

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



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**

CONSTRUCCIÓN EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO. VIVIENDA SEMILLA, O UNIDAD HABITACIONAL MÍNIMA. VIVIENDA DE CRECIMIENTO PROGRESIVO. PROPUESTAS, MATERIALES DISPONIBLES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS POSIBLES.

AUTOR: PABLO GARCÍA FUENTES  
TUTOR: FÉLIX JOVÉ SANDOVAL

SEPTIEMBRE DE 2015

A todas aquellas personas que durante estos cinco años han contribuido en mi formación, tanto académica como personal, permitiéndome madurar como persona y formarme como arquitecto.

A Félix Jové por proponer este tema y darme la oportunidad de trabajar en él. Este trabajo ha permitido que obtenga otras visiones de la arquitectura, otras perspectivas de vida y unos valores que espero me acompañen en mi actividad académica, profesional y personal.

Por último, a mi familia y amigos por acompañarme durante los últimos cinco años en esta bonita, aunque dura, etapa de mi vida. Sin ellos a mi lado, la mayor parte de los esfuerzos no habrían tenido sentido.

Muchas gracias.

## Resumen:

Este trabajo aporta una perspectiva diferente relacionada con las responsabilidades de la arquitectura, focalizada en su posible aportación en la cooperación internacional al desarrollo.

Partiendo de un estudio histórico y etimológico de la situación de la arquitectura de la ayuda se ha tratado de buscar alternativas y nuevas técnicas, que pudieran cristalizar en una propuesta de vivienda adaptada al conflicto habitacional de Manta, Ecuador.

Tomando como referencia la idea de una arquitectura de mínimos, vinculada con el lugar y con capacidad de adaptación, se ha analizado el funcionamiento de la vivienda de crecimiento progresivo y se han estudiado diferentes sistemas constructivos ligados al uso de la tierra como materia prima, remarcando sus óptimas características y posibilidades.

Gracias a este trabajo, se ha conseguido llegar a un ejemplo de arquitectura que basándose en un concepto teórico, descubre la potencialidad de la construcción sostenible permitiendo aportar una solución viable para el problema expuesto.

**Palabras clave:** *cooperación al desarrollo, vivienda mínima de crecimiento progresivo, bloque de tierra comprimida (BTC), caña guadua, Manta (Ecuador).*

## Abstract:

This work provides a different perspective based on architecture responsibilities, focusing on its possible improvement in international cooperation.

From a historical and etymological study of the situation of the aid architecture, some alternatives and new techniques has tried to find that could became settled in a proposed residential adapted to the housing conflict of Manta, Ecuador.

Coming out of the reference of an idea related on minimal architecture, taking into account of the place and the adaptability, the functioning of the housing of progressive growth and studied different construction systems related has been analyzed, noting its optimal characteristics and possibilities

Thanks to this work, an example of architecture based on a theoretical concept has been analysed and proposed, discovering the potential of sustainable construction achieving the targets expectations.

**Keywords:** *International development cooperation, Minimum housing of progressive growth, Compressed earth blocks (BTC), Bamboo cane, Manta (Ecuador).*

## **Índice:**

### **1. Arquitectura y cooperación al desarrollo.**

- 1.1 La cooperación al desarrollo: definición, evolución histórica y clasificación.
- 1.2 La influencia de la arquitectura en la cooperación al desarrollo.
- 1.3 Ejemplos de arquitectura en cooperación al desarrollo.
  - 1.3.1 Alejandro Aravena Arquitectos: Quinta Monroy (Chile).
  - 1.3.2 Cristián Berríos: Vivienda Básica Progresiva.
  - 1.3.3 José Ulloa Davet & Delphine Ding: Células Sociales para la Emergencia.
  - 1.3.4 Cnt-A: vivienda de emergencia autoprogresiva.
  - 1.3.5 Sandra Bestraten y Emilio Hormias: viviendas de adobe en Camerún.

### **2. Construcción con nuevos materiales:**

- 2.1 Construcción con tierra.
  - 2.1.1. Bloques de Tierra Compactada (BTC).
  - 2.1.2. El superadobe.
  - 2.1.3. Otras técnicas.
- 2.2 La caña guadua y sus aplicaciones en el mundo de la construcción.
  - 2.2.1 El bahareque.
- 2.3 Construcción con materiales reciclados.
  - 2.3.1 Botellas de plástico PET y su aplicación en la construcción.
  - 2.3.2 Construcción mediante el empleo de botellas de vidrio.
  - 2.3.3 El empleo de neumáticos en la construcción.

### **3. Prototipo de vivienda para la región de Manabí (Ecuador).**

- 3.1. Contextualización y análisis de la vivienda tradicional manabita.
- 3.2. El problema de la vivienda en la región de Manabí.
- 3.3. Propuesta de vivienda mínima de crecimiento progresivo.

### **4. Conclusiones.**

### **5. Anexo.**

### **6. Bibliografía.**

### **7. Índice de figuras.**

## 1. Arquitectura y cooperación al desarrollo.

### 1.1. La cooperación al desarrollo: definición, evolución histórica y clasificación.

Podríamos definir el término cooperación al desarrollo desde la definición clásica de Gómez y Sanahuja (1999)<sup>1</sup>, como el “conjunto de actuaciones, realizadas por actores públicos y privados, entre países de diferente nivel de renta con el propósito de promover el progreso económico y social de los países del Sur, de modo que sea más equilibrado en relación con el Norte y resulte sostenible”. Sin embargo, para comprender su significado de forma completa, hay que ser consciente de la evolución que el término ha sufrido desde el final de las grandes guerras hasta nuestros días.

Como diría Álvarez Orellana (2012)<sup>2</sup>, “la cooperación al desarrollo ha ido modificando sus contenidos de acuerdo al pensamiento y los valores dominantes sobre el desarrollo y la orientación de las relaciones entre los países ricos hacia los más pobres”. Es por esto que no podemos establecer una definición permanente en el tiempo, sino que en función de la etapa histórica su significado adquirirá unos matices u otros.

El punto de vista desde el que se ha ido percibiendo el término desarrollo a lo largo de la historia ha ido provocado variaciones en la metodología aplicada, los actores y las relaciones entre éstos. La cooperación al desarrollo ha pasado de centrarse en el subdesarrollo a combatir la pobreza, consolidando nuevos enfoques como la participación activa y el interés mutuo e introduciendo a los actores locales en la ecuación.

No es una herramienta que pertenece solamente a los estados nacionales sino que también entran en juego gobiernos estatales, municipios, departamentos, mancomunidades, la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales, universidades e instituciones del sector privado. Eliminando, poco a poco, la componente política y los intereses económicos, que solían acompañar a este tipo de acciones.

Si repasamos los distintos significados que, a lo largo de la historia, ha recibido la palabra desarrollo observamos las variaciones de significado que el término cooperación al desarrollo ha sufrido. Es tras la II Guerra Mundial cuando surgen las primeras políticas de cooperación, concebidas como una ayuda instantánea para paliar las consecuencias del conflicto bélico. Como explica Griffin (1991)<sup>3</sup>, “la cooperación no comenzó como un programa para ayudar al desarrollo de los países empobrecidos a largo plazo sino para facilitar el desarrollo económico a corto plazo y la recuperación de Europa Occidental después del fin de la Segunda Guerra Mundial”. De este modo, se puede afirmar que la cooperación nace desde unos intereses políticos y económicos entre estados, buscando la consecución de unos objetivos específicos muy alejados de la necesidad de la humanidad de vivir en paz y bienestar.

---

<sup>1</sup> GÓMEZ GALÁN, MANUEL: Doctor en Derecho (Derecho Internacional y Relaciones Internacionales). Director General de la Fundación CIDEAL de Cooperación e Investigación.

SANAHUJA PERALES, JOSE ANTONIO: Licenciado en Filosofía y Letras por la Universidad Autónoma de Madrid, se doctora con premio extraordinario en Ciencias Políticas por la Universidad Complutense de Madrid.

<sup>2</sup> ÁLVAREZ ORELLANA, SCARLETT MARINA: Profesora de la Universidad Católica de Honduras, “Nuestra Señora de la Paz”. Doctoranda en Ciencias de la Cooperación Internacional por la Università Degli Studi di Bergamo.

<sup>3</sup> ÁLVAREZ ORELLANA cita a GRIFFIN, KEITH y su libro «Foreign Aid after the Cold War».

CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II: Construcción en cooperación al desarrollo. Vivienda semilla o, unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

AUTOR / TUTOR: Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval.

Este concepto de desarrollo se mantuvo con el Plan Marshall, en el escenario de la Guerra Fría, siendo este el programa de cooperación más amplio llevado a cabo hasta entonces. En este periodo tuvieron lugar los procesos de descolonización, convirtiéndose la cooperación internacional en una herramienta útil para ambos protagonistas. Este interés mutuo puede explicarse mediante las palabras de Álvarez Orellana (2012), “por un lado, las antiguas metrópolis seguían teniendo importantes intereses en sus ex-colonias. Por otra parte, los nuevos países recién independizados necesitaban asistencia financiera y técnica para sus propios planes de desarrollo”.



Figura 1: Poster promocional del Plan Marshall.

La cooperación internacional actual nace con el Tratado de Roma de 1957, incorporando poco a poco la componente social dentro de sus valores. Aunque la componente económica seguía prevaleciendo, se aplica un mecanismo de desarrollo basado en aumentar la capacidad productiva de los países pobres. En esta etapa cobra gran importancia el papel de la iglesia cristiana y se produce el surgimiento de las organizaciones no gubernamentales (ONGs).

Durante los años setenta y ochenta la cooperación internacional va progresivamente desligándose de los gobiernos y adquiriendo un carácter propio. En esta materia, el hecho más importante es la publicación del informe Pearson, titulado *Partners in Development*. Dicho informe “argumentaba que no bastaba con aumentar el volumen de la ayuda: era preciso que estuviese mejor pensada y que se organizara y administrara con mayor eficacia (lo que hoy se conoce como «eficacia de la ayuda»); la ayuda debía adaptarse a las necesidades de planes de desarrollo bien concebidos (alineación); debía ser cada vez más incondicional (desligada) y debía acompañarse, en medida creciente, de una asistencia técnica integrada que permitiera a los beneficiarios adquirir los conocimientos técnicos necesarios para aprovecharla debidamente (desarrollo de capacidades de los beneficiarios)”. Álvarez Orellana (2012).

Es en 1990 cuando el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sitúa el crecimiento de las personas como el objetivo central del desarrollo. Esta nueva perspectiva busca un aumento de las capacidades de la persona y de las oportunidades que a esta se le brindan. Se busca “un desarrollo

que abarque más que la expansión de la riqueza y los ingresos; y que tenga como objetivo central al ser humano. Un desarrollo humano conformado por dos aspectos: la formación de capacidades humanas y el uso que la gente hace de las capacidades adquiridas.” PNUD (1990)<sup>4</sup>. Otra serie de elementos como la salud, la educación y la equidad de oportunidades entre el hombre y la mujer cobran un papel importante en este nuevo desarrollo humano.

Una síntesis de esta nueva visión de desarrollo es la que nos ofrece Domínguez Martín (2014)<sup>5</sup> : “la noción de desarrollo humano había nacido como alternativa a la de desarrollo económico, y buscaba una concepción más integral del desarrollo, tomando en cuenta a las personas, sus necesidades y capacidades”.

Un nuevo paso hacia la concepción actual de cooperación al desarrollo se produjo en el año 2000, cuando el PNUD introdujo en el campo del desarrollo los derechos humanos; incorporando valores como la participación y la no discriminación. “Se evidencia así que el presente de la cooperación internacional al desarrollo es un desarrollo humano potenciador de los derechos humanos, una ayuda inclusiva.”, Álvarez Orellana (2012).

Paulatinamente se ha ido luchando por separar la ayuda/cooperación de aspectos como los intereses geográficos, los intereses económicos o la oportunidad de negocio que representan los países receptores de la ayuda. Se ha ido reforzando el protagonismo tanto de la sociedad como del sector privado, en detrimento de los estados; eliminando la exclusividad en este tipo de actuaciones.

A raíz de esto podemos distinguir entre diferentes fuentes y tipos de cooperación. Una primera diferenciación se establece entre la cooperación gubernamental, la no gubernamental y los fondos mixtos. Siendo la primera la que está promovida directamente por los gobiernos, formando parte de su política exterior. La cooperación no gubernamental, en cambio, no está enmarcada bajo la política de ningún estado concreto sino que está formada por entidades privadas, sin fines lucrativos, motivadas por la solidaridad. Por último, los fondos mixtos se corresponden a una combinación de las dos anteriores, cooperación gubernamental y no gubernamental.

Dentro de la cooperación gubernamental podemos distinguir entre la cooperación bilateral, multilateral y descentralizada. La cooperación bilateral es aquella en la que la ayuda se transmite directamente desde el donante hasta el beneficiario. La multilateral, en cambio, es un tipo de cooperación en la que la ayuda se transmite del país donante al país beneficiario a través de la actividad de organizaciones multilaterales, formadas por los gobiernos para dirigir este tipo de actividades. Por último, también existe la cooperación descentralizada cuya actividad es promovida por entidades independientes de los gobiernos.

Para concluir con las fuentes, podemos hablar de cooperación privada y cooperación universitaria. La primera es la que es llevada a cabo por empresas privadas; sin estar condicionadas, estas, por el gobierno o la sociedad. La segunda corresponde a las actuaciones promovidas desde las instituciones universitarias.

---

<sup>4</sup> ÁLVAREZ ORELLANA cita el escrito del PNUD, “Human Development Report”, 1990, Bogotá, Tercer Mundo Editores, 1990, pág. 19.

<sup>5</sup> DOMÍNGUEZ MARTÍN, RAFAEL: Doctor en Historia Económica por la Universidad de Cantabria, Profesor Titular del Departamento de Economía de la UC. Desde 2006, es director de la Cátedra de Cooperación Internacional y con Iberoamérica y del Master Iberoamericano de Cooperación Internacional y Desarrollo (MICID).

Si hablamos de los diferentes tipos de cooperación podemos diferenciar entre cooperación financiera, técnica, ayuda humanitaria, de emergencia y ayuda alimentaria. La cooperación financiera se refiere a la transferencia de capital entre países para buscar el desarrollo del país beneficiario; puede ser un tipo de ayuda reembolsable o no reembolsable. La técnica se corresponde con la transmisión de conocimientos para aumentar el nivel de cualificación y habilidades del país beneficiario. Originariamente este tipo de ayuda se solía brindar desde el país con mayor grado de desarrollo siendo recibida por el país con una evolución menor, denominada cooperación Norte-Sur; en cambio, en la actualidad son cada vez más frecuentes las iniciativas denominadas Sur-Sur o cooperación técnica entre países en desarrollo (CTPD).



Figura 2: Viñeta de Mafalda en relación a la cooperación Norte-Sur.

Este tipo de cooperación está progresivamente cogiendo una mayor importancia debido a que nos movemos “en un contexto mundial caracterizado por la velocidad de los cambios en las diferentes áreas del saber, el mundo de la tecnología, la informática y el conocimiento que lucha constantemente contra la pobreza y la fragmentación social, la cooperación internacional se ha convertido en un elemento prioritario en la agenda de las políticas exteriores de los países en vías de desarrollo, hasta convertirse con la cooperación horizontal en un instrumento con el cual no solo se accede a ayuda foránea, sino que es ahora un medio para ejercitar la solidaridad y compartir con otros las ventajas competitivas con las que cada país cuenta. La CTPD es una herramienta para la construcción y consolidación de lazos diplomáticos y de amistad entre los pueblos.”, Álvarez Orellana (2012).

Finalmente, existen las ayudas humanitarias, de emergencia y alimentaria que están muy relacionadas con las catástrofes naturales y los conflictos armados. Es un tipo de cooperación de carácter inmediato sin otro objetivo que no sea paliar o reducir las consecuencias que este tipo de conflictos pueda provocar sobre las sociedades que los padecen.

Como conclusión a este apartado se puede afirmar que la cooperación internacional al desarrollo es un fenómeno moderno que esconde tras de sí una gran complejidad. Al nacer de la mano de las políticas exteriores de los gobiernos ha estado muy ligado a intereses económicos y políticos.

Esta relación directa cooperación – política – desarrollo económico, se ha mantenido hasta las últimas décadas; cuando de la mano de los derechos humanos la cooperación al desarrollo ha adquirido matices solidarios y humanitarios. La introducción en la ecuación de asociaciones privadas, la sociedad y las ONGs ha permitido que las ayudas no provengan de una única fuente permitiendo diversificar y enriquecer las posibilidades de este tipo de intervenciones.

## 1.2. La influencia de la arquitectura en la cooperación al desarrollo.

En la mayor parte de las campañas de cooperación al desarrollo, tanto gubernamental como no gubernamental, la arquitectura está presente de manera protagonista. A lo largo del planeta existen numerosos proyectos de cooperación que promueven la construcción de escuelas, hospitales, redes de saneamiento, planes urbanos, restauración, la organización de campos de refugiados, etc. El objetivo de todas estas intervenciones es minimizar la cantidad de personas que padecen unas condiciones infrahumanas o que habitan en asentamientos peligrosos.

Dentro de las tipologías de cooperación internacional, la arquitectura puede manifestarse tanto en la cooperación técnica como en la ayuda de emergencia de formas muy diferentes. En la cooperación técnica se trata de lograr una transferencia de conocimientos para que el país o el pueblo beneficiario pueda aplicarlos con posterioridad, mientras que la ayuda o arquitectura de emergencia se basa en intervenciones concretas que den una respuesta rápida y eficaz al problema planteado.



Figura 3: Campaña publicitaria de Arquitectos Sense Fronteras.

Sigheru Ban<sup>6</sup>, uno de los mayores activistas en cuanto a arquitectura de emergencia se refiere, plasmó la situación en la que se encuentra la arquitectura a través de una autocrítica a su labor como arquitecto: “Tras completar el centro Pompidou en Metz, había creado un museo muy conocido, un gran monumento para el gobierno. Pero estaba decepcionado con mi profesión de arquitecto porque no estaba ayudando, no estaba trabajando para la sociedad. Estamos trabajando para personas privilegiadas, gente rica, el gobierno, constructoras. Tienen dinero y poder, pero estos son invisibles. Así que nos contratan para visualizar su poder y su dinero a través de arquitectura monumental.”

De alguna manera, al igual que ha ocurrido con la evolución del término cooperación al desarrollo, la arquitectura debía acercarse más a los derechos humanos. De la mano de estos, la arquitectura se debe plantear como un saber para con la sociedad; tomando constancia tanto a los más privilegiados como a los menos; sabiendo adaptarse en cada momento a las necesidades y circunstancias.

Por otro lado, esta concepción de la arquitectura nos abre otras vías de conocimiento, menos explotadas que las tradicionales pero no por ello menos ricas. En este contexto se puede hablar de otros campos arquitectónicos como la arquitectura de emergencia, la autoconstrucción, el reciclaje de materiales, la optimización de recursos, etc.

<sup>6</sup> BAN, SHIGERU: Arquitecto en Shigeru Ban Architects. Recibió el premio Pritzker en el año 2014.

Estas intervenciones buscan lograr lo máximo con el menor gasto posible, lo que permite la investigación y utilización de materiales o diseños constructivos inimaginables en la arquitectura tradicional pero con unas características funcionales aceptables para su uso.

En este grupo de materiales podemos incluir la arquitectura de papel, los palets, la arquitectura en tierra, el empleo de plásticos y otros materiales como latas, botellas, ruedas de vehículo; materiales que por sí mismos no forman un elemento constructivo, pero en combinación con otros como la tierra o el cemento pueden ser perfectamente utilizados en la construcción.

Sin embargo, este tipo de arquitectura no debe perder su sentido y debe realizarse “desde el lado del diseño, proponiendo soluciones y arquitecturas, donde la economía de la construcción y el transporte junto con la rapidez de montaje y la eficacia del diseño jueguen un papel destacado” Moreno (2014)<sup>7</sup>.

Otra de las características que debe poseer este tipo de arquitectura es la adaptación al lugar. No se trata de desarrollar intervenciones totalmente ajenas al emplazamiento, sino, se trata de beber del propio entorno; realizar un profundo análisis para que la respuesta esté lo más adaptada posible. En este punto entra el empleo de materiales autóctonos o la utilización de tipologías de vivienda tradicionales reinterpretadas, de manera que la gente pueda sentirse identificada con las intervenciones.

Es en este aspecto donde se encuentra la mayor dificultad de este tipo de intervenciones. El análisis del lugar va mucho más allá de los condicionantes propios como el clima, la orientación, los vientos dominantes, el régimen de lluvias, etc. El arquitecto debe asimilar sus valores culturales, aprender los sistemas constructivos tradicionales y las características y capacidades de los materiales autóctonos. Además, a su vez, debe comprender cuestiones socioculturales como el funcionamiento de la familia o las relaciones entre sus miembros de manera que el modo de uso de los espacios proyectados o la escala se adapten a las verdaderas necesidades. Es la suma de todos estos factores la que debe determinar el resultado final de la arquitectura.

Más allá del lugar también es necesario incluir a los propios usuarios dentro de la solución, no del problema. En relación a esto podemos destacar las palabras del arquitecto Aravena (2014)<sup>8</sup>, en una charla para la plataforma TED<sup>9</sup>, “nosotros facilitamos la infraestructura y a partir de ahí las familias toman el control. El rol del diseño para responder al desafío de las “3s”, la escala (scale), la velocidad (speed) y la escasez (scarcity), es canalizar la capacidad de construcción de la gente... En este sentido, con el diseño adecuado, las favelas y los asentamientos informales ya no son el problema, a día de hoy son la única solución posible”.

---

<sup>7</sup> La cita de Moreno, Carlos está extraída de su artículo sobre “La arquitectura y la cooperación internacional al desarrollo. El arquitecto cooperante”, disponible en: [www.arquiparados.com](http://www.arquiparados.com). Fecha de consulta: agosto 2015.

<sup>8</sup> ARAVENA, ALEJANDRO: arquitecto de la Universidad Católica de Chile. Fue visiting profesor en GSD Harvard (2000-2005). Actualmente es miembro del jurado del premio Pritzker. Desde el 2006 es Director Ejecutivo de ELEMEN-TAL S.A., una organización que trabaja en proyectos de infraestructura, transporte, espacio público y vivienda asociado junto con la Universidad Católica de Chile y la Empresa Petrolera COPEC.

<sup>9</sup> En su propia descripción la plataforma TED “es una comunidad global, que acoge a personas de todas las disciplinas y culturas que buscan una comprensión más profunda del mundo. Creemos apasionadamente en el poder de las ideas para cambiar actitudes, vidas y, en definitiva, el mundo.”



Figura 4: El problema de las “3S”, Alejandro Aravena.

Además, este tipo de intervenciones deben realizarse desde los principios marcados por el Informe Pearson, en el que se indicaba que no basta con aumentar el número de intervenciones y, por tanto, la cantidad de ayuda sino que es necesario que cada intervención estuviera bien analizada y estudiada, de manera que tuviera gran eficacia; criterio que hoy se conoce como “eficacia de la ayuda”.

En este concepto tiene cabida tanto la planificación y análisis previo, la propia intervención, como la capacidad de enseñanza técnica para con el pueblo beneficiario de la ayuda. Esto último está muy relacionado con el papel de la cooperación técnica. Tan importante es la intervención en sí como proveer a la gente del lugar de “capacidades, habilidades, experiencias, recursos y nuevas o mejores técnicas y tecnologías que el país no posee o no puede movilizar, aportados por las agencias y organismos de cooperación en forma no reembolsable para emprender actividades de desarrollo”. Álvarez Orellana (2012).

Como conclusión se puede afirmar que la arquitectura en cooperación al desarrollo debe buscar la creación de entornos de crecimiento saludables, basados en el estudio previo, la adaptación al entorno y el empleo de novedosos sistemas y materiales autóctonos; reinventando las tipologías tradicionales para, de la mano del diseño, conseguir las mejores condiciones de confort con los mínimos recursos posibles. Además, tiene una labor didáctica tratando de dejar un poso de conocimiento de manera que las personas adquieran capacidades y conocimientos que permitan su desarrollo futuro.

Se requiere actuar de manera es que la gente del lugar se reconozca con la arquitectura planteada y pase a formar parte de la intervención. En palabras de Aravena, “No vamos alguna vez resolver el problema a menos que utilicemos la propia capacidad de las personas para construir”.



Figura 5: Espacio de Paz en Punta Arenas, Venezuela (2015).

### 1.3. Ejemplos de arquitectura en la cooperación al desarrollo.

En esta parte del trabajo se van a analizar diversos ejemplos de arquitectura en cooperación al desarrollo. Se han seleccionado una serie de ejemplos que entran dentro de la tipología de viviendas mínimas de crecimiento progresivo, prestando especial atención a la capacidad de crecimiento o decrecimiento de la tipología para hacer frente a la posible evolución de la unidad familiar. Por otro lado, también se ha prestado especial atención a los materiales y sistemas utilizados en la construcción de los diferentes ejemplos.

#### 1.3.1. *Elemental: Quinta Monroy (Chile).*



Figura 6: Evolución de la propuesta de Elemental con el paso del tiempo.

Este proyecto, finalizado en el año 2004, trata de dar solución al problema de reubicar a 100 familias que estaban ocupando de manera ilegal un terreno en el centro de Iquique, en el desierto chileno. Para resolver el problema, el grupo de arquitectos ELEMENTAL S.A. contaba con un presupuesto de 750.000 dólares correspondientes a los 7.500 dólares que el gobierno chileno pone a disposición de cada una de las 100 familias en concepto de subsidio. Con ese presupuesto debían acometer desde la compra del terreno, cuyo precio era tres veces mayor al de las promociones de vivienda social debido a su localización en el centro de la ciudad, a las infraestructuras y las propias viviendas.

Debido a la escasez del presupuesto se optó por construir una tipología de vivienda mínima garantizando aquellos servicios que a una familia con bajos ingresos más le constaría asumir (cocina, baño, escaleras, muros medianeros, etc...), y garantizando la posibilidad de crecimiento de la vivienda hasta convertirse en una vivienda de clase media.

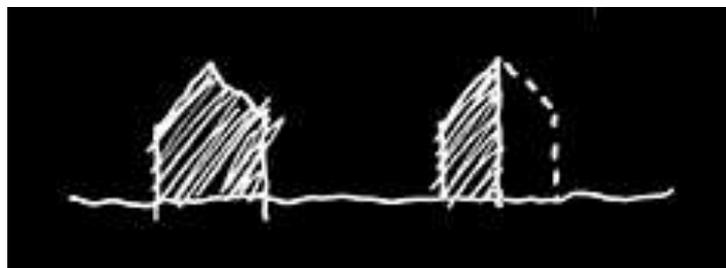


Figura 7: Idea de la propuesta por Alejandro Aravena.

Tras barajar varias posibilidades de agrupación, se llegó a la conclusión de que había que concebir la intervención como la construcción de un edificio en altura en el que sólo se realizan la primera planta y la última. Esto es debido a que en un edificio en altura los crecimientos están bloqueados excepto en la primera planta que siempre puede crecer horizontalmente ocupando el terreno cercano y en la última que siempre puede crecer verticalmente.

El proyecto preveía un crecimiento posible del 50% de la superficie total de manera que el conjunto del edificio se concibió como el recipiente contenedor del total de la superficie construida, facilitando y controlando, a su vez, el crecimiento de las viviendas (Fig.7). De esta manera el equipo planteó una serie de huecos entre las edificaciones construidas, para su posterior ocupación mediante dichos crecimientos. Las viviendas en planta baja se expanden horizontalmente ocupando el espacio vacío de la cota inferior, mientras que las viviendas de la planta primera crecen en altura ocupando el espacio vacante de las cotas superiores.

En esta organización se distinguen dos tipologías de vivienda; las de planta baja desarrolladas en una sola altura y las de la planta primera, realizadas en formato dúplex. Las viviendas inferiores están concebidas para familias de 2 miembros contando con baño, cocina, estar-comedor y un dormitorio; teniendo la posibilidad de llegar a contener a familias de 3 miembros aplicándolas el crecimiento correspondiente (Fig.8).

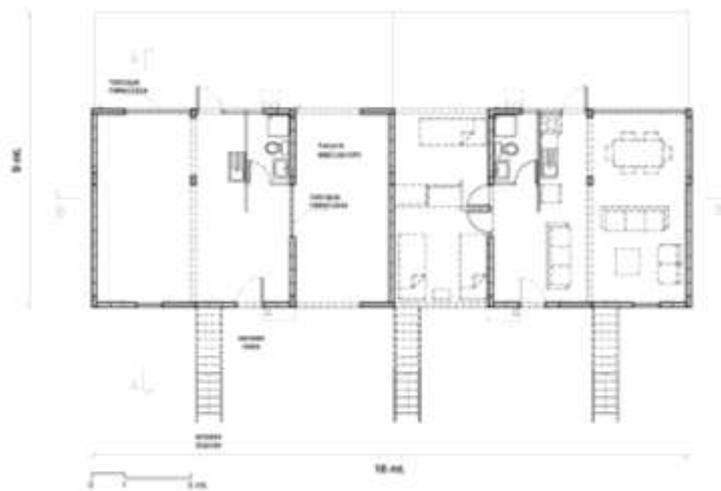


Figura 8: Viviendas en planta baja, posibles distribuciones.

Por otro lado, las viviendas dúplex están concebidas para familias de 3 miembros contando con estar-comedor, cocina y dormitorio en la planta inferior; con otros dos dormitorios y el baño en la cota superior. Ampliándolas estas viviendas pueden disponer de otros dos dormitorios, pudiendo contener familias de 4 o 5 miembros. (Fig.9 y Fig.10).



Figura 9: Vivienda tipo dúplex, planta primera; posibles distribuciones.

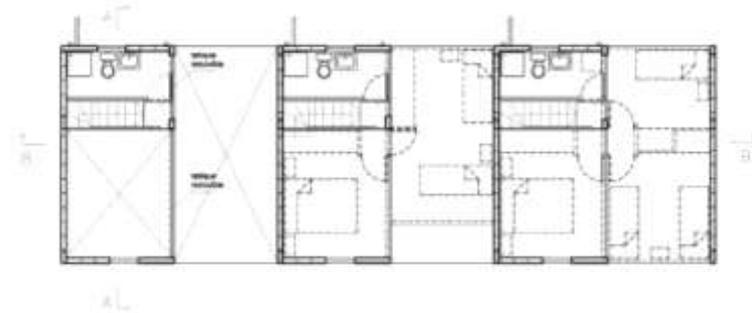


Figura 10: Vivienda tipo dúplex, planta segunda; posibles distribuciones.

Constructivamente la propuesta se lleva a cabo utilizando hormigón armado, bloque de hormigón, madera y vidrio. La estructura se ejecuta mediante un sistema de vigas y pilares, la fachada se resuelve con bloque de hormigón sin ningún tipo de tratamiento al interior o exterior y carpinterías metálicas. La madera está presente en las escaleras de acceso a las viviendas superiores, las barandillas y los tabiques removibles que separan las viviendas de las zonas de posible crecimiento (Fig. 11).



Figura 11: Proceso constructivo de la propuesta.

En relación con la ciudad, para distribuir a las 100 familias se crearon cuatro grupos de 20 viviendas cada uno; logrando una densidad suficiente como para poder asumir el coste del terreno, bien ubicado en la ciudad, sin rechazar las oportunidades que la ciudad ofrecía (trabajo, salud, educación, transporte). Creando un tipo de agrupación que permitió incorporar el espacio público dentro de la propuesta, favoreciendo los nexos vecinales dentro de la comunidad.

El grupo ELEMENTAL S.A. propuso una solución en la que la autoconstrucción no supusiera un problema dentro de la comunidad sino que fuera parte de la solución. Se organizó una estructura que fue capaz de asumir la necesidad de crecimiento, sin necesidad de reubicar a las familias en la periferia de la ciudad y manteniendo prácticamente una tipología de viviendas unifamiliares.



Figura 12: Niños jugando en Quinta de Monroy.

### 1.3.2. Cristián Berríos: Vivienda Básica Progresiva.



Figura 13: Conjunto de viviendas básicas progresivas.

Esta propuesta de vivienda se enmarca dentro de la arquitectura de emergencia. Corresponde a la respuesta de Cristian Berríos ante las catástrofes naturales, terremoto y maremoto, acontecidas en Chile en el año 2007.

De esta manera vemos que la tipología de vivienda utilizada se enmarca dentro de la tipología tradicional de unifamiliar aislada con cubierta a dos aguas, con la peculiaridad de que la vivienda base solo ocupa la mitad del volumen total. De esta manera la vivienda mínima, concebida para cuatro personas, compuesta en su planta baja de cocina, comedor y estar y en su planta superior de un baño y dos dormitorios; puede llegar a tener capacidad para 8 personas en un crecimiento intermedio (Fig.14) y para 12 personas desarrollando todo el crecimiento posible.

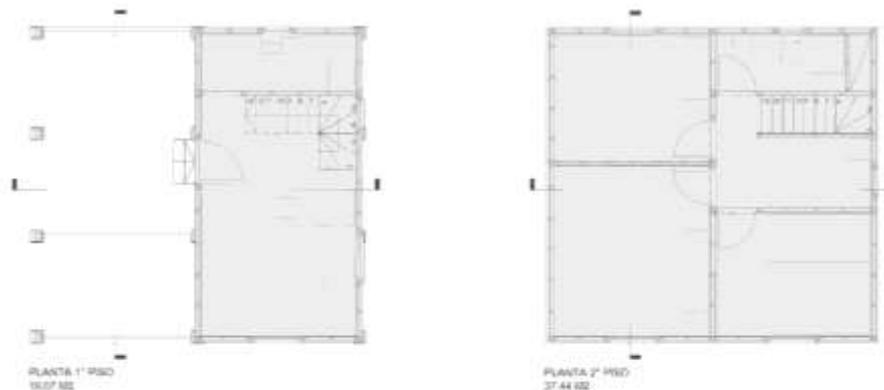


Figura 14: Vivienda para 8 personas, plantas.

Además de la posibilidad de ampliación, se buscó crear un prototipo de geometría compacta, con posibilidad de ubicarlo en cualquier tipo de terreno adaptándose a las condiciones de cada sitio. Constructivamente está planteado íntegramente en madera excepto la zona en contacto con el suelo que se contempla de hormigón (Fig.15).

El uso de la madera se debe a que Chile es un país productor de madera de gran calidad lo que hace que tanto el material como la mano de obra sean abundantes en la zona donde se plantea la intervención. Además, también se busca incorporar las ventajas del material, como el buen comportamiento sísmico, térmico, las posibilidades de prefabricación, etc.

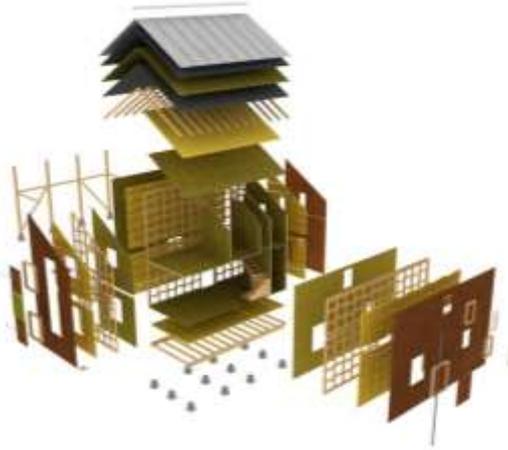


Figura 15: Axonometría explotada de la propuesta.

En resumen, se ha buscado generar un prototipo de vivienda versátil, de rápida y fácil construcción y con unas condiciones de confort apropiadas, para dar solución al problema de vivienda en los sectores rurales de las provincias afectadas por las consecuencias del maremoto y del terremoto.

Cabe destacar que la idea de esta propuesta sigue la línea marcada por ELEMENTAL S.A. en Quinta de Monroy. La idea base de ambos proyectos es dotar a las familias de la infraestructura básica que les permita desarrollar su vida. Dicha infraestructura debe ser lo suficientemente versátil como para absorber las diferentes situaciones familiares que se vayan planteando y los cambios que estas situaciones provocan en la vivienda (Fig.16).



Figura 16: Posibles crecimientos de la propuesta.

Esta idea de la vivienda como una infraestructura con posibilidad de crecimiento también se trabaja en el proyecto de ELEMENTAL S.A. para Villa Verde, una propuesta formalmente semejante a la vivienda básica progresiva de Berríos (Fig.17). En lugar de ser viviendas aisladas, ELEMENTAL S.A. plantea una disposición seriada de viviendas construyendo solamente el 50% del volumen total de la edificación, reservan la mitad restante para el crecimiento futuro. A diferencia del de Berríos, es un proyecto que no responde a acciones ligadas a la cooperación al desarrollo, sino que es un encargo realizado por la empresa foresta Arauco, para la creación de viviendas en las que alojar a sus trabajadores.



Figura 17: Propuesta de ELEMENTAL S.A. para Villa Verde.

### 1.3.3. José Ulloa Davet & Delphine Ding: Células Sociales para la Emergencia.



Figura 18: Imagen de la propuesta.

Al igual que la propuesta anterior, este proyecto también se enmarca dentro de los prototipos de arquitectura de emergencia para hacer frente a las consecuencias de los terremotos de Chile. La idea del proyecto radica en la creación de una célula prefabricada base, de bajo costo y con diferentes posibilidades de agrupación (Fig.19). Buscando dar cabida a las diferentes tipologías de familia presentes en la comunidad afectada, de una manera global.

Al contrario de la anterior, esta propuesta no apela por la construcción de viviendas unifamiliares aisladas, sino que pretende dar solución al problema mediante la creación de un sistema en el que todas las células se conectan creando una comunidad. Comunidad en la que cada célula se concibe como la expresión mínima de la familia.

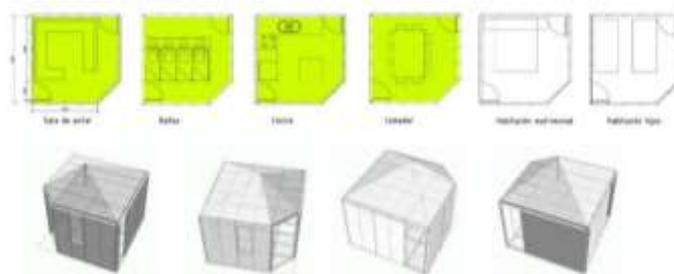


Figura 19: Diferentes usos de la célula básica.

La célula base, totalmente prefabricada, tiene unas dimensiones de 3.25 x 3.25 metros. Está construida con paneles sándwich, aislados con fieltro y estructurados en base a paneles de madera, ensamblados mediante perfiles metálicos y una lona impermeable que resuelve la impermeabilización de la cubierta. La forma de este módulo está determinada por la intersección de las medidas de 3.20, estándar de los palos, con la medida 2,44, estándar de las placas y el aislamiento de fieltro.

La agrupación que resuelve la unidad familiar se conecta con otras unidades en una serie de células que resuelven las zonas comunes de las "comunidades" (Fig.20). De esta manera, agrupadas por parentesco o amistad, varias familias comparten el módulo de cocina, el estar, el comedor y las células sanitarias. Las unidades familiares se conectan para simplificar la infraestructura básica necesaria. Compartiendo empalmes de electricidad, alcantarillado, lavanderías, zonas de esparcimiento, etc.

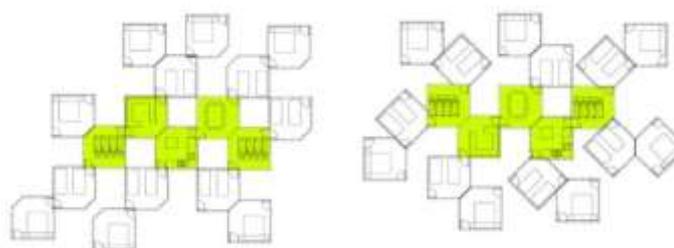


Figura 20: Agrupación de células formando una comunidad.

#### 1.3.4. Cnt-A: vivienda de emergencia autoprogresiva.



Figura 21: Imagen de la propuesta.

Este proyecto, en estado de financiación, se plantea la creación de una vivienda mínima de crecimiento progresivo mediante la reinterpretación de la tipología de vivienda tradicional chilena de la “Mediagua” (Fig.22). Buscando dar solución al problema de las numerosas catástrofes naturales que el pueblo chileno ha padecido en los últimos tiempos.

Utilizando unas dimensiones similares a la mediagua tradicional, pero organizando su interior de forma distinta, aumenta la funcionalidad de la vivienda sin generar mayor costo o mayor dificultad de ejecución. Una de las mayores diferencias respecto a la Mediagua tradicional es la eliminación de la cubierta a dos aguas confeccionándose a una única agua para permitir un aprovechamiento del espacio en altura.



Figura 22: Mediagua tradicional chilena.

La vivienda se plantea como un rectángulo de 6 x 3 metros en planta, en el que se crea una zona de cocina, un baño y el estar-comedor. La cubierta se configura a un agua y con un 20% de pendiente de manera que, alcanza una altura de 2,1 metros en la parte baja y 3,5 en la parte alta, donde se crea un altillo que acoge el dormitorio.

Por otro lado, se ha previsto su crecimiento pudiendo pasar de una vivienda mínima de 18 m<sup>2</sup> a una vivienda de 36 m<sup>2</sup>. Este crecimiento se lleva a cabo mediante la incorporación de un módulo o medio módulo al módulo base original, de esta manera la vivienda puede llegar a tener hasta 3 dormitorios (Fig. 23).



Figura 23: Distribución del módulo base, posibilidades de crecimiento.

La disposición de los módulos en el terreno, separados entre sí una distancia igual al ancho del módulo base original, provocará la creación de un conjunto edificado. Este terreno vacío se verá ocupado por el crecimiento de las viviendas contiguas, dejándose de percibir las viviendas como entes independientes para percibirse como un conjunto edificado (Fig. 24).

De esta manera una tipología de vivienda unifamiliar aislada, mediante su colocación seriada, permite formar un conjunto edificado a gran escala que puede llegar a tener cierta entidad dentro de la ciudad; dando a la propuesta la posibilidad de formar ciudad.

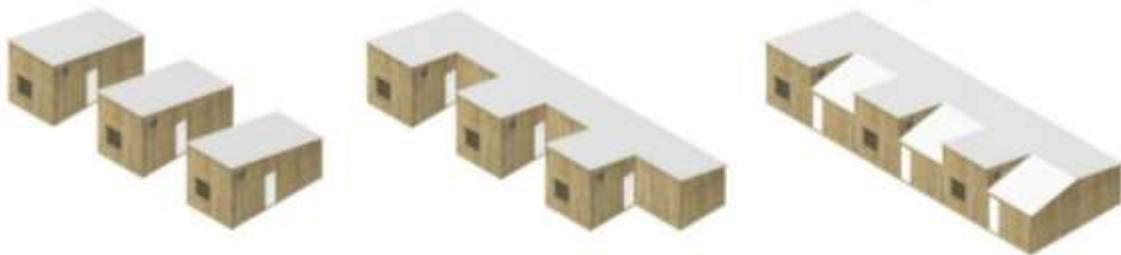


Figura 24: Crecimiento y agrupación de los módulos.

Constructivamente el diseño se ha planteado con paneles prefabricados de madera debido a que Chile es un país productor de madera y la construcción popular con madera está arraigada en la gente del lugar, incorporando de esta manera al proyecto la capacidad de construcción de las propias familias. Si en lugar de utilizar montantes horizontales se utilizan verticales, el prototipo se puede adaptar a otros tipos de construcción como paneles prefabricados metálicos o un sistema maderado adobe. Este último sistema puede llegar a conformar una vivienda permanente en el tiempo, ya que, garantiza todo los requisitos de aislamiento y estanquidad.

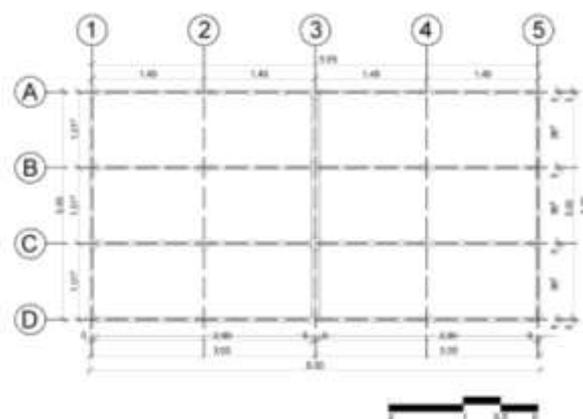


Figura 25: Estructura del módulo base en planta.

### 1.3.5. Sandra Bestraten y Emilio Hormias: viviendas de adobe en Camerún.



Figura 26: Imágenes exteriores de una vivienda cocina.

Este proyecto se localiza en el poblado de Ndjoré II en el municipio de Mbandjok a 87 km de Youndé, capital de la República de Camerún. Fue promovido por la asociación CODESCAM (Cooperació al Desenvolupament del Camerún). Esta asociación colabora, desde el año 1975, en proyectos de cooperación relacionados con la agricultura, la construcción de equipamientos educativos, socio-sanitarios, de planeamiento urbano y mejoras en la vivienda trabajando junto a la Universitat Sense Fronteres (USF).

El objetivo de la intervención es la construcción de un prototipo de vivienda mínima para mujeres y su posterior replicación, buscando mejorar el diseño y la ejecución, sin salir de un margen de 700 euros por vivienda.

El emplazamiento está caracterizado por un clima tropical húmedo de temperatura media superior a 25°C. Eminentemente rural, la economía local depende de la agricultura, representando esta un 90 % de la actividad. Socialmente se organizan mediante clanes, siendo estos grupos de familias con antepasados comunes.

La estructura familiar está marcada por la poligamia, condicionando la organización de la vivienda tradicional. Estas viviendas están compuestas de pabellones independientes pero próximos entre sí. Un pabellón se destina para la vivienda del hombre y de los hijos más mayores, existiendo otros pabellones auxiliares para las viviendas que comparten las mujeres con los hijos más pequeños. Estos pabellones se denominan cocinas, existiendo una cocina por cada mujer del clan. En la actualidad, cada vez hay más familias monógamas por lo que las cocinas se han convertido en la vivienda de unidades familiares completas.

Las cocinas tradicionales solían ser construcciones de planta rectangular, de una única altura, con una superficie aproximada de 25 m<sup>2</sup>. Funcionalmente se situaba a un lado el fuego, con una zona para ahumar los alimentos y al lado opuesto, la cama de la mujer y una zona de almacenamiento para sus pertenencias. Constructivamente las paredes estaban realizadas con poto-poto y el tejado mediante hojas de palmera. Estas hojas de palmera se han ido sustituyendo, si las condiciones económicas lo permitían, por planchas de aluminio, de mayor durabilidad.

La asociación había seguido una estrategia de actuación basada en donar el dinero necesario para la construcción de la vivienda al grupo de mujeres, comprometiéndose estas a realizar la “cocina” en un plazo de un año. Concluido este plazo, la vivienda debe estar concluida para que la ayuda pueda llegar a otro grupo de mujeres diferentes. Con anterioridad a la intervención se realizó un estudio urbanístico del entorno. Se estudiaron las posibles zonas de crecimiento, las zonas con riesgo de inundación y la relación entre las viviendas.

La vivienda se realiza con muros de carga de adobe 28x14x14 cm producidos in situ con tierra procedente del mismo solar, con una crujía de 1.4 metros y una luz de 4 metros. Estos muros se realizan en forma de greca lo que aporta mayor estabilidad al conjunto (Fig.27). Por otro lado, estos muros poseen una gran inercia térmica lo que se traduce en una temperatura interior confortable.



Figura 27: Construcción de la vivienda, muros de adobe.

Respecto a la tipología tradicional se modifica el material de la cubierta, normalmente transpirable, por un material de mayor durabilidad como es la chapa. Por consiguiente, la vivienda se configura generando porches, desplazando la labor de cocinar a estas zonas exteriores, evitando la presencia de humos en el interior de la vivienda. Para mejorar las condiciones térmicas interiores se planteó una doble piel mediante unas telas (Fig.28). Generando una cámara de aire entre la chapa y la tela mejorando en la medida de lo posible las condiciones térmicas, pero no evita la presencia de ruido en los días de tormenta.



Figura 28: Celosías y sistemas de telas cosidas.

Otra modificación respecto a la tipología tradicional se encuentra en las ventanas. La vivienda tradicional normalmente contaba con un único hueco de pequeño tamaño debido al elevado precio de las carpinterías. En la propuesta se crea una ventilación cruzada mediante huecos horadados en los propios muros, protegidos con una tela mosquitera y cortinas, tanto al exterior como al interior (Fig.27).

CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II: Construcción en cooperación al desarrollo. Vivienda semilla o, unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

AUTOR / TUTOR: Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval.



## **2. Construcción con nuevos materiales.**

El sector de la construcción es uno de los mercados que mayor huella produce sobre el medio ambiente. Es imprescindible que esta incidencia se equilibre mediante el estudio y la investigación, logrando alcanzar unos niveles de desarrollo que conviertan la industria de la construcción en un ente sostenible.

Se han de buscar nuevas estrategias que garanticen un proceso constructivo amigable con el ecosistema, desde la fase de proyecto hasta pasada su vida útil buscando la reutilización y el reciclaje de la mayor parte de los desechos que se puedan producir.

Es por eso que, en esta fase del trabajo, se va a proceder a analizar materiales con poca repercusión mediática dentro del mundo de la construcción o materiales locales de algunas regiones que no tienen la importancia que deberían. Estos materiales tienen unas características apropiadas para su uso en construcción, pero no se utilizan por su desconocimiento o por los prejuicios sociales que existen sobre ellos.

Quizá son estos nuevos materiales los que tienen una de las llaves que permita a la sociedad actual mejorar y su importancia es clave en cuanto a las iniciativas de cooperación al desarrollo se refiere. En palabras de Rea Lozano (2012), “los programas de investigación, desarrollo e innovación son base fundamental para recorrer el largo camino que implica la Construcción Sostenible, entre éstos se destacan para este estudio, aquellos referentes a la utilización de nuevos materiales, producción local o regional de los mismos, así como también, el uso de materiales tradicionales en los que aún no se ha explotado sus características particulares y en los que podría existir un gran potencial”.

### **2.1. Construcción con tierra.**

El empleo de la tierra como técnica constructiva ha estado presente a lo largo de los tiempos en diversas civilizaciones. Es un material valorado debido a su tradición constructiva y a sus saludables características, si lo comparamos con materiales producidos de manera industrial empleando grandes cantidades de energía en su producción y transporte, con la contaminación ambiental que esto supone.

Como material constituye la capa superficial de la corteza terrestre. Es fruto de la transformación de la roca madre a consecuencia de los diversos procesos que va sufriendo a lo largo del tiempo. Está compuesta de partículas minerales acompañadas de materia orgánica e inorgánica, siendo sus componentes principales las gravas, arenas, limos y arcillas.

Se trata de un material que ofrece grandes posibilidades con ayuda de la tecnología actual. Entre sus principales ventajas cabe destacar que es muy accesible y de fácil obtención, puesto que la gran parte de los tipos de tierra son aptos para su uso en construcción. Además, es totalmente inocuo, evitando la presencia de sustancias tóxicas.

Por otro lado, hay que destacar sus excelentes propiedades térmicas, posee gran masa específica y mucha inercia térmica, lo que resulta muy beneficioso para las edificaciones construidas con este material. En cuanto al aislamiento acústico, la tierra transmite muy mal las vibraciones convirtiéndose en una buena barrera frente al ruido.

Además, es un material inerte que no se incendia, no se pudre y no sufre ataques de ningún tipo de insecto. También, es un material transpirable que permite un intercambio natural de humedad entre el interior y el exterior de las edificaciones, evitando así las posibles condensaciones. Por último, destacar que es asequible, utilizando a menudo el material que se encuentra en la propia parcela.

Los procedimientos de construcción con tierra son sencillos y precisan de poco gasto, tanto energético como económico. No requiere un gran transporte de materiales o una cocción a alta temperatura, empleando recursos locales; tanto para la materia prima, como para la mano de obra. Es una técnica que no necesita un alto grado de especialización debido a la simplicidad de ejecución pero sí requiere un mayor esfuerzo e implicación de los constructores.

Entre sus desventajas se puede destacar la necesidad de un mantenimiento constante debido a su poca durabilidad. Además de que es un material con gran fragilidad frente a desastres naturales. Para garantizar su estabilidad necesita de gran sección lo que actúa en detrimento de la superficie útil construida.

Debido a estas desventajas y a la falta de una normativa de aplicación apropiada su uso en los países desarrollados tiene una baja aceptación social, en favor de los materiales más estandarizados.

Entre las técnicas constructivas tradicionales con tierra destacan la tierra en masa, el adobe y el tapial. La técnica del adobe es una técnica muy similar al aparejo del ladrillo cerámico pero empleando piezas macizas de barro sin cocer, con forma de paralelepípedo y tamaño variable, desde los 30 x 15 x 7 cm hasta los 40 x 20 x 10 cm. La elaboración de estas piezas macizas se lleva a cabo mediante la colocación de barro en estado plástico en unos moldes de madera que poseen la medida deseada (Fig.31 izq.). Para conformar los muros se van apilando los adobes uniéndolos entre sí mediante un mortero de arcilla o cal y arena.



Figura 31: Proceso constructivo de adobes (izq.) y de un muro de tapial (dcha.).

El tapial, en cambio, es un muro macizo constituido mediante arcilla y arena apilada y prensada al que se da forma mediante una especie de cajonera denominada "tapial" (Fig. 31 dcha.). Una vez colocado el tapial se vierte el barro en su interior y se prensa. Cuando este ha secado, la cajonera se retira y se dejar secar el material al aire libre.

Actualmente, se está produciendo un renacimiento de la tecnología de construcción con tierra gracias a la innovación y la investigación creándose nuevos y mejorados sistemas como los que se van a desarrollar en los siguientes apartados.

### 2.1.1. Bloques de Tierra Compactada (BTC).

El bloque de Tierra Comprimida o BTC tiene su origen en Colombia, en los años cincuenta. Nace gracias a la investigación llevada a cabo desde el Centro Interamericano de Vivienda (CINVA). Esta investigación buscaba crear nuevos materiales para la construcción de bajo costo.

Estos elementos son bloques macizos de forma prismática y de dimensiones 30x15x10 cm, que se obtienen mediante la compresión de una cantidad de tierra contenida en un molde, seguida del posterior desmolde y curado. La primera prensa en la que se crearon bloques de BTC fue denominada CINVARAM en homenaje a la investigación del Centro Interamericano de Vivienda y a Raúl Ramírez, el encargado de su desarrollo (Fig.32). Cabe destacar que en la actualidad, debido a la mayor demanda de este material, se han creado sistemas de prensado industrializados. El prensado mejora las propiedades mecánicas del material, al eliminarse el aire del interior de la mezcla.



Figura 32: Prensa CINVA-RAM (izq.) y máquina de prensado industrializado (dcha.).

Podría decirse que el proceso de producción de este material tiene su origen en la síntesis de dos técnicas tradicionales de construcción con tierra, como son el adobe y el tapial. Del adobe hereda la idea del molde y del tapial la idea de compactación.

La tierra, materia prima de este elemento, debe reunir una serie de características para garantizar la calidad de los bloques. Su composición tiene que estar formada por esencialmente por grava, arena, limo y arcilla, rechazando aquellas que contengan materia orgánica y sales solubles. Por otro lado, la tierra requiere un contenido de arcilla menor del 10%, el tamaño máximo de las partículas debe ser 20 mm y el porcentaje mínimo de finos no debe superar el 24%.

A diferencia del ladrillo, este tipo de bloque no necesita ser cocido a altas temperaturas. Cuantitativamente, la energía necesaria para la producción de BTC equivale al 1% de la energía que se utiliza en la producción del ladrillo. Esto se traduce en una gran mejora ambiental ya que, su proceso de fabricación ni requiere el consumo de grandes cantidades de energía ni provoca gran contaminación derivada de la combustión.

Al no estar cocidos, los bloques regulan la humedad y acumulan calor de una manera natural. Cuando la humedad exterior es elevada el muro la absorbe, liberándola cuando el aire es más seco. Además al ser un bloque másico poseen gran inercia térmica amortiguando los cambios bruscos de temperatura.

En su fabricación no requiere la incorporación de estabilizantes, aunque pueden estabilizarse mediante consolidantes, fibras o impermeabilizantes. Los estabilizantes por consolidación (cal, cemento, yeso) generan una serie de enlaces que mantienen unidos a los limos y las arenas. “La cal es uno de los mejores estabilizantes por consolidación, debido a que liga las partículas del suelo, aumentando su resistencia a los esfuerzos compresión y cortante; también disminuye la absorción del agua. La cal no modifica la porosidad, y la tierra no pierde su adherencia”, Arteaga Medina (2011).

Las fibras vegetales controlan la retracción, dilatación o contracción durante el proceso de fraguado. De esta manera impiden la aparición de fisuras y además, aportan flexibilidad a la masa. Dentro de este grupo destacan los materiales naturales como la paja. En este aspecto destaca el BTC ligero desarrollado por la empresa Cannabric (Fig.33). Este bloque incorpora gran cantidad de fibras vegetales (cáñamo) en su composición.



Figura 33: Bloque de BTC ligero, Cannabric, bloque entero, tres-cuartos y medio bloque.

Por otro lado cabe destacar que es un material en estado de estudio por lo que no cuenta con unos datos precisos de sus características mecánicas o de su comportamiento térmico. El uso de la tierra del lugar en su proceso de fabricación hace que los bloques tengan unas características diferentes en cada caso, haciendo imposible establecer unos criterios comunes para el uso del material.

Normativamente, en España, no existe una base que aporte suficientes datos para su utilización en construcción. La exigencia marcada por el CTE es mucho mayor que la información disponible. Algunos valores exigibles al material aún no se han determinado y las empresas no disponen de datos complementarios. Dificultando su introducción en el mundo de la construcción.



Figura 34: Ejemplo de construcción con BTC.

### 2.1.2. El superadobe.

El superadobe es una tecnología desarrollada en los años 80, por parte del arquitecto iraní Nader Khalili, consistente en la construcción de edificaciones mediante bolsas llenas de tierra. Esta técnica considerada low-tech está siendo muy utilizada para la reconstrucción de zonas devastadas por catástrofes naturales o en países como escasos recursos económicos.

El superadobe no precisa de maquinaria y la mano de obra no necesita ser muy especializada. Se enfoca dentro de una construcción fácil y sencilla, que se adapta a los materiales autóctonos y que trata de implicar a la gente local en el proceso. Estas características han permitido que sea una técnica que se ha utilizado en más de veinte países diferentes.

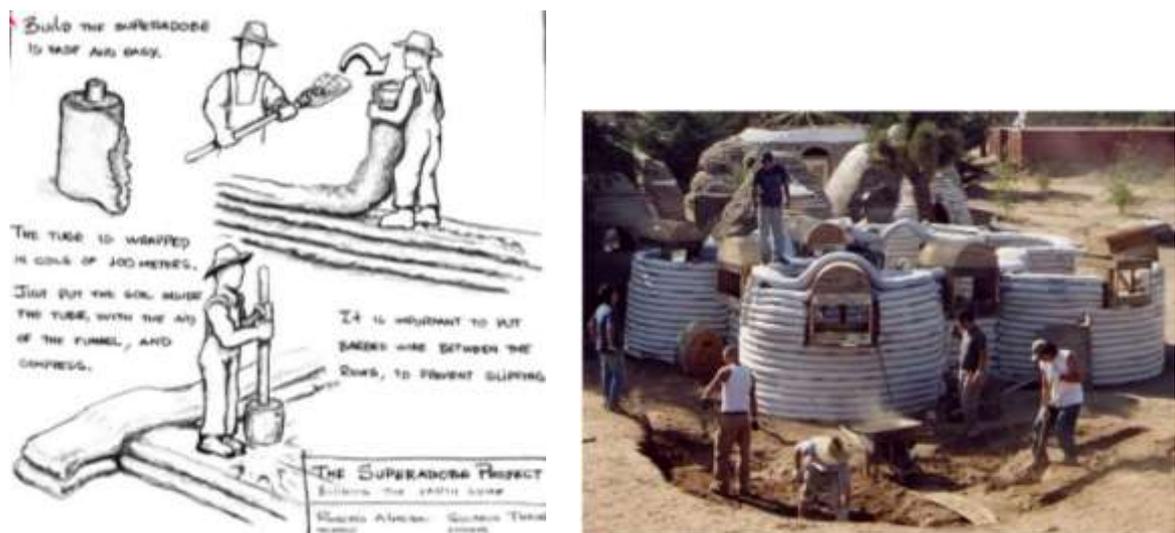


Figura 35: Croquis del proceso de construcción con superadobe (izq.) y ejemplo de construcción (dcha).

El sistema constructivo está basado en la utilización de mangas de polipropileno rellenas con tierra, a las cuales debe agregársele un estabilizante, como por ejemplo cal. Las mangas se van uniendo entre sí mediante dos filas de alambre que las mantiene en su posición, impidiendo cualquier movimiento (Fig.35 izq.).

Para que la estructura generada sea estable y perdure en el tiempo se trabaja en forma de cúpulas, o bóvedas (Fig.35 dcha.). De esta forma se consigue que el conjunto sólo trabaje a compresión, repartiendo las cargas uniformemente. Con este sistema se crean conjuntos muy seguros capaces de soportar inundaciones, fuego, huracanes y terremotos.

Parte importante de la utilización este método reside en sus bajos costos de construcción. Tanto los materiales (tierra, sacos, alambre, agua y cal), como la mano de obra tienen un costo bajo. Además, la gente tiene poder para construir su propia casa, al mismo tiempo que preserva los recursos de la naturaleza y la energía, deteniendo la deforestación y reduciendo la polución.

Además, las construcciones realizadas mediante este sistema participan de todas las bondades de la tierra. Poseen una gran inercia térmica ayudando a mantener unas temperaturas interiores adecuadas y además, actúa como aislante térmico, debido a la mala transmisión de las vibraciones a través de la tierra.

### 2.1.3. Otras técnicas.

#### *Sistema semi-prefabricado de paneles de tierra - paja.*

Este sistema se caracteriza por la utilización de unos elementos prefabricados, pudiendo crear muros de cerramiento con mayor velocidad que con los sistemas tradicionales. Los prefabricados son elementos cuadrados de 50 x 50 cm realizados mediante tablas de encofrado y rellenos de tierra-paja (Fig.36).

De esta manera se puede realizar por un lado los paneles, utilizando la tierra del lugar y con la suficiente anticipación como para garantizar su secado natural. Y por otro lado, la estructura de la vivienda. Posteriormente, cuando ambos sistemas están acabados, se fijan los paneles entre sí y a la estructura principal. De esta manera, se consigue un montaje en seco de los paneles y se favorece la diversificación de tareas dentro de la obra, ya que se pueden trabajar varias fases simultáneamente.

Por otro lado, este sistema modular permite organizar un control de proyecto mayor. El proyecto se puede adaptar al módulo base, eliminando así problemas a la hora del montaje. Esto asegura una construcción rápida y precisa sin necesidad de replanteos en obra.

El sistema trabaja un concepto de tecnología intermedia, adecuado para los países que carecen de posibilidades de industrialización a gran escala. Planteando un modelo que se basa en el aprovechamiento de sus recursos, materiales y mano de obra. Es una forma de generar empleo, y también de fomentar la cooperación entre la gente del lugar.



Figura 36: Sistema semi-prefabricado de paneles de tierra-paja. Elaboración de los paneles.

#### *Tapia prefabricada.*

Este sistema surge en Francia, entre 1986 y 1987, de la mano de constructor francés Nicolás Meunier. Impulsado por la exigencia de productividad y el control de calidad, creó un sistema para la prefabricación de los bloques de tapia.

De esta manera, los bloques se producían a pie de obra, según fuesen requeridos. Posteriormente los bloques se compactaban en capas y se colocaban mediante una grúa sobre un mortero de cal. Siendo el tamaño máximo de los bloques es de 2,20 x 1 x 0,50 m.

Más adelante, Martin Rauch realizó un importante avance, tanto para las particiones como para los muros exteriores. Este avance consistió en desarrollar los elementos de tapia prefabricada en taller de

manera que en obra solo procedía a su colocación. En este caso los bloques de tierra tenían unas medidas máximas de 1,7 x 1,3 x 0,4 m.



Figura 37: Prefabricación de módulos para la construcción de muros.

### *Tecnobarro o quincha metálica.*

Ideado por la oficina de Arquitectura y Construcción de Patricio Arias y Marcelo Cortés, este sistema se podría asimilar a la técnica del bahareque sustituyendo la estructura de caña por una metálica. Se basa por tanto en el empleo de una estructura portante de acero y una mezcla de tierra y paja como material de relleno. Este sistema tiene dos posibilidades de ejecución, en función de la solución que se aplique a la estructura metálica.

En la primera, la estructura metálica está formada por perfiles de acero entre los que se suelda una malla metálica, sobre la que se dispone el acabado final de tierra y paja. En la segunda solución, es la propia malla metálica la que, mediante un plegado en intervalos de 10 cm, conforma la estructura base. Dicho plegado logra crear un panel estructural con suficiente resistencia como para prescindir de la estructura portante. El único elemento es la propia malla que se rellena posteriormente con tierra-paja.

“La mezcla, además de su gran potencial bioclimático, incorpora los valores de total libertad formal (así lo permiten las estructuras en base a mallas), productividad, economía y prefabricación. El sistema utilizado consiste en la mixtura de las características tierra-compresión y hierro-tracción como mezcla estructural para la obtención del material de características estructurales que permiten la asismicidad de la obra de tierra.” Del Río Muñoz (2011).



Figura 38: Vivienda realizada con tecnobarro.

## 2.2. La caña guadua y sus aplicaciones en el mundo de la construcción.

La caña guadua es una gramínea gigante que se engloba dentro de una de las 1500 especies de la familia del bambú, de gran versatilidad y con unas excepcionales características físico-mecánicas. Originaria de países como Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, es conocida como la “madera de los pobres” debido a la asociación de su uso con los asentamientos marginales. Este hecho ha provocado que se convierta en un material olvidado para el sector profesional.

Respecto al medio ambiente se trata de una planta que posee la característica de auto regeneración, lo que implica que garantiza una captura de CO<sub>2</sub> constante, colaboración en la conservación de cuencas hídricas, la preservación de lluvia, generación de oxígeno y retención de agua. Por otro lado, también estabiliza las pendientes cuando se implanta en zonas de estas características, genera una protección natural en las riberas de los ríos y crea hábitats variados de flora y fauna.

Vulgarmente es conocida como caña brava o caña mansa aunque su nombre científico es *Guadua angustifolia* Kunth. Formalmente se caracteriza por su forma cilíndrica hueca y por sus entrenudos, cortos en la base y más largos en las zonas superiores. La forma de diferenciar la guadua de otras especies de bambú es la presencia de una doble raya blanca en los entrenudos (Fig.39).



Figura 39: Ejemplo de *Guadua angustifolia* Kunth.

Es el vegetal con el crecimiento más rápido, pudiendo crecer hasta 20 cm diarios. Crece en localizaciones entre 0 y 2600 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas variables entre 16 y 36 °C, pudiendo soportar niveles altos de humedad. Sólo se siembra una vez, debido a que por sí misma produce brotes de manera indefinida, mejorando su calidad con el tiempo. Desde su plantación tarda cuatro años en poder ser cosechada, siendo los suelos con pH neutro o ligeramente ácido los más adecuados para su crecimiento.

Tras la cosecha, la caña debe realizar un proceso de secado con la finalidad de evitar deformaciones, rajaduras y cambios dimensionales de las piezas. Además mediante este proceso se eliminan los posibles organismos biológicos presentes, debido a su incapacidad para vivir con humedades inferiores al 15%; y aumentan las propiedades de resistencia del material. Este procedimiento se puede llevar a cabo mediante el apilamiento horizontal o utilizando un caballete (Fig.40), al aire libre o en un espacio cubierto abierto y mediante la aplicación de calor. Su duración varía ente 60 y 20 días en función del proceso utilizado.

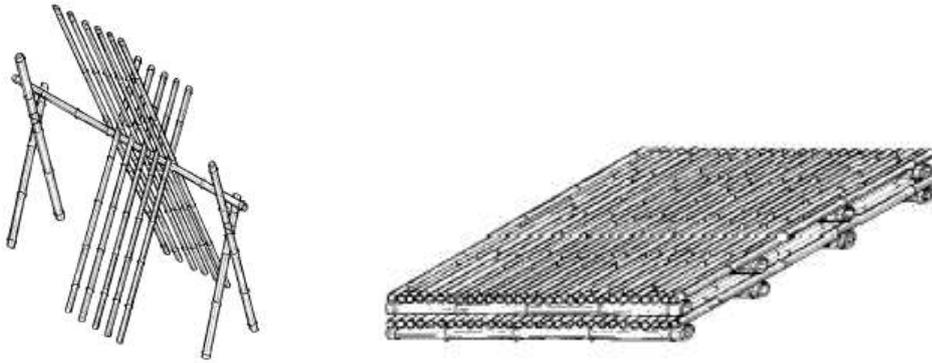


Figura 40: Diferentes métodos de secado de la caña guadua.

Puede ser utilizada como material constructivo a partir del cuarto año de madurez. Entre sus propiedades destaca la gran resistencia a compresión, flexión y tracción, lo que la sitúa como un sustituto óptimo para las estructuras metálicas y de maderas. Además, por su rigidez y elasticidad es un material apropiado para construcciones antisísmicas.

En cuanto a la resistencia al fuego del material, según la norma UNE EN 13501 se clasifica con categoría Cfl-S1 y por lo tanto como material apto incluso para edificios públicos cumpliendo con las normas del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE).

Entre sus desventajas como material estructural hay que destacar la incapacidad de los entrenudos para resistir fuertes compresiones puntuales, lo que hace necesario que estos se rellenen con un cilindro de madera o similares. Por otro lado, la resistencia de las fibras frente a esfuerzos cortantes es muy baja, lo que se traduce en la posibilidad de que el material se fisure en el sentido paralelo a las fibras.

También hay que destacar que el material no puede estar expuesto directamente a la radiación solar y a la humedad, requiere un buen mantenimiento para asegurar su durabilidad y debe ser protegido.

Esta protección consiste en depositar productos como herbicidas, fungicidas o insecticidas entre las fibras interiores del material, si va a quedar expuesto al exterior. Si queda alojado en el interior de muros realizados mediante bahareque solo es necesario eliminar los almidones y azúcares que pueda contener en su interior. Para aplicar esta protección existen varios procesos: se puede sumergir el material en agua durante aproximadamente un mes (Fig.41), cambiando el agua a diario o se pueden conectar los tallos del material a un depósito para introducirles algún tipo de producto.

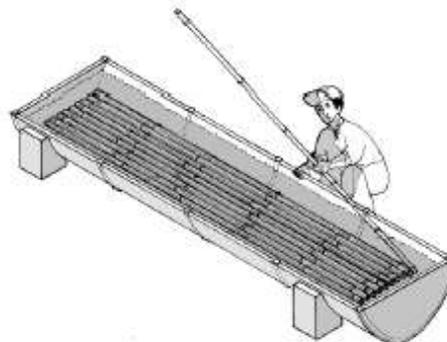


Figura 41: Método de protección por inmersión.

En la aplicación de este material al mundo de la construcción hay que destacar a una serie de personas o instituciones que han sido los pioneros en su estudio y aplicación. En el panorama internacional destaca el INBAR (Asociación Internacional del Bambú y el Ratán), una plataforma que ha realizado varios estudios sobre el material y participa en la difusión del mismo.

Colombia también destaca como el país pionero en la innovación y experimentación con este material. Actualmente controla todo el proceso de producción de la caña guadua de un modo científico y buscando desarrollar tecnologías constructivas adaptadas a las características del material. De este modo ha conseguido revalorizar, difundir e integrar la guadua en la construcción local.

En este sentido destaca el arquitecto Simón Vélez, quien construyó en el año 2000 el Pabellón de la Guadua para la Expo celebrada en Hannover ese mismo año (Fig.42). Este pabellón significó la formalización de todos sus estudios previos sobre las posibilidades estructurales del material.



Figura 42: Pabellón de bambú para la Expo de Hannover.

Previamente a la realización de esta construcción, el Instituto Alemán de Prueba de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart realizó una serie de ensayos sobre el material, a partir de los que se demostró que la guadua es un auténtico acero vegetal, comparando su resistencia con la del propio acero. Una varilla de hierro de 1 cm<sup>2</sup> resiste 40 KN, mientras que una sección de esta planta de 12 cm<sup>2</sup> resiste 215 KN.

Posteriormente, estas tecnologías se trasladaron a Ecuador guiadas por las enseñanzas del arquitecto colombiano Rafael Rojas y se comenzaron a crear viveros de guadua. En este aspecto, destaca la labor del arquitecto Jorge Morán Ubidia, quien a través de su labor en el Taller de Investigación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, ha desarrollado la fabricación de una serie de eco-materiales derivados de la guadua para su aplicación en la construcción y el mobiliario.

Dentro de los Eco Materiales desarrollados por Morán Ubidia destacan los tableros Ecu Bam, Ester Bam, Plas Bam y Trip Bam, todos ellos fabricados con una medida de 1,22 x 2,44 metros (Fig.43). El Ecu Bam es un tablero estructural elaborado mediante tramos de caña picada prensados al calor utilizando un adhesivo, consiguiendo un material resistente, no contaminante, liviano y de bajo costo. Se puede aplicar para la construcción de tabiques interiores y exteriores; en la fabricación de puertas, muebles o elementos estructurales.

El Ester Bam es otro tablero estructural, con las mismas aplicaciones que el Ecu Bam, formado por cintas de bambú encoladas mediante un adhesivo natural y prensado al calor.

El Plas Bam en cambio, es un tablero ligero de placa compuesto de caña aplastada y posteriormente prensada al calor con un adhesivo natural; que se utiliza en falsos techos, recubrimientos decorativos de paredes y como tabique ligero.

Por último, con el mismo uso que el Plas Bam, el Trip Bam es otro tipo de tablero ligero compuesto de los desechos de las placas de Ecu Bam prensados al calor utilizando aglutinantes naturales.



Figura 43: Eco Materiales: Ecu Bam, Plas Bam, Trip Bam y Ester Bam, respectivamente.

Además de estos Eco Materiales, las propiedades de la caña permiten que pueda ser utilizada como elemento estructural, en decoración, mobiliario, como cerramiento, partición, etc... Los diferentes usos derivan de las diferentes partes de la planta, distinguiendo entre el rizoma, la cepa, la basa, la sobrebasa, el varillón y la copa (Fig.44).

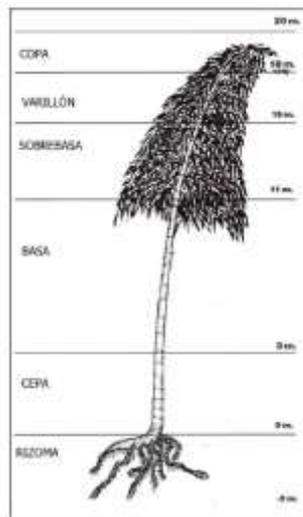


Figura 44: Distintas partes de la caña.

El rizoma se utiliza en decoración y mobiliario. La cepa, debido a su mayor resistencia, es empleada como elemento estructural de construcciones, cerramientos y particiones. La sobrebasa sirve para elaborar andamios y encofrados. El varillón debido a ser la sección menor es utilizado como correas de cubiertas.

Queda demostrado que la caña guadua es un material como unas características apropiadas para su uso en el mundo la construcción. Su versatilidad hace que pueda abarcar un gran abanico de posibilidades pudiendo estar presente en todas las fases del proyecto; utilizada como elemento estructural, cerramiento, acabado superficial o utilizado en la elaboración de encofrados y andamios. Además, se encuentra presente en la naturaleza produciéndose sin la necesidad de emplear complicados y costosos procesos de fabricación.

Como conclusión se pueden destacar la siguiente reflexión de Morán Ubidia. “Debemos superar paradigmas que manifiestan que la guadua no sirve para nada y convertirla en algo útil para la sociedad.”

### 2.2.1. El bahareque.

La palabra bahareque, de origen americano, significa "pared de cañas y/o maderas y tierra". Esta palabra da nombre a la técnica de construcción de muros mediante un compuesto de madera, guadua, rellenos de tierra y recubrimientos diversos: tierra, mortero de cemento, tablas o láminas metálicas. A lo largo de la historia, este sistema ha sido la solución tecnológica al hábitat constructivo de muchas culturas.

Fue utilizado en primera instancia por los grupos indígenas americanos siendo acogido por los colonizadores europeos, quienes se aprovecharon de los materiales y las técnicas nativas. La principal ventaja de este sistema es su resistencia frente a los sismos.

Debido a esto es muy utilizado en países como Colombia y Costa Rica. En Perú y Chile se utiliza un sistema similar denominado quincha. Actualmente, en Colombia y Perú, este sistema se ha estudiado y reglamentado creando una normativa nacional de diseño y construcción sismo-resistente.

En función del país varían los materiales vegetales que se emplean en el relleno del entretejido. El sistema puede combinarse con tapiales, adobes, ladrillo o piedra para dar mayor durabilidad a la estructura.

La estructura interior de la pared está formada por una serie de elementos verticales denominados pies derechos. Estos elementos suelen ser de caña guadua de 12 cm de diámetro, situados cada 30 o 40 cm. Una vez aplomados se reciben sobre un elemento horizontal (inferior y superior) denominado solera, normalmente de madera aserrada o de guadua. Para finalizar, esta retícula se arriestra con otros elementos inclinados, riostras, que también suelen ser de caña.

El conjunto de los tres elementos logra crear una trama con resistencia estructural adecuada a las exigencias necesarias. Se puede distinguir entre muros macizos o muros huecos, en función de tratamiento que reciba el entramado. En los muros macizos el entramado se rellena con tierra, mientras que los muros huecos quedan terminados una vez resuelto el entramado (Fig.45).



Figura 45: Ejemplo de muro macizo (izq.) y de muro vacío (dcha.)

Con la evolución de los sistemas y la aparición de nuevos materiales de construcción, se ha optimizado la técnica constructiva del sistema pudiendo hablar de cuatro tipologías diferentes: el bahareque embutido o en tierra, el encementado, el bahareque en madera o tabla y el metálico.

En el bahareque embutido la estructura está recubierta con latas de guadua de 4 cm colocadas cada 8 cm. Una vez colocadas las latas, se realiza un relleno de la estructura con un mortero de tierra mezclado con paja. Cuando el mortero seca se aplica dos capas más de mortero de tierra o de cemento y arena para su finalización, protegiendo las zonas de mayor tráfico como los zócalos mediante tablas u otro material resistente (Fig.46 izq.).



Figura 46: Bahareque embutido (izq.) y bahareque de tabla (dcha.).

En la siguiente tipología, denominada de tabla, la estructura principal es forrada con tablas sobre las que se aplica un acabado a base de aceite de linaza y color mineral, o pintura esmalte de aceite (Fig.46 dcha.).

El bahareque metálico es similar al de tabla con la diferencia que la estructura interior, de madera, se coloca cada 30 cm en las dos direcciones; formando un esqueleto que permite la posterior fijación de las láminas metálicas de acabado. Estas láminas, de acero galvanizado o de zinc, pueden ser lisas u ornamentales y van fijadas sobre la estructura mediante clavos. Una vez colocadas las láminas metálicas se aplica una pintura de esmalte de aceite para el recubrimiento y protección de las mismas. Este tipo de bahareque es muy utilizado en fachadas (Fig.47 izq.).

Por último, en el bahareque encementado la estructura principal se forra con esterilla o malla metálica que posteriormente es revocada con cemento. Si se realiza con esterilla de guadua, hay que colocarla de manera horizontal con la cara más texturizada hacia fuera, debido a que es la cara con mayor adherencia. Las sucesivas hiladas de esterilla se van fijando a cada pie derecho mediante clavos hasta completar la superficie a cubrir. Una vez colocadas se humedecen para garantizar una correcta adherencia y se aplica la lechada de mortero (Fig.47 dcha.).



Figura 47: Bahareque metálico (izq.) y bahareque encementado (dcha.).

## 2.3. Construcción con materiales reciclados, la influencia de Mike Reynolds, Andreas Froese.

### 2.3.1. *Botellas de plástico PET y su aplicación en la construcción.*

Las botellas de plástico, tan presentes en nuestra vida cotidiana, se componen de tereftalato de polietileno (PET). Este material, producido por primera vez en los años 40, se utilizó para la creación de fibras. Se caracteriza por su gran resistencia a agentes químicos, la gran transparencia que presenta y su menor coste de fabricación en relación al vidrio.

Debido a su gran presencia en multitud de productos (recipientes de refrescos, agua, detergentes, etc.) son uno de los mayores residuos a nivel mundial. De todos los envases producidos, unos 12 millones de toneladas al año, sólo se recicla un 20%. Esto unido al gran periodo de tiempo que debe pasar para que este tipo de plástico se degrade por sí mismo, más de 200 años, hace que constituya un problema ambiental de gran impacto.

En la incorporación de este residuo al mundo de la construcción destaca la labor del ecologista Andreas Froese, quien ha inventado la técnica ECOTEC basada en la utilización de botellas desechables PET rellenas de escombros, tierra u otros materiales como materia prima para la construcción. De esta manera, se consigue dar una solución innovadora y funcional al problema de los residuos y, además, se disminuye de forma muy significativa el coste de la construcción.

Este sistema se basa en la combinación de tierra y botellas PET, utilizadas como si fueran ladrillos convencionales. Las botellas se rellenan y se colocan al tresbolillo. Posteriormente los huecos existentes entre las botellas se cubren con tierra o con materiales de mayor tamaño logrando confeccionar verdaderos muros.

Para llevar a cabo esta técnica se utilizan tierras arcillosas combinadas con cáscara de arroz, grama o paja. Si es posible, es recomendable que cada 4 o 6 hiladas se utilice una mezcla de cal y cemento para aportar mayor estabilidad al conjunto.

Por otro lado, para arriostrarlo se pasa un hilo de nylon o un alambre tanto por la boca como por la base de las botellas (Fig.48). Una vez confeccionado, el muro, puede revocarse o dejar visto todo el entramado mostrando el innovador sistema utilizado (Fig.49).



Figura 48: Construcción con botellas recicladas.

Con este sistema se obtienen muros de carga muy resistentes, con gran inercia térmica y bajo peso. Además, se pueden crear muros no portantes permitiendo más posibilidades para su diseño. En los muros estructurales es el relleno el que asegura su resistencia a largo plazo, siendo necesaria la realización de perforaciones en las botellas para que el material pueda respirar.

En todo el proceso está basado en un proceso de reciclaje de residuos. Por un lado están todas las botellas de plástico que reutiliza y por otro, todos los materiales de diferentes tamaños que se incorporan en el relleno del muro: los de mayor tamaño en la cimentación, los de tamaño medio en el relleno de la retícula de botellas y los más pequeños para el relleno de las propias botellas.



Figura 49: Construcción con botellas recicladas.

La plataforma ECOTEC ha construido con este sistema paredes, casas, techos, instalaciones sanitarias, tanques para almacenamiento de agua, acueductos, parada de autobús, eco parques, instalaciones de compostaje, etc. Trabajando en comunidades de diferentes países como Honduras, Bolivia, Colombia, México, India, Uganda, entre otros.

Por otro lado, la ONG OMIS (Organización Multidisciplinaria para la Integración Social), mediante la Dra. Ingrid Vaca Diez (Bolivia) ha desarrollado acciones de este tipo en Bolivia y Uruguay, gracias al proyecto "Casas de Botellas".

Como conclusión se puede afirmar que este sistema no solo consigue el reciclaje de residuos, sino que promueve la cooperación entre comunidades, mejora la convivencia y la colaboración entre vecinos.

Dejar de percibir los plásticos como un residuo se traduce en un mayor cuidado del medio ambiente y, a su vez, promueve el desarrollo social de las clases menos favorecidas, aportándoles un sistema alternativo de construcción con costos muy reducidos.



Figura 50: Construcción con botellas recicladas

### 2.3.2. Construcción mediante el empleo de botellas de vidrio.

Este apartado guarda relación directa con el anterior debido a que el material es muy similar. En lugar de envases de plástico PET, este sistema se caracteriza por la utilización de botellas de vidrio.

Una de las diferencias con los muros de botellas PET es que los de botellas de vidrio carecen de capacidad portante utilizándose solamente como cerramientos. Sin embargo, estos muros permiten la entrada de luz a través de las botellas, provocando efectos de luz interesantes en los espacios interiores. En relación al efecto que provoca este tipo de construcciones en los espacios interiores, Mike Reynolds define las botellas de cristal, así utilizadas, como verdaderas joyas. “Las botellas son joyas. Esto es basura que se transforma en joyas de cristal”. En el proceso de construcción de este tipo de cerramiento existen variantes en función del efecto interior buscado.

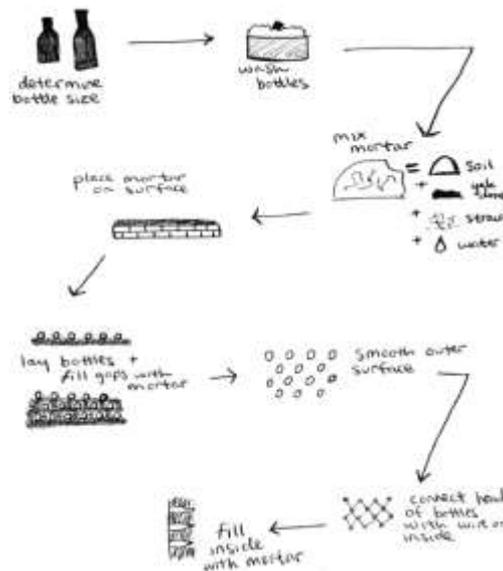


Figura 51: Croquis del proceso constructivo con botellas de vidrio.

El primer modo de uso de estas botellas es prácticamente igual al sistema con botellas PET salvando algunas diferencias. En este caso, tras la recolección, las botellas deben ser lavadas para eliminar las etiquetas y la suciedad. Una vez limpias se colocan al tresbolillo, igual que las de plástico, asegurándose de que queden contenidas en el plano de la pared. Para mantener las botellas en su posición se crea una malla de alambre que recorre sus cuellos. Una vez están las botellas colocadas, se rellenan los huecos con un mortero a base de tierra, paja, etc. Para terminar, cuando el mortero está endureciendo y las botellas no pueden moverse, se rellenan las grietas para alisar perfectamente la superficie (Fig.51).



Figura 52: Ejemplos de la primera técnica explicada.

En esta tipología, la colocación de las botellas enteras hace que la superficie interior esté formada por todos los cuellos lo que nos obliga a revocar la superficie del muro de cerramiento eliminando la posibilidad de que las superficie de vidrio pueda aportarnos algún efecto luminoso interior (Fig.52).

Otra forma de uso de este material se basa en el corte y la unión de dos botellas generando una especie de cilindro o ladrillo de vidrio que puede quedar enrasado con la superficie del muro por ambas caras (Fig.53 izq.). El modo de colocación es exactamente igual al anterior, estando la diferencia en el acabado. En este caso sólo es necesario rellenar los espacios entre los ladrillos de vidrio mediante mortero y cuando este se endurece alisar las superficies, tanto interior como exterior, cuidando de no tapar las zonas vidriadas. Este procedimiento consigue crear una especie de vidriera reciclada en la que las botellas aportan al interior del espacio unos efectos interesantes de luces de colores (Fig.53 dcha.).



Figura 53: Ladrillo de vidrio (izq.) y un ejemplo de su aplicación como cerramiento (dcha.).

Por último, hay ejemplos de otro procedimiento que consiste en la colocación de las botellas de vidrio de forma vertical enrasadas con el paramento. Esta técnica es más complicada que las anteriores y sólo sirve para crear pequeñas zonas vidriadas en un plano de cerramiento. Para su ejecución es necesario un marco de madera de las dimensiones del hueco sobre el que se colocan multitud de clavos en todas las direcciones generando una superficie apta para el agarre del mortero. Las botellas se colocan de pie dejando espacios entre ellas que son rellenados con materiales de reciclaje como trozos de madera, plásticos, etc. Para finalizar se rellenan los huecos con mortero de tierra y paja enrasando las botellas por ambos planos (Fig.54).



Figura 54: Tercera técnica, colocación vertical de las botellas.

### 2.3.3. El empleo de neumáticos en la construcción.

Otro de los residuos con gran incidencia en el panorama mundial son los neumáticos usados. Su gestión, debido al peligro que representan para el medio, ha sido una de las grandes problemáticas del siglo XX en términos medioambientales. La dependencia actual existente, en relación a los medios de transporte, ha provocado que la demanda de neumáticos se dispare exponencialmente.

La fabricación de neumáticos requiere una gran cantidad de energía y su reciclaje, si no se realiza correctamente, genera gran contaminación. La quema directa de neumáticos, por un lado, provoca emisiones de gases nocivos y el almacenamiento indiscriminado de los mismos, y por otro lado, genera la proliferación de roedores e insectos. En términos cuantitativos, en España se generan al año 300.000 toneladas de neumáticos, de las que el 50% no son recicladas correctamente y van a parar a vertederos no controlados.



Figura 55: Montaña de neumáticos usados.

Para el correcto reciclaje de los neumáticos fuera de uso (NFU), se pueden seguir varios procedimientos como: trituración mecánica, trituración criogénica, termólisis o incineración. La trituración mecánica genera productos de alta calidad y sin impurezas que pueden ser reutilizables. La trituración criogénica precisa de complejas instalaciones para generar productos de baja calidad. La termólisis descompone los neumáticos sin liberar productos nocivos para el medioambiente; permitiendo la obtención de metales, carbones e hidrocarburos utilizables para generar nuevos neumáticos u otro tipo de productos. Por último, la incineración se utiliza para producir energía derivada de la combustión directa de los neumáticos generando gran contaminación.

Las distintas formas de reciclaje permiten que los neumáticos puedan ser reutilizados de muy diferentes maneras. Pudiendo utilizarlos en rellenos para césped artificial, suelas de zapatos, reductores de altura de las olas, barreras en circuitos, etc.

A parte de estos usos, hay otros muchos que están relacionados con la construcción. Los neumáticos son utilizados como pavimentos flexibles, aditivos para hormigones, relleno de terraplenes, construcción de taludes, relleno del trasdós de muros, etc.



Figura 56: NFU utilizados en la construcción de un talud.

Todas estas soluciones incorporan el neumático tras hacerlo pasar por un proceso de reciclaje. Este trabajo se ha centrado en una solución que incorpore el neumático entero, sin necesidad de reciclaje, como materia prima para la construcción. Esta solución se basa en la confección de muros mediante un aparejo de neumáticos y tierra. En este tema hay que mencionar al arquitecto norteamericano Mike Reynolds, un arquitecto que ha dedicado su vida a la integración de materiales reciclados en construcción.

Dentro de la obra de Mike Reynolds destacan los *earthships*, prototipos de vivienda que tratan de aprovechar lo que el medio ambiente puede aportar buscando la autosuficiencia e incorporan residuos y materiales reciclados en la construcción para reducir costes (Fig.57). En estas propuestas, los muros de tierra y NFU constituyen uno de los sistemas más interesantes.



Figura 57: Earthship, la casa autosustentable de Michael Reynolds en Argentina.

Constructivamente los muros se resuelven mediante la utilización de ruedas como piezas de aparejo o sillar, disponiéndolas en hiladas y colocándolas al tresbolillo. Las ruedas se van rellenando por hiladas con tierra o arena compactada mediante el golpeo con picos o mazas buscando que adquieran la mayor masa posible (Fig.58). De esta manera tan sencilla se obtiene un muro impermeable, con gran inercia térmica y con una capacidad mecánica excepcional, apta para zonas de actividad sísmica.

Para garantizar la correcta colocación de la estructura de cubierta, los extremos de los muros y la coronación se finalizan con mortero de cemento. Finalmente para que el muro adquiera una imagen convencional se revocan con barro. Como los neumáticos están formados por una superficie estriada no es necesario utilizar ningún tipo de malla para que el revoco se adhiera al muro.



Figura 58: Proceso de compactación de tierra en un NFU.

El equipo de Reynolds ha participado en multitud proyectos de este tipo incorporando otros materiales reciclados como botellas, latas, etc. Estas tecnologías constructivas tienen la capacidad de fomentar la participación de la gente en las intervenciones, permitiendo el desarrollo de las clases más desfavorecidas o siendo una solución rápida y eficaz para intervenciones de emergencia.

No es sólo una cuestión de reciclaje, sino que es cuestión de cooperación en el sentido de aportar los medios y conocimientos necesarios a las personas para que puedan alcanzar unos niveles dignos de desarrollo.

CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II: Construcción en cooperación al desarrollo. Vivienda semilla o, unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

AUTOR / TUTOR: Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval.

### 3. Prototipo de vivienda para la región de Manta (Ecuador).

#### 3.1. Contextualización y análisis de la vivienda tradicional manabita.

Manta es una ciudad perteneciente a la provincia de Manabí, situada en la costa del océano Pacífico de América del Sur. Tiene dos estaciones muy marcadas, invierno y verano, pero posee un clima con una temperatura media de 25 °C debido a su relación con las corrientes de Humboldt y de El Niño y su cercanía con el bosque de Pacoche. Su situación geográfica hace que sea un enclave marítimo de importancia mundial.



Figura 59: Manabí, Ecuador.

En el año 2010, la ciudad Manta tenía 217.553 habitantes y el cantón contaba con 226.477 personas. A estas cifras hay que sumar otras 30.000 personas que a diario acuden a la ciudad ya sea por trabajo, estudios, etc. Estos datos han sufrido una gran variación en los últimos 30 años. En esos años la ciudad ha sufrido un gran crecimiento, cuadruplicando su población y aumentando su superficie hasta las 6.050 hectáreas. Este crecimiento ha estado guiado por las infraestructuras, carreteras y caminos, utilizando una tipología uniforme de viviendas unifamiliares aisladas o adosadas. Provocando densidades muy baja.

La población del cantón de Manta es en un 95,21% urbana, dedicándose principalmente a los sectores secundarios y terciarios. La actividad productiva está centrada en la extracción de recursos naturales, las funciones terciarias de un centro regional y en menor medida la industria.

La industria extractiva pesquera tiene gran importancia ya que genera 250.000 empleos entre la ciudad y su área metropolitana. Esta industria “se complementa con la producción de grasas y aceites vegetales, entre otros productos manufacturados, lo cual requiere un amplio movimiento financiero, exportador, comercial, de movilidad, transporte y comunicaciones, e impulso a la construcción, sin descartar un gran porcentaje de actividades informales que es parte de la cultura de la región”, Sainz Guerra (2013).

Entre las características del enclave y la importancia del puerto la ciudad se ha convertido, desde los años sesenta, en un destino turístico nacional y un lugar de retiro para personas jubiladas europeas y norteamericanas.

En relación a la vivienda tradicional, podría decirse que “es como la imagen del campesino manabita, “recio y a resguardo”, con sus botas impermeables que lo aíslan de la humedad del suelo, cubierto con ropa y camisa de manga larga que lo protegen pero al mismo tiempo lo dejan transpirar y un sombrero de fibras vegetales de grandes aleros, que lo cubren del sol, la lluvia, la humedad, los vientos y las inclemencias del tiempo”, Camino Solórzano (2011).

Es una vivienda configurada en dos alturas, en la que se reserva la planta baja para un uso productivo, comercial o cría de animales, y la planta superior para las actividades familiares. Esta organización responde a una medida de protección, separando la vivienda del plano del suelo se consigue aislarla de la humedad y evitar posibles inundaciones. Esta tipología no permanece uniforme en toda la región, existiendo diferencias entre las viviendas del norte del litoral en Esmeralda, las de Manabí y las de la cuenca del río Guayas (Fig.60).



Figura 60: Diferentes tipologías de vivienda tradicional.

Esta configuración ya está presente en un dibujo de 1736 llamado “las Casas de Guayaquil”, que aparece en la “Relación histórica del viaje a la América Meridional” de Jorge Juan y Antonio de Ulloa. En él se pueden apreciar dos chozas ubicadas sobre una plataforma sujeta por pilotes, construidas con paredes de entramado y tejado de hoja de palma (Fig.61).



Figura 61: Casas del Rio de Guayaquil. Dibujo de la expedición científica de Jorge Juan y Antonio de Ulloa en 1736.

Entre los rasgos que se pueden hacer comunes a las diferentes viviendas de esta tipología destaca la presencia del balcón exterior, sus grandes alturas interiores, la colocación de aleros para salvaguardar la vivienda del sol y de las inclemencias del tiempo y la disposición de la cocina en una edificación separada para proteger al resto de la edificación de los peligros de un posible incendio.

Esta separación entre los cuerpos edificados superiores, dormitorios y cocina, era utilizada como la zona de estar- comedor permitiendo generar ventilaciones cruzadas. La brisa penetra en este vacío reduciendo la sensación térmica. Por otro lado, la disposición de altos techos responde a la necesidad de renovación de aire interior. El aire caliente se eleva hacia la parte superior saliendo al exterior a través de las paredes o de la cubierta, provocando una corriente constante de aire que también contribuye a reducir la sensación térmica.

CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II: Construcción en cooperación al desarrollo. Vivienda semilla o, unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

AUTOR / TUTOR: Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval.

Además, su diseño permite ampliaciones futuras sin modificar la vivienda ya existente, ocupando la zona del balcón o construyendo en el espacio vacío restante de la parcela. Todo esto demuestra que la tipología tradicional es un diseño pensado desde la adaptación al lugar y a la forma de vida de sus ocupantes.

Constructivamente se resolvían con caña guadua, madera, enquinchado (sistema a base de caña revestida por arcilla con arena, estiércol de vaca, agua y paja) y hojas de cade. Se crea una estructura de madera o caña rolliza que permite elevar la edificación. Sobre esta se configura los volúmenes construidos, llevados a cabo mediante paredes de caña picada, dispuesta sobre latillas en sentido transversal o perpendicular, y cubierta de hojas de cade (Fig.62).

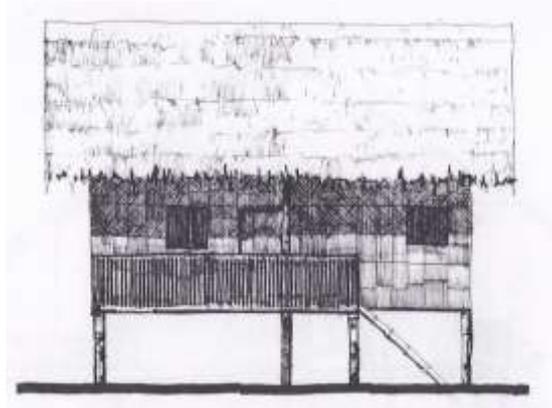


Figura 62: Vivienda Tradicional Manabita. Planta elevada del suelo mediante pilotes de madera. Estructura vertical de madera y horizontal de caña, cerramientos de "quincha" de caña picada y barro y cubierta vegetal.

Actualmente, muchas viviendas tradicionales han sustituido algunos de sus materiales. El tejado se realiza con chapa metálica por su mayor durabilidad en comparación con los de paja (Fig.63). Los muros de caña se han cambiado por muros de ladrillo y la plataforma inferior apoyada sobre pilares de madera, se ha sustituido por elementos de hormigón.



Figura 63: Vivienda tradicional manabita, en la que ya se ha sustituido el tejado de paja por la chapa metálica.

De esta manera el tipo de vivienda permanece en el tiempo. A pesar de que la utilización de nuevos materiales impide o inhabilita algunos mecanismo de la vivienda tradicional. De esta manera las nuevas viviendas imitan la forma de la vivienda tradicional pero han ido olvidando la concepción de la vivienda como una respuesta al clima y al hábitat.

### 3.2. El problema de la vivienda en la región de Manabí.

El desarrollo sufrido por las ciudades y por las economías agrícolas ha provocado un cambio económico y social que afecta a todo el territorio ecuatoriano. La creación de nuevas infraestructuras, principalmente el aeropuerto y el puerto marítimo (Fig.64), está provocando un cambio en el funcionamiento de la ciudad cuya consecuencia es el éxodo rural en busca de oportunidades.



Figura 64: Aeropuerto Internacional Eloy Alfaro (izq.) y Puerto de Aguas Profundas (dcha.).

Este proceso posee una influencia de ida y vuelta. La gente que busca en la ciudad una mejora de sus condiciones de vida vuelve posteriormente al medio rural llevando consigo nuevos conocimientos. Esto ha provocado que la vida en el campo también se vea modificada y empiecen a aparecer nuevos materiales, tecnologías y nuevas tipologías urbanas, dejando a un lado las formas de hacer y las tipologías tradicionales.

Una de las principales consecuencias del éxodo rural es la necesidad de vivienda en las ciudades. “En las poblaciones de Manta, Montecristi y Jaramijó existe una enorme demanda de viviendas. Según el censo realizado en el 2010 apenas el 39% de las familias poseen vivienda propia alcanzando un déficit de aproximadamente 20.000 viviendas entre los 3 cantones”, Sainz Guerra (2013). Este problema debe abordarse con amplitud de miras, puesto que la falta de vivienda se entiende también como la ausencia de todos aquellos servicios que la acompañan.

En Manta se pueden distinguir tres tipos básicos de vivienda. Las viviendas de clase alta, ubicadas en el casco histórico o en los nuevos barrios y construidas por profesionales. Un segundo grupo son las viviendas sociales, llevadas a cabo por la empresa municipal de vivienda. Por último, están las viviendas informales o autoconstruidas.

El problema de la vivienda no puede acotarse como un problema de la vivienda informal, hay que tener en cuenta que los tres grupos forman un sistema interconectado de manera que cualquier movimiento en uno de los grupos conlleva consecuencias en los restantes. A pesar de esto, las manifestaciones más agudas del problema repercuten al tercer grupo de viviendas.

La vivienda informal tiene problemas derivados de la propiedad del suelo, la calidad de las construcciones y la falta de servicios. Los habitantes con menos recursos no tienen capacidad económica para poder asumir el coste de un solar donde edificar su vivienda, por lo que construyen en aquellos lugares que no tienen un dueño claro o que por sus condiciones son desaconsejables para esta finalidad (Fig.65). Debido a esto, aparecen barrios marginales, sin condiciones urbanísticas y con viviendas autoconstruidas, en riberas de ríos, laderas, zonas inundables, zonas en pendiente, etc.



Figura 65: Asentamiento irregular de La Revancha.

Este panorama plantea un problema en relación al método de adquisición de la vivienda. No se puede plantear un mercado de la vivienda convencional, basado única y exclusivamente en el consumo. Este tipo de planteamiento puede ser válido en los grandes centros urbanos, pero gran parte de la sociedad ecuatoriana tiene unos condicionantes que imposibilitan su acceso a este mercado, gente sin ingresos y por lo tanto sin capacidad de pago.

Esta una separación de índole económica entre las personas con pocos recursos y la posibilidad de vivienda se debe intentar disminuir mediante una política de vivienda versátil que contemple la posibilidad de adquirir viviendas completamente acabadas o viviendas mínimas que se van desarrollando en función de las posibilidades de la familia.

En este sentido se abre la posibilidad de incorporar la participación del usuario en la construcción de la vivienda, recuperando costumbres de la vida rural donde muchos de los componentes de la vivienda se generaban a partir de productos naturales presentes en el entorno. Las familias que no disponen de suficientes recursos tienen, de esta forma, la posibilidad de hacer uso de sus conocimientos, su capacidad de trabajo y los materiales a su disposición para construir lo que necesita.

Tratando de buscar una solución al problema de la vivienda el gobierno ha utilizado la figura del “Bono Vivienda”. Este bono es una ayuda de tipo estatal que se facilita a la hora de adquirir la vivienda, llegando a cubrir hasta el 40% del valor total. Es una figura flexible que busca llegar a la mayor parte de colectivos. Por otro lado, ha promovido algunas propuestas habitacionales aunque no dispone de recursos suficientes para controlar el crecimiento de la población más pobre.



Figura 66: Prototipos del programa “Si vivienda”.

Estos ejemplos de promoción pública, como el programa “Si vivienda”, están basados en la uso de materiales modernos como el hormigón y el metal, excluyendo la participación del usuario y olvidando las técnicas y el urbanismo empleados por la arquitectura tradicional (Fig.66 y Fig.67). “Estos materiales, de indudable calidad, constituyen técnicas incontrolables por el usuario y generan una dependencia tecnológica, que solo se puede resolver con dinero”, Sainz Guerra (2013).



Figura 67: Prototipos del programa “Si vivienda”.

Por otro lado, las personas que se trasladan del campo a la ciudad abandonan su cultura en favor de la que la ciudad les ofrece. Esto se produce motivado por una serie de prejuicios sociales que asocian determinadas costumbres a la procedencia del campo. El hombre del campo abandona su cultura para ser bien visto en la ciudad. Generando un problema de pérdida de identidad escondiendo, a su vez, otros problemas como el querer aparentar lo que no se es. De esta manera, se rechaza la construcción de viviendas rurales en la ciudad, porque esta requiere otro tipo de construcciones.

De alguna manera, la solución al problema de la falta de vivienda se debe abordar desde el problema de desvalorización de la arquitectura tradicional. El uso de una arquitectura tradicional mejorada además de preservar la identidad cultural; incorpora la participación social, el desarrollo de la solidaridad y el abaratamiento de costos siendo una forma viable de garantizar la habitabilidad básica para los sectores con menores posibilidades.

### 3.3. Propuesta de vivienda mínima de crecimiento progresivo.

Una vez analizada la situación y el problema de vivienda existente en Manta, se ha propuesto una posible solución basada en el modelo de vivienda de crecimiento progresivo. El origen de esta propuesta se encuentra en los estudios e investigaciones previas realizadas por la Universidad de Valladolid y por la Universidad Laica Eloy Alfaro en colaboración con AECID (Fig.68). Se trata por tanto de un ejercicio de continuidad, buscando la optimización del modelo.



Figura 68: Antecedentes. Proyecto UVA-ULEAM en colaboración con AECID.

Debido a la dificultad existente, por parte de las familias, para adquirir suelo en propiedad, la propuesta se plantea desde un modelo de baja altura y alta densidad. Este sistema busca sacar el máximo rendimiento posible a la ocupación del suelo, reduciendo su consumo y racionalizando su ocupación. Se consigue abaratar el coste y mantenimiento de las infraestructuras, se permite un mayor control de los edificios por parte de los usuarios, etc. Planteando un modelo de agrupación lo suficientemente denso como para ser controlado por la población que lo habita, ser accesible, sostenible, digno y seguro.

Todo esto implica una solución que, en el medio urbano, incorpore valores del medio rural. Posibilitando que las personas que se desplazan del campo a la ciudad no se vean forzadas a abandonar su cultura. En este sentido, será clave la incorporación de los procesos de autoconstrucción, la utilización de medios pasivos de climatización y la aplicación de materiales autóctonos, para mediante las nuevas tecnologías conseguir la buena respuesta aportada por los modelos de vivienda tradicional en relación al hábitat y al clima.

El modelo propuesto se sitúa, por tanto, en un entorno urbano, manteniendo el esquema de vivienda tradicional manabita. Es una vivienda unifamiliar en la que los usos de la vivienda se sitúan en la cota superior, destinando la cota inferior para actividades productivas. De esta manera, se busca generar vida urbana en la cota inferior mediante la incorporación de un soportal corrido.

Este elemento crea un lugar de encuentro protegido de la lluvia y el sol, provocando movimiento constante en la calle y con ello, un sistema que permite el funcionamiento de los comercios y aporta a los usuarios una sensación de vitalidad y seguridad en su entorno.

CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II: Construcción en cooperación al desarrollo. Vivienda semilla o, unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

AUTOR / TUTOR: Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval.

Funcionalmente el prototipo se ha concebido como una vivienda unifamiliar entre medianeras, de dos plantas, con la fachada principal dando a la calle generando un frente urbano reconocible, manteniendo el esquema clásico de la vivienda tradicional. Las parcelas poseen una superficie de 120 metros cuadrados con un frente de fachada de 5,75 m a ejes de muro y un fondo de parcela de unos 13 m (12,55 m) (Fig.69).

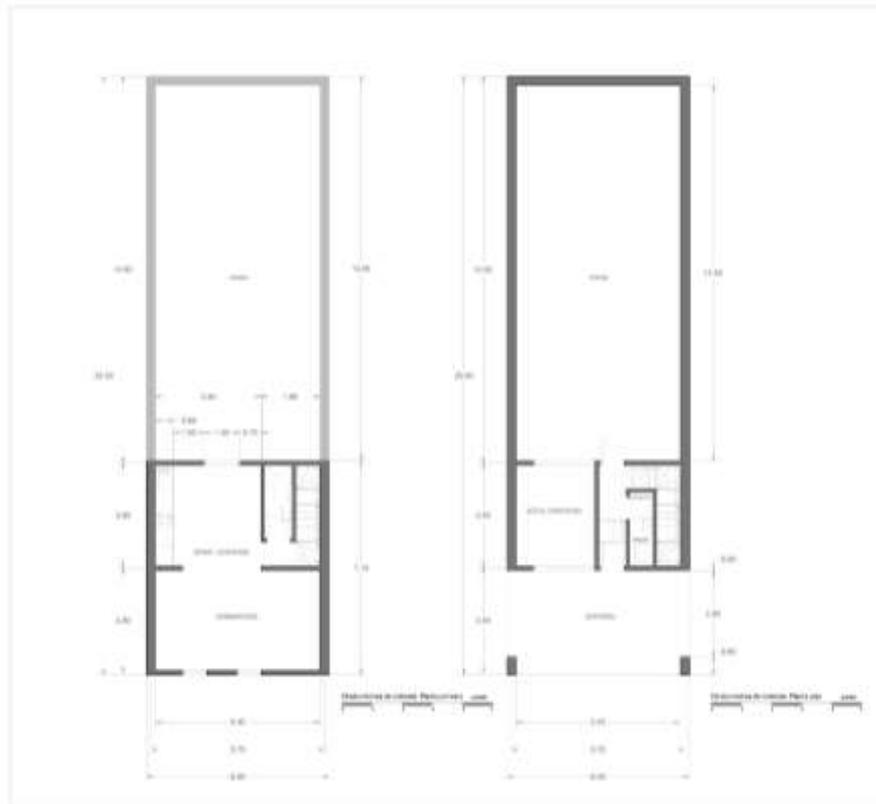


Figura 69: Célula básica de vivienda.

En relación a la distribución del programa se ha buscado aportar la infraestructura mínima necesaria para garantizar unas condiciones de confort apropiadas, si perder la capacidad de que la vivienda se adapte a las diversas situaciones familiares. Con este planteamiento, los usos relativos a la vivienda se desarrollan en la planta superior, situando el baño y la zona de cocina estar como elementos fijos y reservando un espacio de 19 metros cuadrados, en el frente de fachada, para la disposición de los dormitorios.

La cota inferior se reserva para el uso comercial, situando el portal de acceso a la vivienda con la escalera de subida a la vivienda, una zona de aseo ligada al uso de la parcela y un local comercial que puede pertenecer a la misma persona que la vivienda o ser independiente de esta. Con esta organización la superficie útil total es de aproximadamente 57 m<sup>2</sup> (57,23 m<sup>2</sup> exactamente), destinando 46 m<sup>2</sup> para el uso de vivienda y portal de acceso y los 9 m<sup>2</sup> restantes para el comercio.



Figura 70: Soportal comercial

El hecho de incorporar un local comercial en el programa de la vivienda se basa en la idea de que la vivienda se convierta en el motor económico principal de la familia. Se reserva un espacio suficiente para desarrollar una pequeña actividad comercial o artesanal (Fig.70). Esta actividad generará un rendimiento económico directo sobre la familia propietaria de la vivienda ya sea mediante su gestión como local comercial, o mediante la cuota de alquiler del mismo a una tercera persona.

Si la situación es propicia, estos beneficios pueden destinarse a la mejora o ampliación de la vivienda o por el contrario, si la situación familiar es desahogada se puede incorporar la superficie del local comercial a la de la vivienda, utilizando este espacio como bodega o espacio de descanso, manteniendo el uso originario de los espacios inferiores en las viviendas tradicionales.

Por último, el resto de la parcela, de unos 68,4 m<sup>2</sup>, puede acoger usos relacionados con la agricultura y la ganadería. Completando la célula habitacional mínima con un espacio de desahogo que permitiendo generar una economía de subsistencia mediante su uso como huerto o como espacio propicio para la cría de animales (Fig.71).



Figura 71: Posible configuración del patio trasero.

Paralelamente al diseño del prototipo se plantea su posibilidad de crecimiento. Este crecimiento se desarrolla de manera longitudinal ocupando el fondo libre de la parcela. Las ampliaciones no ocupan el ancho total de la parcela, sino que se remiten únicamente a la parte correspondiente a la cocina estar original. De esta manera, la medida de estos módulos de 3,1 m, correspondiente al ancho de la cocina por 3,5 m, distancia entre los elementos estructurales que arriostran el muro lateral. Con esta organización se crea un esquema en L que permite utilizar una de las fachadas laterales.

Este crecimiento permite la adaptación de la vivienda, si necesidad de modificar las instalaciones básicas (cocina y baño), a los cambios en la estructura familiar. Se pronostica un crecimiento medio de uno o dos módulos pudiendo llegar hasta tres módulos, ocupando el fondo total de la parcela. Cabe destacar que el crecimiento previsto se desarrolla únicamente en la cota superior, manteniendo las actividades ligadas a la agricultura y la ganadería en la cota inferior (Fig.72).



Figura 72: Primera fase de crecimiento.

En relación a los sistemas constructivos planteados, se ha buscado su vinculación con la cultura constructiva tradicional manabita. Las medianeras se conciben como elementos estructurales construidos con bloques de tierra compactada (BTC) y paneles de caña guadua. La fachada a la calle se plantea de bahareque recubierto de tierra, mientras que la fachada posterior se resuelve con un panel ligero de caña fácilmente removible, facilitando las posibles ampliaciones. El único material industrializado presente es el hormigón que constituye el zócalo que aísla la vivienda de la humedad, de 55 cm y la losa que separa la parte del local comercial y el soportal de la vivienda. Esta elección se debe a la necesidad de independencia total entre cota inferior y superior, por razones de seguridad, diferencia de uso o como barrera contra el fuego.

Por otro lado, la resolución constructiva de las ampliaciones no se ha planteado. Dejando que la solución sea elegida por los usuarios, incorporándolos al proceso de una manera activa. Si bien, estas ampliaciones pueden construirse mediante una subestructura de madera y paneles de caña picada, o mediante la aplicación anteriormente relatada, ya que el proceso constructivo lleva asociado la formación técnica del usuario.

La estructura vertical se plantea mediante muros portantes, de 30 cm de espesor, resueltos con fábrica de BTC. Para arriostrar estos elementos frente a las acciones perpendiculares, se generan un muro con estructura de peine, arriostrado cada 3,50 m. Estos arrostramientos tienen un espesor de 15 cm y una longitud de 90 cm.

La estructura horizontal se confecciona mediante losa de hormigón de 15 cm, con zuncho perimetral de 20 cm de espesor. La estructura horizontal de las ampliaciones, en cambio, está previstas con caña picada tradicional o con mediante tablero estructural de caña. Por otro lado, la cubierta se resuelve con una inclinación del 10%, mediante una estructura de madera que se apoya en una retícula de vigas y viguetas que sigue la modulación generada por los muros de BTC. Esta cubierta genera una vivienda de gran altura interior que junto con las ventanas de madera, que recuperan la tipología tradicional de las chazas con sus elementos de ventilación, permiten que el aire caliente suba hacia la parte superior y salga al exterior a través de las ventilaciones previstas, generando una renovación continua del aire interior (Fig.73).



Fig 73: Detalle de una ventana tradicional (chaza manabita).

Para terminar, en relación a las instalaciones se ha contemplado una instalación mínima que garantice el buen funcionamiento de la vivienda. Se ha proyectado la instalación eléctrica, el abastecimiento de agua potable y el sistema de desagüe.

Toda la documentación relacionada con el proyecto se ha incorporado en el Anexo.

#### 4. Conclusiones.

La cooperación internacional al desarrollo es un instrumento de importancia vital en la lucha contra la pobreza, el cumplimiento de los derechos humanos y el aumento desde las capacidades humanas. En este sentido es muy importante desligar la ayuda de las prioridades geográficas o de las oportunidades de negocio. Figuras como la cooperación Sur-Sur y la cooperación triangular deben ganar protagonismo al igual que la sociedad civil y el sector privado.

En este sentido, el papel del arquitecto no sólo debe limitarse a dar una solución al problema enunciado. Se debe hacer un esfuerzo por asimilar los valores culturales, los sistemas constructivos tradicionales, las capacidades de los materiales autóctonos, etc. También, cobra gran importancia comprender cuestiones de índole sociocultural como el funcionamiento de la familia o el funcionamiento de la relación entre las personas del lugar. El análisis y comprensión de cada uno de estos factores será determinante en el resultado final de la arquitectura.

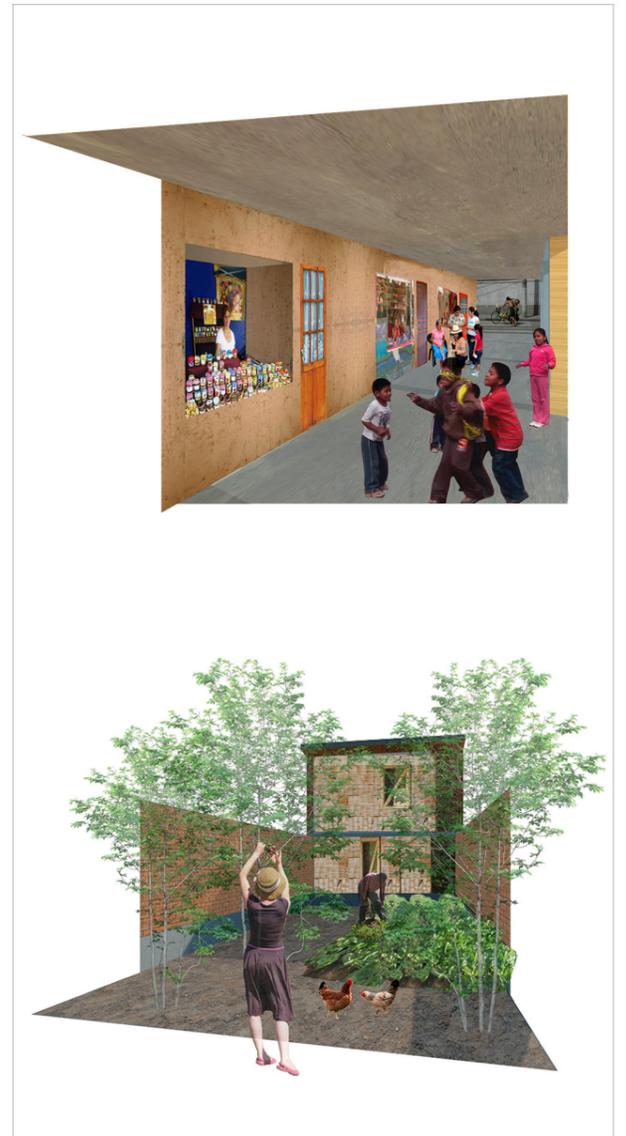
Además de lo indicado, dentro de la investigación realizada se pueden destacar los siguientes aspectos:

1. El modelo de vivienda mínima de crecimiento progresivo es un esquema práctico y funcional, que responde correctamente en propuestas de arquitectura de emergencia o en modelos de cooperación al desarrollo, en los que el objetivo se centra en aportar una infraestructura básica lo suficientemente flexible como para asumir las alteraciones que su utilización requiera.
2. La capacidad de autoconstrucción de las personas debe ser un factor a tener en cuenta en este tipo de intervenciones, concibiéndola como una herramienta en favor de la solución. Este tipo de intervenciones deben estar enmarcadas dentro de la cooperación técnica para el desarrollo, aportando a los usuarios los conocimientos básicos que les permitan desarrollarse por ellos mismos en un futuro próximo.
3. La arquitectura tradicional como principio y guía, buscando conseguir una arquitectura cercana al usuario y medioambientalmente sostenible. Se debe realizar un análisis de las tipologías tradicionales, incorporando sus virtudes en la nueva arquitectura, evitando la desaparición de la cultura tradicional. Los modelos tradicionales deben ser reinterpretados desde la mejora de sus capacidades y la aplicación de nuevas técnicas, sin que esto suponga la pérdida de su esencia base.
4. El poder de la naturaleza como medio proveedor de materiales aptos para la construcción es enorme y debe tenerse en cuenta de cara a posibles intervenciones ligadas a la cooperación al desarrollo. El estudio de los materiales autóctonos debe ser un factor clave dentro del análisis previo a la actuación. Estos materiales, como la caña guadua, tienen una repercusión nula en cuanto a costo se refiere y unas características, posibilidades y utilidades que pueden aportar mucho a la construcción sostenible.
5. La tierra es un material con una potencialidad enorme dentro del mundo de la construcción. Es una materia prima totalmente accesible y de fácil obtención presente en multitud de sistemas constructivos, que ofrece grandes posibilidades con ayuda de la tecnología actual. En cambio, es la ausencia de un marco normativo y la falta de información, lo convierten en un material con poco protagonismo a la hora de construir.

6. El problema de la vivienda debe solucionarse mediante el establecimiento de un marco amplio que se adapte a la mayor parte de la población. Centrar el mercado inmobiliario en una única solución, basada en el consumo, implica que la población más desfavorecida queda excluida del sistema, limitando su posibilidad de acceso a la vivienda. La vivienda debe ser apartada lo máximo posible de las cuestiones políticas y centrarse en los derechos humanos para acercarse a la población afectada.
7. El concepto de baja altura y alta densidad son una opción válida para el tipo de arquitectura que se ha manejado. Permiten desarrollar entornos ecológicamente más viables, en tanto que reducen las necesidades de desplazamiento, consumen menores cantidades de suelo y otros recursos, fomentan la diversidad y el uso de materiales próximos. Además contribuye a crear calle y por tanto vida, pudiendo generar actividades económicas ligadas a esta y un clima seguro y fiable para sus usuarios.

Tras la realización de este trabajo se abren otras vías de investigación que podrían desarrollarse en un futuro. Destacan la profundización en el estudio de las propiedades y características de la caña guadua y del BTC como materiales constructivos, la investigación de nuevos sistemas constructivos derivados de la utilización de la tierra como materia prima, así como el posible desarrollo constructivo del prototipo de vivienda propuesto en un búsqueda de su optimización, adaptándolo a los condicionantes del clima mediante el uso de materiales y sistemas constructivos autóctonos.

## **5. Anexo:**



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



CUADRO DE SUPERFICIES

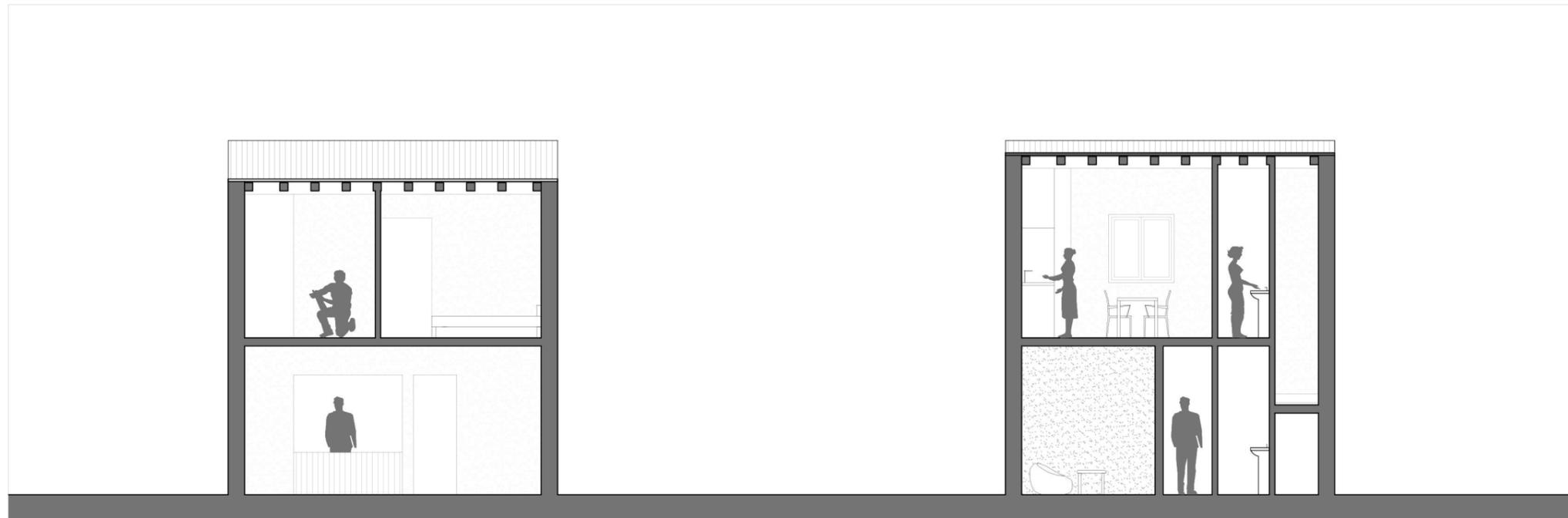
Planta Baja:		Planta Primera:	
Local comercial	8.70 m <sup>2</sup>	Estar - Comedor	11.70 m <sup>2</sup>
Aseo	1.80 m <sup>2</sup>	Aseo	2.35 m <sup>2</sup>
Escalera	3.48 m <sup>2</sup>	Escalera	2.68 m <sup>2</sup>
Espacio servidor	3.00 m <sup>2</sup>	Dormitorio 1	9.90 m <sup>2</sup>
Patio	73.20 m <sup>2</sup>	Dormitorio 2	8.00 m <sup>2</sup>



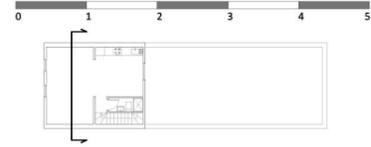
**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**

Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

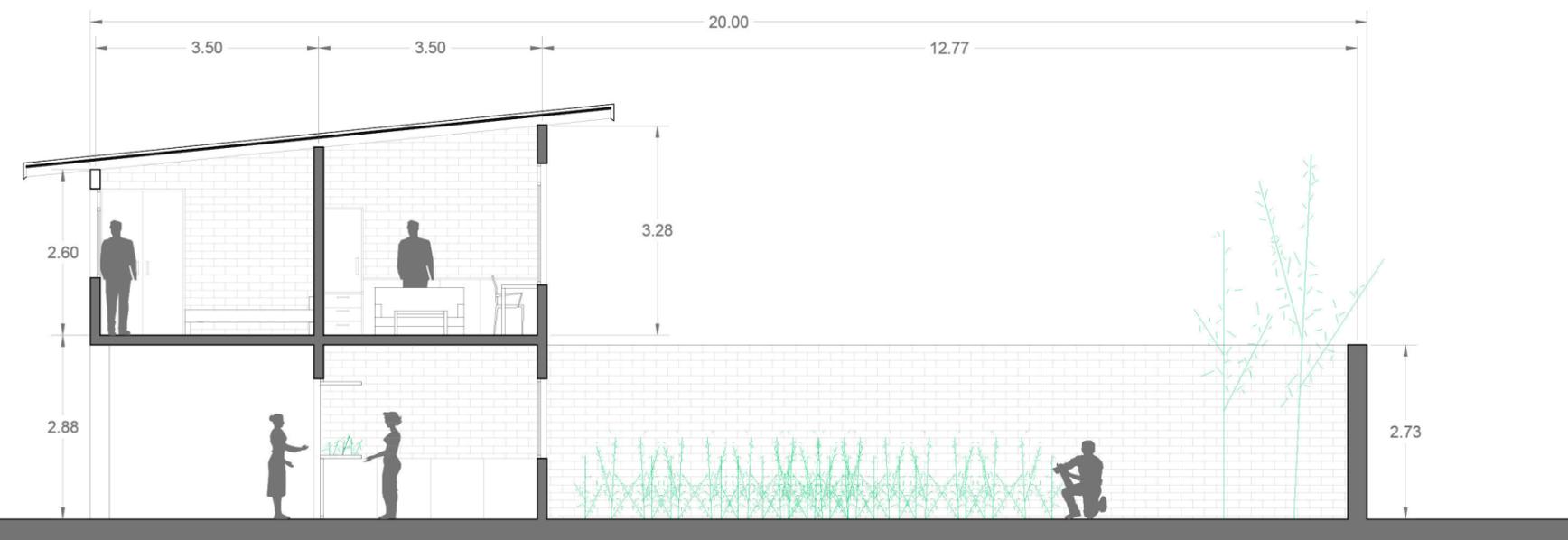
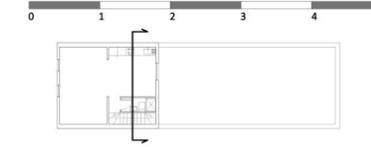
Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



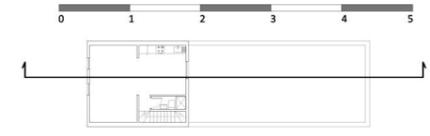
Célula mínima. Sección transversal e/1:100



Célula mínima. Sección transversal e/1:100

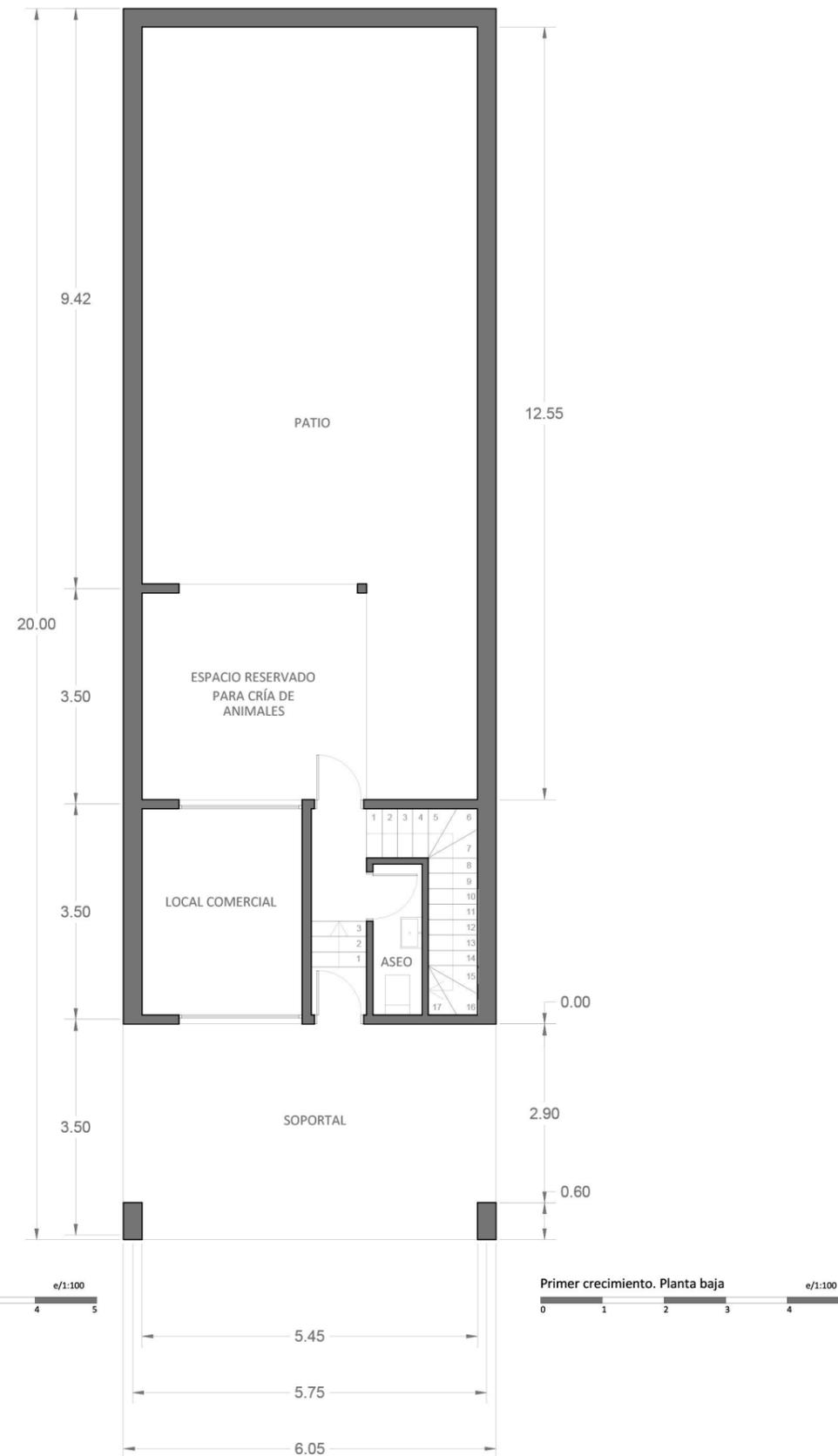
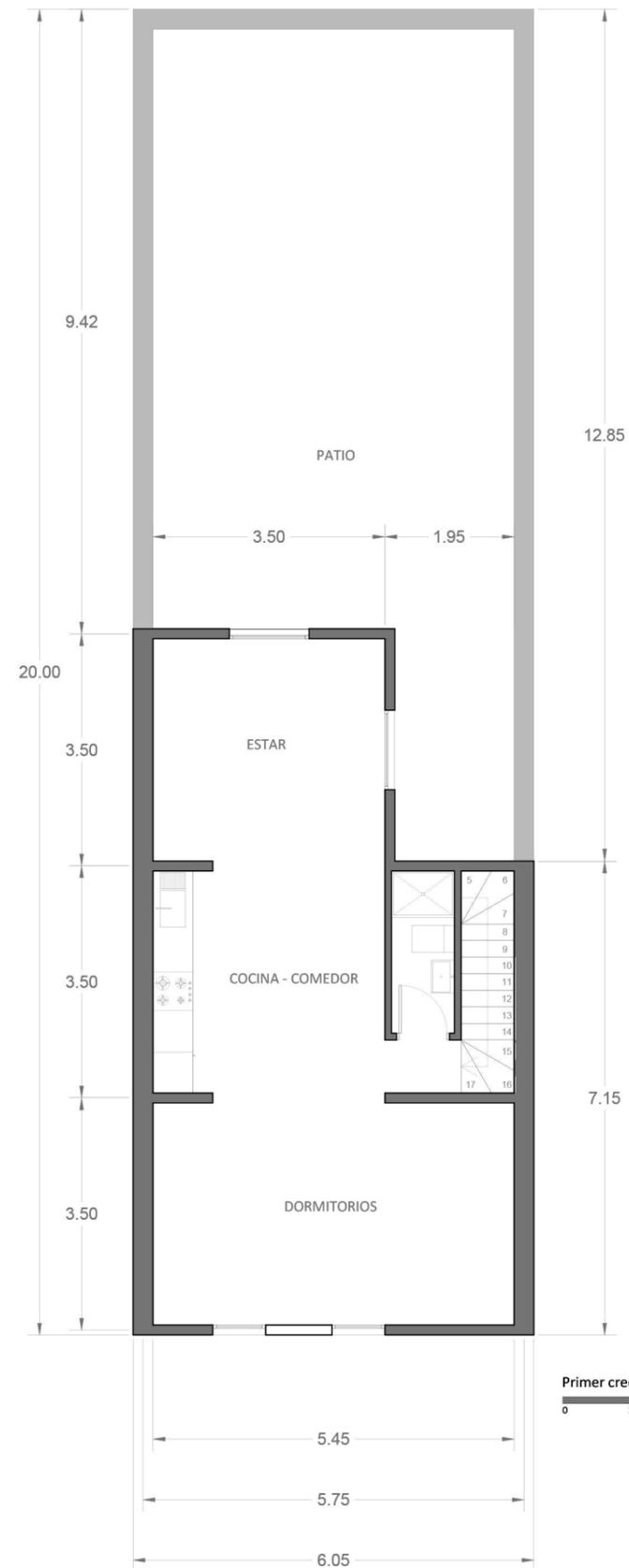


Célula mínima. Sección longitudinal e/1:100



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



CUADRO DE SUPERFICIES

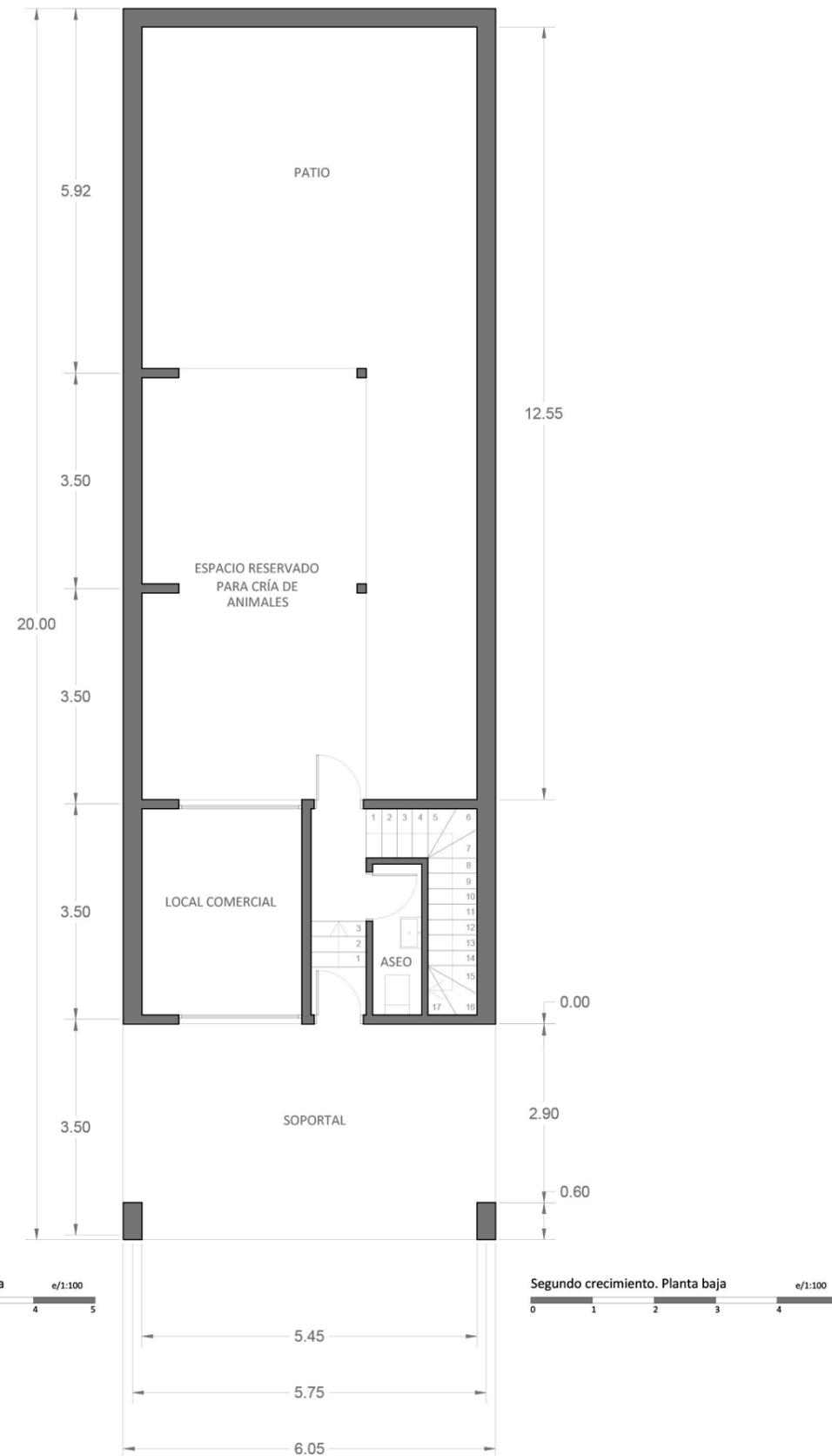
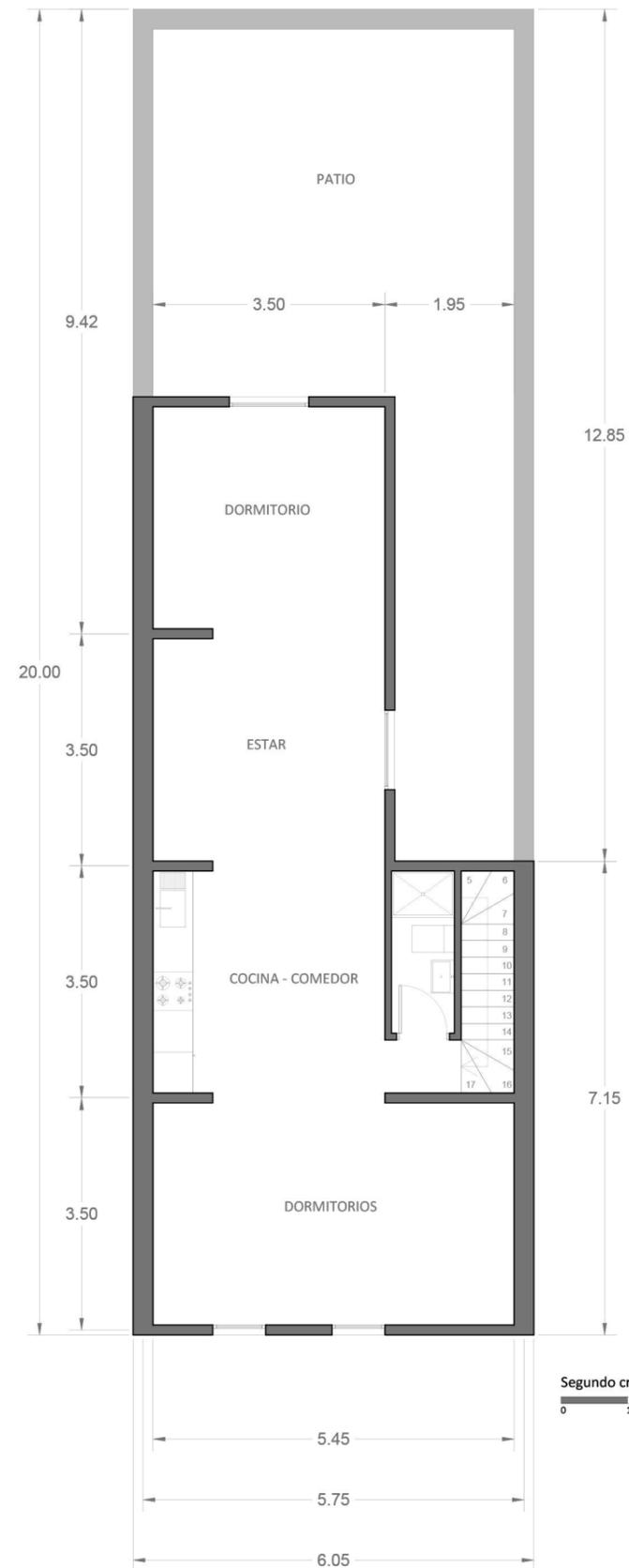
Planta Baja:		Planta Primera:	
Local comercial	8.70 m <sup>2</sup>	Cocina - Comedor	11.70 m <sup>2</sup>
Aseo	1.80 m <sup>2</sup>	Estar	11.70 m <sup>2</sup>
Escalera	3.48 m <sup>2</sup>	Aseo	2.35 m <sup>2</sup>
Espacio servidor	3.00 m <sup>2</sup>	Escalera	2.68 m <sup>2</sup>
Espacio animales	12.50 m <sup>2</sup>	Dormitorio 1	8.70 m <sup>2</sup>
Patio	60.40 m <sup>2</sup>	Dormitorio 2	9.20 m <sup>2</sup>



