

RESIDUOS, RECICLADO Y DISEÑO PARAMÉTRICO: VIABILIDAD Y APLICACIÓN EN CONSTRUCCIONES TEMPORALES DE EMERGENCIA Y ASISTENCIA HUMANITARIA

¹Herrera Martín, J.A.

**¹Departamento de Construcciones Arquitectónicas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Sevilla
Avenida de Reina Mercedes, 4 A, 41012 Sevilla
e-mail: jaherrera@us.es**

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto el estudio de tres realidades: de un lado, productos procedentes de residuos y del reciclado; de otro lado, la utilización del diseño paramétrico en la definición de elementos constructivos; y por último, construcciones de carácter temporal.

El análisis de las tres realidades indicadas se realiza con el objetivo de obtener modelos y formas de intervención que respondan de manera eficaz en situaciones de emergencia y asistencia humanitaria.

La investigación incorpora modos de participación social, estrategias económicas y constructivas dirigidas hacia la puesta en valor de las construcciones temporales ejecutadas en este tipo de situaciones.

Otro de los objetivos de la investigación es la formulación del modelo "HomoUs" que incorpora y adapta a la realidad de las necesidades de emergencia y asistencia humanitaria el análisis realizado en proyectos de carácter temporal y en arquitecturas modulares, ligeras y transformables.

El estudio abarca el análisis de los productos utilizados, la definición geométrica del conjunto, los elementos de unión, el esquema de funcionamiento, las acciones y solicitudes requeridas, y el modo de ejecución e implantación.

La elección de los casos de estudio se realiza en función de los materiales utilizados, de los elementos de unión, de las dimensiones del conjunto y de la geometría utilizada, para su aplicación en "construcciones tipo" modulares, tomando como referencia la escala humana.

La propuesta "HomoUs" concreta los resultados del análisis de proyectos estudiados y propone modelo para su aplicación en situaciones de emergencia o asistencia humanitaria.

Aspectos sociales, estrategias económicas, organizativas, de ejecución y de valoración se suman a los aspectos medio ambientales en la utilización de productos reciclados y residuos, y en la utilización del diseño paramétrico.

Keywords: residuo, reciclado, diseño paramétrico, construcción, atención humanitaria.

1.- Introducción

La asistencia humanitaria y de emergencia es una realidad presente en muchos puntos de la geografía mundial. Este tipo de situaciones las encontramos en zonas de exclusión social, en zonas de conflicto bélico, en zonas que han sufrido catástrofes naturales o movimientos sísmicos, o en áreas que han sido definidas como zona catastrófica y que albergan núcleos de población.

La realidad social de estas situaciones requiere de nuestra participación en la mejora de sus condiciones sanitarias y medioambientales, así como en su estructura organizativa dentro del territorio y del paisaje en el que se desarrollan.

La escasez de medios y productos debe ser superada con la aportación de estrategias que optimicen los recursos disponibles e incorporen medidas de inclusión.

La gestión de residuos, la valorización de los mismos y el reciclado se observan determinantes para su aplicación en este tipo de situaciones.

La importancia de la gestión de residuos queda manifestada, además, en la abundante normativa existente, y que tiene como referencia a nivel europeo la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre, sobre los residuos [1]; a nivel nacional, la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados [2], la Ley 11/2012, de 19 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente [3], o la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos [4].

La optimización de recursos es un factor determinante. La geometría y el diseño paramétrico dan respuesta a este objetivo.

Residuos, reciclado, geometría y diseño paramétrico quedan definidos como los fundamentos de los modelos y los tipos constructivos que dan respuesta a las necesidades de las situaciones de emergencia o de asistencia humanitaria.

El análisis de proyectos destinados a arquitecturas de emergencia, modulares, ligeras y transformables, y de productos procedentes de residuos y del reciclado posibilitan la formulación de propuestas dirigidas a este tipo de servicios.

