

Arquitectura de emergencia

# **EL CARTÓN COMO ALTERNATIVA**

Trabajo Fin de Grado: Aguilar Pastor, Bruno  
Tutores: López Martínez, José María y Aroca Vicente, Edith  
Grado en Fundamentos de Arquitectura 2020/2021



**Universidad  
Politécnica  
de Cartagena**



**TÍTULO:** Arquitectura de emergencia: El cartón como alternativa.

## **Resumen**

En este trabajo introduciremos qué es la Arquitectura de emergencia, cuál es su razón de ser, analizando su lugar dentro de la estructura en las acciones de ayuda humanitaria, su relación con los desastres naturales y los provocados por el ser humano, con las situaciones de riesgo y vulnerabilidad, teniendo en cuenta la población que habita estas construcciones, así como tipologías y materialidad de dichas construcciones.

Procederemos al análisis de diferentes tipologías morfológicas y de materiales, catalogando los principales tipos de refugios de emergencia, para conceder una visión más amplia de las variedades que se han desarrollado.

A continuación, introduciremos el cartón como material, haciendo una investigación sobre sus diferentes formas, explicando sus propiedades, posibilidades y sistemas, exponiendo la obra de los principales referentes en su utilización. Probaremos que se trata de un material óptimo para su aplicación en las construcciones efímeras, como es el caso de los refugios de emergencia.

Elegiremos un caso de estudio, de obra construida en cartón de alguno de los referentes expuestos anteriormente, el cual analizaremos en su proceso constructivo, así como sus elementos y sistemas, tratando de aproximarnos a su metodología constructiva.

**TITLE:** *Emergency Architecture: Cardboard as an alternative.*

## **Abstract**

*In this paper we will introduce what emergency architecture is and what's the rationale behind it, analysing its place within the structure of humanitarian aid actions, its relationship with natural and man-made disasters, and with situations of risk and vulnerability. All of this, taking into account the population that inhabits these constructions, as well as their typologies and materiality.*

*We will proceed to the analysis of different morphological and material typologies, classifying the main types of emergency shelters, in order to provide a broader vision of the varieties that have been developed so far.*

*Then, we will introduce cardboard as a construction material, investigating its different forms, explaining its properties, its possibilities and its systems, and explaining how the main exponents have used it. We will prove that it is an optimal material for its application in ephemeral constructions, as in the case of emergency shelters.*

*Finally, choose a case study of a cardboard construction made by one of the previously mentioned exponents, and we will analyse its construction process, as well as its elements and systems, trying to approach its construction methodology.*

## Índice:

- 0. Resumen**
- 1. Arquitectura de emergencia**
  - 1.1. Arquitectura efímera
  - 1.2. Razón de ser Arquitectura de emergencia
    - 1.2.1. Riesgo y vulnerabilidad
  - 1.3. Prototipos de sistemas constructivos
    - 1.3.1. Sistemas prefabricados
      - 1.3.1.1. Carpas/tiendas
      - 1.3.1.2. Módulos rígidos
      - 1.3.1.3. Estructuras desplegadas
      - 1.3.1.4. Estructuras Hinchables/Neumáticas
    - 1.3.2. Sistemas fabricados in situ
  - 1.4. Valor cultural
- 2. El cartón**
  - 2.1. El cartón como material
  - 2.2. Sistemas y Tecnología
    - 2.2.1. Cartón ondulado
    - 2.2.2. Cartón panel de abeja
    - 2.2.3. Cartón compacto
  - 2.3. Referentes
    - 2.3.1. Guy Rottier, el precursor
    - 2.3.2. Cartonlab, estudio contemporáneo del cartón
- 3. Caso de estudio**
  - 3.1. Shigeru Ban
    - 3.1.1. Biografía
    - 3.1.2. Proyectos en cartón
      - 3.1.2.1. Proyectos Humanitarios
- 4. Conclusiones**
- 5. Bibliografía**

## 1. Arquitectura de emergencia



### 1.1. Arquitectura efímera

## 1. Arquitectura de emergencia

### 1.1. Arquitectura efímera

En la historia de la Arquitectura, la condición de permanecer en el tiempo ha estado siempre implícita en todas las obras de construcción. Por el contrario, desde la antigüedad ha existido la creación de obras con una duración estimada corta, asociadas a una función concreta.

La Arquitectura efímera es aquella que se diseña para una duración temporal, por su uso tradicionalmente para eventos puntuales y por lo tanto con materiales acordes a estas condiciones (madera, adobe, yeso...). En su origen y hasta la actualidad sus usos más comunes para festejos o celebraciones y acontecimientos singulares, como en el imperio romano, que se utilizaban instalaciones de uso decorativo a la llegada de visitas celebres.

Sin embargo, existen varios tipos de arquitectura efímera dependiendo de su función. La relativa a eventos específicos como la arquitectura efímera tradicional, la arquitectura nómada residencial asociada a un estilo de vida en continuo movimiento y la arquitectura de emergencia que cubre una necesidad de urgencia, esta última será la que definiremos y estudiaremos a continuación.



Figura 1: Imagen de un poblado nómada, ejemplo de arquitectura efímera. Disponible en: <https://loreficerenzoimd2015.wordpress.com/arquitectura-nomada/>

Existen otras denominaciones para este tipo de arquitectura, el arquitecto español José Miguel de Prada Poole habla de arquitectura perecedera, en concreto para referirse a sus proyectos inspirados en las pompas de jabón.



## *1.2. Razón de ser Arquitectura de emergencia*

## 1.2. Razón de ser Arquitectura de emergencia

Circunstancias como catástrofes naturales, tsunamis, terremotos, inundaciones, huracanes; zonas afectadas por disputas territoriales, conflictos bélicos; o crisis mundiales como epidemias o la alteración de ecosistemas por el cambio climático; son situaciones que requieren actuaciones que regulen e impidan el empeoramiento de la problemática. La Arquitectura de emergencia se define como una solución constructiva para cubrir las necesidades surgidas de una situación determinada de riesgo y urgencia, materializadas como infraestructuras que ofrecen soluciones inmediatas como la protección en forma de refugio temporal, hasta instalaciones especializadas como de atención médica en las zonas afectadas.



Figura 2: Vista general de un campamento para refugiados sirios por el conflicto bélico, construido por ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados) en Jordania. Disponible en: [https://www.diariodenavarra.es/noticias/mas\\_actualidad/internacional/2012/07/24/mas\\_millon\\_desplazados\\_internos\\_siria\\_87089\\_1032.html](https://www.diariodenavarra.es/noticias/mas_actualidad/internacional/2012/07/24/mas_millon_desplazados_internos_siria_87089_1032.html)

El diseño de estas instalaciones dependerá de factores como la magnitud del desastre, el número de personas afectadas, el grado de urgencia para acabar con el problema, los materiales disponibles, ubicación geográfica, así como su climatología y accesibilidad a zona de emplazamiento, recursos económicos, apoyo técnico gubernamental y la participación de agencias de ayuda humanitaria.

Para entender qué lugar ocupa la arquitectura de emergencia en las actuaciones de respuesta a desastres, hay que remontarse al origen de la preparación y la gestión de los estados ante las situaciones de riesgo, así como su clasificación. La ONU es el organismo principal que ejerce y lidera la coordinación de respuesta a emergencias a nivel internacional, actúa sobre el resto de las organizaciones y agentes implicados y en colaboración con ellos.



Se trata de una referencia en la acción humanitaria, la cual se encuentra recogida en su Carta Fundacional y en diferentes resoluciones aprobadas por la Asamblea General, como uno de sus propósitos principales, antes situaciones de crisis o desastres. En su Resolución 46/182 establece, respecto a la responsabilidad y autoridad de los Estados, los siguientes principios rectores:

- La asistencia humanitaria se debe proveer con el consentimiento del país afectado.
- La atención a las víctimas de desastres naturales y otras emergencias en el territorio de un país será responsabilidad primeramente del Estado gobernante.
- Se exhortará a los Estados cuya población necesite asistencia humanitaria, a facilitar el trabajo de las organizaciones orientadas a dar dicha asistencia.<sup>1</sup>

Por lo tanto, los desastres naturales se encuentran incluidos como situaciones de emergencia, y la intervención a los damnificados a causa de ellos como acciones de ayuda humanitaria. A nivel europeo en mayo de 2013 se configura el Centro Europeo de Coordinación de la Respuesta a Emergencias, para la gestión y coordinación de operaciones de emergencia.



Figura 3: Estructura de la ONU en cuanto a la coordinación de la respuesta humanitaria a nivel mundial. Fuente: VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.3. La gestión de emergencia en el ámbito internacional*. IPCE 2020, p 8.

<sup>1</sup> VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.3. La gestión de emergencia en el ámbito internacional*. IPCE 2020, p 5.



La definición de “desastre” según la UNISDR (Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres) se entiende como una interrupción en una comunidad o sociedad que ocasiona muertes, pérdidas y alteraciones materiales, ambientales y económicos que sobrepasan la capacidad de la comunidad en cuestión para afrontar la situación por sus propios medios. También se amplía a los efectos que pueda tener en valores de los bienes del Patrimonio Mundial y en sus ecosistemas cuando sea notable.

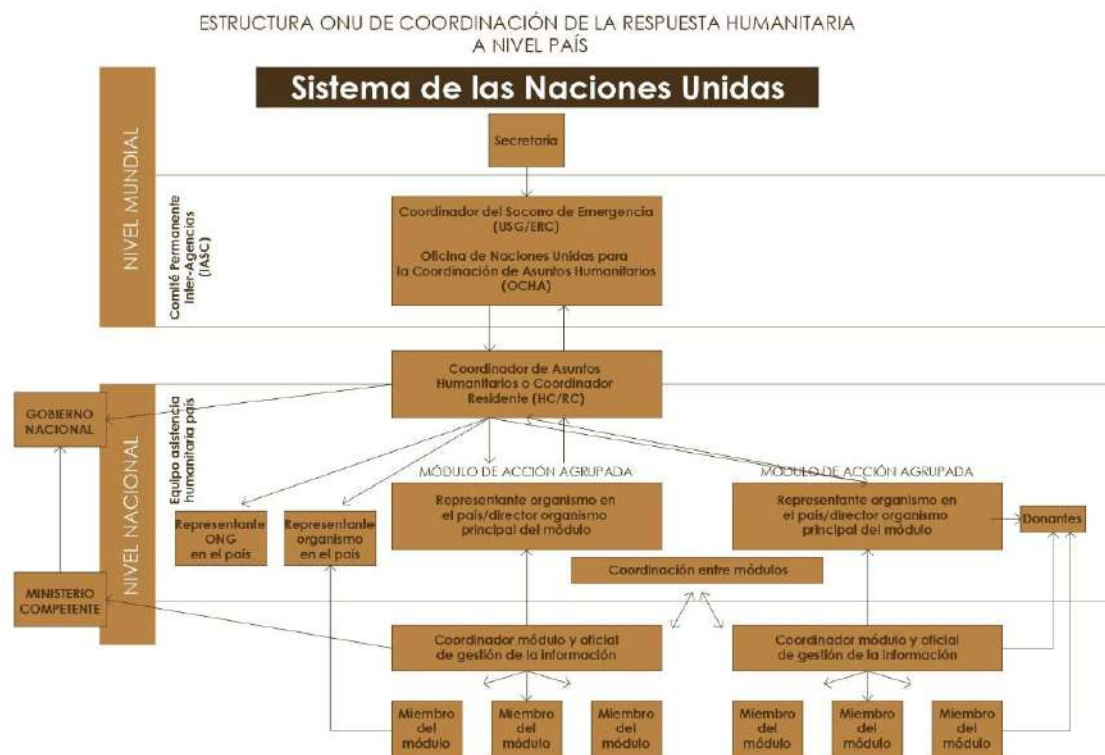


Figura 4: Estructura ONU de coordinación de la respuesta humanitaria a nivel estatal. Fuente: VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.3. La gestión de emergencia en el ámbito internacional. IPCE 2020, p 12.*

