[www.meta2020arquitectos.com/wpcontent/uploads/2016/01/Mapa-Mundial-Construcci%C3%B3n-con-Tierra.jpg](http://www.meta2020arquitectos.com/wpcontent/uploads/2016/01/Mapa-Mundial-Construcci%C3%B3n-con-Tierra.jpg)
- Figura 50: Componentes minerales de la tierra. Disponible en URL:  
[http://images.slideplayer.es/17/3414210/slides/slide\\_9.jpg](http://images.slideplayer.es/17/3414210/slides/slide_9.jpg)
- Figura 51: Estructura laminar de los minerales comunes de arcilla (según Houben, Guillard, 1984). G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 25
- Figura 52: Ensayo de sedimentación: las partículas mayores se asientan en el fondo y las más finas arriba. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 26

- Figura 53: Curvas absorción de un muro interior de 11.5 cm con ambas caras expuestas a una temperatura de 21<sup>o</sup>C después de un incremento de la humedad del aire de 50% a 80%. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 21
- Figura 54: Comparación de temperaturas interiores y exteriores de una construcción de tierra (arriba) en relación a una construida con elementos prefabricados de hormigón (abajo) (Fathy, H. 1986). G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 39
- Figura 55: Relación peso específico y resistencia a compresión. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 41
- Figura 56: Influencia de varios aditivos en un barro arenoso. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 47
- Figura 57: Estabilización por armazón. P. Bardou, V. Arzoumanian., *Arquitectura de adobe*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981. p. 16
- Figura 58: Adobes secándose al aire.  
Disponible en URL: <http://photos1.blogger.com/blogger/984/1556/1600/24-Ladrillos.jpg>
- Figura 59: Estabilización por impermeabilización. P. Bardou, V. Arzoumanian., *Arquitectura de adobe*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981. p. 16
- Figura 60: Asentamiento de un elemento de ensayo de barro alivianado con paja. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 57
- Figura 61: Estabilización por cementación. P. Bardou, V. Arzoumanian., *Arquitectura de adobe*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981. p. 16
- Figura 62: Morteros de barro con adición de cemento. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 55
- Figura 63: Reducción de la resistencia a compresión del barro con adición de paja cortada (5 cm). G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 56
- Figura 64: Suelo apropiado. R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 42
- Figura 65: Prueba de la botella. R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 42
- Figura 66: Prueba de la botella: agitar y dejar reposar. R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 43

- **Figura 67: Prueba del rollo.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 43
- **Figura 68: Prueba del disco.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 44
- **Figura 69: Proceso de mezclado.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 46
- **Figura 70: Comprobación de la proporción de agua.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 46
- **Figura 71: Moldeo de adobes.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 47
- **Figura 72: Desmoldeo de adobes.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 47
- **Figura 73: Proceso de secado.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 48
- **Figura 74: Almacenamiento de adobes.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 48
- **Figura 75: Control de fisuras y deformaciones.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 49
- **Figura 76: Control de resistencia a flexión.** R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993. p. 49
- **Figura 77: Diagrama con los 12 principales métodos de construcción con tierra.** Disponible en URL: <http://www.es.lowtechmagazine.com/wp-content/uploads/2011/08/tipos-de-ConstrTierra.gif>
- **Figura 78: Variedad de mecales.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 74
- **Figura 79: Elaboración de adobes con prensa mecánica.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 76
- **Figura 80: Adobes en proceso de secado.** Disponible en URL: [http://s681.photobucket.com/user/ARTIFEXcrpa/media/DSC\\_6321.jpg.html](http://s681.photobucket.com/user/ARTIFEXcrpa/media/DSC_6321.jpg.html)
- **Figura 81: Bloque de suelo o BTC (bloque de tierra compactada).** Prensa manual. Disponible en URL: [http://i.ytimg.com/vi/\\_niABrdt6OY/0.jpg](http://i.ytimg.com/vi/_niABrdt6OY/0.jpg)



- Figura 82: Se comienza a levantar los muros por las esquinas para asegurarse de que todo queda a escuadra. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 122
- Figura 83: Las esquinas de los muros de adobe se pueden proteger de la erosión sustituyendo los adobes por piedras; que además servirán para reforzar la estructura. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 126
- Figura 84: Hiladas de adobes colocados a soga y tizón. Trabado de esquinas y parte intermedia de muro. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 124
- Figura 85: Hiladas de adobes colocados a tizón. Trabado de esquinas y parte intermedia de muro. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 123
- Figura 86: Hiladas de adobes cuadrados. Trabado de esquinas y parte intermedia de muro. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 125
- Figura 87: Ciudad de Shibam, Yemen.  
Disponible URL: [http://65.media.tumblr.com/tumblr\\_mdX05I50aS1qIhrzvo1\\_1280.jpg](http://65.media.tumblr.com/tumblr_mdX05I50aS1qIhrzvo1_1280.jpg)
- Figura 88: Despiece de un encofrado donde se pueden apreciar los mechinales que conviene rellenar una vez finalizada la construcción. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 16
- Figura 89: Encofrados para barro apisonado. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 60
- Figura 90: Los dibujos muestran cómo se puede ir variando la anchura del muro ajustando cuñas de madera. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 17
- Figura 91: Ejecución de tapial.  
Disponible URL: [https://tierrrah.files.wordpress.com/2014/02/expo5\\_3.png](https://tierrrah.files.wordpress.com/2014/02/expo5_3.png)
- Figura 92: Pisones manuales. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 63
- Figura 93: Compactador neumático. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 63
- Figura 94: Matado de juntas en esquina: a y b formas constructivas que más estabilidad y homogeneidad otorgan al muro. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 69-70
- Figura 95: Técnica francesa del *pisé*. Aplicación de mortero de cal para evitar la retracción y aparición de fisuras en las juntas. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth*. The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 20