Shigeru Ban desarrolla diseños para este tipo de necesidades en Puerto Príncipe (Haití, 2010), Kaynasli (Turquía, 2000) y en Bhuj (India, 2001); Félix Escrig Pallares realiza proyectos y propuestas de arquitecturas modulares, ligeros y transformables; y Roberto Narváez Rodríguez y Andrés Martín Pastor definen el proyecto "Caterpillar" utilizando diseño paramétrico y la colaboración de estudiantes.

El trabajo de investigación describe criterios y principios -obtenidos del resultado del análisis de proyectos y productos- para la definición de los elementos esenciales que forman parte del proyecto de arquitecturas de emergencia o de asistencia humanitaria.

Las propuestas "HomoUs 1.0" y "HomoUs 2.0" concretan y materializan las determinaciones de la investigación.

2.- Objeto

El objeto de estudio son proyectos y arquitecturas de carácter temporal, modulares, ligeras, transportables, que utilizan en su configuración diseño paramétrico y que incorporan productos procedentes de residuos y del reciclado, para su aplicación en construcciones de carácter temporal, en situaciones de emergencia o de asistencia humanitaria.

3.- Justificación

La justificación de la investigación se centra en la dimensión humana y medioambiental para la que estudia:

- Respuestas a necesidades espaciales en situaciones de emergencia o de asistencia humanitaria utilizando residuos y productos reciclados,
- Propuestas de nuevos modos de intervención, haciendo posible y viable otro tipo de arquitectura y construcción.
- La formulación de tipos y sistemas constructivos aplicados a las realidades de estudio.

4.- Objetivos

El desarrollo del trabajo de investigación se dirige hacia la consecución de los siguientes objetivos:

- La formulación de modelos y sistemas constructivos que den respuesta a necesidades espaciales en situaciones de emergencia y asistencia humanitaria, utilizando productos de residuos del reciclado y sistemas de diseño paramétrico.
- La incorporación de medidas de valorización, de participación, y de inclusión social en la ejecución de construcciones destinadas a estos servicios.
- La concreción del estudio realizado en la formulación de propuesta “HomoUs” para responder a las anteriores necesidades descritas.

5.- Hipótesis

Para la consecución de los objetivos indicados se plantean las siguientes hipótesis:

- ¿Es posible, partiendo del análisis de proyectos de arquitectura efímera y de productos de residuos y del reciclado, la formulación de modelos y sistemas constructivos que den respuesta a las necesidades descritas?
- ¿Es posible concretar criterios y principios que definen el modo de intervención en situaciones de emergencia o asistencia humanitaria?
- ¿Es posible, definir tipos y modelos constructivos que atiendan a las necesidades espaciales de estas situaciones y realidades?

Las hipótesis indicadas están en relación con las reflexiones que realiza Shigeru Ban:

“[...] ¿se podría incorporar la capacidad creativa de los arquitectos a la arquitectura de emergencia para dotarla de una mayor calidad y mejorar la vida de sus ocupantes? [...]” [5].

“[...] ¿Qué pasaría si los arquitectos trabajásemos en red compartiendo soluciones para poder abordar de manera más eficiente la resolución de problemas que se repiten sistemáticamente en distintos lugares del mundo? [...]” [6].

6.- Metodología

Para abordar el problema de dar respuesta a las necesidades espaciales en situaciones de emergencia o asistencia humanitaria es necesario formular preguntas para concretar y definir la búsqueda.

Las primeras preguntas que nos planteamos, se dirigen hacia el ¿qué? y el ¿para qué?:

- ¿Qué queremos construir?, ¿qué necesidades debemos satisfacer?

Las siguientes preguntas las dirigimos hacia, ¿Quiénes?:

- ¿Quiénes proyectan la construcción?, ¿quiénes fabrican los elementos constructivos?, ¿quiénes ejecutan la construcción?

Continuamos con preguntas del tipo, ¿cómo?, ¿con qué?:

- ¿Cómo realizamos la construcción?, ¿con qué medios?, ¿qué productos utilizamos?, ¿cómo organizamos/desarrollamos el trabajo?