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**

Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



CUADRO DE SUPERFICIES

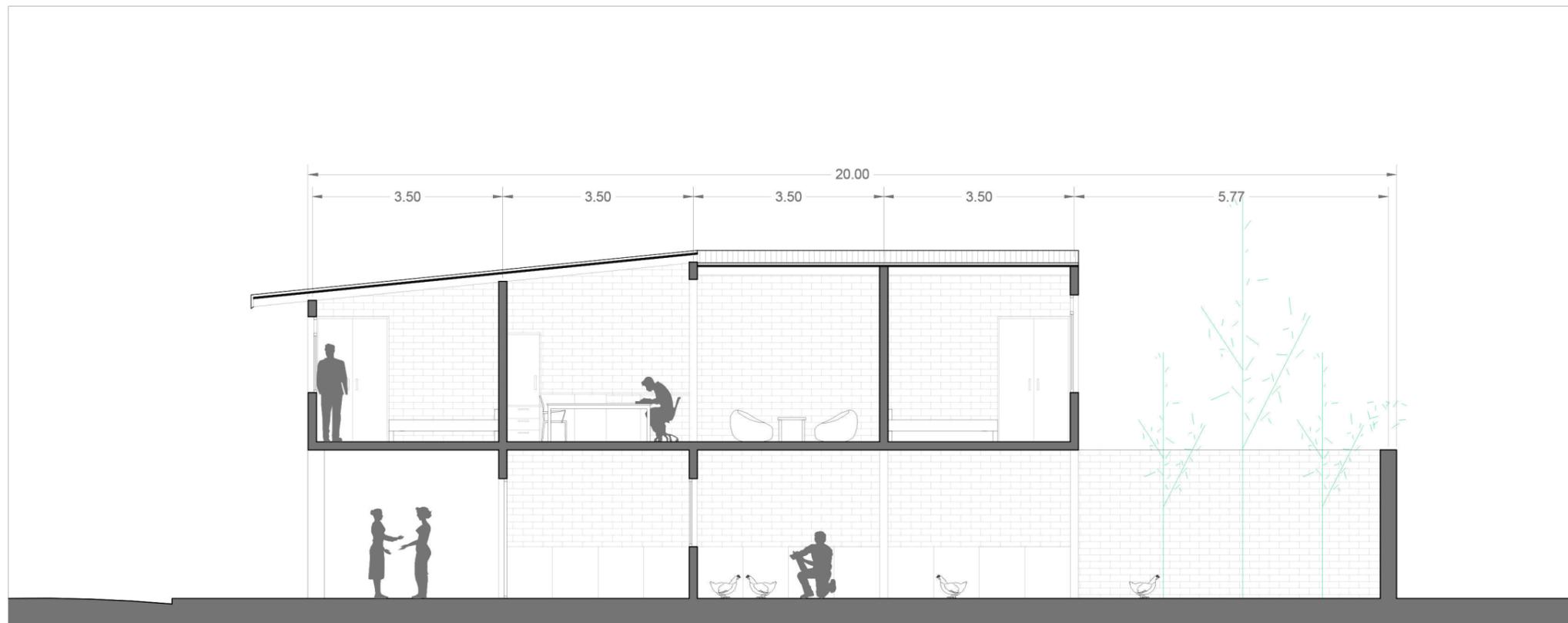
Planta Baja:		Planta Primera:	
Local comercial	8.70 m <sup>2</sup>	Cocina - Comedor	11.70 m <sup>2</sup>
Aseo	1.80 m <sup>2</sup>	Estar	11.70 m <sup>2</sup>
Escalera	3.48 m <sup>2</sup>	Aseo	2.35 m <sup>2</sup>
Espacio servidor	3.00 m <sup>2</sup>	Escalera	2.68 m <sup>2</sup>
Espacio animales	25.50 m <sup>2</sup>	Dormitorio 1	9.90 m <sup>2</sup>
Patio	42.80 m <sup>2</sup>	Dormitorio 2	8.00 m <sup>2</sup>
		Dormitorio 2	11.70 m <sup>2</sup>



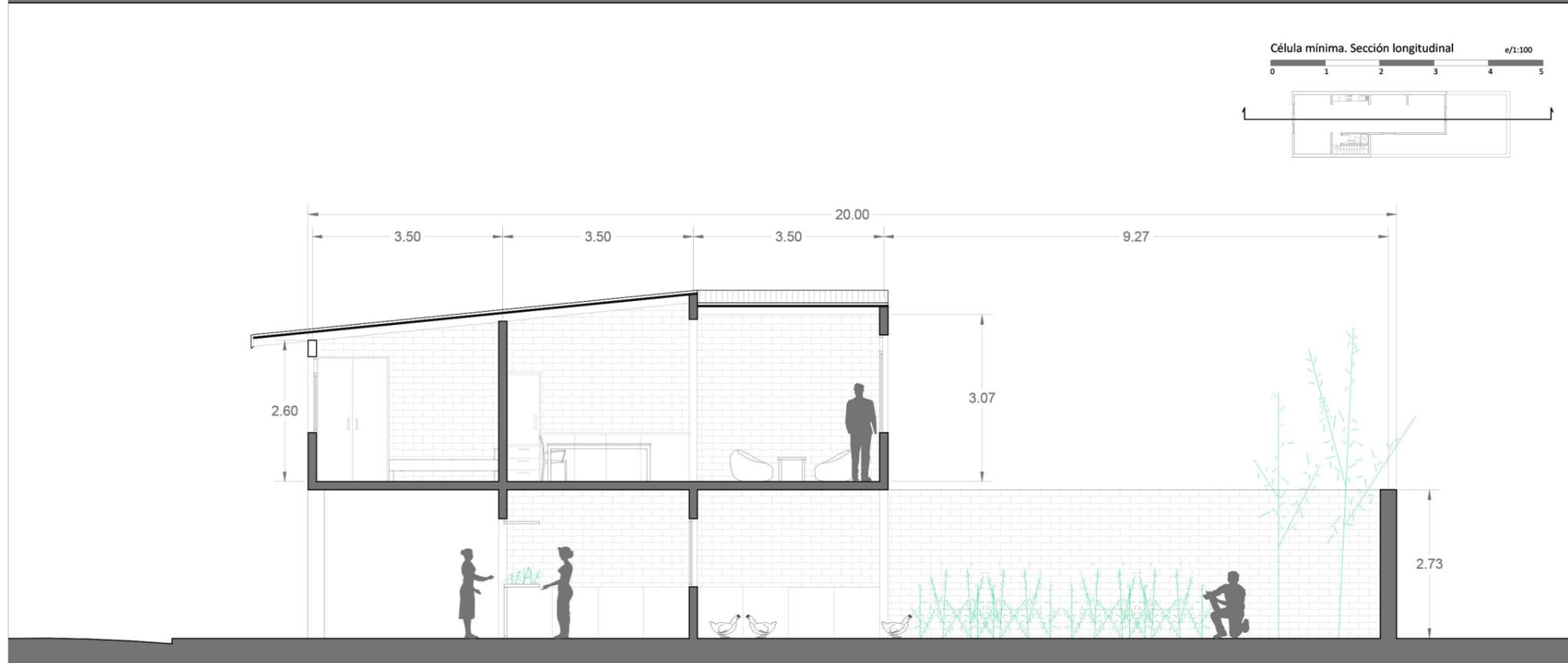
**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**

Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



Célula mínima. Sección longitudinal e/1:100



Célula mínima. Sección longitudinal e/1:100

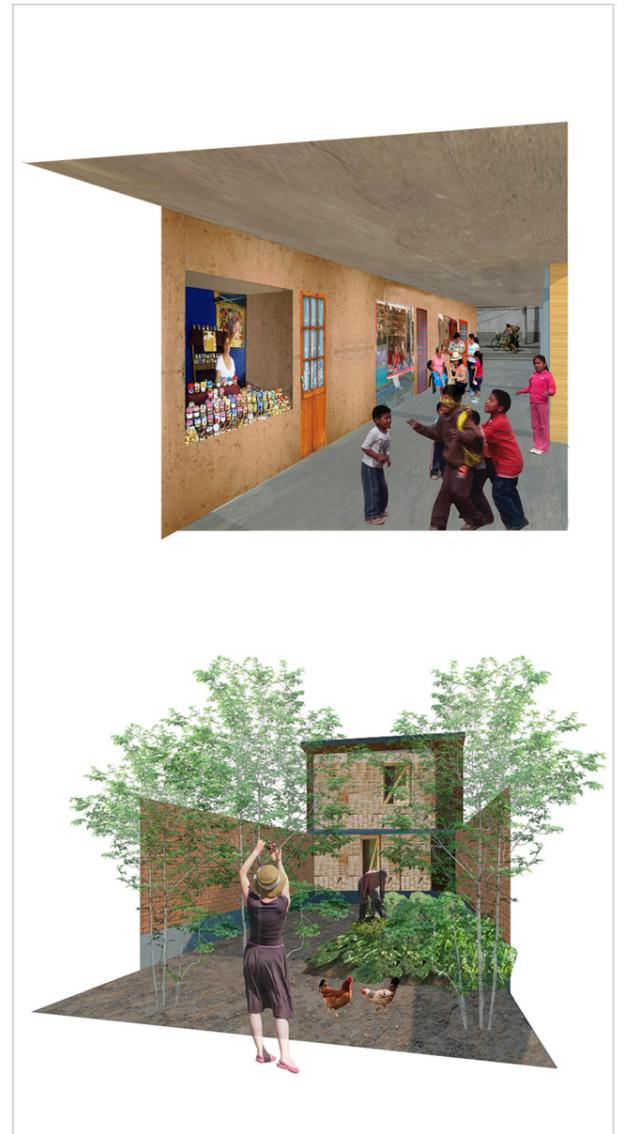


**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



Combinación de viviendas. Planta baja e/1:100



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval

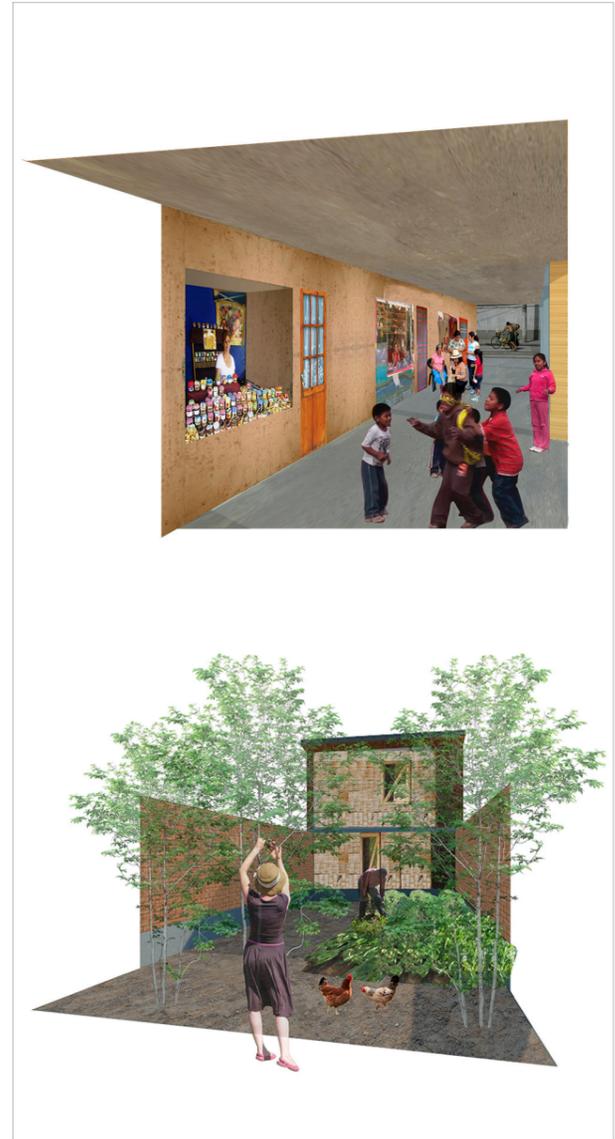
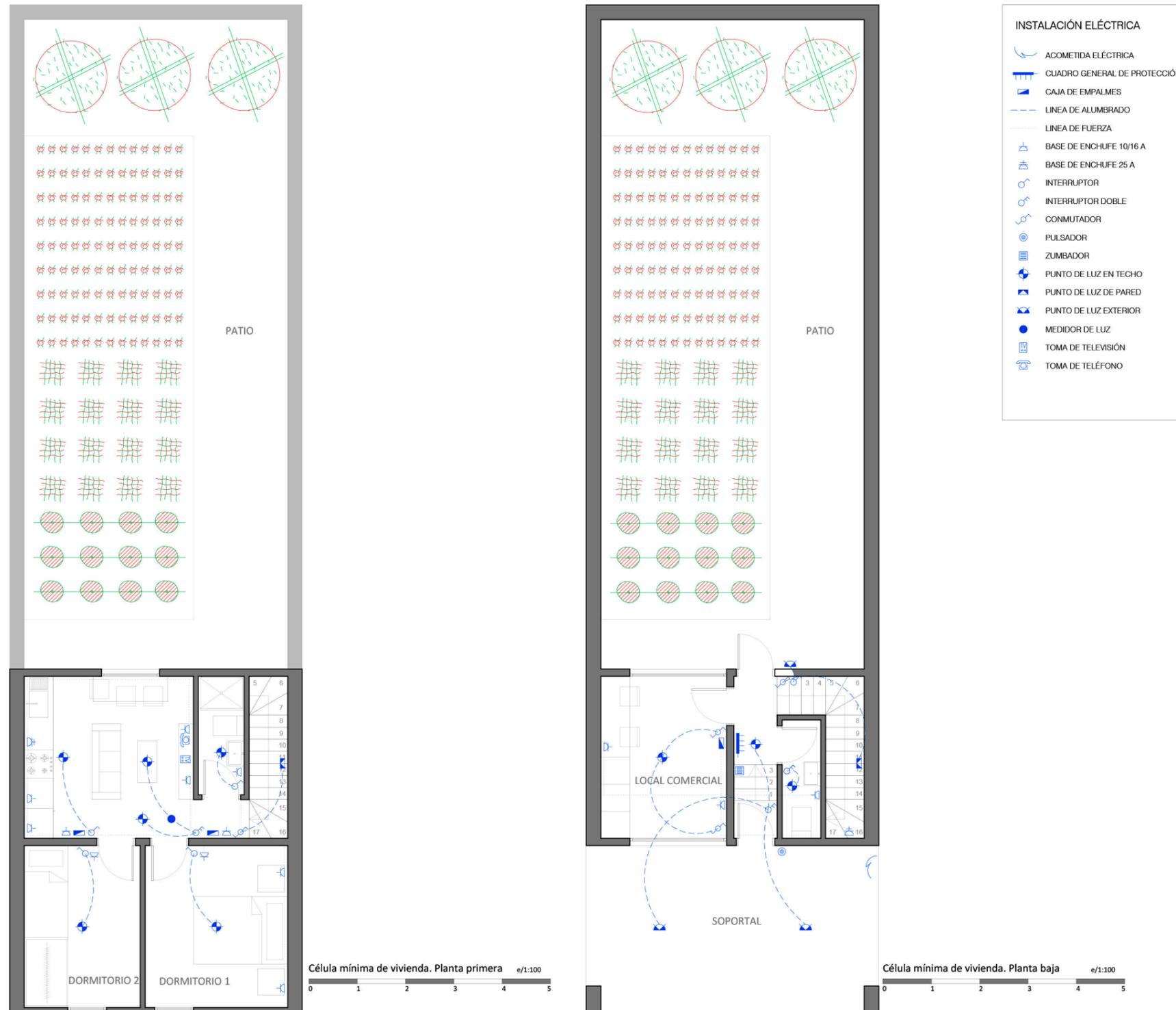


Combinación de viviendas. Planta primera e/1:100

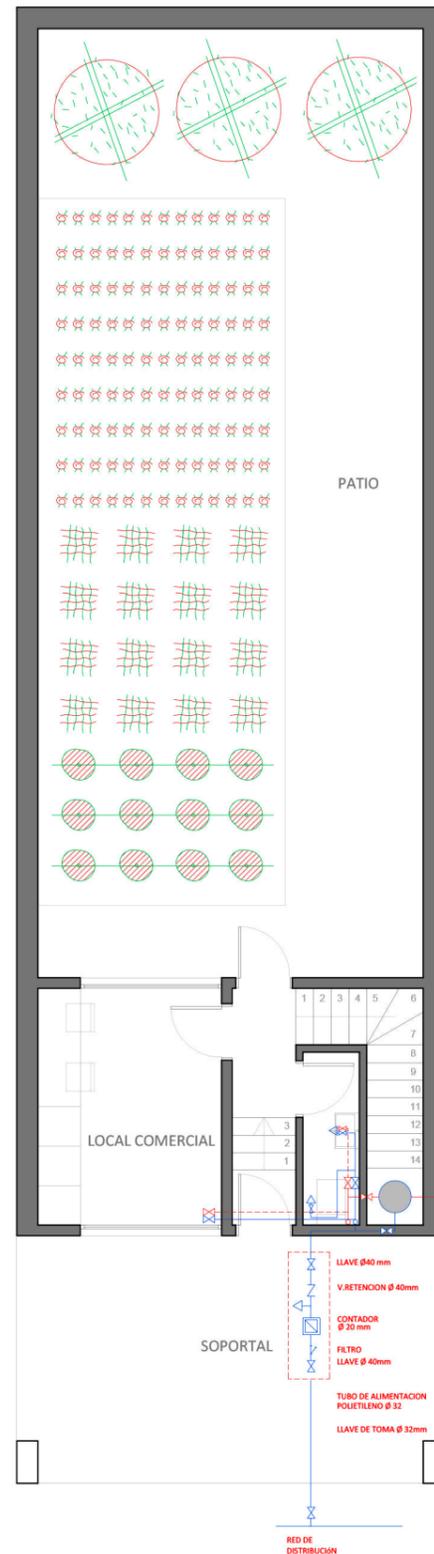
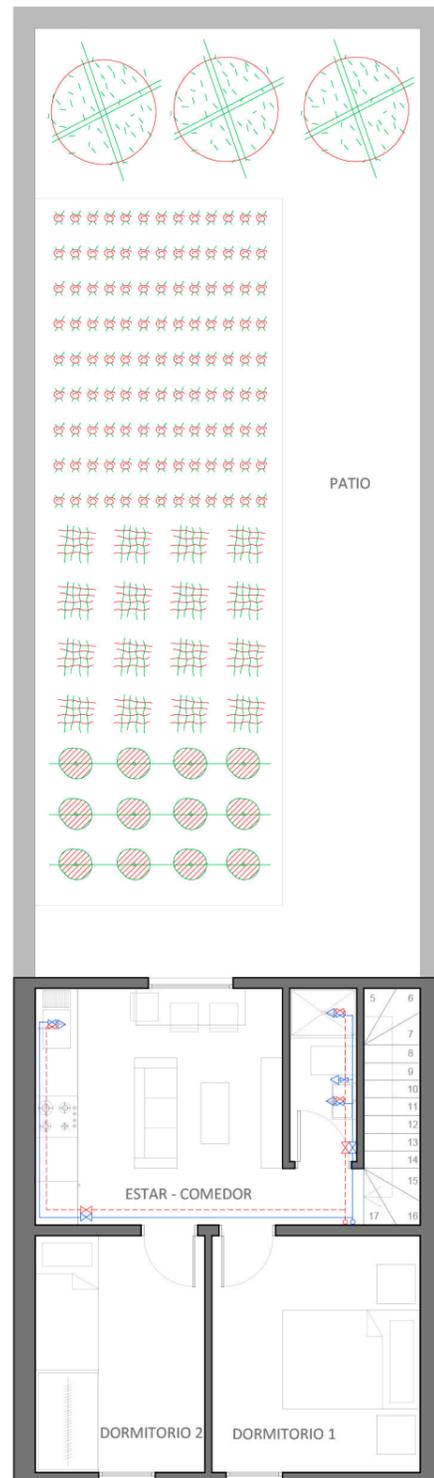


**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval

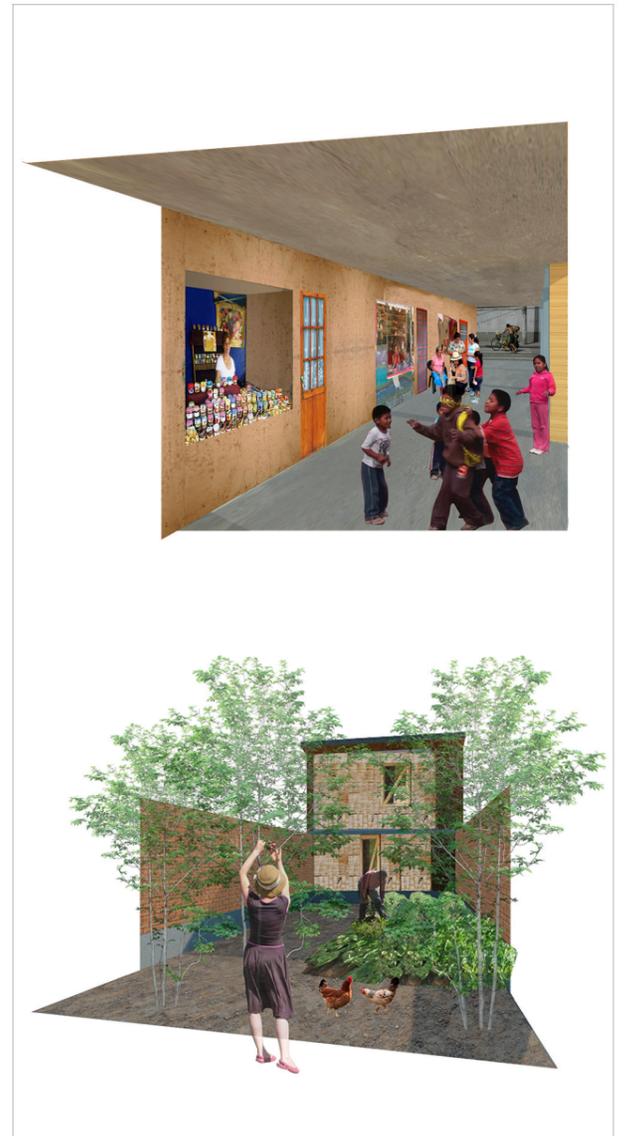


**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.  
Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval



**CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA II:**  
Construcción en Cooperación al desarrollo. Vivienda semilla, o unidad habitacional mínima. Vivienda de crecimiento progresivo. Propuestas, materiales disponibles y sistemas constructivos posibles.

Pablo García Fuentes / Félix Jové Sandoval

## 6. Bibliografía.

Publicaciones consultadas para la realización de este trabajo:

- i. AEDO CARAZAS, WILFREDO; RIVERO OLMOS, ALBA: "Bahareque. Guía de construcción parasísmica". MISEREOR. Agosto de 2002. Disponible en URL: [www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf](http://www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf)
- ii. ÁLVAREZ ORELLANA, SCARLETT MARÍA: "Una introducción a la cooperación internacional al desarrollo", en *REDUR*, n.10. Diciembre 2012. pp. 285-309. ISSN 1695-078X. Disponible en URL: [www.unirioja.es/dptos/dd/redur/numero10/alvarez.pdf](http://www.unirioja.es/dptos/dd/redur/numero10/alvarez.pdf).
- iii. ARIAS MADERO, JAVIER; BLANCO MARTÍN, JAVIER: "La tierra en la construcción de cerramientos con materiales de reciclaje", en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 389-396.
- iv. ARTEAGA MEDINA, KAREN TATIANA; MEDINA, ÓSCAR HUMBERTO; GUTIÉRREZ JUNCO, ÓSCAR JAVIER: "Bloque de tierra comprimida como material constructivo", en *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, Julio-Diciembre de 2011, V. 20, N. 31, pp. 55-68*.
- v. AYLLÓN PINO, HUGO; OJEDA MEDINA, TAHINA; BANCET, ALICE: "La cooperación Sur-Sur en la gobernanza del desarrollo: nuevas configuraciones de la arquitectura de la ayuda", en *Documento de trabajo, n.27. Diciembre de 2013*. Disponible en URL: [www.ucm.es/data/cont/docs/599-2014-03-12-DT27\\_CSS\\_Gobernanza.pdf](http://www.ucm.es/data/cont/docs/599-2014-03-12-DT27_CSS_Gobernanza.pdf)
- vi. BESTRATEN CASTELLS, SANDRA; HORMIAS LAPERAL, EMILIO: "Bloque de tierra comprimida en el proyecto del centro del adulto mayor de San José de Chiquitos, Bolivia", en *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 195-206.
- vii. BESTRATEN CASTELLS, SANDRA; HORMIAS LAPERAL, EMILIO: "Viviendas de adobe en Camerún", en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 367-376.
- viii. BOSCH, MONSERRAT; NAVARRO, ANTONIA; ALLEPUZ, LUIS: "Proyecto casa S-LOW. Construcción del prototipo y experiencia docente", en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos. 2013. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 259-266*.
- ix. BROWN, MARÍA; MARTÍNEZ, RAQUEL; MAS GÓMEZ, MARIANA: "El horno de ESTEPA: Calor sin leña", en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 377- 388.
- x. BRÜMMER, MONIKA: "Construcción autoportante con BTC ligero, Cannabric en el sur de Europa" en, *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 307-312.
- xi. CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL: "La caña guadua en la provincia de Manabí y el litoral de Ecuador", en *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 205-212.