- Figura 96: Encofrado trepador para paneles de barro apisonado. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 66
- Figura 97: Casa de tapial, Weilburg Alemania, 1828. Un total de cinco pisos de viviendas más bajo cubierta. Disponible URL: <http://www.domovita.es/wordpress/wp-content/uploads/2014/12/CerramientosWeilburgAlemania.jpg>
- Figura 98: Alhambra de Granada un ejemplo en histórico de construcción con tapial en España. Construida en el siglo XI. Disponible URL: <http://blog.clickferry.com/wp-content/uploads/2015/09/Alhambra-Granada.jpg>
- Figura 99: Dos variantes de la técnica del bahareque. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 99
- Figura 100: Deterioro del bahareque debido al mal recubrimiento y a la aparición de fisuras. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 100
- Figura 101: Secciones de madera más regulares y resistentes. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 101
- Figura 102: Encuentro de muro entramado con zócalo. Relleno de adobe. J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios*. Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 177
- Figura 103: Viviendas con muros entramados rellenos de adobe en Covarrubias, Burgos. Disponible en URL: <http://s.libertaddigital.com/fotos/noticias/casas01.jpg>
- Figura 104: Bloque de gran formato de tierra y paja relleno una estructura de madera. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 57
- Figura 105: Entramado de madera con relleno de rollos de barro y paja "Wickelstaken". G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 101
- Figura 106: Elaboración de los rollo de paja y barro "Wickelstaken". G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 101
- Figura 107. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 124
- Figura 108. R. Morales Morales, R. Torres Cabrejos, L. Rengifo, C. Irala Candiotti., *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú, 1993.p. 50

- **Figura 109.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 136
- **Figura 110.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 129
- **Figura 111.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 137
- **Figura 112.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 129
- **Figura 113.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 133
- **Figura 114.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 83
- **Figura 115.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 133-134
- **Figura 116.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 139 & P. Bardou, V. Arzoumanian., *Arquitectura de adobe.* Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981. p. 57
- **Figura 117.** P. Bardou, V. Arzoumanian., *Arquitectura de adobe.* Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981. p. 74
- **Figura 118.** P. Bardou, V. Arzoumanian., *Arquitectura de adobe.* Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1981. p. 120
- **Figura 119.** J. Van Lengen., *Manual del arquitecto descalzo. Como construir casas y otros edificios.* Editorial Concepto, s.a. México DF, Mexico, 1982. p. 252
- **Figura 120.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 116
- **Figura 121.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 70
- **Figura 122.** G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 70
- **Figura 123:** Localización de los sismos de mayor intensidad. Disponible en URL: [http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/articles-27002\\_recurso\\_jpg.jpg](http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/articles-27002_recurso_jpg.jpg)
- **Figura 124:** Efectos de un terremoto sobre los muros. P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France)., *Building with earth.* The mud village society. New Delhi, India, 1991. p. 132

- Figura 125: Emplazamiento de una vivienda en pendiente. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 8
- Figura 126: Forma de la planta para ganar estabilidad. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 9
- Figura 127: Muros convexos con contrafuertes en esquinas. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 10
- Figura 128: Refuerzo de esquinas. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 17
- Figura 129: Plantas diseñadas con elementos angulares. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 18
- Figura 130: Refuerzos internos. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 19
- Figura 131: Anclaje del encadenado con el muro de tapial. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 35
- Figura 132: Refuerzo de esquinas en muros de adobe. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 24-25
- Figura 133: Zuncho o encadenado más refuerzo con contrafuertes. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 25
- Figura 134: Centro de educación Acomayo, Perú. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 25
- Figura 135: Estructura de hormigón armado con relleno de mampostería. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 27
- Figura 136: Zunchos de madera. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 35
- Figura 137: Zunchos de hormigón armado. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 36
- Figura 138. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 36
- Figura 139: Tímpanos G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 37