Preguntas tipo, ¿cuándo?:

- ¿Cuándo definimos los elementos del proyecto?, ¿cuándo verificamos las dimensiones de los elementos?, ¿cuándo fabricamos los elementos?, ¿qué secuencia cronológica de montaje/ejecución seguimos?

En la búsqueda de respuestas es necesario la realización de:

- Análisis de proyectos de arquitectura efímera.
- Análisis de la utilización de residuos y productos procedentes del reciclado en construcciones ligeras, flexibles, modulares y transportables.
- Análisis de elementos y proyectos que están definidos por diseño paramétrico.

La realización de análisis y de estudio de casos se dirige hacia el establecimiento y formulación de criterios y principios de aplicación en proyectos y construcciones de carácter temporal para situaciones de emergencia o asistencia humanitaria.

La formulación de criterios y principios permite el desarrollo de propuestas, alternativas y modelos tipo que respondan a las necesidades planteadas.

7.- Estudio de casos

Para la obtención de modelos y criterios de intervención realizamos en primer lugar análisis de proyectos de arquitectura flexible, modular y transportable, formados por elementos sencillos y uniones simples.

Destaca el proyecto de Félix Escrig y Sánchez para el Auditorio al aire libre de la Alameda de Jaén [7] que utilizan arcos acoplados desplegable (fig. 1)

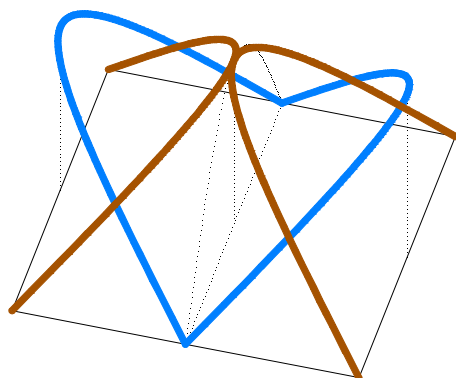


Fig. 1 “Esquema de estructura de cuatro arcos acoplados (autor Félix Escrig y Sánchez)”. Dibujo: el autor.

El sistema estructural permite variaciones en sus elementos, utilizando estructura de pares acoplados (Fig. 2), o mediante variaciones con trapecios isósceles acoplados (Fig. 3).

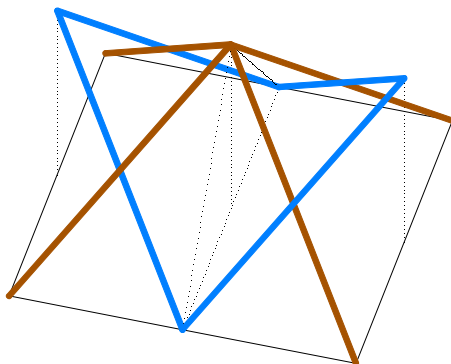


Fig. 2 “Estructura de Pares acoplados”. Fuente: El autor.

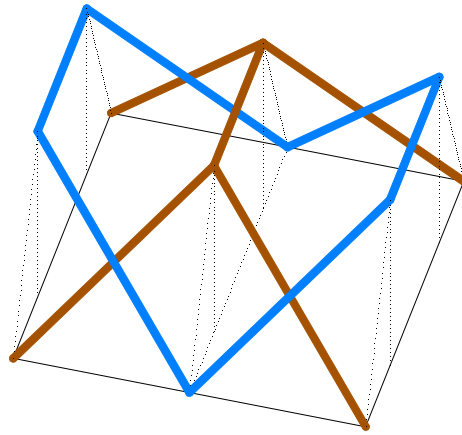


Fig. 3 “Estructura de Trapecios isósceles acoplados”. Fuente: El autor.

Ambas estructuras permiten la ejecución sencilla del proyecto y su adaptación a la geometría del espacio disponible en planta, siguiendo el modo de comportamiento global de la estructura de arcos acoplados.

Dentro de los proyectos de arquitectura de emergencia destaca la estructura de tubos de cartón, nudos de unión en madera y cuerdas de arriostamiento de Shigeru Ban para la comunidad de Tabarré (Puerto Príncipe, Haití, 2010) [8]. La estructura (Fig. 4) permite el fácil montaje por los propios usuarios del proyecto.

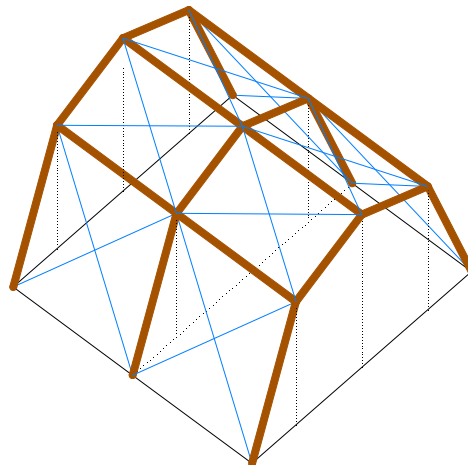


Fig 4 “Esquema de estructura para la comunidad de Tabarré (Puerto Principe) diseñado por Shigeru Ban”. Dibujo: el autor.

En el caso del proyecto para Kaynasli (Turquía, 2000) de Shigeru Ban [9] utiliza tubos de cartón que impermeabiliza aplicando capa poliuretano transparente y que aísla térmicamente introduciendo papel en el interior de los tubos. La cimentación la realiza reutilizando cajas de cervezas o refrescos. En la figura (Fig. 5) se representa el esquema del proyecto.

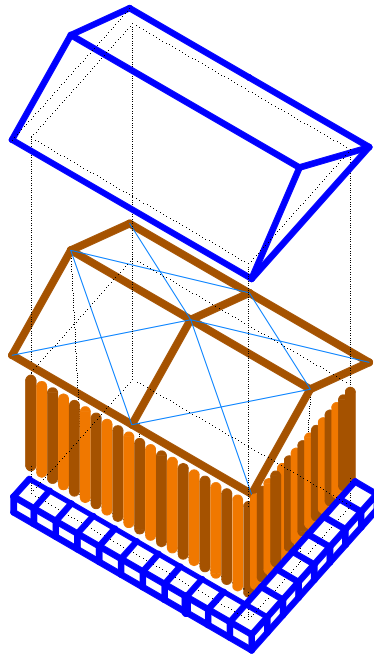


Fig 5 “Esquema de estructura de Paper Tub Loghouses en Kaynasli (Turquía, 2000) diseñado por Shigeru Ban”. Dibujo: el autor.

En el proyecto Paper Studio (2003), Shigeru Ban humaniza la arquitectura y añade expresión estética [10]. La estructura se fundamenta en bóveda de cañón generada por cuadrícula de tubos de cartón Fig (6).

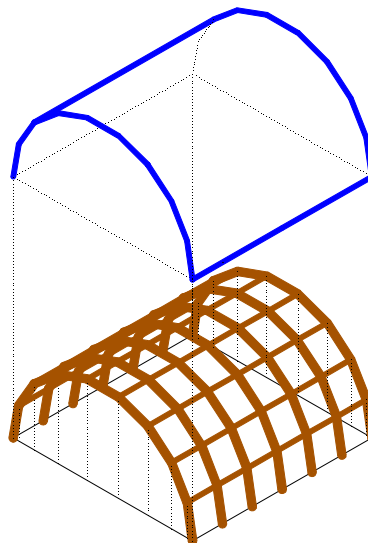


Fig. 6 “Esquema de estructura de Paper Studio en Fujisawa (Japón) diseñado por Shigeru Ban”. Dibujo: el autor.

El proyecto Caterpillar [11], utiliza materiales sencillos apoyándose en la geometría, la rigidez del conjunto se obtiene por la suma de todos sus elementos (Fig. 7)

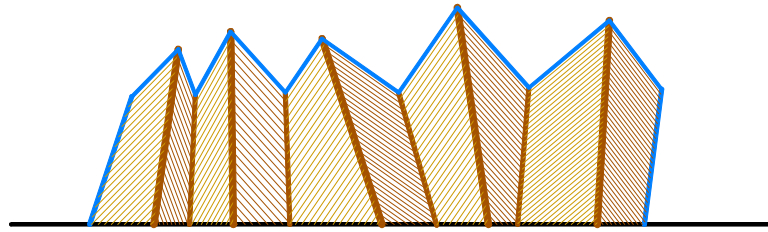


Fig.7 “Esquema de estructura del proyecto “Caterpillar” Roberto Narváz Fernández y Andrés Martín Pastor (Sevilla)”. Dibujo: el Autor.

En relación con la aplicación del diseño paramétrico destacan los proyectos que utilizan productos reciclados y pre-reciclados en los proyectos, Tabla 1.

Nombre del proyecto	Autor	Producto reciclado / pre-reciclado
P.F.1.	WORK.AC	Tubos de cartón –Cardboard– de encofrado de hormigón [12]
Pached	Tom Pawlofsky, Instructor	Cardboard corrugado [13]
Cardborigami	Tina Hovsepian	Cardboard [14]
Pallet Canopy	Digital Arts Center	Pallets [15]
Pipe Furniture	Sebastien Wierinck	Tubos de polietileno fabricados a partir de botellas recicladas [16]
Table Cloth	Ball Nogues Studio	Mesas y taburetes sin que haya dos iguales [17]
Stand para Metropolis	Urban A&O	Placa de polietileno blanco reciclado al 100% (UHMWPE) [18]

Tabla 1 “Proyectos con diseño paramétrico que utilizan productos reciclados”.

La tabla 2 resume la utilización de elementos sencillos de unión en proyectos que utilizan el diseño paramétrico en su formulación:

Nombre del proyecto	Autor	Productos y medios de unión
Chromatex.me	SOFTlab	Clips en las uniones [19]
Corefab-Nubik	Ammar Eloueini. AEDS	Bridas de plástico [20]
Moma PS1 Canopy	nARCHITECTS	Bambú verde recién cortado en su configuración y uniones [21]
ICD/ITKE Pavilion	Achim Menges and & Kippers	Fricción entre sus elementos constructivos [22]

Tabla 2 “Elementos de unión en proyectos con diseño paramétrico”.

La tabla 3 resume otros tipos de productos utilizados en la configuración general de los proyectos:

Nombre del proyecto	Autor	Producto utilizado en la configuración general
Swissbau Pavilion	ETH Zurich	Cajas de madera aglomerada [23]
THE SEQUENTIAL WALL	Gramazio & Kohler ETH Zurich	Listones de madera [24]
THE RIPPLE WALL	Digital arts center. University of North Carolina at Cahrlotte	Tablero contrachapado [25]
WINNIPEG SKATE SHELTERS	Patkau architects. Winnipeg. Manitoba. Canada	Chapa de madera [26]
TRONDHEIM CAMERA OBSCURA	Norwegian Univerty of science and technology Trondheim. Norway	Tablones de abeto de longitud estándar [27]
Croatian pavilion-venice biennale	Leo Modrcin et ali	Barras de acero [28]

Tabla 3 “Productos utilizados en proyectos de arquitectura paramétrica”.

Otros productos reciclados que permiten su aplicación en este tipo de proyectos, se resumen en la tabla 4, tomando como referencia los productos contenidos en la *Guía de materiales para una construcción sostenible* [29].

Productos sostenibles
Tablero de virutas orientadas OSB Panel sándwich OSB + corcho + machiembado Tablero de fibra de madera y cemento o magnesita Aglomerado procedente de tetra brick Tablero de fibra de madera y magnesita Madera laminada Laminado de maderas de chopo Maderas de bosques de gestión sostenible Maderas de abeto

Tabla 4 “Productos sostenibles”

Como alternativa a productos reciclados de la madera destaca la lámina 100% en plástico reciclado y reciclable, elaborado con mezcla polietileno y polipropileno reciclado y reciclable [30].

9.- Resultados

Los resultados de los análisis de los proyectos estudiados se concretan en dos aspectos principales:

- Criterios y principios.
- Propuestas de los modelos “HomoUs 1.0” y “HomoUs 2.0”

9.1.- Criterios y principios

Para la concreción de los criterios y principios tomamos como referencia algunas de las reflexiones de Shigeru Ban, realizando aportaciones de soluciones universales y de aplicación global.

- *Optimización* de los recursos. Es primordial la elección del producto/material para a partir de éste realizar el proceso de diseño. “[...] *Usa un material*

existente de forma diferente a la usual e intento de este modo encontrar en él un nuevo significado [...] [31].

- Economía -*Low-Cost*-, “menos es más” alcanza su máxima dimensión, menos recursos y más resultados. “[...] *El uso de materiales humildes, de trabajar con lo que se encuentra a mano [...]*” [32].
- La *Dimensión Temporal* de los proyectos depende de la respuesta social. “[...] *La vida de un edificio depende en realidad de si la gente desea o no conservarlo [...]*” [33].
- Sencillez en la construcción -*Low-Tech*- buscando soluciones locales. “[...] *Evitar detalles muy sofisticados [...]*” [34].
- Búsqueda de materiales próximos -*lo existente*-, adaptación y optimización de recursos. “[...] *Hallar una nueva forma de utilización de los materiales cotidianos [...]*” [35].
- La vinculación de “forma y función”, unión de *diseño estructural* y geometría. “[...] *Me interesa la estructura y el material como procedimiento, no como resultado [...]*” [36].
- Compromiso con el *medio ambiente*. El proyecto debe hacer referencia a los principios expresados por Michael Braungart y William McDonough en *Cradle to cradle: (de la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas*, [37] ampliando los conceptos de “reducir, reutilizar, reciclar”.
- Arquitectura, participación y compromiso social. El proyecto debe trascender a la propia construcción, involucrando y participando el mayor número de personas. “[...] *Por lo general, trabajo con estudiantes, y son ellos quienes reciben una fuerte influencia [...]*” [38]; “[...] *Los estudiantes los pueden construir ellos mismos, todo el mundo está invitado a participar, incluso los niños [...]*” [39].
- La *flexibilidad* es un factor determinante para la durabilidad de las construcciones, la posibilidad de adaptarse a las necesidades y funciones que les requieran en cada momento sus usuarios.

Los criterios y principios que se extraen del análisis de los proyectos realizados se concretan en los siguientes apartados:

En relación a los productos que conforman el proyecto deben:

- Estar formados por materiales baratos, reciclables y carecer de valor/remuneración económica en el caso de ser desmantelados por personas ajenas, previniendo de este modo robos y daños en las construcciones.
- Poder ser ensamblados y unidos con elementos sencillos y económicos.
- Ser ligeros y en caso de caída tener escaso riesgo para las personas.
- Tener certificados que acrediten su sostenibilidad.

En relación a la ejecución:

- Deben poder colaborar en la ejecución de la obra las personas a las que va destinada la construcción.
- Posibilidad de realizar transformaciones y adaptaciones conforme se realiza el proyecto. Versatilidad de soluciones.
- Sencillo manejo durante la ejecución de la obra, pudiendo colaborar personas sin cualificación.
- Posibilidad de utilizar los productos como elementos auxiliares en la ejecución de las obras.

En relación al diseño:

- Utilización de un número reducido de productos y materiales.
- La geometría de la construcción le confiere estabilidad y funcionalidad al proyecto. Forma y función.
- La construcción debe tener valores estéticos y estar integrada en el paisaje.

En relación a criterios medioambientales:

- Deben realizarse los mínimos movimientos de tierra.
- La construcción debe poder ser reciclada o reutilizada una vez haya cumplido con su función temporal.
- La construcción puede prolongar su vida de forma sencilla con el adecuado mantenimiento y sustitución de piezas o elementos dañados.

9.2.- Propuesta de modelo “HomoUs 1.0”

La propuesta “HomoUs 1.0”, reúne, adapta y amplía los conceptos contenidos en los proyectos de Shigeru Ban para la comunidad de Tabarré (Puerto Príncipe) y del Paper Studio en Fujisawa (Japón).

La propuesta “HomoUs 1.0” aporta la mejora en el comportamiento térmico de los proyectos indicados, por la incorporación de capa de aire contenida entre dos capas de tejido. Una capa de tejido forma la cubierta exterior y otra capa constituye el techo interior de la construcción.

La estructura del proyecto “HomoUs 1.0”, puede estar formada por tubos de cartón reciclado o por tubos de conducciones recicladas, formando entramado estéreo de barras que le confieren estabilidad al conjunto y posibilitan la disposición de las capas textiles exterior e interior descritas.

Las superficies laterales del conjunto permiten la incorporación de medidas similares a las establecidas en cubierta, mediante la disposición de dos cubiertas textiles, una exterior y otra interior. La geometría lateral del conjunto permite la ampliación de la superficie del conjunto con el añadido de nuevos módulos.

La figura 8 representa la propuesta “HomoUs 1.0”, siendo la parte superior del esquema la cubierta exterior; la parte intermedia corresponde a la estructura de barras estérea; y la parte inferior representa la cubierta textil interior del proyecto.

La superficie del módulo es de 12 m² en su parte interior y de 14,40 m² en la parte exterior, formando rectángulos de 6 x 2 metros y 7,20 x 2 metros respectivamente.

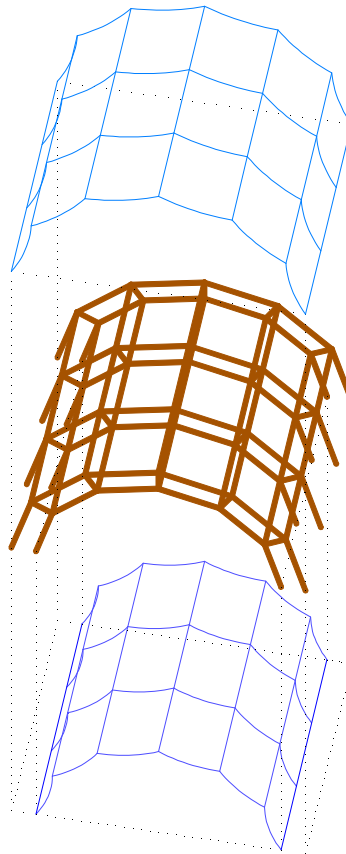


Fig.8 "Esquema del proyecto "HomoUs 1.0"". Fuente: El autor

9.3.- Propuesta de modelo "HomoUS 2.0"

La propuesta "HomoUS 2.0", está fundamentada en la utilización de geometría reglada.

El proyecto toma como referencia el proyecto "Caterpillar", disponiendo un único módulo estructural la propuesta "HomoUs 2.0".

La geometría del proyecto permite la utilización de láminas de productos reciclados como paneles de contrachapado o láminas de plástico reciclado.

La unión de los elementos se realiza mediante bridas de plástico y chapas de madera contrachapada o láminas de plástico reciclado atornilladas.

El módulo ocupa un área de $3,85 \text{ m}^2$; tiene de largo 3,70 metros en la dimensión mayor y 2,45 metros en la dimensión menor; el ancho del módulo es 1,25 metros. La altura mayor es 3,70 metros y la menor es 2,45 metros.

La figura 9 representa el esquema del modelo "HomoUs 2.0".

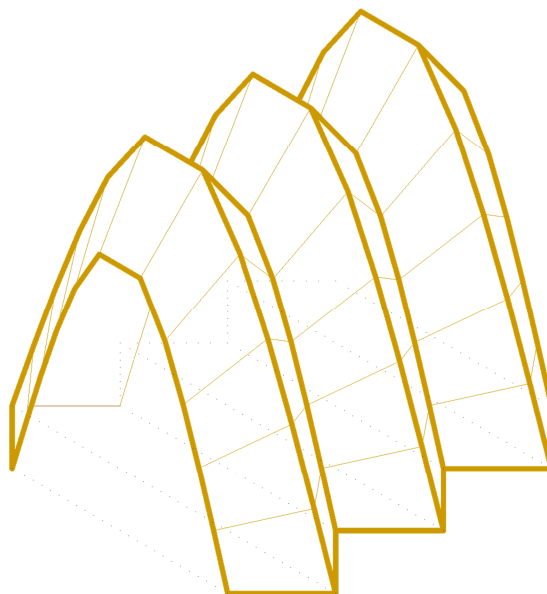


Fig.9 “Esquema del proyecto “HomoUs 2.0””. Fuente: El autor

Los criterios, principios y propuestas, resumen el trabajo de investigación realizado, teniendo como finalidad la aportación de soluciones a situaciones de carácter temporal de emergencia o asistencia humanitaria.

REFERENCIAS

- [1] Diario Oficial de la Unión Europea, núm. 312 de 22 de noviembre de 2008, páginas 3 a 30.
- [2] Boletín Oficial del Estado, núm. 181 de 29 de julio de 2011, páginas 85650 a 85705.
- [3] Boletín Oficial del Estado, núm. 305 de 20 de diciembre de 2012, páginas 86283 a 86297.
- [4] Boletín Oficial del Estado, núm. 43 de 19 de febrero de 2002, páginas 6494 a 6515.
- [5] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 5. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [6] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 6. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [7] Escrig Pallares F. (2012). *Modular, ligero, transformable: un paseo por la arquitectura ligera móvil*, 1ª Edición, pág 112 y 115. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- [8] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 7. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [9] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 19. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [10] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 29. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [11] Narváez-Rodríguez R, Martín-Pastor A. (2015). The Caterpillar Gallery: Quadratic Surface Theorems, Parametric Design and Digital Fabrication. *Advances in Architectural Geometry 2014*, Springer International Publishing, 310
- [12] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 185. Routledge, New York.
- [13] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 189. Routledge, New York.
- [14] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 195. Routledge, New York.

- [15] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 199. Routledge, New York.
- [16] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 205. Routledge, New York.
- [17] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 211. Routledge, New York.
- [18] Krauel J. (2010). *Arquitectura digital: innovación y diseño*, Ed. 1ª, 22. Links, Barcelona.
- [19] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 157. Routledge, New York.
- [20] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 173. Routledge, New York.
- [21] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 161. Routledge, New York.
- [22] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 46-56. Routledge, New York.
- [23] Michael M. (2007). *From control to design: parametric, algorithmic architecture*, Ed. 1ª, pág. 175, Actar. Barcelona.
- [24] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 29. Routledge, New York.
- [25] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 35. Routledge, New York.
- [26] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 53. Routledge, New York.
- [27] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 71. Routledge, New York.
- [28] Beorkrem C. (2012). *Material strategies in digital fabrication*, Ed. 1ª, pág. 91. Routledge, New York.
- [29] Francisco Periago C. (2008). *Guía de materiales para una construcción sostenible / redacción de los contenidos*, Ed. 1ª, págs. 36, 37, 65, 75, 77, 85, 122, 123, 124. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. Murcia.
- [30] http://www.greensolutionscr.com/index.php?route=product/product&product_id=517 (visitada 10/03/2015)
- [31] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 11. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [32] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 13. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [33] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 15. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [34] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 17. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [35] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 19. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [36] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 21. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [37] Braungart M. et McDonough W. (2005). *Cradle to cradle: (de la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Mc Graw-Hill Interamericana de España S.A.U., Madrid.
- [38] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 27. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.
- [39] Michel Quinejure M. (2011). *Shigeru Ban: arquitectura de emergencia*, pág. 29. Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.