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU), las amenazas más comunes que pueden provocar un desastre son:

- Meteorológicas: huracanes, tornados, olas de calor, rayos, incendios.
- Hidrológicas: inundaciones, crecidas repentinas, tsunamis.
- Geológicas: volcanes, terremotos, movimientos de masas (desprendimientos, deslizamientos traslacionales o rotacionales).
- Astrofísicas: meteoritos.
- Biológicas: epidemias, plagas.
- Antrópicas: derivadas de la actividad humana: conflictos armados, incendios, contaminación, derrumbe o fallos en las infraestructuras, disturbios civiles y terrorismo.
- Cambio climático: aumento de la frecuencia e intensidad de las tormentas, desbordamiento repentino de lagos glaciares.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> MUÑOZ DEL OLMO, Pablo. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.6. Ciclo de gestión de riesgos. IPCE 2020, p 3.*

En la antigüedad, los desastres y catástrofes naturales se entendían como actos divinos (provocados por Dios, el demonio o la mala suerte) de los cuales era responsable el hombre, y que por tanto no se podía hacer nada para protegerse de ellos. Cuando estos desastres sucedían no se investigaba, ni existía una preocupación de cómo actuar ante ellos.

El 1 de noviembre de 1755 se produjo el maremoto de Lisboa, suceso que cambió por completo la mentalidad en el modo de enfrentarse a los desastres. La sociedad europea de la época de la ilustración empezó a reflexionar sobre qué se podía hacer para prevenir estos acontecimientos y la preparación ante sus consecuencias para proteger a las personas y sus bienes.

El estudio de los fenómenos naturales que podían originar desastres empezó a ser de interés para la comunidad científica y también comenzó una preocupación por parte de los gobiernos por dotarse de medios y recursos para proteger a la población.



Figura 5: Imagen de los daños provocados por el maremoto de 1755 en Lisboa. Disponible en: <https://nuevatribuna.publico.es/articulo/cultura--ocio/terremoto-lisboa-1755-castigo-dios/20200510130348174674.html>

A los fenómenos naturales se le sumaron los desastres provocados por las guerras mundiales, acelerando esta conciencia sobre los sistemas de defensa civil, y sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial. Aunque ya al finalizar la primera guerra mundial algunos países como Reino Unido, Noruega o Suecia crearon Defensa Civil en sus respectivos estados.

En los años 70 se produjeron graves accidentes industriales asociados a plantas de energía nuclear y el peligro que suponía el transporte de sustancias peligrosas, a lo que se sumaba el aumento de catástrofes naturales. Esto supuso otro punto de inflexión para repensar la gestión de desastres, necesidad de sistematizar las soluciones, capaces de acometer los desastres de forma global,

que incluyera operaciones de prevención de accidentes o sus efectos, como acciones intervencionistas para la protección de la comunidad en caso de sucesos catastróficos.

Las Naciones Unidas respaldaron el enfoque para afrontarlo de manera integral, al declarar la década de 1990 como el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales, recalcando la necesidad de prevención, como la manera más eficiente de para reducir los desastres.

Se mejoró la cooperación internacional en el estudio de los desastres naturales y en el desarrollo de técnicas para mitigar sus consecuencias, así como la coordinación en acciones de socorro, preparación y prevención de desastres además de su predicción y alerta temprana. Reforzando la capacidad de la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre.

Sin embargo, cuando finalizó en Decenio se comprobó que, aunque se habían realizado avances aún quedaba mucho por hacer, como se reflejó en la II Conferencia Mundial de Reducción de Desastres celebrada del 12 al 18 de enero de 2005, en Kobe, Hyogo, (Japón). En la cual participaron 168 Estados pertenecientes a la ONU, con la aprobación del “Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres”, instrumento que ayudaría a los Estados y organismos internacionales a aplicar en sus sistemas de protección civil. El objetivo principal de este Marco para 2015 era: “La reducción considerable de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto las de vidas como las de bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y países”. Para lograr el Marco fija tres objetivos estratégicos:

- *Integración más efectiva de la consideración de los riesgos de desastre en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible a todo nivel, en especial la prevención y mitigación de los desastres, la preparación para casos de desastre y la reducción de la vulnerabilidad.*
- *Creación y fortalecimiento de instituciones, mecanismos y medios a todo nivel, en particular a nivel de la comunidad, que contribuyeran de manera sistemática a aumentar la resiliencia ante las amenazas.*
- *En la fase de reconstrucción, incorporación sistemática de criterios de reducción de riesgos en el diseño y la ejecución de los programas de preparación, respuesta y de recuperación.*<sup>3</sup>

En 2015 se celebró en la ciudad japonesa de Sendai, la tercera Conferencia Mundial para la Reducción del Riesgo de Desastres, en ella se estableció el “Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030” como una renovación del marco de acción, vigente en la actualidad. La característica de este Marco es el énfasis en la gestión del riesgo de desastres, su enfoque incide en el conocimiento del riesgo de desastres y la preparación para estos casos

<sup>3</sup> VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.4. Preparación para desastres.* IPCE 2020, p 5.

MARCO DE SENDAI PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES 2015-2030	
Resultado previsto para 2030	La reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países.
Objetivo	Prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes implementando medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia.

Tabla 1: Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030. Fuente: VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.4. Preparación para desastres*. IPCE 2020, p 5.

7 METAS MUNDIALES	
4 METAS PARA REDUCIR PARA 2030	3 METAS PARA INCREMENTAR PARA 2030
<b>REDUCIR LA MORTALIDAD MUNDIAL.</b> Lograr reducir la tasa media de mortalidad mundial por cada 100.000 personas en el decenio 2020-2030 respecto al periodo 2005-2015.	<b>INCREMENTAR EL NÚMERO DE PAISES CON ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES,</b> a nivel nacional y local para 2020.
<b>REDUCIR POBLACIÓN AFECTADA A NIVEL MUNDIAL.</b> Lograr reducir el promedio mundial por cada 100.000 personas en el decenio 2020-2030 respecto del periodo 2005-2015.	<b>MEJORAR LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL</b> mediante apoyo adecuado y sostenible que complemente las medidas adoptadas a nivel nacional para la aplicación del Marco para 2030.
<b>REDUCIR PÉRDIDAS ECONÓMICAS</b> causadas directamente por desastres en relación con el producto interior bruto (PIB) mundial para 2030.	<b>INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN.</b>
<b>REDUCIR LOS DAÑOS</b> causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos.	
4 prioridades de acción	
Prioridad 1	Comprender el riesgo de los desastres.
Prioridad 2	Fortalecer la gobernanza del riesgo de los desastres para gestionar dicho riesgo.
Prioridad 3	Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
Prioridad 4	Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y para "reconstruir mejor" en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Tabla 2: Metas Mundiales del Marco de Sendai. Fuente: VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.4. Preparación para desastres*. IPCE 2020, p 6.

En el caso de España, la Ley 17/2015 del Sistema Nacional de Protección Civil, expone que la eficacia de una política de protección civil requiere en el alto nivel de preparación y formación especializada de los agentes que intervienen, bien sea personal proveniente de las Administraciones Públicas, o de otros profesionales o voluntarios.

Conforme a dicha ley la formación del personal del Sistema Nacional de Protección Civil será promovida por los poderes públicos, reconocido oficialmente en el marco del Sistema Nacional de Cualificaciones y Formación Profesional.

En cuanto a la gestión de desastres en patrimonio cultural existen cuatro fases diferenciadas: identificación del riesgo (la percepción individual y colectiva con su análisis y evaluación), la reducción del riesgo (acciones de prevención y mitigación), la gestión de desastres (la respuesta de emergencias, la rehabilitación y la reconstrucción), y la transferencia y financiación del riesgo (mecanismos de protección financiera para cubrir el riesgo). El propósito principal de esta gestión es la protección del valor patrimonial del bien cultural.

El Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM) establece tres etapas en la gestión del riesgo de desastres: antes, durante y después de los desastres. Las actividades previas de preparación comprenden la evaluación del riesgo, las medidas de prevención y mitigación de las posibles amenazas. Para casos de emergencia puede incluir medidas como la creación de un equipo de emergencia, de un plan y procedimientos de evacuación, sistemas de alerta, almacenamiento temporal, y la realización de simulacros.

### 1.2.1. Riesgo y vulnerabilidad

El economista Philip O'Keefe, que trabajó en la *Disaster Research Unit*, de la Universidad de Bradford (Inglaterra), expuso que la mejor definición de una catástrofe es la relación entre un riesgo, sea natural o provocado por el hombre (ejemplo terremoto) y una condición vulnerable (viviendas construidas de una manera deficiente en una zona peligrosa). Esta relación se explica en el siguiente diagrama:



Figura 6: Diagrama riesgos y vulnerabilidad. Fuente: DAVIS, Ian. *Arquitectura de emergencia*. Construcción alternativa: Tecnología y Arquitectura. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S. A., 1980. ISBN: 84-252-0974-9, p 20.

Algunos de los principales obstáculos que se presentan ante las construcciones locales y sus habitantes para hacer frente a los peligros son: la regularidad con la que se producen muchas formas de catástrofe en una zona determinada; el impedimento que supone para muchas comunidades trasladarse a un emplazamiento menos vulnerable; el rechazo a la utilización de nuevas técnicas constructivas en sus viviendas, por el hecho de suponer un sobrecoste en muchos casos; y la concepción que aún perdura en muchas culturas de que este tipo de catástrofes son obras que surgen de una acción divina y que por tanto no se pueden prever.

El nivel de pobreza es sin duda también un aspecto muy a tener en cuenta cuando se sobreviene una catástrofe, las comunidades más pobres son las más afectadas por su vulnerabilidad. Según las Naciones Unidas el 95% de las muertes directas por catástrofes ocurren en países en vías de desarrollo, y el 5% restante en países del mundo desarrollado.

Tal y como expone Ian Davis en su libro *Arquitectura de emergencia* en muchos casos las técnicas de construcción tradicionales de una determinada zona no son lo suficientemente estables para soportar posibles catástrofes, y por tanto vulnerables. Por ejemplo, en el caso de que se produzca un terremoto, está demostrado que son mucho más seguras estructuras construidas en madera, a diferencia de construcciones compuestas de adobe o piedra. Esta elección del material con el que se construye está claramente condicionada por la abundancia o disponibilidad de dicho material en la zona, como veremos más adelante en los refugios configurados in situ.