- Figura 140: Dimensionamiento de vanos. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 41
- Figura 141: Soluciones para dinteles. G. Minke., *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 2001. p. 41
- Figura 142: Rayado de una superficie húmeda de barro. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 113
- Figura 143: Corte de las juntas con un badilejo. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 113
- Figura 144: Interior de un aula. Disponible URL: <http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2009/11/interiorA.jpg>
- Figura 145: Climatización natural. Disponible en URL: <http://arquiscopio.com/archivo/wp-content/uploads/2012/10/110417-MoMA-Kere-Gando-Seccs.jpg>
- Figura 146: Vista en planta. Disponible en URL: <http://arquiscopio.com/archivo/wp-content/uploads/2012/10/110417-MoMA-Kere-Gando-Plans.jpg>
- Figura 147: Vista desde el exterior. Disponible en URL: [http://www.kere-architecture.com/files/9714/0741/4537/Gando-Primary school\\_05.jpg](http://www.kere-architecture.com/files/9714/0741/4537/Gando-Primary%20school_05.jpg)
- Figura 148: Axonometría explotada. Disponible en URL: <http://www.solaripedia.com/images/large/2700.jpg>
- Figura 149: Vista exterior, vista en planta y proceso de construcción. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 204-205
- Figura 150: Sección constructiva y vista exterior desde la cubierta. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 210
- Figura 151: Vistas exterior e interior y vista en planta. G. Minke., *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial fin de siglo. Universidad de Kassel, Alemania, 1994. p. 200
- Figura 152: Estado de las viviendas después de las intensas lluvias. Disponible en URL: <http://cooperacioncomunitaria.org/>
- Figura 153: Vistas exterior e interior de la reconstrucción. Disponible en URL: <http://cooperacioncomunitaria.org/>
- Figura 154: Proceso de construcción. Disponible en URL: <http://docplayer.es/9947866-Programa-de-vivienda-rural.html>
- Figura 155: Vista exterior e interior de la construcción. Disponible en URL: <http://docplayer.es/9947866-Programa-de-vivienda-rural.html>

- **Figura 156: Bomba de mecate y con pistón.** Disponible en URL: [http://bombasdemecate.weebly.com/uploads/2/9/9/2/29929105/4270513\\_orig.gif](http://bombasdemecate.weebly.com/uploads/2/9/9/2/29929105/4270513_orig.gif)
- **Figura 157: Bombeo fotovoltaico.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 53
- **Figura 158: Malla para captación de agua de neblinas.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 57
- **Figura 159: Desinfección solar de agua con botellas.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 76
- **Figura 160: Destilador de agua.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 79
- **Figura 161: Destilador solar.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 80
- **Figura 162: Filtro de agua autoconstruible.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 93
- **Figura 163: Llave para ahorro de agua.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 93
- **Figura 164: Sistema de transporte para agua.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 98
- **Figura 165: Letrina abonera (alcalina).** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste.* Publicado por Maireia Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 114
- **Figura 166: Retrete solar.** M. Reynolds., *Earthship: Evolution Beyond Economics, Vol. III.* Edición Hemisferio Sur. Nuevo México, EEUU, 1993. p. 97
- **Figura 167: Vista desde el exterior e interior. Ceniza negra resultante.** M. Reynolds., *Earthship: Evolution Beyond Economics, Vol. III.* Edición Hemisferio Sur. Nuevo México, EEUU, 1993. p. 98
- **Figura 168: Kit de energía solar.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones*



- de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 162
- **Figura 169: Minigenerador.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 165
  - **Figura 170: Microestación hidroeléctrica.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 171
  - **Figura 171: Compostador doméstico para desechos orgánicos.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 193
  - **Figura 172: Hoyo composta.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 199
  - **Figura 173: Cocina básica portátil de arcilla.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 218
  - **Figura 174: Cocina “Lorena”.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 221
  - **Figura 175: Fogones mejorados.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 228
  - **Figura 176: Deshidratador de frutas y verduras.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 241
  - **Figura 177: Deshidratador solar de alimentos.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 242
  - **Figura 178: Refrigerador cerámico “pot-in-pot”.** F. Colavidas, I. Oteiza, J. Salas., *Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste*. Publicado por Mairea Libros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM, España, 2006. p. 245
  - **Figura 179: Soleb, República de Sudán.** Disponible en Google Maps.
  - **Figura 180: Templo de Amón, Soleb.** Disponible en URL:  
<http://www.viajas.com/fotos/resized/435/235/9861-templo-de-soleb-sudan.jpg>

- Figura 181: Soleb. Disponible en Google Maps.
- Figura 182: Río Nilo. Disponible en Google Earth.
- Figura 183: Vista desde el terreno. Disponible en Google Earth.
- Figura 184: Trama urbana y Templo de Amón. Disponible en Google Maps.
- Figura 185: Recinto para el ganado. Disponible en Google Earth.
- Figura 186: Vivienda desde el exterior. Disponible en Google Earth.



### **Atención**

“El pez nada en el ancho mar  
vive bien.

El zorro en su covacha, huele  
a selva: no está mal

El pájaro, qué casa grande y  
limpia habita!

El mamífero grande: le  
sobra espacio

La culebra: vive lindo  
sobre hierba y rocío!

Sólo el hombre es miserable  
sobre la tierra que le pertenece:  
le falta espacio, agua, cielo, luz  
techo, intimidad, felicidad:

Muchachos (...):  
a ustedes les toca arreglar este  
asunto: la vivienda: es decir,  
la vida!”

(Pablo Neruda, Isla Negra, 1973)



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID