

**Luca Bullaro**

lbullaro@unal.edu.co

lucabullaro@hotmail.com



M

**ódulos habitacionales ecológicos**  
*Ecological housing modules*

Primera versión recibida 16 de febrero 2016  
Versión final aprobada 16 de mayo 2016

## **Resumen**

*El artículo es una reflexión a partir de la experiencia realizada en Medellín, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, en el ámbito de la investigación denominada “Proyecto de vivienda modular, ecológica y autosuficiente”, con el fin de establecer propuestas para el desarrollo de un modelo arquitectónico que incida positivamente en los ciudadanos, mejorando las condiciones de vida, las relaciones sociales, la creatividad y la autoproducción. Se indagó sobre el proyecto de espacios autosuficientes, la aplicación de conceptos bioclimáticos y la incorporación de nuevas tecnologías verdes. Fundamental objetivo es la concientización de los jóvenes estudiantes sobre la responsabilidad de dar vida a nuevos entornos paisajísticos en los cuales la arquitectura genere espacios sanos, incluyentes y productivos.*

## **Palabras clave**

*Arquitectura ecológica, Autosuficiencia energética, prefabricación humana, viviendas modulares.*

## **Abstract**

*This articles is a reflection of an experience made in Medellín, in the school of Architecture from Universidad Nacional de Colombia, in the research area called “Modular, ecological and self-sufficient home project”, in order to establish proposals for the development of an architectural model that citizens have a positive impact on improving the living conditions, social relations, creativity and self-production. It inquired about the self-sufficient spaces project, the application of bioclimatic concepts and incorporating new green technologies. Main objective is the awareness of young students on the responsibility of giving life to new environments in which landscape architecture generate healthy, inclusive and productive spaces.*

## **Keywords**

*Ecological Architecture, Self-sufficient energy, Human prefabrication, Modular Home.*

Luca Bullaro\*\*

lbullaro@unal.edu.co

lucabullaro@hotmail.com

### Introducción

Los gobiernos del país plantean retos importantes a los planificadores y a los arquitectos, en el ámbito del desarrollo territorial. El campo académico tiene la responsabilidad de proponer investigaciones, soluciones y de ejecutar programas de gran alcance. Las metas del gobierno nacional en planificación de nueva infraestructura habitacional son las más ambiciosas jamás planteadas y aglomeran la convicción de que, para sacar de la pobreza y del subdesarrollo a un gran número de ciudadanos, fomentar la educación y el crecimiento social y creativo, una estrategia fundamental es el desarrollo de conjuntos arquitectónicos más humanos, ecológicos e incluyentes.

Para lograr estos fines, es necesario el proyecto y la realización de espacios físicos planeados y realizados a partir de la aplicación de conceptos naturales e innovadores: lugares habitacionales y productivos, que fomenten la creatividad y la inclusión social.

La base analítica de la investigación que sustenta este artículo es una reflexión sobre el estado del arte en el tema de vivienda rural contemporánea, sobre los problemas ligados a la construcción en áreas aisladas del territorio colombiano y sobre los aspectos tecnológicos y constructivos que se pueden implementar en condiciones de este tipo.

---

\* El artículo deriva de la investigación "*Poesía y Técnica*" sobre la obra de Oscar Niemeyer que, a partir de 2011, se va desarrollando en el ámbito de las pesquisas en historia, crítica y proyecto de la *Universidad Nacional de Colombia*, en Medellín.

\*\* Arquitecto, Ph.D., en Proyectos arquitectónicos - Università degli studi di Palermo, Italia, en cotutela con el doctorado "Proyectos arquitectónicos" Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.

Maestría "Arquitectura: Crítica y Proyecto" UPC-ETSAB, Barcelona, España. Docente de la Facultad de Arquitectura Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

En 2011 gana el concurso para el proyecto de la "Plaza Fundadores" en el campus de la UPB, Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia y desarrolla el proyecto (en fase de construcción) de la Ciudadela habitacional Comfenalco en Apartadó, Colombia.

Entre 2012 y 2015 desarrolla las investigaciones "*Poesía y Técnica*" sobre la poética de Oscar Niemeyer y "*Arquitectura para la democracia*" sobre la obra juvenil de Josep Lluís Sert.

Ha expuesto sus proyectos en Ferrara ("Premio Biagio Rossetti", 2003), en Roma y Barcelona ("NIB-ICAR 2004"), en Chicago ("Sicilia Olanda", 2007), en la Triennale di Milano ("Medaglia d'Oro all'Architettura italiana", 2009), en el "Design week" de Estambul (2009) y en la "VI Bienal Europea de Paisaje" de Barcelona (2010).

Ha dictado conferencias en Roma, Alicante, Barcelona, Manizales, Cali, Bucaramanga, Santiago de Chile, Valparaíso, Buenos Aires, México y Rio de Janeiro.