En cuanto a la detección de riesgos, el Plan Nacional de Emergencias y Gestión de Riesgos en Patrimonio Cultural, que de acuerdo con la UNDRP (United Nations Disaster Relief Office) y la UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) indica que para desarrollar medidas preventivas y de recuperación hay que conocer el origen de los riesgos. Por su afectación se pueden distinguir:

- *Siniestro en el entorno sin afectación al patrimonio inmueble ni a los bienes muebles.*
- *Siniestro en el inmueble sin afectación al patrimonio mueble que contiene.*
- *Siniestro en el inmueble con daños en su patrimonio mueble o en algún elemento de valor patrimonial singular del inmueble.*<sup>4</sup>

<sup>4</sup> MUÑOZ DEL OLMO, Pablo. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.6. Ciclo de gestión de riesgos.* IPCE 2020, p 4.



Después de este resumen sobre cómo funcionan los organismos de gestión de riesgos y emergencias, así como su preparación y prevención, podemos afirmar que se trata de un sistema complejo en el que se encuentran vinculadas organizaciones a escala internacional hasta las administraciones estatales y locales. El diseño y el desarrollo de refugios temporales para situaciones de emergencia dependerá en gran medida del tipo de desastre causante y del nivel de riesgo que pueda afectar a una población determinada y sus bienes.

Podemos distinguir dos tipos principales de refugios efímeros en cuanto a su sistema constructivo: prefabricados y fabricados in situ.

Los prototipos prefabricados, son transportados por piezas hasta el lugar afectado, se trata de diseños flexibles y modulares para mayor capacidad de adaptabilidad, ejemplos son los sistemas de piezas montables, estructuras retráctiles, pabellones inflables y membranas textiles, estructuras que pueden compactarse desmontarse con facilidad.

Por otro lado, está la opción los prototipos realizados in situ, permite la utilización de técnicas y materiales locales, con la posibilidad de que sea la propia población damnificada o local la que participe en su construcción. Este tipo de construcciones dependerá de factores mencionados anteriormente como la urgencia de la problemática, como de la disponibilidad de recursos, ubicación geográfica y mano de obra. Esta dependencia es la principal desventaja a priori de este tipo de sistemas frente a los prefabricados.

### 1.3. Prototipos de sistemas constructivos

Como se ha descrito anteriormente, existen dos familias de prototipos de instalaciones de emergencia en función su manera de construirse: prefabricados y fabricados in situ.



Figura 7: Izquierda, imagen de refugio y construcciones elaboradas in situ en México. Derecha, refugios prefabricados proporcionados por la organización ACNUR en Brasil. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/tag/arquitectura-de-emergencia>



### *1.3. Prototipos de Sistemas constructivos*



#### *1.3.1. Sistemas prefabricados*

### 1.3.1. Sistemas prefabricados

Se trata de sistemas, por su diseño, fáciles de montar, lo que se traduce en poco tiempo de montaje, requieren poca mano de obra, siendo esta su principal ventaja ante situaciones de riesgo, donde se necesita que la intervención se materialice lo más rápido posible.



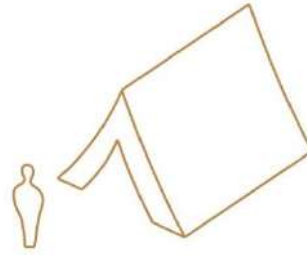
Figura 8: Transporte de una vivienda prefabricada. Disponible en: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939302/arquitectura-de-emergencia-construccion-local-o-prefabricacion?ad\\_medium=gallery](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939302/arquitectura-de-emergencia-construccion-local-o-prefabricacion?ad_medium=gallery)

Este tipo de refugios de carácter temporal tienen la ventaja de poder desarmarse y transportarse sin mayor dificultad y sin que esto suponga un impacto en su entorno, a la vez que pueden reutilizarse para otra ocasión.

Suelen concebirse desde su diseño como soluciones flexibles y genéricas, ya que entre los requisitos que deben cumplir es adaptarse a las condiciones de cualquier territorio y clima. Además, al tener un carácter modular aceptan operaciones de adición por lo tanto modificando sus dimensiones si fuera necesario.

Los principales requisitos de este tipo de sistemas es que sean fáciles de montar y desmontar, así como su transporte y desplazamiento. A continuación, clasificaremos distintos ejemplos de prototipos en función de algunas de las principales técnicas utilizadas:

### 1.3.1.1. CARPAS/TIENDAS



Una de las técnicas más elementales utilizadas a lo largo de la historia, desde los asentamientos nómadas hasta las soluciones para dotar de vivienda a refugiados en situaciones de emergencia humanitaria actuales, es a partir de carpas o tiendas de campaña. Una estructura portante de barras rígidas que sustentan un elemento de cubrición, materializado normalmente en textiles o tejidos plásticos como en polietileno.



Figura 9: Campamento de refugiados El Shatt en el Sinaí (Egipto) en 1944. Disponible en: <https://momentosdelpasado.blogspot.com/2020/03/campos-de-refugiados-para-europeos-oriente-medio.html>

Se trata de un tipo de refugio fácil de montar y transportar, ya que sus elementos ocupan poco espacio. Sus prestaciones se adaptan mejor a climas cálidos, no es recomendable para climas muy extremos, ya que los materiales de los que suelen componerse las cubiertas no tienen una gran capacidad aislante. Su poco peso muchas veces supone una desventaja en su duración, en muchos casos tienden a enterarse para reducir su superficie a la intemperie y mejorar su

asentamiento, aparte de con los anclajes fundamentales. Su uso se extendió a partir de la segunda guerra mundial, principalmente para la acogida de refugiados. En 1942 se crea la Administración de Oriente Medio para Ayuda, y dos años después la UNRRA (*United Nations Relief and Rehabilitation Administration*), que llevaron a cabo la instalación de campamentos en países como Egipto, Siria o Palestina para alojar a refugiados que huían de la Alemania Nazi. La disposición de carpas también es muy común en campamentos e instalaciones de origen militar.



Figura 10: Refugiados europeos alojados en campamento de tiendas en Egipto. Disponible en: [https://twitter.com/raquel\\_marti\\_/status/880376578336841728?lang=hi](https://twitter.com/raquel_marti_/status/880376578336841728?lang=hi)



Figura 11: Campamento de refugiados europeos en Siria. Fuente: ACNUR. Disponible en: <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/historias-de-vida/europeos-refugiados-en-siria-asi-acabo-la-ii-gm>





Figura 12: Ciudadanos croatas y yugoslavos trabajando en una tienda en el campo de refugiados de El Shatt, Egipto. Fuente: ACNUR. Disponible: <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/historias-de-vida/europeos-refugiados-en-siria-asi-acabo-la-ii-gm>



Figura 13: Imagen de refugio temporal en forma de tienda con cubierta proporcionada por ACNUR. Disponible en: <https://eacnur.org/es/labor/areas-de-trabajo/refugio>

Asociaciones como ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados) organismo dependiente de la ONU, utiliza este tipo de prototipos en su labor para garantizar un refugio seguro a las personas afectadas por persecución, violencia o la destrucción de sus hogares.



Figura 14: Campamento de emergencia construido por ACNUR en Kara Tepe, Lesbos (Grecia). Disponible en: <https://www.acnur.org/noticias/press/2020/9/5f6cb99a4/acnur-aliviar-el-sufrimiento-y-el-hacinamiento-en-los-centros-de-recepcion.html>

La mayoría de los modelos de campamentos de tiendas de campaña poco desarrollados, con materiales poco resistentes, en climas desfavorables tienen una vida útil de entre 3 a 9 meses, haciendo que este prototipo de refugio no sea un modelo ideal para situaciones post catastróficas. Aunque algunos modelos más pesados puedan prolongar su uso estimado.

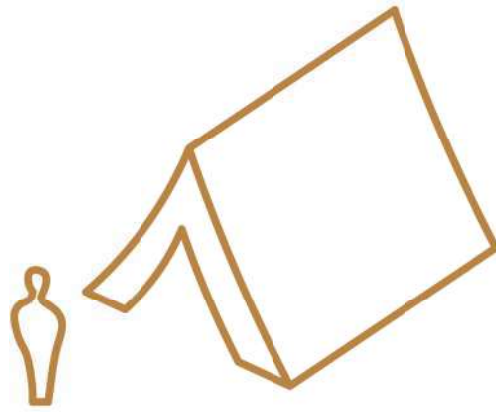


Figura 15: Campamento de tiendas para refugiados en la actualidad. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939858/como-redefinir-la-arquitectura-para-emergencias-de-migracion>

Podemos resumir sus prestaciones según los siguientes parámetros:



RESUMEN PRESTACIONES CARPAS/TIENDAS

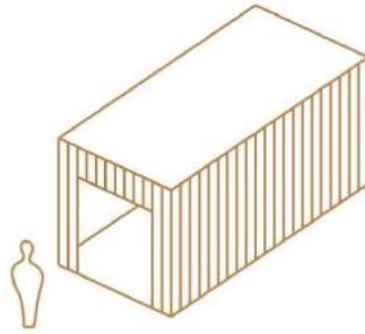


TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ ENVOLVENTE	MONTAJE	DISPOSICIÓN	S. EMERGENCIA	RENDIMIENTO
		<p>5 min</p>			<p>3-9 meses</p>

TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ENVOLVENTE	MONTAJE
<p>Ligero</p> <p>Pesado</p> <p>Fácil desmontable y embalaje</p>	<p>Muros y cubierta portantes</p> <p>Estructura protante + cubrición</p> <p>Aislamiento</p> <p>Impermeabilidad</p>	<p>Maquinaria</p> <p>Número de personas</p> <p>Adaptabilidad</p> <p>Tiempo</p>
DISPOSICIÓN	SITUACIÓN DE EMERGENCIA	RENDIMIENTO
<p>Permite agregación de unidades</p> <p>Módulo único</p> <p>Reutilizable</p> <p>Reciclable</p>	<p>Inundación</p> <p>Sismo</p> <p>Campo refugiados (Conflicto bélico o similar)</p>	<p>Climas extremos fríos</p> <p>Climas extremos cálidos</p> <p>Seguridad</p> <p>Vida útil</p>



### 1.3.1.2. MÓDULOS RÍGIDOS



Dentro de esta clasificación tipológica se incluyen los refugios que se configuran a partir de un elemento "contenedor", es decir, una envolvente estructural rígida que representa una unidad modular. Su proceso de montaje es mínimo o inexistente porque se trata de piezas ya conformadas, que solo necesitan ser trasladadas y colocadas en el emplazamiento deseado. Por las características de este tipo de refugios, deben de estar conformados por materiales rígidos y resistentes, además de ligeros para facilitar su transporte.

El ejemplo más inmediato de este concepto son los contenedores marítimos, que se utilizan para el transporte de mercancías. Precisamente por eso se trata de elementos de gran resistencia porque su función es de almacenamiento. Fue creado alrededor de 1958 por el empresario Malcolm McLean, a partir de la Segunda Guerra Mundial, para mejorar la eficiencia y la optimización en las operaciones de intercambio de mercancías. En la actualidad en su mayoría se materializan en acero, concretamente en placas de acero corrugado, pero también pueden encontrarse de aluminio o madera.



Figura 16: Cabañas campamento de refugiados en la Segunda Guerra Mundial. Fuente: ACNUR. Disponible en: <https://www.nuevatribuna.es/articulo/cultura---ocio/desplazados-despues-ii-guerra-mundial/20150906124736119843.html>

Su diseño sencillo y versátil ha hecho que su uso se diversifique, como en el caso de su utilización para residencia y en concreto como módulos habitacionales de emergencia, sin apenas operaciones adicionales aparte de la abertura de huecos para ventilación e iluminación o añadir capas de aislamiento a sus superficies.

Un buen ejemplo de la utilización actual del módulo "container" es el proyecto "Container Temporary Housing" del arquitecto japonés Shigeru Ban. El proyecto surge de la necesidad de trasladar y dar alojamiento a parte de la población de Onagawa, Japón, damnificados por las consecuencias de los desastres naturales de 2011. A partir de contenedores marítimos como unidades básicas, apilándolos creando un conjunto de viviendas, termina conformando un asentamiento de gran calidad aprovechándose de las ventajas del "container" como recurso.



Figura 17: Imagen del proceso de colocación de los contenedores. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/viviendas-temporales-container>

El plástico es un material que también ofrece buenas prestaciones para esta tipología de refugios. Para encontrar ejemplos en la utilización del plástico en vivienda debemos remontarnos a 1953, cuando la compañía americana "Monsanto Chemical" junto al Departamento de Arquitectura del M.I.T. (*Massachusetts Institute of Technology*), iniciaron un proyecto que consistía en el desarrollo de un prototipo de casa de plástico.





Figura 18: Fotografía del proceso de construcción de "La casa del futuro". Disponible en: <http://www.bubblemania.fr/es/maison-du-futur-1957-1967-disneyland/>

El prototipo, denominado como "La casa del futuro" (Fig.18), se ubicaría en Disneyland, en un espacio de exhibición llamado "Tomorrowland". La instalación se inauguró en junio de 1957, seis meses después del inicio de las obras. Su estructura modular conformada en poliéster reforzado con fibra de vidrio, que configuraba una forma en cruz en planta, se encontraba apoyada y elevada respecto al terreno por un núcleo central de hormigón.



Figura 19: Fotografía del prototipo de vivienda acabado. Disponible en: <http://www.bubblemania.fr/es/maison-du-futur-1957-1967-disneyland/>

El proyecto supuso una demostración de la capacidad y las posibilidades del plástico sobre todo en su carácter estructural y formal. Sus piezas prefabricadas en voladizo alcanzaban una distancia de casi 5 metros de vuelo y una capacidad de carga de 13 toneladas. Entre los puntos débiles de la vivienda en cuanto al uso del plástico, el comportamiento ante el fuego, la durabilidad y el tratamiento de las juntas.

El prototipo de "La casa del futuro" sentó un precedente en la arquitectura modular de plástico. En la década de los 70, Georges Candilis y Anja Blomstedt crearon un módulo inspirado en una cabina de barco llamado "Hexacube". Se trataba de dos cascaras de fibra de vidrio reforzadas ensambladas entre ellas, dejando aberturas en sus lados para configurar accesos, huecos de ventana o la posible anexión con otro módulo.

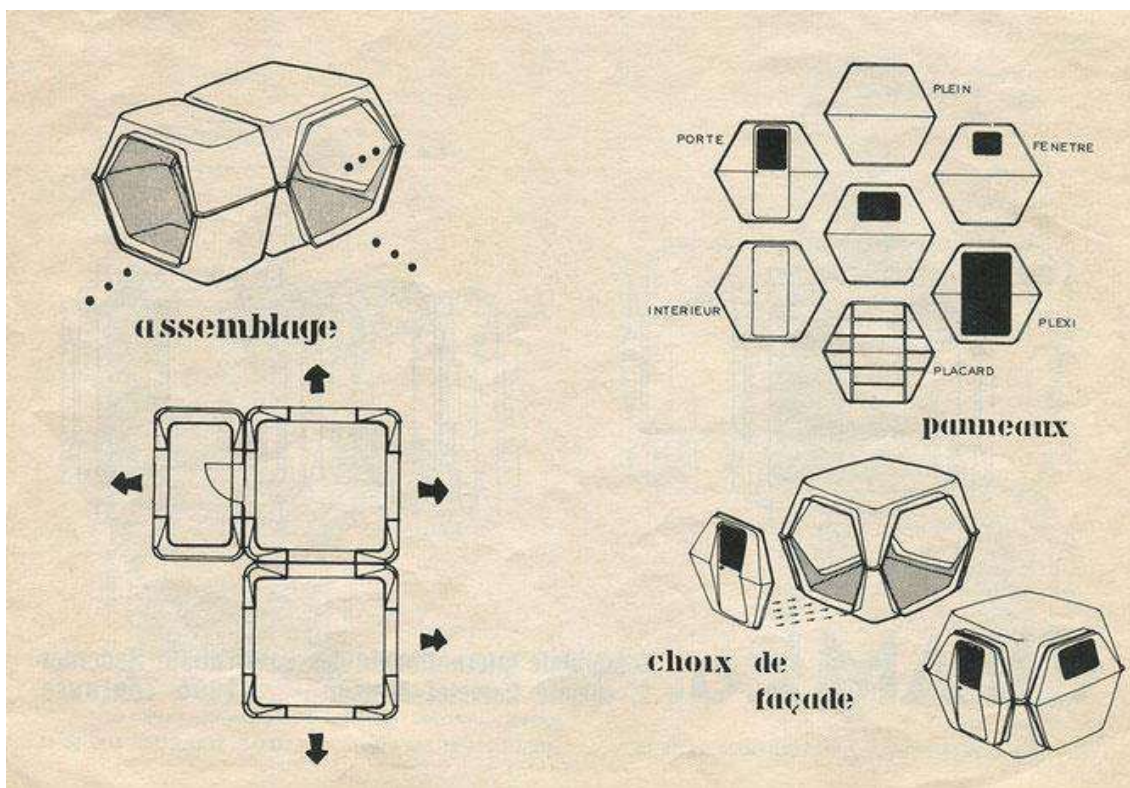


Figura 20: Dibujos originales de la propuesta del "Hexacube". Disponible en: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/hexacube-arquitectura-futurista-de-los-70>

Su diseño futurista está claramente influenciado por el incipiente crecimiento de la carrera espacial de la época. Cada módulo configura un espacio de 7 m<sup>2</sup>, al tratarse de piezas modulares las dimensiones puede multiplicarse, su transporte es sencillo, basta con apilar sus dos cascaras principales, al igual que su montaje. Este prototipo propicio la fundación del CIFAM, empresa de comercialización y distribución del hábitat.





Figura 21: Fotografía espacio interior configurado por varios módulos. Disponible en: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/hexacube-arquitectura-futurista-de-los-70>

El uso para el que fueron concebidos era la creación de unas celdas espaciales auxiliares para un balneario. Se convirtieron en uno de los primeros ejemplos de construcción modular prefabricada en plástico

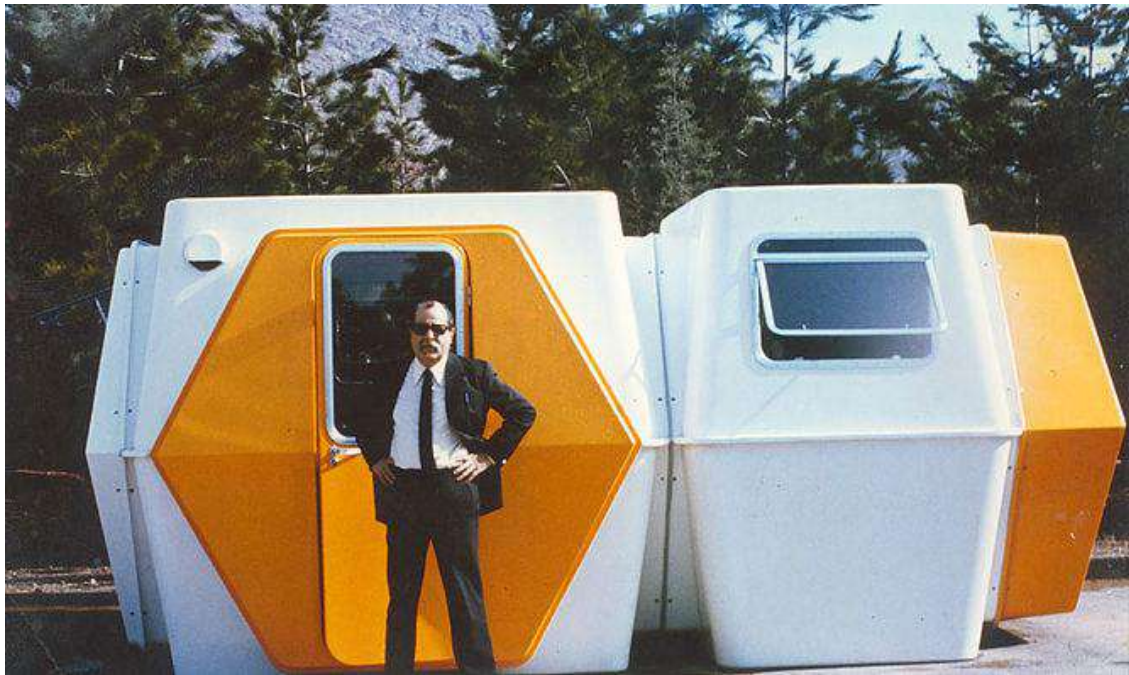


Figura 22: Fotografía de Georges Candilis junto al prototipo. Disponible en: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/hexacube-arquitectura-futurista-de-los-70>

La asociación ACNUR ha llevado a cabo refugios de esta tipología conformados a partir de paramentos ensamblados de piezas plásticas. Otro ejemplo también de prototipos de módulos rígidos, son los desplegados por la UME (Unidad Militar de Emergencia) conocido como el sistema Rocaedro. Tras el terremoto que sufrió la ciudad de Lorca en 2011 (Murcia, España), la UME instaló un campamento con capacidad para 1.400 personas que estuvo en pie durante 6 meses.



Figura 23: Operarios montando uno de los módulos con capacidad para 6 personas, de un Campamento de Damnificados (CDAM). Disponible en: <https://www.defensa.gob.es/ume/noticias/2021/05/Noticias/cdam-copex21.html>

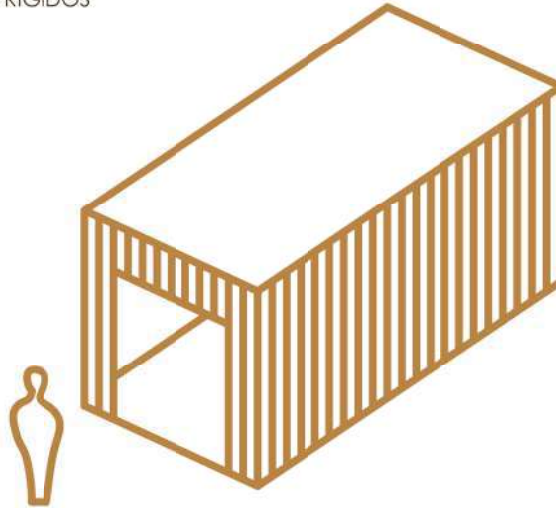
La agencia ACNUR (UNCHR) colabora con fundaciones y diseñadores para desarrollar prototipos de viviendas y refugios de emergencia como el siguiente elaborado por IKEA.



Figura 24: Modelo de 17,5 m<sup>2</sup> creado por IKEA en colaboración con ACNUR. Fuente: IKEA. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626467/fundacion-ikea-disena-vivienda-de-emergencia>

Podemos resumir sus prestaciones según los siguientes parámetros:

RESUMEN PRESTACIONES MÓDULOS RÍGIDOS

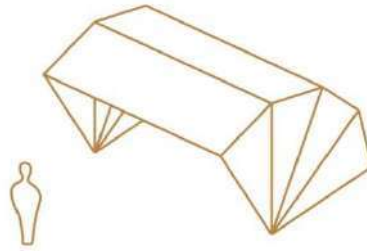


TRANSPORTE	ESTRUCTURA	MONTAJE	DISPOSICIÓN	S. EMERGENCIA	RENDIMIENTO
		 5 - 6 horas			 10 años

TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ENVOLVENTE		MONTAJE	
Ligero		Muros y cubierta portantes		Maquinaria
Pesado		Estructura portante + cubrición		Número de personas
Fácil desmontable y embalaje		Aislamiento		Adaptabilidad
		Impermeabilidad		Tiempo
DISPOSICIÓN	SITUACIÓN DE EMERGENCIA		RENDIMIENTO	
Permite agregación de unidades		Inundación		Climas extremos fríos
Módulo único		Sismo		Climas extremos cálidos
Reutilizable		Campo refugiados (Conflicto bélico o similar)		Seguridad
Reciclable				Vida útil



### 1.3.1.3. ESTRUCTURAS DESPLEGABLES



Las estructuras plegables han estado siempre concebidas como un tipo de arquitectura utópica. Sin embargo, algunos referentes en su estudio e investigación han demostrado que pueden realizarse y que son un tipo de estructuras que tienen mucho que ofrecer.

Pioneros en su trabajo y desarrollo son el arquitecto estadounidense Richard Buckminster Fuller, destacan sobre todo sus avances en aplicaciones de esta técnica como su trabajo de invención de la cúpula geodésica en 1949. A mediados de los años 60 otro arquitecto español realizó trabajos demostrando las posibilidades de las estructuras desplegadas, Emilio Pérez Piñero. Su carrera profesional fue corta, apenas duró 10 años. Contribuyó en el campo de las estructuras ligeras con grandes avances. Construyó el Pabellón Transportable de Exposiciones en Madrid (1964), siendo el primer edificio del mundo de cierta importancia resuelto en su totalidad por una estructura reticular desplegada.

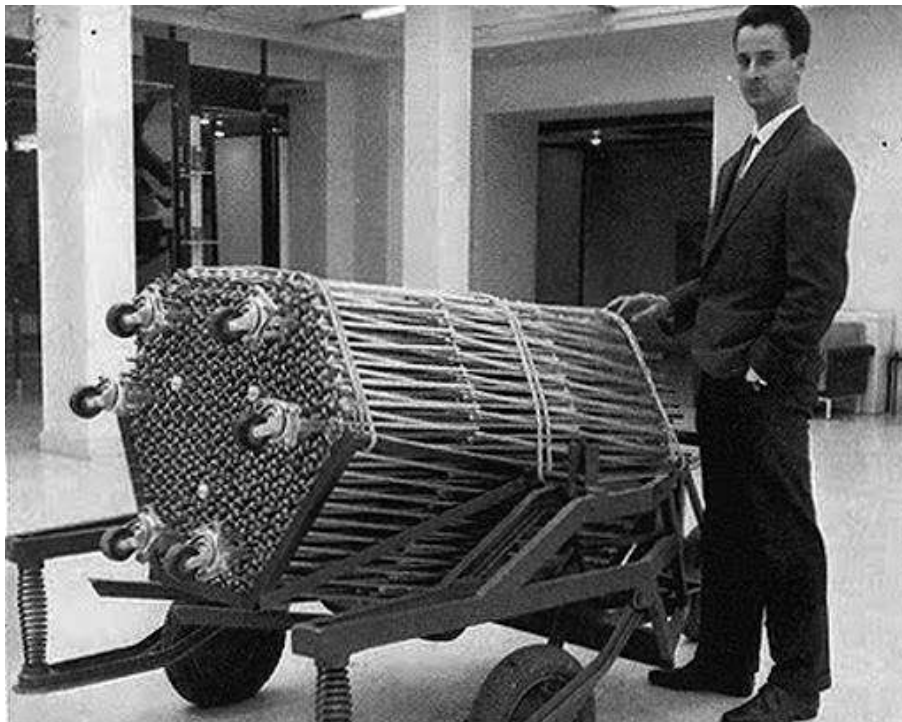


Figura 25: Emilio Pérez Piñero posando junto a uno de sus prototipos plegado. Disponible en: <http://www.fernandovisedo.com/emilio-perez-pinero/>

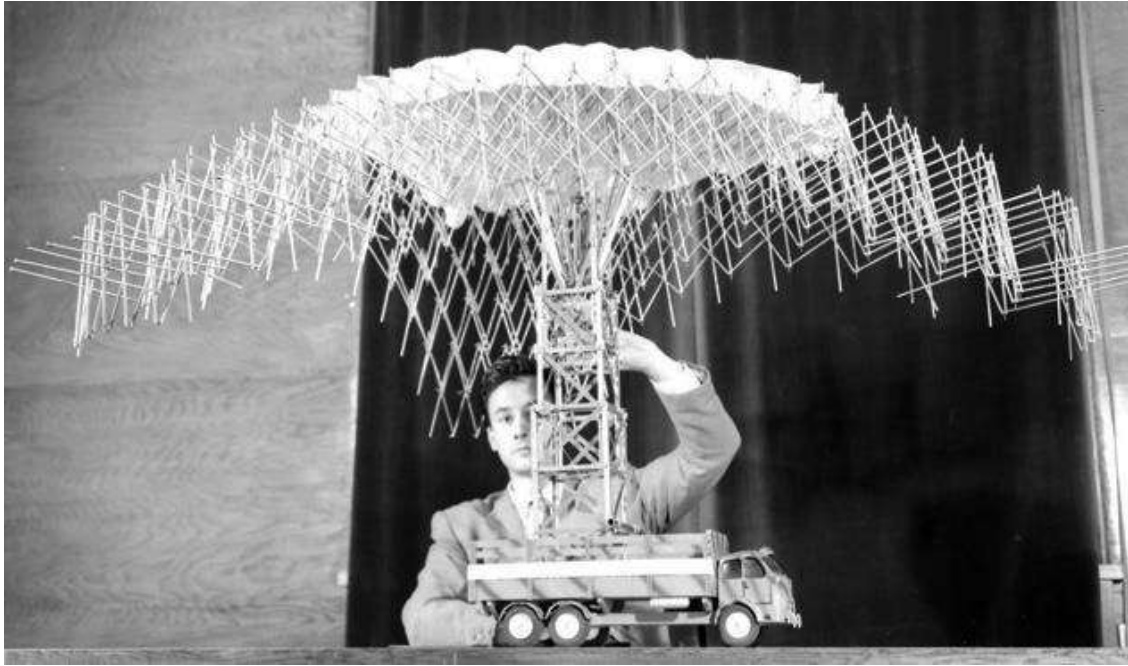


Figura 26: Pérez Piñero exponiendo uno de sus modelos desplegado. Disponible en: <https://arquiscopio.com/las-estructuras-desplegables-de-perez-pinero/>

Esta nueva manera de concebir la creación de espacios a partir de estructuras articuladas plegables despertó un gran interés entre técnicos de todo el mundo por el abanico de posibilidades que esta ofrecía. A continuación, se muestran un par de ejemplos evoluciones de esta técnica, aplicados al uso de refugios de emergencia.

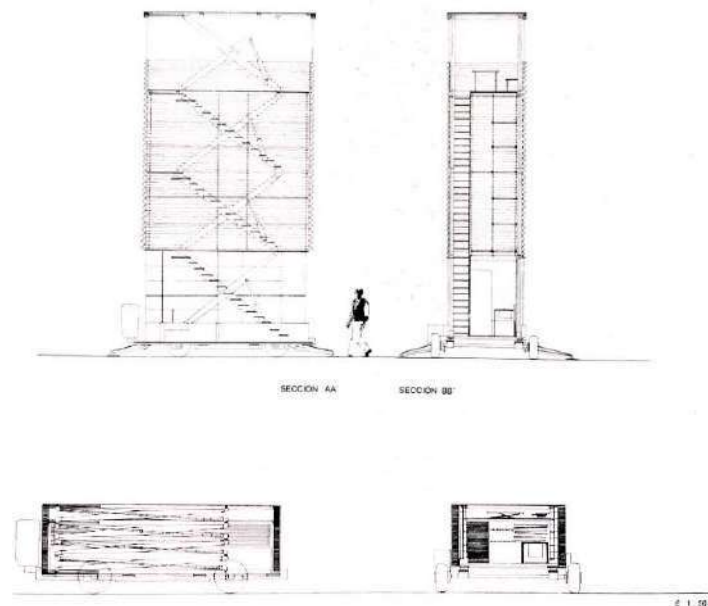


Figura 27: Alzados y secciones prototipo TM 1000. Fuente: *Catalogo. Concurso de Ideas para Alojamiento Temporales*. Fundación Cultural COAM, p 26- 27.

El modelo diseñado por Ángel García de Celis y Jorge Jareño Ibarra, alumnos de la ETSAM, que obtuvieron el primer premio por su instalación *TM 1000*. Se trata de una estructura de acero que se despliega y tensa una piel exterior que además sirve de arrostamiento, conformando una membrana capaz de aprovechar la radiación solar.

En su interior se constituye un espacio habitable en niveles, núcleo de baño y cocina en nivel 0, en los niveles 1 y 2 dormitorio con capacidad para 10 personas, y un último nivel como terraza. Muestra una gran facilidad para ser transportado y ocupa poco espacio. Se trata de un proyecto de concurso que no se llegó a realizar.

Un ejemplo contemporáneo de prototipo de refugio con estructura desplegable es el modelo denominado *Pull*, diseñado por el arquitecto Jonathan Balderrama.

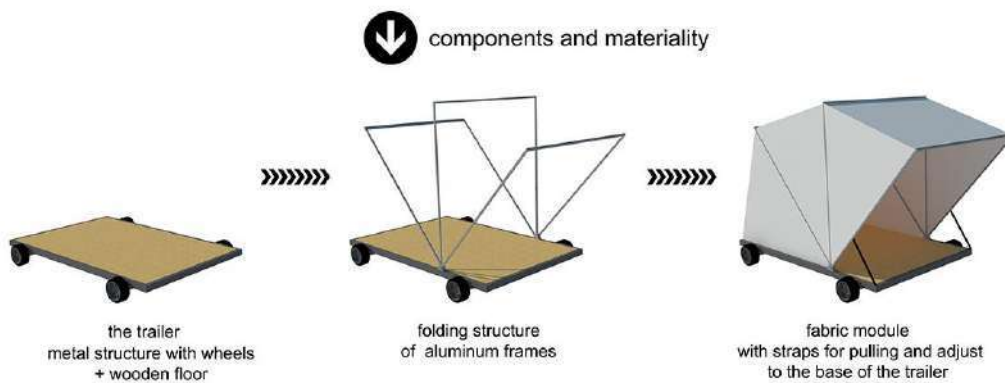


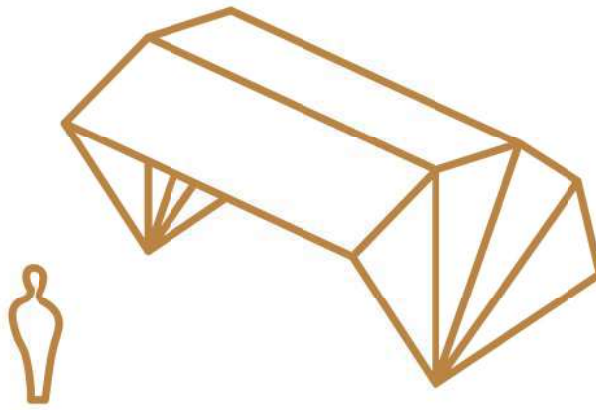
Figura 28: Prototipo desplegable *Pull*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/881113/pull-un-premiado-refugio-portatil-y-desplegable-en-minutos-para-enfrentar-una-crisis-humanitaria>



Figura 29: Proceso cubrición prototipo *Pull*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/881113/pull-un-premiado-refugio-portatil-y-desplegable-en-minutos-para-enfrentar-una-crisis-humanitaria>

Podemos resumir sus prestaciones según los siguientes parámetros:

RESUMEN PRESTACIONES ESTRUCTURAS DESPLEGABLES

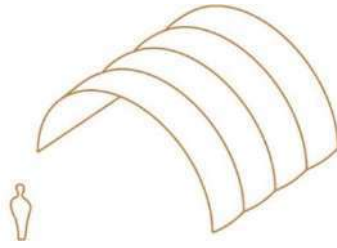


TRANSPORTE	ESTRUCTURA	MONTAJE	DISPOSICIÓN	S. EMERGENCIA	RENDIMIENTO
		  5 - 6 horas			 3-9 meses

TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ENVOLVENTE		MONTAJE
Ligero		Muros y cubierta portantes	Maquinaria
Pesado		Estructura portante + cubrición	Número de personas
Fácil desmontable y embalaje		Aislamiento	Adaptabilidad
		Impermeabilidad	Tiempo
DISPOSICIÓN	SITUACIÓN DE EMERGENCIA		RENDIMIENTO
Permite agregación de unidades	Inundación	Climas extremos fríos	
Módulo único	Sismo	Climas extremos cálidos	
Reutilizable	Campo refugiados (Conflicto bélico o similar)	Seguridad	
Reciclable		Vida útil	



### 1.3.1.4. ESTRUCTURAS HINCHABLES/NEUMÁTICAS



Las primeras imágenes de la aplicación de este tipo de estructuras nos vienen entre las décadas de los años 60 y 80, ejemplos que se daban en las instalaciones efímeras de ferias, congresos y grandes exposiciones. Se trata de un tipo de estructuras viables y de gran estabilidad, que permiten también instalaciones duraderas, presentes en nuestra vida diaria en objetos como sombrillas, cometas, molinos de viento, paracaídas, globos, dirigibles...

La primera patente de una construcción neumática corrió a cargo del ingeniero inglés sir Frederik W. Lanchester en 1917, por la creación de una bóveda de gran tamaño sujeta por una ligera sobrepresión de aire en su interior. Su aplicación práctica no se llevó a cabo hasta que en el campo militar de la aeronáutica estadounidense se decidió utilizar para proteger las antenas de radar de vigilancia, con un espesor de cubierta mínimo evitaba que pudiera haber interferencias con las señales de radio frecuencia.

En España el principal precursor de este tipo de estructuras es el arquitecto José Miguel de Prada Poole, cuyos trabajos en la materia se realizaron de manera coetánea a la de otros profesionales que investigaban en el mismo campo, lo denota su importancia. Su primera obra fue la *Alcudia* en 1968 como una derivación de la *Smart Structure* en la *Exoplástica '69*, consistía en una cúpula hinchable, confeccionada a partir de colchones con forma de células hexagonales inflados individualmente, siendo un prototipo que creó una gran admiración por su innovación.



Figura 30: José Miguel de Prada Poole dentro de una de sus "burbujas". Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2019/04/19/icon\\_design/1555671950\\_034378.html](https://elpais.com/elpais/2019/04/19/icon_design/1555671950_034378.html)



Figura 31: Cúpula de almohadillas en pruebas para la exposición del 69. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2019/04/19/icon\\_design/1555671950\\_034378.html](https://elpais.com/elpais/2019/04/19/icon_design/1555671950_034378.html)

Cabe destacar entre sus obras en el campo de la neumática el *Hielotron de Sevilla*, realizado en 1975, obra que fue condecorada con el Premio Nacional de Arquitectura en ese mismo año. Fue creado para cubrir una pista de hielo, destacando la gran superficie que abarcaba, en torno a 10.000 m<sup>2</sup>, estuvo activa durante varios años.



Figura 32: Fotografía aérea del Hielotron de Sevilla. Disponible en: [https://sevilla.abc.es/provincia/dos-hermanas/sevi-hielotron-pista-hielo-revoluciono-sevilla-hace-40-anos-201604131234\\_noticia.html](https://sevilla.abc.es/provincia/dos-hermanas/sevi-hielotron-pista-hielo-revoluciono-sevilla-hace-40-anos-201604131234_noticia.html)



El proyecto se encontraba ubicado a las afueras de Montequinto, en Dos Hermanas, Sevilla. Se trataba de dos grandes cúpulas, encajadas entre sí y sujetas por una enorme cremallera. Sobre las cúpulas se colocó un cable de acero de más de 30 mm de grosor y casi 100 metros de largo. A su vez las dos semiesferas estaban rodeadas por otras cúpulas más conectadas a partir de túneles también hinchados.



Figura 33: Fotografía del interior de las cúpulas principales del Hielotron. Disponible en: [https://www.diariodesevilla.es/artes\\_plasticas/Prada-Poole-Arquitectura-CAAC-exposicion\\_0\\_1340566502.html](https://www.diariodesevilla.es/artes_plasticas/Prada-Poole-Arquitectura-CAAC-exposicion_0_1340566502.html)

El siguiente prototipo consiste en la construcción de una cubierta con una tela impregnada de cemento, adherida a un material plástico inflable, de aquí viene el nombre del concepto "una cubierta dentro de una bolsa". Se necesita una bomba eléctrica para el inflado además de acceso a agua para la hidratación del cemento. El anclaje al suelo se realiza mediante puertas herméticas de acero a cada extremo que además configuran el acceso. Finalmente configura un espacio estéril, seguro a prueba de fuego que puede estar listo en 24 horas y de una vida útil estimada de 10 años.





Figura 34: Imagen fases de construcción refugio de lona de hormigón. Disponible en: <https://www.concretcanvas.com/es/cc-shelters/>

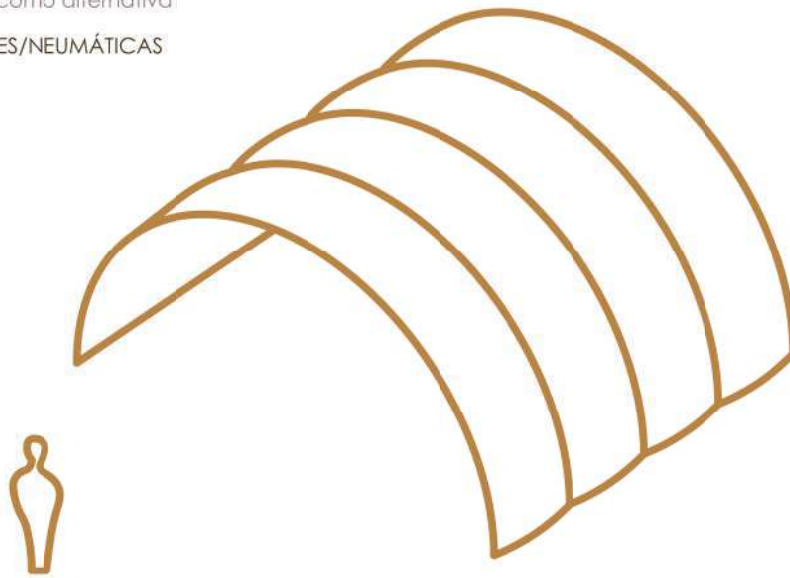
El prototipo diseñado por los ingenieros británicos Will Crawford y Peter Brewin en 2005, consigue crear una cubierta ligera y resistente, que se puede completar cubriendo esta de arena mejorando sus características aislantes. A pesar de ser un refugio que se construye "in situ" en el lugar donde se va a ubicar, se considera prefabricado porque su elemento principal, la lona de hormigón, lo es, y normalmente es un material importado.



Figura 35: Fotografía interior Concrete canvas. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-90179/en-detalle>

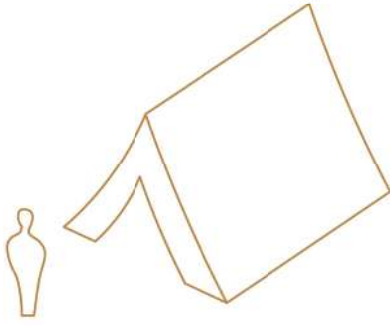



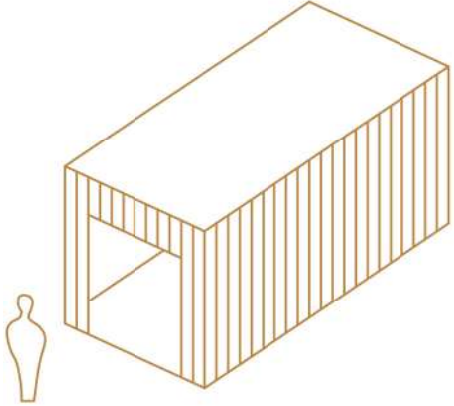

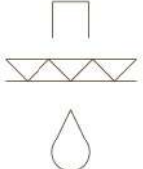
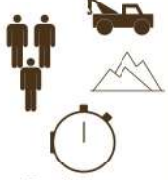
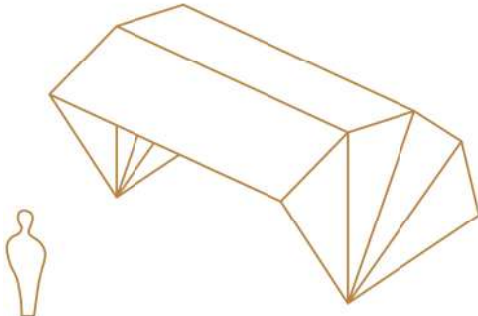

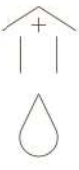

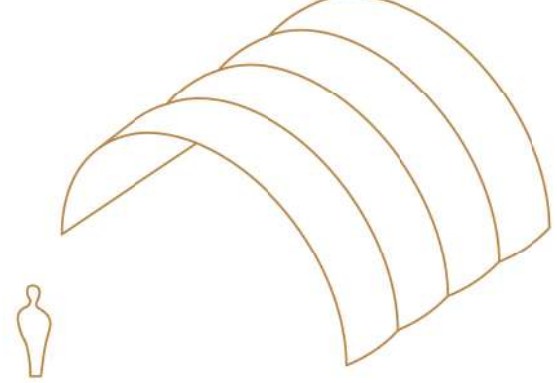

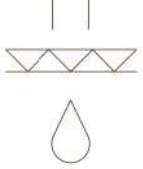
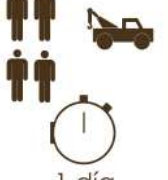
Podemos resumir sus prestaciones según los siguientes parámetros:

RESUMEN PRESTACIONES HINCHABLES/NEUMÁTICAS



TRANSPORTE	ESTRUCTURA	MONTAJE	DISPOSICIÓN	S. EMERGENCIA	RENDIMIENTO

TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ENVOLVENTE		MONTAJE
Ligero 	Pesado 	Muros y cubierta portantes 	Maquinaria 
Fácil desmontable y embalaje 	Estructura protante + cubierta 	Aislamiento 	Número de personas 
	Impermeabilidad 	Adaptabilidad 	Tiempo 
DISPOSICIÓN	SITUACIÓN DE EMERGENCIA		RENDIMIENTO
Permite agregación de unidades 	Inundación 	Climas extremos fríos 	
Módulo único 	Sismo 	Climas extremos cálidos 	
Reutilizable 	Campo refugiados (Conflicto bélico o similar) 	Seguridad 	
Reciclable 		Vida útil 	

	<p>TRANSPORTE</p> 	<p>ESTRUCTURA/ ENVOLVENTE</p> 	<p>MONTAJE</p>  <p>5 min</p>
	<p>TRANSPORTE</p> 	<p>ESTRUCTURA</p> 	<p>MONTAJE</p>  <p>5 - 6 horas</p>
	<p>TRANSPORTE</p> 	<p>ESTRUCTURA</p> 	<p>MONTAJE</p>  <p>5 - 6 horas</p>
	<p>TRANSPORTE</p> 	<p>ESTRUCTURA</p> 	<p>MONTAJE</p>  <p>1 día</p>
<p>Como conclusión comparamos el análisis de los distintos prototipos en función de los parámetros elegidos. Podemos comprobar que los módulos rígidos, a pesar de poder ser problemático por su tamaño en el transporte sobre todo en zonas de difícil acceso, son los que ofrecen un mayor rendimiento y calidad espacial para sus usuarios.</p>			

Este tipo de refugios prefabricados casi siempre proceden de fuentes externas, ya sea comprado o como donación. Las donaciones de este tipo de viviendas de emergencia, es un fenómeno relativamente reciente, ya que antes de la segunda guerra mundial no hay pruebas de ayudas entre países, exceptuando ejemplares de tiendas de campaña. El aumento de estas ayudas en los últimos años coincide con la mejora de los transportes y su rapidez, así como la globalización y el progresivo aumento de víctimas de las catástrofes.

Este tipo de proyectos ha despertado el interés de diseñadores, arquitectos e ingenieros, convirtiéndose en un tema recurrente para muchos concursos y propuestas aisladas, así como líneas de investigación de prototipos. Sin embargo, este tipo de proyectos han sido muy criticados por ser soluciones totalmente descontextualizadas en muchos casos, lo que supone una falta de aceptación por parte de sus usuarios en el aspecto cultural, dedicaremos un punto a esta cuestión más adelante. Al ser ayudas que suelen provenir de otros países, y requieren un transporte, a menudo llegan a destiempo al lugar donde se las requería para cubrir una necesidad urgente. El coste supone otro impedimento para estos prototipos, en el caso de que fueran comprados y no donados, su precio el más elevado que instalaciones creadas in situ, ya que hay que sumarle el transporte.



Figura 36: Ejemplo de módulo de asilamiento sanitario prefabricado. Disponible en: <https://arquitecturadeemergencia.com/>

Además, algunos creadores dotan de soluciones demasiado tecnológicas a sus refugios, lo que encarece su desarrollo y su precio, aparte de que estos avances para cubrir las necesidades básicas de sus inquilinos al final sirvan de poco.

Otra de las características de estos refugios es su facilidad de montaje, en muchos casos un proceso prácticamente inmediato. Lo que puede parecer una ventaja, pero si se mira desde el punto de vista de los habitantes locales no lo es, ya que una manera de integrar en el proyecto a la población es participando en su construcción, además de ser una oportunidad de trabajo que en situaciones de catástrofe y emergencia pasa a ser otra necesidad, ya que parte de la población puede que haya perdido su trabajo y necesite un sustento económico.





*1.3.2. Sistemas fabricados in situ*

### 1.3.2. Sistemas fabricados in situ

Este tipo de sistemas se fundamentan en la utilización de materiales locales, precisamente este es uno de los factores que pueden hacer que sean mejor recibidos por la población que va a hacer uso de ellos. La relación con su entorno, adaptación al clima, e incluso la participación de mano de obra local son aspectos que influyen en la utilización de tipologías de constructivas tradicionales de una zona específica.

Permiten elegir morfologías, materiales y además pueden ofrecer la posibilidad de una mayor vida útil. En muchos casos los refugios de emergencia temporales acaban siendo instalaciones que permanecen una vez que la situación de riesgo ha terminado, cuanto más fuerte sea el vínculo cultural de la población con estas construcciones, el cual no se consigue con las soluciones prefabricadas estandarizadas, existirá más esfuerzo por su mantenimiento alargando su vida útil.

Durante la Segunda Guerra Mundial alrededor de 20.000 polacos encontraron refugio en África, concretamente en Tanganyika, alojándose en viviendas construidas en paja y adobe con técnicas tradicionales de la zona. Se trata de ejemplo curioso ya que llegaron incluso a convivir con los habitantes de los pueblos locales.



Figura 37: Refugiados polacos evacuados en África y alojados en viviendas en lo pueblos locales. Fuente: [www.memorysourhomeland.com](http://www.memorysourhomeland.com). Disponible en: <https://www.dw.com/es/segunda-guerra-mundial-cuando-19000-polacos-encontraron-refugio-en-%C3%A1frica/a-49007529>

Con este tipo de sistemas no existe una clasificación en cuanto a las técnicas constructivas como en el caso de los prefabricados, ya que existen muchas variantes morfológicas dependiendo de su contexto específico.





Figura 38: Refugio temporal en Nepal. Autor: Charles Lai, Takehiko Suzuki. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939302/arquitectura-de-emergencia-construccion-local-o-prefabricacion>



Figura 39: Escuela EAHR para niños refugiados en Jordania. Autora: Martina Rubino. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/940157/5-organizaciones-que-usan-arquitectura-para-responder-a-emergencias>

*Longbag Superadobe*, este prototipo se llevó a cabo en 1995 por el arquitecto iraní Nader Khalili, quién se basó en la arquitectura vernácula para desarrollarlo.



Figura 40: Fotografía de la construcción de un refugio con la técnica de superadobe. Disponible en: <https://www.calearth.org/intro-superadobe>

El concepto del refugio es muy simple, sus muros se realizan a partir de la colocación de sacos rellenos de arena unos sobre otros, conformando arcos, bóvedas y cúpulas, se disponen en espiral y en planta circular normalmente. La arena de los sacos es la que se encuentra disponible en su localización. Se coloca alambre de espino entre sus hileras para evitar desplazamientos. Se trata de un tipo de construcción muy ecológico, económico, local y sin apenas transporte de materiales.

*Escuela Flotante en Makoko*, este modelo surge de la necesidad de adaptarse a un emplazamiento como el de la comunidad de Makoko en Lagos (Nigeria), el cual un tercio de su superficie se encuentra construido sobre una laguna. Además de sufrir el impacto de las inundaciones de las crecidas. La escuela diseñada por el estudio NLÉ Architects en 2012, es un edificio flotante, actúa como una embarcación, que se adapta a las mareas y a sus variaciones. También puede ser remolcada para cambiar su localización si fuera necesario.

Se trata de un ejemplo de arquitectura flotante construida con materiales locales como madera y bambú para su estructura de pórticos en forma triangular y reutilización de barriles vacíos para la base. La escuela forma parte de la primera fase de un proyecto al que le seguirán prototipos de uso residencial.





Figura 41: Fotografía de la escuela flotante de Makoko. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-240368/escuela-flotante-en-makoko-nle-architects>



Figura 42: Fotografía desde el interior del refugio en Maet So. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-357915/dormitorios-temporales-a-gor-a-architects>



*Dormitorios Temporales* (Fig. 35), el estudio a.gor.a Architects ha construido unos prototipos de dormitorios temporales para refugiados del conflicto armado en Birmania. En la ciudad tailandesa de Maet Sot se encuentran estas unidades aparte de escuelas y otras instalaciones para las víctimas del conflicto.

Se trata de un ejemplo más de la utilización de materiales locales como madera reciclada, bambú y paja. Los usuarios participaron en su construcción, garantizando el vínculo, y fomentando así el aprendizaje de las técnicas constructivas para su preservación y su futura reproducción.

Este tipo de soluciones surge en muchas ocasiones de una respuesta local ante la catástrofe, es decir, los propios habitantes afectados actúan en función de sus medios para reconstruir o crear viviendas. Esta acción improvisada suele ser más rápida que cualquier ayuda externa y en ocasiones mucho más eficiente. En Bangladesh durante el periodo de posguerra, del millón y medio de viviendas necesarias, los equipos de ayuda construyeron 450.307 unidades entre 1972 y 1973, mientras que alrededor de un millón fueron reconstruidas por propietarios y constructores locales en el mismo periodo de tiempo y sin ayuda externa <sup>5</sup>.



Figura 43: Campo de refugiados autoconstruidos en Bangladesh, marzo de 2019. Disponible en: <https://www.france24.com/es/20200515-rohingyas-refugiados-bangladesh-covid19-coronavirus-campamento>

<sup>5</sup> DAVIS, Ian. *Arquitectura de emergencia*. Construcción alternativa: Tecnología y Arquitectura. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S. A., 1980. ISBN: 84-252-0974-9, p. 78.





*1.4. Valor cultural*

#### 1.4. Valor cultural

Hay un aspecto que a menudo se olvida a la hora de diseñar los refugios para la población local de un área dañada, y es el valor cultural. El valor cultural es algo fundamental que debería considerarse, en el caso de los refugios prefabricados se implantan soluciones estándar o modelos de viviendas totalmente ajenos a los modos de vida, materiales, técnicas y demás aspectos de la cultura intrínseca de la zona. Esta práctica está mucho más extendida cuando se utilizan modelos prefabricados por su estandarización y ya que viene configurados desde otro lugar, pero también puede suceder con los modelos fabricados in situ.

Las consecuencias de no incluir el aspecto cultural pueden derivar en una sensación extraña para sus ocupantes, aumentando su estado de inestabilidad con la situación de emergencia, pudiendo llegar a ser contraproducente o hasta causar rechazo. Este valor cultural debe de ir ligado a la adaptabilidad y a la calidad estructural para resistir desastres, de hecho, en algunos casos las construcciones tradicionales de las zonas donde se producen catástrofes con cierta periodicidad han ido adaptándose para poder resistir sus efectos.

Las organizaciones *Oxfam* y *World Neighbors* llevaron a cabo un programa en Guatemala que consistía, no en construir casas, sino en apoyar a las instituciones locales, sobre todo a cooperativas para difundir las técnicas de construcción a prueba de terremotos utilizando materiales tradicionales, basándose en las técnicas de construcción existentes. Conservando así el carácter tradicional siendo mínimo el impacto cultural y configurando estructuras seguras.