- xii. CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: "Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador". Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014.
- xiii. CID FALCETO, JAIME; FOUAD, AHMED W.; RUIZ MAZARRÓN, FERNANDO; CAÑAS GUERRERO, IGNACIO. "Características mecánicas del BTC. Estudio de los ensayos a compresión" en, *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 187-192.
- xiv. DARÍO CARMONA, OMAR: "Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareque tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002". Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Disponible en URL: <http://www.desenredando.org/public/libros/2005/cersrv/mre-Bahareque.pdf>
- xv. DEL RÍO MUÑOZ, MÓNICA; SAINZ ESTEBAN, ALICIA: "La evolución de los sistemas constructivos en tierra", en *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 57-68.
- xvi. DÍAZ PINÉS, FERNANDO; JOVÉ SANDOVAL, FÉLIX; MUÑOZ DE LA CALLE, DAVID; PAHÍNO RODRÍGUEZ, LUIS ANTONIO: "Prototipo de vivienda sostenible construida con muros de Bloque de Tierra Comprimida (y una reflexión sobre la tectónica)", en: *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 255-266.
- xvii. DOMÍNGUEZ MARTÍN, RAFAEL: "Perspectivas de la cooperación internacional y el desarrollo sostenible después de 2015", en *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo, n.1, v.2, julio-diciembre de 2014*, pp. 5-32. Disponible en URL: [www.ciberoamericana.com/pdf/PB.pdf](http://www.ciberoamericana.com/pdf/PB.pdf)
- xviii. ESTÉVEZ, ÁNGEL; MARTÍN-LARA MORENO, SANDRA: "Casa S-low. Sistema innovador de bioconstrucción modular con entramado de madera y tapial", en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de campos 2013*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 247-258.
- xix. JOVÉ, FÉLIX; HERNÁN, LÍDER; SOLANO, JUAN; "Prototipo de vivienda construida con BTC y caña guadua para su aplicación en la región de Manabí, Ecuador" en, *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 329-340.
- xx. JOVÉ SANDOVAL, FÉLIZ; MUÑOZ DE LA CALLE, DAVID; PAHÍNO RODRÍGUEZ, LUIS: "Ensayos de erosión hídrica sobre muros de tierra (fábrica de BTC). Método, resultados y discusión" en, *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 193-204.
- xxi. MENDEZ, MARÍA TERESA: "Construcción de un módulo de adobe reforzado con mallas de junco en cañete, Lima, Perú" en, *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 341-349.
- xxii. MOREIRA, JORGE; OLMOS, PEDRO; QUIMIS, ABEL; VERA, FRANCISCO: "Caracterización de suelos para la construcción de vivienda social en la región de Manabí, Ecuador", en *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 231-248.

- xxiii. REA LOZANO, VERÓNICA: “Uso de la caña guadua como material de construcción: evaluación medioambiental frente a sistemas constructivos tradicionales”. Trabajo Fin de Máster. Máster Universitario en Innovación Tecnológica en Edificación. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid. 2012. Disponible en URL: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/356/1/T-SENESCYT-0126.pdf>
- xxiv. LÓPEZ VIEJO, LUIS; LORENZAN FERNÁNDEZ, MARTA: “Construcción con tierra. Deconstrucción y construcción de una Vivienda Unifamiliar Aislada utilizando Técnicas de Construcción con Tierra y siguiendo Criterios Bioclimáticos”. Disponible en URL: [portal.uah.es/portal/page/portal/GP\\_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-33171/TAB42351/Construccion%20con%20Tierra.pdf](portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-33171/TAB42351/Construccion%20con%20Tierra.pdf)
- xxv. PASTORELLI, GIULIANO: “Vivienda Básica Progresiva - VBP / Cristián Berríos”. Marzo de 2010. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios)
- xxvi. PASTORELLI, GIULIANO: “Células Sociales para la Emergencia / Jose Ulloa Davet & Delphine Ding”. Junio de 2010. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding)
- xxvii. ROMERO GIRÓN, ANA; RODRÍGUEZ GARCÍA, REYES; CANIVELL, JACINTO: “Iniciación al análisis del cumplimiento del Código Técnico de la edificación mediante el empleo del BTC como material de construcción”, en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 295-306.
- xxviii. SAINZ GUERRA, JOSÉ LUIS; JOVÉ SANDOVAL, FÉLIX; DEL CAZ, ROSARIO; OLMOS, PEDRO; CAMINO, MIGUEL: “Proyecto de cooperación internacional de la Universidad de Valladolid, España, y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. La mejora de la vivienda en Manta a través de la investigación interuniversitaria”, en *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 341-352.
- xxix. SAINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: “Cómo puede ayudar el conocimiento de la construcción sostenible en el desarrollo de las ciudades. El ejemplo de Manta. Proyecto de cooperación internacional de la Universidad de Valladolid, España y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador”, en *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 353-366.
- xxx. SORIA LÓPEZ, FRANCISCO JAVIER; GUERRERO, LUIS; LARRONDO, MARIO: “Técnicas de construcción con tierra. Desarrollo de prototipo experimental” en, *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 297-304.
- xxxi. SORIA LÓPEZ, FRANCISCO JAVIER; GUERRERO BACA, LUIS FERNANDO; ROUX GUTIÉRREZ, RUBÉN SALVADOR: “Investigación interuniversitaria sobre construcción alternativa con tierra en México” en, *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 229-240.
- xxxii. TOMÁS FRANCO, JOSÉ: “En Detalle: Construcción con botellas recicladas”. Noviembre de 2011. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas)

- xxxiii. TOMÁS FRANCO, JOSÉ: “Nave Tierra”: La casa autosustentable de Michael Reynolds en Argentina”. Febrero de 2014. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-332732/nave-tierra-la-casa-autosustentable-de-michael-reynolds-en-argentina](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-332732/nave-tierra-la-casa-autosustentable-de-michael-reynolds-en-argentina)
- xxxiv. TOMÁS FRANCO, JOSÉ: “En Detalle: experiencia de construcción con Botellas de Vidrio”. Septiembre de 2014. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/626679/en-detalle-experiencia-de-construccion-con-botellas-de-vidrio](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626679/en-detalle-experiencia-de-construccion-con-botellas-de-vidrio)
- xxxv. TOMÁS FRANCO, JOSÉ: "Reciclaje de materiales en Rapa Nui: cómo se construye el nuevo proyecto del "Guerrillero de la Basura"". Enero de 2015. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/761128/reciclaje-de-materiales-en-ropa-nui-como-se-construye-el-nuevo-proyecto-del-guerrillero-de-la-basura](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761128/reciclaje-de-materiales-en-ropa-nui-como-se-construye-el-nuevo-proyecto-del-guerrillero-de-la-basura)
- xxxvi. TOMÁS FRANCO, JOSÉ: “Arquitectos que hacen visible una esperanza (para la comunidad y para la profesión)”. Junio de 2015. Plataforma Arquitectura. Disponible en URL: [www.plataformaarquitectura.cl/cl/767042/arquitectos-que-hacen-visible-una-esperanza-para-la-comunidad-y-para-la-profesion](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/767042/arquitectos-que-hacen-visible-una-esperanza-para-la-comunidad-y-para-la-profesion)

Otros enlaces consultados:

- i. <http://ecococos.blogspot.com.es/2011/03/cal-earth-construccion-con-sacos-de.html>
- ii. <http://ecococos.blogspot.com.es/2012/04/superadobe.html>
- iii. [www.elementalchile.cl](http://www.elementalchile.cl)
- iv. [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-309072/villa-verde-elemental](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-309072/villa-verde-elemental)
- v. [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-38418/elemental-monterrey](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-38418/elemental-monterrey)
- vi. [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile)
- vii. [www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva)
- viii. [www.signus.es](http://www.signus.es)

Contenidos multimedia consultados:

- i. ARAVENA, ALEJANDRO: “Mi filosofía es introducir a la comunidad en el proceso”, en TED talks. Octubre de 2014. Disponible en URL: [www.ted.com/talks/alejandro\\_aravena\\_my\\_architectural\\_philosophy\\_bring\\_the\\_community\\_into\\_the\\_process](http://www.ted.com/talks/alejandro_aravena_my_architectural_philosophy_bring_the_community_into_the_process)
- ii. BAN, SIPHERU: “Refugios de emergencia hechos de papel”, en TED talks. Mayo de 2013. Disponible en URL: [www.ted.com/talks/shigeru\\_ban\\_emergency\\_shelters\\_made\\_from\\_paper](http://www.ted.com/talks/shigeru_ban_emergency_shelters_made_from_paper)
- iii. REYNDOLS, MIKE: “Bioconstrucción. El guerrero de la basura.”. Documental. Septiembre de 2012. Disponible en URL: [www.youtube.com/watch?v=ZfqGQXzIAAE](http://www.youtube.com/watch?v=ZfqGQXzIAAE)

## 7. Índice de figuras.

- **Figura 1:** Poster promocional del Plan Marshall. Disponible en [www.temporamagazine.com/wp-content/uploads/Plan-Marshall-11.jpg](http://www.temporamagazine.com/wp-content/uploads/Plan-Marshall-11.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 2:** Viñeta de Mafalda en relación a la cooperación Norte-Sur. Disponible en [http://4.bp.blogspot.com/-M\\_Uizb4qfc8/VSIADFQpajI/AAAAAAAAAWw8/9PjsT\\_WAC\\_I/s1600/mafalda%2Bcooperacion.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-M_Uizb4qfc8/VSIADFQpajI/AAAAAAAAAWw8/9PjsT_WAC_I/s1600/mafalda%2Bcooperacion.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 3:** Campaña publicitaria de Arquitectos Sense Fronteras. Disponible en <http://asfes.org/files/imagenes/imatge%20base.preview.jpg> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 4:** El problema de las “3S”, Alejandro Aravena. Disponible en [http://citywiki.ugr.es/wk/images/0/0a/3scale\\_speed.jpg](http://citywiki.ugr.es/wk/images/0/0a/3scale_speed.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 5:** Espacio de Paz en Punta Arenas, Venezuela (2015). Disponible en <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/767042/arquitectos-que-hacen-visible-una-esperanza-para-la-comunidad-y-para-la-profesion/5575905fe58ece3e7b000187-arquitectos-que-hacen-visible-una-esperanza-para-la-comunidad-y-para-la-profesion-foto> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 6:** Evolución de la propuesta de Elemental con el paso del tiempo. Disponible en [http://himawari8.com.br/wp-content/uploads/2013/12/QM\\_03.jpg](http://himawari8.com.br/wp-content/uploads/2013/12/QM_03.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 7:** Idea de la propuesta por Alejandro Aravena. Disponible en [http://3.bp.blogspot.com/-BWYCwwhvQOE/VF1TEJLmRqI/AAAAAAAAKYU/FM8x4QAa008/s1600/141106\\_TED.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-BWYCwwhvQOE/VF1TEJLmRqI/AAAAAAAAKYU/FM8x4QAa008/s1600/141106_TED.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 8:** Viviendas en planta baja, posibles distribuciones. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 9:** Viviendas tipo dúplex, planta primera; posibles distribuciones. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 10:** Viviendas tipo dúplex, planta segunda; posibles distribuciones. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental-chile) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 11:** Proceso constructivo de la propuesta. Disponible en <http://guttlab.files.wordpress.com/2012/01/elemental-various-3.jpg> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 12:** Niños jugando en Quinta de Monroy. Disponible en <http://i.ytimg.com/vi/0vsGNQdpeTs/maxresdefault.jpg> . Consulta realizada en agosto de 2015.

- Figura 13: Conjunto de viviendas básicas progresivas. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 14: Vivienda para 8 personas, plantas. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 15: Axonometría explotada de la propuesta. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 16: Posibles crecimientos de la propuesta. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39187/vivienda-basica-progresiva-vbp-cristian-berrios) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 17: Propuesta de ELEMENTAL S.A. para Villa Verde. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-309072/villa-verde-elemental](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-309072/villa-verde-elemental) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 18: Imagen de la propuesta. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 19: Diferentes usos de la célula básica. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 20: Agrupación de células formando una comunidad. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 21: Imagen de la propuesta. Disponible en Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 22: Mediagua tradicional chilena. Disponible en <http://energiayhabitabilidad.files.wordpress.com/2012/06/media-agua.png> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 23: Distribución del módulo base, posibilidades de crecimiento. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 24: Crecimiento y agrupación de los módulos. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediagua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva) . Consulta realizada en agosto de 2015.

- **Figura 25:** Estructura del módulo base en planta. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediaqua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770155/repensando-la-tradicional-mediaqua-noa-18-plus-6-vivienda-de-emergencia-autoprogresiva) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 26:** Imágenes exteriores de una vivienda cocina. Disponible en *BESTRATEN, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio. "Viviendas de adobe en Camerún". En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [Online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 367-376.* Consulta realizada en agosto 2015.
- **Figura 27:** Construcción de la vivienda, muros de adobe. Disponible en *BESTRATEN, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio. "Viviendas de adobe en Camerún". En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [Online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 367-376.* Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 28:** Celosías y sistemas de telas cosidas. Disponible en *BESTRATEN, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio. "Viviendas de adobe en Camerún". En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [Online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 367-376.* Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 29:** Cimentación y canales de recogida de pluviales. Disponible en *BESTRATEN, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio. "Viviendas de adobe en Camerún". En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [Online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 367-376.* Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 30:** Plantas y alzados del prototipo de vivienda. Disponible en *BESTRATEN, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio. "Viviendas de adobe en Camerún". En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [Online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 367-376.* Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 31 (izq.):** Proceso constructivo de adobes. Disponible en [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/RomaniaDanubeDelta\\_MakingMaterialForConstructing0002jpg.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/RomaniaDanubeDelta_MakingMaterialForConstructing0002jpg.JPG) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 31 (dcha.):** Proceso constructivo de un muro de tapial. Disponible en [www.asociacion-andalus.org/andalus/images/stories/attachments/article/164/Tapial%204.jpg](http://www.asociacion-andalus.org/andalus/images/stories/attachments/article/164/Tapial%204.jpg). Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 32 (izq.):** Prensa CINVA-RAM. Disponible en [www.flickr.com](http://www.flickr.com) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 32 (dcha.):** Máquina de prensado industrializado. Disponible en [www.youtube.com/watch?v=xV44bsxGkyo](http://www.youtube.com/watch?v=xV44bsxGkyo) . Consulta realizada en agosto de 2015.

- **Figura 33:** Bloque de BTC ligero, Cannabric, bloque entero, tres-cuartos y medio bloque. Disponible en [http://www.w.casabioclimatica.com/images/productes/l/l\\_ppal\\_fsw4.png](http://www.w.casabioclimatica.com/images/productes/l/l_ppal_fsw4.png) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 34:** Ejemplo de construcción con BTC. Disponible en <http://www.heicon.com.co/hcn/index.php/btc> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 35 (izq.):** Croquis del proceso de construcción con superadobe. Disponible en [http://helenadecoratucasa.files.wordpress.com/2015/03/rogerio\\_aa.jpg?w=350&h=200&crop=1](http://helenadecoratucasa.files.wordpress.com/2015/03/rogerio_aa.jpg?w=350&h=200&crop=1) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 35 (dcha.):** Ejemplo de construcción con superadobe. Disponible en <http://ecococos.blogspot.com.es/2011/03/cal-earth-construccion-con-sacos-de.html> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 36:** Sistema semi-prefabricado de paneles de tierra-paja. Elaboración de los paneles. Disponible en DEL RÍO MUÑOZ, MÓNICA; SAINZ ESTEBAN, ALICIA: "La evolución de los sistemas constructivos en tierra", en *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 57-68. Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 37:** Elaboración de módulos para la construcción de muros. Disponible en DEL RÍO MUÑOZ, MÓNICA; SAINZ ESTEBAN, ALICIA: "La evolución de los sistemas constructivos en tierra", en *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 57-68. Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 38:** Vivienda realizada con Tecnobarro. Disponible en DEL RÍO MUÑOZ, MÓNICA; SAINZ ESTEBAN, ALICIA: "La evolución de los sistemas constructivos en tierra", en *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. pp. 57-68. Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 39:** Ejemplo de guadua angustifolia Kunth. Disponible en <http://suboimagen.infojardin.com/subire/images/5372a98dd5986.JPG> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 40:** Diferentes métodos de secado de la caña guadua. Disponible en AEDO CARAZAS, WILFREDO; RIVERO OLMOS, ALBA: "Bahareque. Guía de construcción parasísmica". MISEREOR. Agosto de 2002. Disponible en URL: [www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf](http://www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- **Figura 41:** Método de protección por inmersión. Disponible en AEDO CARAZAS, WILFREDO; RIVERO OLMOS, ALBA: "Bahareque. Guía de construcción parasísmica". MISEREOR. Agosto de 2002. Disponible en URL: [www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf](http://www.misereor.org/fileadmin/redaktion/Guia%20de%20construccion%20-%20Bahareque.pdf) . Consulta realizada en agosto de 2015.

- Figura 42: Pabellón de bambú para la Expo de Hannover. Disponible en: [http://www.artifexbalear.org/img/con\\_bio/sim\\_vel3iq.jpg](http://www.artifexbalear.org/img/con_bio/sim_vel3iq.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 43: Eco Materiales: Ecu Bam, Plas Bam, Trip Bam y Ester Bam, respectivamente. Disponible en CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: “Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador”. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014. Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 44: Distintas partes de la caña. Disponible en REA LOZANO, VERÓNICA: “Uso de la caña guadua como material de construcción: evaluación medioambiental frente a sistemas constructivos tradicionales”. Trabajo Fin de Máster. Máster Universitario en Innovación Tecnológica en Edificación. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid. 2012. Disponible en URL: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/356/1/T-SENECYT-0126.pdf> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 45 (izq.): Ejemplo de muro macizo. Disponible en [200.11.241.20/img/imagenes/VE-IPC-0005KX20120909073438-CasaBaharequeConstruc.jpg](http://200.11.241.20/img/imagenes/VE-IPC-0005KX20120909073438-CasaBaharequeConstruc.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 45 (dcha.): Ejemplo de muro vacío. Disponible en [img3.adsttc.com/media/images/54db/7a74/e58e/ce96/bb00/000d/large\\_jpg/DSC\\_0690.jpg?1423669870](http://img3.adsttc.com/media/images/54db/7a74/e58e/ce96/bb00/000d/large_jpg/DSC_0690.jpg?1423669870) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 46 (izq.): Bahareque embutido. Disponible en Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. “Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareque tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002”. P. 6-9. Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 46 (dcha.): Bahareque de tabla. Disponible en Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. “Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareque tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002”. P. 6-9. Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 47 (izq.): Bahareque metálico. Disponible en Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. “Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareque tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002”. P. 6-9. Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 47 (dcha.): Bahareque encementado. Disponible en Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. “Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareque tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002”. P. 6-9. Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 48: Construcción con botellas recicladas. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 49: Construcción con botellas recicladas. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas) . Consulta realizada en agosto de 2015.

- Figura 50: Construcción con botellas recicladas. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 51: Croquis del proceso constructivo con botellas de vidrio. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/626679/en-detalle-experiencia-de-construccion-con-botellas-de-vidrio](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626679/en-detalle-experiencia-de-construccion-con-botellas-de-vidrio) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 52: Ejemplos de la primera técnica explicada. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/626679/en-detalle-experiencia-de-construccion-con-botellas-de-vidrio](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626679/en-detalle-experiencia-de-construccion-con-botellas-de-vidrio) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 53 (izq.): Ladrillo de vidrio. Disponible en <http://ecocosas.com/arg/paredes-botellas-vidrio/> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 53 (dcha.): Ejemplo de su aplicación como cerramiento. Disponible en [www.yalosabes.com/images//MichaelReynolds-06.jpg?6672a2](http://www.yalosabes.com/images//MichaelReynolds-06.jpg?6672a2) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 54: Tercera técnica, colocación vertical de las botellas. Disponible en <http://ecocosas.com/arg/paredes-botellas-vidrio/> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 55: Montaña de neumáticos usados. Disponible en [http://tallerbarato.com/files/uploads/neumaticos\\_reciclados.jpg](http://tallerbarato.com/files/uploads/neumaticos_reciclados.jpg) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 56: NFU utilizados en la construcción de un talud. Disponible en <http://www.signus.es/es/cadena-de-valor/reciclaje-y-valorizacion-material/info/aplicaciones-de-los-neumaticos-reciclados> . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 57: Earthship, la casa autosustentable de Michael Reynolds en Argentina. Disponible en [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-332732/nave-tierra-la-casa-autosustentable-de-michael-reynolds-en-argentina](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-332732/nave-tierra-la-casa-autosustentable-de-michael-reynolds-en-argentina) . Consulta realizada en agosto de 2015
- Figura 58: Proceso de compactación de tierra en un NFU. Disponible en [http://4.bp.blogspot.com/-zEeN1MYb0Ms/TXgOSb\\_YBYI/AAAAAAAAAAw/cdrWH\\_oFoQ/s1600/Dibujo%2B3.bmp](http://4.bp.blogspot.com/-zEeN1MYb0Ms/TXgOSb_YBYI/AAAAAAAAAAw/cdrWH_oFoQ/s1600/Dibujo%2B3.bmp) . Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 59: Manabí, Ecuador. Disponible en <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa-manabi.png> .Consulta realizada en agosto de 2015.
- Figura 60: Diferentes tipologías de vivienda tradicional. Disponible en CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: "Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador". Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014. Consulta realizada en agosto de 2015.

- **Figura 61:** Casas del Rio de Guayaquil. Dibujo de la expedición científica de Jorge Juan y Antonio de Ulloa en 1736. Disponible en. Consulta realizada en agosto de 2015. Disponible en *SAINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: “Cómo puede ayudar el conocimiento de la construcción sostenible en el desarrollo de las ciudades. El ejemplo de Manta. Proyecto de cooperación internacional de la Universidad de Valladolid, España y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador”, en Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 353-366. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- **Figura 62:** Vivienda Tradicional Manabita. Planta elevada del suelo mediante pilotes de madera. Estructura vertical de madera y horizontal de caña, cerramientos de “quincha” de caña picada y barro y cubierta vegetal. Disponible en *CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: “Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador”. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- **Figura 63:** Vivienda tradicional manabita, en la que ha sustituido el tejado de paja por una cubierta metálica. Disponible en *SAINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: “Cómo puede ayudar el conocimiento de la construcción sostenible en el desarrollo de las ciudades. El ejemplo de Manta. Proyecto de cooperación internacional de la Universidad de Valladolid, España y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador”, en Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 353-366. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- **Figura 64:** Aeropuerto Internacional Eloy Alfaro (izq.) y Puerto de Aguas Profundas (dcha.). Disponible en *CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: “Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador”. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- **Figura 65:** Asentamiento irregular de La Revancha. Disponible en *SAINZ GUERRA, JOSÉ LUIS; JOVÉ SANDOVAL, FÉLIX; DEL CAZ, ROSARIO; OLMOS, PEDRO; CAMINO, MIGUEL: “Proyecto de cooperación internacional de la Universidad de Valladolid, España, y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. La mejora de la vivienda en Manta a través de la investigación interuniversitaria”, en Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 341-352. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- **Figura 66:** Prototipos del programa “Si vivienda”. Disponible en *SAINZ GUERRA, JOSÉ LUIS; JOVÉ SANDOVAL, FÉLIX; DEL CAZ, ROSARIO; OLMOS, PEDRO; CAMINO, MIGUEL: “Proyecto de cooperación internacional de la Universidad de Valladolid, España, y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. La mejora de la vivienda en Manta a través de la investigación interuniversitaria”, en Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. pp. 341-352. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- **Figura 67:** Prototipos del programa “Si vivienda”. Disponible en <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2012/12/manta.jpg> . Consulta realizada en agosto de 2015.

- Figura 68: Antecedentes. Proyecto UVA-ULEAM en colaboración con AECID. Disponible en Disponible en *CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: "Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador". Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014. Consulta realizada en agosto de 2015.*
- Figura 69: Célula básica de vivienda. Elaboración propia
- Figura 70: Soportal comercial. Elaboración propia
- Figura 71: Posible configuración del patio trasero. Elaboración propia
- Figura 72: Primera fase de crecimiento. Elaboración propia.
- Figura 73: Detalle de una ventana tradicional (chaza manabita). Disponible en Disponible en *CAMINO SOLÓRZANO, ALEJANDRO MIGUEL; SÁINZ GUERRA, JOSÉ LUIS: "Hábitat social digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí, Ecuador". Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad de Valladolid en colaboración con AECID. 2014. Consulta realizada en agosto de 2015.*