## Principios conceptuales

El estudio pretendió generar un conjunto de ensayos sobre un nuevo modelo de sistema habitacional autosostenible, con el fin de reflexionar, analizar, reinterpretar y proponer hipótesis proyectuales para el desarrollo de una arquitectura de bajo presupuesto y de bajo impacto ambiental, utilizando el mínimo de material posible y configurando unos espacios cómodos, amables y en relación orgánica con el entorno.<sup>1</sup>

Tema básico de la exploración es la participación en el debate mundial sobre la génesis de sistemas espaciales de alta calidad humana, en los cuales las zonas edificadas se concatenen con el territorio natural y paisajístico.<sup>2</sup>

El objetivo general es establecer un nuevo modelo arquitectónico que incida positivamente en los ciudadanos, mejorando las condiciones de vida, las relaciones sociales, la creatividad y el aprendizaje. Asimismo, crear una arquitectura pedagógica gracias a la cual los usuarios asimilen los nuevos conceptos a partir de la observación del espacio físico en el cual viven, estudian y trabajan. Con todo, generar una integración entre espacio, naturaleza y producción de energía verde, agua y alimentos.<sup>3</sup>

En el transcurso de la pesquisa se eligió fusionar la parte analítica con la propositiva y generar una serie de hipótesis proyectuales, que tienen como objetivos:

1. Racionalizar y minimizar el uso de los recursos naturales.
2. Utilizar materiales típicos de cada región, fructificando las riquezas

paisajísticas, artesanales y tectónicas propias.

3. Generar un desarrollo proyectual por módulos<sup>4</sup> que permita realizar los proyectos por etapas sucesivas.
4. Incorporar el tema de la flexibilidad arquitectónica y espacial, con el fin de responder a las exigencias variables de los usuarios, y según las diferentes zonas climáticas, paisajísticas y sociales del país.
5. Implementar nuevas tecnologías relativas al aprovechamiento de energías alternativas, con el objetivo de generar proyectos modélicos de sostenibilidad y compromiso con el medio ambiente.
6. Establecer un nuevo modelo de construcción de espacios modulares ecológicos y autosuficientes.
7. Aplicar conceptos relativos a la arquitectura orgánica, bioclimática y autosuficiente.

## Metodología

Entre las estrategias metodológicas que se implementaron en el ámbito del desarrollo de la investigación, se quieren enumerar:

1. La creación de un grupo multidisciplinario, con el fin de fomentar el diálogo constructivo entre enfoques de diferente tipo.
2. La revisión de los antecedentes y de los referentes, fuera y dentro de Colombia.
3. La elección y el estudio del lugar y de sus características geográficas y culturales.
4. El análisis de los materiales típicos y de las características constructivas de la arquitectura popular del área.
5. El desarrollo de un sistema de entrevistas a autores colombianos

reconocidos en el campo de la pesquisa.

La primera fase de la pesquisa se reservó a la definición del problema y la configuración del equipo básico gracias al cual se entabló un dialogo dinámico que consiguió reforzar el trabajo teórico, analítico y de proyecto. Se han ido, de esta forma, concatenando los enfoques provenientes de los estudiantes de la Facultad y de los varios participantes: arquitectos, artistas, ingenieros, botánicos y expertos de materiales y de técnicas constructivas.

En el curso del ensayo académico se implementaron dos etapas específicas que se han venido entrelazando: una teórica y una práctica. En la primera, se analizó el tema, los posibles logros, los referentes y se desarrolla un sistema de entrevistas con expertos colombianos en materia de construcción de viviendas modulares, prefabricadas y de bajo coste. Se cumplen también análisis arquitectónicos, climáticos y paisajísticos de algunas zonas rurales de Antioquia, con el fin de elegir el sitio para la definición del proyecto piloto. En la segunda fase, se desarrolla el conjunto de esquemas proyectuales que tienen el objetivo de aplicar las reflexiones de los meses anteriores.

### **Fase uno. Análisis de los referentes**

En una fase introductoria. Gracias a la implementación de la metodología dialógica del *team working*, se procedió en el análisis de unos ejemplos modélicos de espacios modulares realizados en Colombia y se estudiaron diferentes proyectos paradigmáticos fuera del país. Se emprendió también el análisis de las consideraciones

teóricas de Buckminster Fuller, de los maestros Charles y Ray Eames, de Le Corbusier, de Jean Prouvé <sup>5</sup> -con sus prototipos de viviendas prefabricadas para climas tropicales, en especial modo la *Maison Tropical*- de los contemporáneos Lacaton y Vassal y Javier Senosiain.<sup>6</sup>

En el ámbito local, se analizó la experiencia del *Solar Decathlon* de Cali, aquella de Luis Suárez en Antioquia y los proyectos desarrollados para zonas aisladas del territorio colombiano por el grupo de investigación *Ignea*, de la *Facultad de Minas* de la *Universidad Nacional de Colombia*, en Medellín, con el apoyo del arquitecto Sebastián Bedoya. Él ha tenido la posibilidad de desarrollar, construir y monitorear unos proyectos en áreas alejadas del país: unos prototipos realizados en escala 1:1 en los que se aplicaron técnicas y materiales tradicionales, asociados a nuevas tecnología y gracias a los cuales el grupo ganó una mención especial en el Premio Corona de 2013.

El arquitecto Luis Suárez coleccionó una experiencia plurianual sobre la concepción, la definición, el desarrollo y la realización de espacios modulares semiprefabricados, y en algunos casos móviles, como en los primeros ensayos de la casa "Artropo". Su obra se basa en la aplicación de sistemas contemporáneos, utilizando a menudo una económica y resistente estructura metálica y trabajando con sistemas de revestimientos livianos y de bajo presupuesto, como por ejemplo la doble tela plastificada que define la superficie curva de la bóveda del prototipo realizado en Santa Elena, Antioquia. Importante para el desarrollo de la pesquisa fue también la realización de un sistema

de entrevistas con el arquitecto colombiano Alejandro Morales, quien posee una experiencia de varios años en la realización de viviendas de muy bajo presupuesto en las cuales la componente estructural juega un papel protagonista, sin ser redundante desde el punto de vista morfológico.

**12 La experiencia del Solar Decathlon.** La competencia internacional *SOLAR DECATHLON Latin America & Caribbean 2015*<sup>7</sup> generó unas reflexiones esenciales sobre la urgente necesidad de definición, desarrollo y construcción de un nuevo tipo de arquitectura que contribuya a respetar y cuidar el medioambiente y que genere unas condiciones de vida de alto nivel en el ámbito de la vivienda.

En la *Villa Solar*, en el interior del Campus de la Universidad del Valle, sede de la competencia, se desplegaron unos ejemplos modélicos de espacios modulares: diferentes prototipos de viviendas proyectados y construidos por diferentes universidades colombianas - de Cali, Bogotá, Medellín - y extranjeras, de U.S.A., Inglaterra, Perú, México y Panamá.

En ocasión de la presentación de las propuestas, en Cali, se analizaron las características urbanas y arquitectónicas de los proyectos y la construcción de los prototipos ejecutados en escala 1:1, algunos de los cuales fusionan modernas tecnologías y materiales tradicionales como la madera, la tierra, la guadua. De gran interés, en este sentido, la propuesta de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín - que concatena técnicas constructivas modernas con una reinterpretación de

materiales y técnicas antiguas, como la tierra compactada y los elementos permeables para la génesis de varios tipos de pieles realizados con elementos livianos y económicos en caña brava.

El proyecto de la Facultad de Arquitectura de la Universidad San Buenaventura de Cali muestra una vivienda generada a partir de la yuxtaposición de tres módulos prefabricados de hormigón armado que definen al mismo tiempo el suelo, dos de las cuatros paredes y la cubierta. Uno de los módulos genera el espacio de la sala, el otro la zona húmeda y el último acoge las dos alcobas con la posibilidad de subdivisión en dos espacios más pequeños, gracias a la presencia de cuatro módulos de mobiliario con ruedas, dos de los cuales esconden en su interior las camas. Otro módulo de mobiliario en madera posicionado en la sala principal esconde en su interior la cama matrimonial. La piel es completamente permeable y determinada por una estructura mixta de metal, pintado de negro, y madera de tonalidad oscura con elementos que permiten el paso de la brisa pero no admiten la entrada de la lluvia. La piel exterior se apoya a los muros de concreto solamente en pocos puntos y genera un sistema perimetral de espacios vacíos de cinco centímetros que ayuda a refrescar el espacio interior y genera efectos poético de relación entre luz y sombra, cambiantes al variar de las horas del día y de las condiciones climáticas.

El proyecto de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Javeriana de Bogotá, que ganó el premio de arquitectura, es uno de los módulos más experimentales y una

sugestiva reflexión sobre el concepto de flexibilidad armónica.

Desde el punto de vista estructural posee solamente cuatro columnas: aspecto que determina un notable ahorro de material y la posibilidad de generar una total permeabilidad y fluidez en el espacio interior. El único bloque fijo es el baño, de un metro por tres en planta. Los elementos de la cocina, aparte del lavabo, permiten desplazarse según las diferentes exigencias y configuraciones espaciales: están posicionados sobre muebles con ruedas. Los armarios, que presentan la misma posibilidad, no tocan el suelo: están suspendidos diez centímetros y se desplazan sobre sencillos rieles metálicos posicionados en los estrados de la cubierta. Uno de los armarios esconde la cama matrimonial; las otras dos camas están suspendidas, en forma de pequeños mezanines gracias a la resistencia proporcionada por la otra esbelta estructura metálica que configura los módulos interiores de tres por tres metros y que permiten varios tipos de configuraciones gracias a la posibilidad de desplazarse sobre ruedas. El movimiento es sencillo y no necesita mucho esfuerzo.

El análisis de este prototipo generó una importante reflexión sobre los espacios de residencia para las viviendas de interés social y para aquella destinada a solteros, a jóvenes parejas, o a los estudiantes, que no poseen la capacidad económica para vivir en espacios de grandes dimensiones. La idea de que las camas, o la mesa, cuando no se utilizan estén escondidas dentro del sistema de mobiliario es un concepto sencillo y contundente que se podría

aplicar a un gran número de edificios de viviendas de interés social.

El prototipo representa una especulación clara -y perfectamente aplicable en el próximo futuro- sobre la importancia de la flexibilidad en los espacios reducidos de la arquitectura de las viviendas. El espacio único, sin columnas intermedias y sin tabiques, transmite una sensación muy placentera de amplitud espacial completamente opuesta a la que trasfiere la estancia en los miles de apartamento de interés social que se están construyendo fuera y dentro del País.

**El Congreso Nacional de Vivienda de la UNAM.** Para la definición del proyecto de investigación fue de interés la participación en el 2° Congreso Nacional de Vivienda organizado por la Facultad de Arquitectura de la UNAM de la Ciudad de México, en mayo de 2015. Los primeros dos ejes temáticos del congreso se enfocaron hacia la producción sostenible y ecológica de vivienda y de nuevos barrios: el debate se concentró en la importancia del ahorro de material y del reciclaje a la hora de realizar nuevas construcciones, se criticó la política nacional que en los últimos años pretende construir “macro conjuntos de micro viviendas periféricas” y se propuso la planeación de proyectos holísticos, autosuficiente, humanos y verdes, construidos con materiales tradicionales o con nuevos materiales ecológicos, con el fin de generar conjuntos que fusionen vivienda, comercio y producción y que presenten facilidad de conexión con las varias zonas de la urbe. En el ámbito del “Eje temático 2”, denominado “Sostenibilidad, diseño urbano y arquitectónico”, se propuso una estrategia de proyecto para la génesis

de una arquitectura habitacional de alta responsabilidad ética y ambiental. Se precisaron en esta ocasión algunos de los puntos claves que se implementaron en el proyecto piloto, entre los cuales se destacaron: correspondencia entre micro y macro escala; producción de energía verde; prefabricación humana; utilizzo de recursos y materiales locales; implementación de sistemas bioclimáticos para responder de forma adecuada a climas particulares; desarrollo de espacios públicos tridimensionales y productivos; aplicación de antiguas enseñanzas constructivas; concientización sobre el íntimo respeto hacia la madre tierra; fusión entre elementos naturales y artificiales.

### **Fase dos. Concatenación entre teoría y práctica**

El análisis de los referentes nacionales e internacionales y las reflexiones teóricas generadas han servido de base para la definición de un ADN conceptual para las viviendas modulares. Estas leyes pueden concientizar estudiantes, profesionales y políticos sobre la responsabilidad de actuar de forma sabia para construir nuevos entornos en los cuales la arquitectura genere un espacio habitacional amable, creativo e incluyente. Se describen aquí los conceptos básicos que constituyen este ADN y que se aplicaron sucesivamente en el proyecto piloto.

- **Energía verde:** el sistema acumulativo de energía limpia y renovable es posible con el uso integrado en la arquitectura de elementos modulares fotovoltaicos y microeólico. Cada módulo tiene como objetivo producir la energía suficiente para su funcionamiento y

para la iluminación de los espacios públicos cercanos.

- **Protección solar:** la integración de elementos arquitectónicos y naturales posicionados de forma sabia garantiza un sistema de protección contra la radiación solar intensa.
- **Ventilación cruzada para un mayor confort térmico:** con el estudio sabio de los vientos dominantes y con el correcto posicionamiento de los volúmenes y de las aberturas se genera un sistema ecológico de “aire acondicionado natural”.
- **Agua lluvia:** la morfología de las cubiertas se relaciona a un embudo, con el fin de facilitar la recolección del agua y utilizarla en los servicios higiénicos y en el riego de los jardines.
- **Purificación, calentamiento del agua, iluminación:** se proyecta un espacio para tratar y purificar las aguas provenientes de los nacimientos y un sistema reciclador de aguas grises. Para el calentamiento del agua la cocina y las duchas de las viviendas son muy eficientes los calentadores solares, de producción local y de bajo presupuesto. La iluminación nocturna a través de la tecnología *led* se considera de importancia fundamental para la reducción del consumo de energía.
- **Construcción modular:** para las viviendas posicionadas en zonas alejadas del territorio colombiano se analizaron sistemas constructivos sencillos, fáciles de transportar y rápidos de ensamblar y se definió un sistema estructural liviano y



económico. Para el proyecto de las de cubiertas, de la piel, y de los tabiques interiores se pretende el aprovechamiento de los recursos naturales y materiales de los específicos lugares.

- **Flexibilidad:** el uso de células funcionales como contenedores de diferentes ámbitos habitacionales permite una integración entre elementos artificiales y naturales definiendo un espacio que se configura según la morfología del sitio, el clima específico del lugar y puede modificarse con respeto a las exigencias cambiantes de los usuarios.
- **Integración arquitectura-naturaleza:** el sistema paisajístico se considera elemento fundamental del proyecto, para la definición de un sistema de pieles vegetales que contribuyen a la protección solar. Las zonas verdes tienen también la importante función de definir las áreas para la producción de los alimentos, para la recreación y la socialización.
- **El agua:** espejos de agua integrados a la arquitectura ayudan en el desarrollo de los conceptos bioclimáticos por ejemplo refrescando el aire de manera natural. El sonido de pequeñas caídas de agua llega a la sensibilidad de los usuarios permitiendo una reconciliación energética interior. Ejemplos contundentes de sistemas paisajísticos que reinterpretan la tradición árabe se encuentran en las obras de Luis Barragán<sup>8</sup> y Rogelio Salmona.<sup>9</sup>

Con la implementación de estas estrategias proyectuales se pretende contribuir a la reducción de la huella

ambiental y ayudar a la preservación del ambiente. Aplicando los conceptos relativos a la autosuficiencia holística es posible así definir una estrategia de ocupación territorial de áreas geográficas alejadas que no tengan conectividad de energía y de datos.

### **Fase tres: el proyecto piloto**

En 2015 se configuró la nueva etapa de la investigación, con el objetivo de aplicar en un proyecto real y en un lugar específico los conceptos generados en fases precedentes del estudio. Se estableció entonces la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos a través del desarrollo de un prototipo proyectual de un sistema de espacios habitacionales autosuficientes. Esta fase del proyecto representó una experiencia importante, de sabia colaboración entre diferentes tipos de profesionales, que generó un conjunto de reflexiones que se implementaron en la pesquisa y que se han ido concatenando con los enfoques provenientes de Juan Diego Betancur, experto en instalaciones, de los estudiantes Sergio Guerra, Felipe Pineda y Alejandra Zuleta, de los docentes de la Escuela de Construcción de la Facultad de Arquitectura de la UNAL, Mónica Montoya y Gustavo Gómez, del consultor para el desarrollo de la cubierta, Alejandro Morales.

La propuesta, definida a partir del diálogo entre los componentes del grupo multidisciplinario, se basó en la génesis de un proyecto modular que ofrece una solución habitacional integral y a costos reducidos, en equilibrio con el medio ambiente, la cultura autóctona, las condiciones climáticas y topográficas de la región cafetera de Andes, en Antioquia.

La elaboración del diseño emprendió con el análisis de las condiciones climáticas, hidrográficas y eco sistémicas del entorno. Se pretendió generar el menor impacto ambiental posible y la optimización de los recursos naturales y productivos de la zona.

16 La planta del proyecto se basa en una estructura modular cuadrada de tres metros de lado que configura la malla de las columnas y de las viguetas tubulares. Dos módulos están dedicados a la zona húmeda cocina, baño y zona de ropa y dos módulos a

las dos alcobas; los módulos centrales al salón y al comedor. La casa presenta diferentes variedades de uso a partir de diferentes configuraciones de los espacios y una notable flexibilidad. El espacio central es único y amplio la mesa retráctil se puede esconder en una de las paredes y tiene una intensa conexión con las terrazas exteriores: se puede usar para los juegos de los niños, trabajos, fiestas o reuniones de grupos familiares. Las alcobas tienen paredes móviles que en el día desaparecen generando una total continuidad con el espacio central, verdadero corazón de la socialización, del estudio, del trabajo y de los juegos.



Fig.1. Imagen de la Casa modular



**Fig.2.** Sección y planta con esquemas bioclimáticos. Planta de las áreas funcionales (en verde las habitaciones, en azul el espacio común y en rosa cocina, baño y lavandería). Planta de la estructura modular.

Los ejes de circulación son varios: el principal es el eje transversal central, que abre el núcleo de la casa a las terrazas y a la naturaleza del entorno. Se configura una permeabilidad múltiple: de flujos, de circulación, de visuales, de corrientes de aire útiles para refrescar los espacios interiores.

### Características de la vivienda

- Cubierta sombrero, que sobresale con respeto a la piel perimetral, para la protección de la lluvia, de los rayos directos del sol y para la génesis del sistema de corredores abiertos perimetrales, típicos de las viviendas rurales de la tradición campesina colombiana.
- Estructura y cubierta livianas y económicas.
- Concatenación entre estructura, espacio y mobiliario: amplios espacios de almacenamiento que configuran las divisiones internas.
- Materiales y colores típicos de la región: piel realizada con paneles prefabricados en guadua.
- Compenetración arquitectura-naturaleza gracias a sistemas de cables verticales que favorecen el crecimiento de enredaderas típicas de la zona, que protegen de la radiación intensa.
- Purificación de aguas grises y utilización de aguas negras y desperdicios para la producción de gas a través del biodigestor.
- Implementación de paneles solares para la producción de energía.
- Huertas productivas posicionadas en los alrededores de la casa.
- Bandeja móvil incorporada debajo de la losa principal para el secado de los granos del café.
- Posibilidad de ampliación de la vivienda en la parte baja, aprovechando la inclinación del terreno y del sistema modular de tres por tres metros: uno de los módulos delimita un espacio de

almacenamiento para los granos de café. Los otros dos pueden acoger dos alcobas suplementarias en caso de ampliación del núcleo familiar o de amparar trabajadores externos o familiares. La segunda opción para la extensión es la génesis de un espacio amplio tres por seis metros para el trabajo, el estudio de los hijos, la creatividad y la producción.

- 18
- Mobiliario orgánico: la mayoría de las paredes presentan en planta una forma de "C" con el fin de generar espacios generosos para guardar y conservar alimentos, vajilla, ropa, elementos para la limpieza, ropa de cama, objetos e instrumentos fundamentales para el funcionamiento de la casa. En la alcoba de los hijos se define un camarote empotrado en la pared que presenta en la parte baja un compartimiento para el almacenamiento.
  - Reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación: utilización de tecnología led para reducir el consumo de energía.
  - Sistema biodigestor para la producción de gas y energía.
  - Placas solares para el calentamiento del agua en la cubierta, y paneles solares para el aprovechamiento de fuentes alternativas de energía y para la total independencia y autosuficiencia energética. Se generaron altos estándares de confort, salubridad, iluminación, habitabilidad y flexibilidad de la totalidad de los espacios: el diseño es muy sencillo, para conseguir un sabio pragmatismo, bajar los costos y adecuarse a las condiciones físicas, económicas y culturales del lugar.
  - Ventilación cruzada: el estudio de la turbulencia en el lote escogido garantiza la elección del adecuado posicionamiento espacial, disfrutando de ventilación cruzada para garantizar una perfecta circulación del aire.

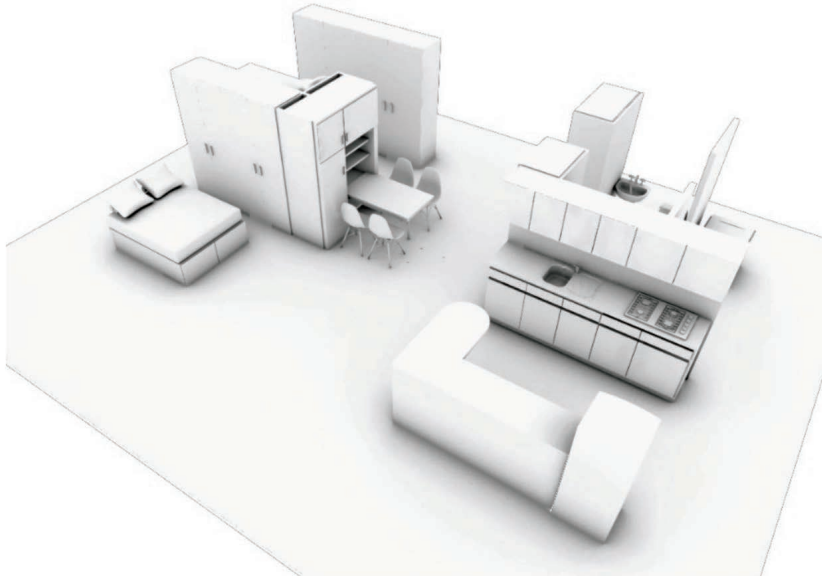
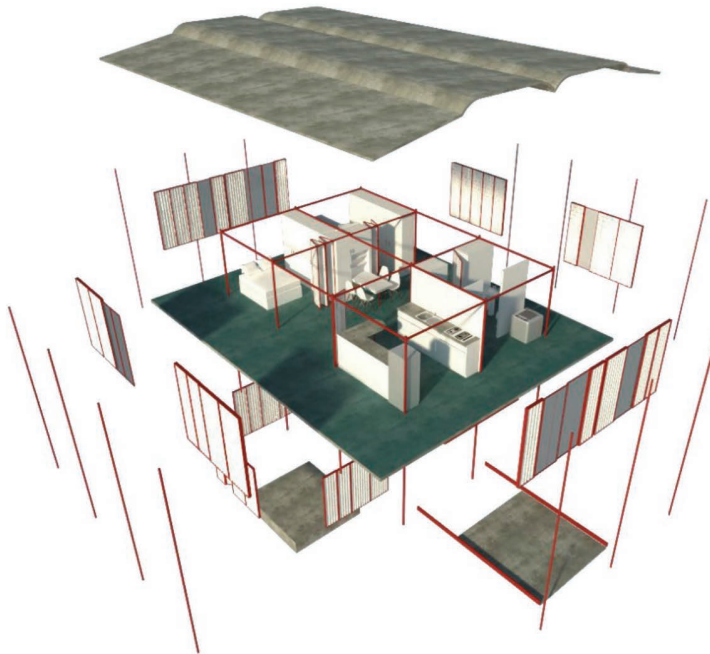


Fig.3. Mobiliario de la Casa modular. Elaboración propia.



**Fig.4.** Sistema estructural de la Casa modular. Elaboración propia.

- **Protección solar:** la integración de materiales constructivos naturales garantiza un eficaz sistema de protección contra la radiación solar intensa, gracias a la implementación de económicos cables metálicos que acogen el conjunto de plantas enredaderas, a configurar la piel natural en las fachadas expuestas a los rayos directos. El posicionamiento en puntos estratégicos de árboles y plantas genera una relación poética entre interior y exterior y una estratégica protección de la radiación solar.

#### **El sistema estructural y la definición de los materiales**

La propuesta se basa en el aprovechamiento de las características climáticas y de los recursos naturales del lugar y en los beneficios de la construcción modular, entre los cuales aparecen fundamentales la rapidez de fabricación y de montaje,

la reducción de los costos, la facilidad de transporte y colocación de módulos prefabricados en zonas remotas del territorio colombiano. El módulo es la regla básica del proyecto: elemento geométrico, ordenador, que a través su repetición permite una configuración espacial orgánica e integrada con la naturaleza, según el ejemplo metodológico proyectual de los maestros Frank Lloyd Wright y Jean Prouvé.<sup>10</sup>

La estructura y los materiales de construcción que se utilizan garantizan seguridad y facilidad para el transporte, la instalación y el mantenimiento, perfecta condición de estabilidad, realizada a través de un sencillo y económico sistema de entramado metálico que en la parte de abajo se refuerza mediante la utilización de un sistema de arriostramiento en forma de cables metálicos inclinados: el sistema de entramado tridimensional metálico es muy eficiente, resistente y

económico, y cumple con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Se hizo un análisis de las tecnologías adecuadas de bajo coste, para el desarrollo de la integración entre estructura primaria, secundaria, piel y espacio arquitectónico. Se quiso proponer una integración entre estructura metálica liviana de soporte, con la utilización de un sistema sencillo de perfiles tubulares metálicos, una doble bóveda rebajada en ferro cemento, que se proyecta realizar sin encofrado y a través de la colocación de un sistema de varillas metálicas principales, una malla metálica y un revestimiento de concreto, que tiene un coste de realización muy contenido, una gran facilidad en la ejecución y una notable resistencia, funcionando como un único conjunto, *monomaterico*, en el cual hormigón y varillas metálicas trabajan en vinculo total para asegurar la perfecta rigidez de la cubierta.

La morfología de la bóveda aumenta considerablemente la resistencia del material y permite reducir el espesor a cuatro centímetros, ahorrando una gran cantidad de material y abatiendo los costes de realización.

En el sistema de la piel prima el uso de materiales comunes y típicos de la región seleccionada, como por ejemplo la guadua. Se implementaron tres tipos de paneles en guadua: sistemas de media guadua ligadas a un panel-esterilla; media guadua más un panel impermeable, para la colocación en las zonas húmedas de la casa; lata de guadua entrelazada en el sistema de las puertas y en las paredes móviles de las alcobas.

Los paneles tienen una altura

estándar de 240 cm. El ancho es variable 60 o 90 centímetros según la configuración interior de los varios espacios funcionales.

Cuando el cerramiento encuentra la bóveda, a partir de la altura de 2,4 metros, se implementa un sistema económico realizado con pequeños elementos circulares, en guadua, que configuran un conjunto de calados y que permiten una fácil salida del aire caliente y una perfecta circulación del aire en el interior.

La guadua es uno de los materiales más ecológicos del planeta, con una sorprendente velocidad crecimiento: hasta veinte centímetros al día en condiciones adecuadas. En la zona cafetera, la maestría de los obreros permite hacer un uso extremadamente eficiente y económico de este material: se decidió entonces confiar en el uso de la guadua para la definición estética de la totalidad de los cerramientos externos de la casa.

En el uso de los colores se reinterpreta la tradición de las casas cafeteras, en la cual el blanco del revoque se relaciona con el rojo o el azul de los elementos de madera. En la casa la guadua se pintará de blanco, con pigmentos naturales de alta eficiencia y la estructura metálica de rojo (o azul), el piso, en concreto, muy económico, se pintará con unos pigmentos de tonalidad verde, con el fin de relacionarse con las copas de los árboles vecinos.

## Conclusiones

Las reflexiones teóricas desarrolladas en el ámbito de la investigación han permitido la génesis



**Fig.5.** El corazón central de la vivienda modular y su relación con los elementos naturales y paisajísticos

de unos esquemas conceptuales de viviendas económicas y modulares y varios tipos de acoplamientos que han tenido como fundamental objetivo didáctico la concientización de los jóvenes estudiantes sobre la responsabilidad de actuar para la génesis de nuevos entornos urbanos caracterizados por espacios amables, creativos e incluyentes.

Los ensayos desarrollados pretenden fusionar la metodología implementada en el ámbito docente, con la pesquisa intelectual a favor de la cavilación sobre nuevos modelos habitacionales que construyan barrios inteligentes y ecológicos.

Se propone un nuevo tipo de arquitectura que sea capaz de generar una integración entre espacio, naturaleza y producción de energía, agua y alimentos; y crear un sistema de viviendas amables acompañadas por espacios democráticos, incluyentes,

equitativos que fomenten el desarrollo cultural y creativo de los habitantes.

Se procura también amplificar el sentido de pertenencia de la arquitectura con el mundo natural. Los nuevos espacios respetan la naturaleza, la acarician. El verde penetra en el interior de lo construido. Las terrazas son productivas: pueden engendrar energía, alimentos y agua. Las huertas van a hacer parte de los materiales de la arquitectura, así como los árboles frutales y los charcos para la piscicultura.

Se crea entonces una arquitectura sensible que preserve las características geográficas de los conjuntos naturales y se procura, gracias a una obra de difusión a través de redes de información de masas, la concientización de la sociedad sobre la responsabilidad de actuar de forma sabia para la construcción de nuevos sistemas paisajísticos ecológicos.

## Referencias

1. Abalos, Iñaki (2005). *Atlas Pintoresco*, Barcelona, Gustavo Gili, p. 59-76.
2. MVRDV (2005). *Cover*, Barcelona, Editorial Actar, pp. 656-671.
3. Rogers, Richard (2003). *Ciudades para un pequeño planeta*, Barcelona, Gustavo Gili, pp. 65-87.
4. Zevi, Bruno (1979). *Frank Lloyd Wright*, Roma, Zanichelli, pp. 9-19.
5. Touchaleaume Eric (2006). *Jean Prouvé, Les Maisons Tropicales*, Paris, Ed. Galerie 54, pp.18-26
6. Senosiain, Javier (1998). *Bioarquitectura. En busca de un Espacio* (1998), México, Ed. Noriega, pp. 156-165.
7. Solar Decatlón: Bases (15-02-2015). <http://www.solardecathlon.gov>.
8. Barragan, Luis (2000). *Escritos y conversaciones*, Madrid, El croquis ed., pp. 58-61.
9. Salmona, Rogelio (2007). *Tríptico rojo*, Bogotá, Taurus., p. 33-40.
10. Peters, Niels, (2006). *Prouvé 1901-1984*, Berlin, Taschen, pp. 46-48.

## Bibliografía

AA. VV. (2006). *Jean Prouvé, la poétique de l'objet*. Basel, Vitra Design Museum ed.

Alfieri, Massimo (2000). *La Ciudad Abierta de Valparaíso*. Roma, Editrice Librerie Dedalo.

Berdini, Paolo, (1983). *Walter Gropius*. Bologna, Zanichelli.

Eastham, Scott, (2007). *American Dreamer. Bucky Fuller and the Sacred Geometry of Nature*. Cambridge, The Lutterworth Press.

Energy Research Group (2007). *Un Vitruvio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona, Gustavo Gili.

Frampton, Kennet (2005). *Tettonica e architettura. Poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*. Milano, Skira.

Friedman, Yona (2006). *Pro Domo*. Barcelona, Actar.

Gossel Peter (2010). *Prefab House*. Berlin, Tashen.

Gropius, Walter (1956). *Alcances de la arquitectura integral*. Buenos Aires, La Isla.

Izard, Jean Louis, (1983). *Arquitectura Bioclimática*. México DF, Gustavo Gili,



- Krauel, Jacobo, (2010). *Casas de diseño Prefab*. Barcelona, Links.
- Lavalou, Armelle (2005). *Conversaciones con Jean Prouvé*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Mannino, Edgardo (1983). *J.LI. Sert: Construcción y arquitectura*. Barcelona, Gustavo Gili.
- M.C. Harry, Jan, (1995). *Reducir, Reutilizar, Reciclar*. Madrid, Ángel Muñoz editor.
- Monteys, Xavier (2001). *Casa collage*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Monteys, Xavier, (2005). *Le Corbusier, Obras y Proyectos*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Olgay, Víctor, *Arquitectura y clima* (1998). Barcelona, Gustavo Gili.
- Pallasmaa, Juhani (2011). *Una arquitectura de la humildad*. Barcelona, Fundación Caja de Arquitectos ed.
- Pfeiffer, Bruce Brooks (2009). *Frank Lloyd Wright. The Complete Works 1943-1959*. Colonia, Taschen.
- Phyllis, Richardson (2007). *Xs Ecológico: Grandes ideas para pequeños edificios*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Rudofsky, Bernard (1984). *Constructores Prodigiosos*. México DF, Conceptos S.A.