Figura 44: Niño en campamento de refugiados sirios en el Líbano. Autora: Maya Hautefeuille. Disponible en: <https://www.elmundo.es/internacional/2014/12/01/547c8d18268e3e18718b4580.html>

Este valor cultural, por tanto, está relacionado con otros aspectos como apostar por materiales de construcción y mano de obra local, fomentando así el vínculo con las construcciones, en el caso de los prototipos fabricados in situ. Sin embargo, cuando se trata de modelos prefabricados para tener en cuenta este aspecto deberán ser prototipos que tengan capacidad de adaptarse a las técnicas intrínsecas de cada zona o tener un aspecto acabado que no suponga un impacto para sus ocupantes.



Figura 45: Refugio con estructura de bambú, material que se puede encontrar a escala local en muchas partes del mundo. Autor: Charles Lai, Takehiko Suzuki. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939306/5-materiales-alternativos-para-construir-refugios-de-emergencia>



Figura 46: Explicación de técnicas de ensamblaje de bambú a ciudadanos locales. Autor: Charles Lai, Takehiko Suzuki. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939306/5-materiales-alternativos-para-construir-refugios-de-emergencia>



## 2. El cartón



### 2.1. El cartón como material



## 2. El cartón

### 2.1. El cartón como material

El cartón es un material, como es conocido, fabricado a base de papel. Este papel puede ser del tipo que sea, pero principalmente para conformar cartón se utiliza fibra virgen de papel o bien papel reciclado.

El origen del cartón por tanto va ligado al del papel, el cual surge en China durante la dinastía Han alrededor del siglo II a.C. El cartón se inventó también en China en el siglo XVI, pero no fue hasta 1890, cuando se trabajó de manera similar a como lo conocemos hoy, por Robert Gair, impresor y fabricante de revistas escocés, al que se le atribuye la creación de la primera caja de cartón.

Cuando hablamos de cartón, se nos viene a la mente la imagen del cartón ondulado o corrugado, ya que es la forma más común en la que se presenta, es el tipo que se usa para las cajas, envases y para empaquetar. Sin embargo, existen varias técnicas para conformar piezas de este material que veremos más adelante. Se trata de un material con buenas propiedades mecánicas, coste bajo, moldeable, ligero y reciclable.



Figura 47: Planchas de cartón ondulado de diferente espesor. Disponible en: <https://kartox.com/blog/las-diferentes-tipos-de-carton-ondulado/>

Tradicionalmente no se ha considerado el cartón como un material propio para la construcción, sin embargo y como veremos a continuación, es un material que ofrece buenas prestaciones sobre todo cuando hablamos de arquitectura efímera debido a sus propiedades.



## *2.2. Sistemas y Tecnología*

## 2.2. Sistemas y Tecnología

### 2.2.1. Cartón ondulado

Como hemos mencionado anteriormente el cartón ondulado o corrugado es el más común, consiste en dos caras o cubiertas exteriores de papel y entre ellas una capa de papel ondulado. Las cubiertas suelen ser de mayor calidad ya que deben garantizar cierto nivel de calidad y protección.

En cuanto a los tipos de papel que se utilizan para las cubiertas y para los ondulados o tripas según la Asociación Española de Fabricantes de Embalajes de Cartón Ondulado:

- Caras o Cubiertas: se caracterizan por tener capacidad de protección resistente al apilamiento, desgarró, estallido, protección frente al agua, calidad de impresión y buen aspecto visual. Su gramaje suele oscilar entre 80 g/m<sup>2</sup> y 450 g/m<sup>2</sup>.
  - KRAFT
  - TEST
  - BICLASES
  - ESTUCADOS
  
- Ondulados o Tripas: la función de esta capa es aportar un espesor inicial y mantenerlo, sus formas onduladas ayudan a mejorar la rigidez a flexión, así como amortiguar los impactos que pueda sufrir y problemas de aplastamiento. Ofrece resistencia a compresión sobre el canto de la plancha, siendo esta la fuerza máxima paralela al sentido de los canales, valor denominado resistencia ECT (*Edge Crush Test*). Los gramajes suelen estar entre 100 g/m<sup>2</sup> y 180 g/m<sup>2</sup>.
  - Fabricados en Fibra virgen: (la fibra virgen se extrae directamente de los árboles es un tipo de papel que no ha pasado por ningún proceso de reutilización) se comportan bien ante ambientes húmedos.
  - Fabricados en Fibra reciclada con aditivos: buena relación calidad/precio.

En la siguiente imagen se muestra la denominación para los canales según el grosor.

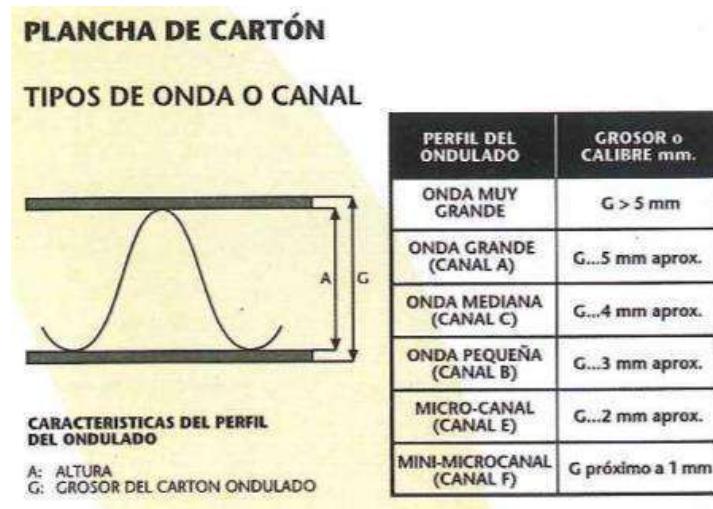


Figura 48: Tipos de onda o canal según grosor. Disponible en: Manual de Calidad 2012 de la Asociación Española de Fabricantes de Embalajes de Cartón Ondulado.

Dentro del cartón ondulado, existen varias variantes en función del número de capas:

- SIMPLE CARA (single face – SF): formado por una hoja lisa (cara o cubierta) y una capa ondulada. Es el módulo más elemental ondulado.

Altura de onda: 1,6 - 2,5 mm

Resistencia ECT: < 3 KN/m (Muy baja)

Maleabilidad: Muy alta



Simple Cara

- DOBLE CARA (double face – DF): añadiendo una cara al módulo de simple cara, configurando lo que se denomina una "pared sencilla".

Altura de onda: 1,8 - 2,7 - 3,5 - 6 mm

Resistencia ECT: 3 - 8 KN/m (Baja)

Maleabilidad: Media – Alta



Doble Cara



- DOBLE - DOBLE CARA (double – double - DD): se consigue al unir dos módulos de “pared sencilla”.

Altura de onda: 4 - 5 - 7 - 8 mm

Resistencia ECT: 6 - 15 KN/m (Media)

Maleabilidad: Media – Baja



Doble - Doble Cara

- TRIPLE ONDULADO (sólo con papeles Kraft o semiquímicos): consiste en un doble – doble cara más un tercer simple cara. Tiene una baja absorción de humedad. Su utilización está poco extendida ya que se reserva para usos específicos.

Altura de onda: 13 - 16 mm

Resistencia ECT: >15 KN/m (Alta)

Maleabilidad: No maleable

Las propiedades más significativas del papel que va a ser usado para la capa de ondulado (tripas) son:

Resistencia de aplastamiento en plano, CMT (Corrugating Medium Test): se obtiene comprobando la resistencia al aplastamiento en plano de diez canales de un tipo de onda y papel específico. Se expresa en Newtons (N).



Figura 49: Imagen de ensayo CMT. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/papel-carton-y-papel-tisu/papel/ensayo-de-papel-corrugado-ensayo-cmt/>

Resistencia a compresión sobre el canto del papel: se puede determinar a partir de distintos ensayos como el ensayo de compresión en anillo RCT (*Ring Crush Test*), y el ensayo de compresión ECT de cantos (*Edge Crush Test*). Se expresan en Newtons (N) o en Kilo-Newton por metro (KN/m).

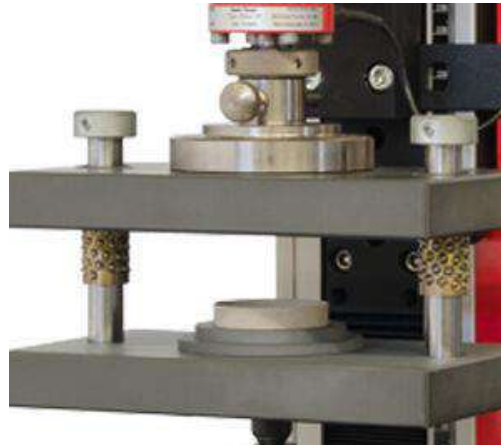


Figura 50: Imagen de ensayo RCT. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/papel-carton-y-papel-tisu/papel/ensayo-de-compresion-en-anillo-ensayo-rct/>

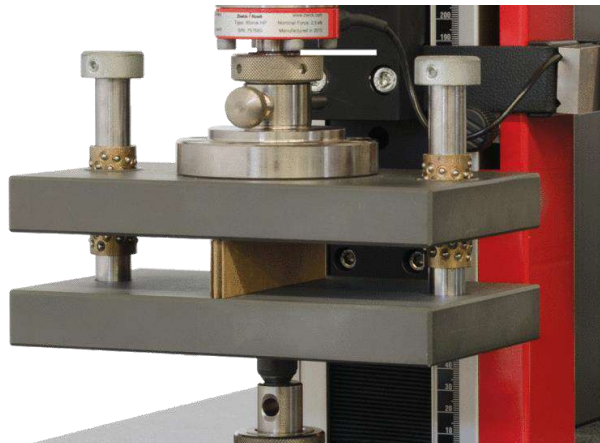


Figura 51: Imagen de ensayo ECT. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/papel-carton-y-papel-tisu/carton-corrugado-y-carton-compacto/ensayo-de-compresion-de-cantos-ensayo-ect/>

También es importante hacer ensayos para obtener valores de resistencia a tracción y alargamiento.

Para el papel de las caras, las características más destacables son:

Resistencia de estallido: capacidad de resistir una presión local ejercida de manera progresiva. Se expresa en Kilo-Pascal (Kpa) o Kilo-Newton por metro (KN/m).

El índice de estallido o índice de Mullen, es la relación entre el gramaje del papel y la resistencia de estallido. Se expresa en Kpa/g/m<sup>2</sup> y sus valores están comprendidos entre 1,0 y 5,0.

A igualdad de gramajes, un papel con mayor índice de Mullen tendrá mayor resistencia a estallido.

Resistencia al plegado: capacidad del papel de soportar un número de plegados consecutivos en la misma zona sin romperse. Se mide en el número de dobles pliegues que resiste antes de romper.

Resistencia al desgarrar: capacidad del papel de ser rasgado, suele utilizarse el Método Elmendorf, se utiliza una especie de dinamómetro que deja caer un peso por gravedad al papel u objeto en cuestión y comprobar si lo rasga.

### 2.2.2. Cartón panel de abeja

Para su fabricación se emplea papel 100% reciclado, se compone de dos coberturas de cartón de alto gramaje y una capa interior en forma de nido de abeja. Esta disposición interior, configura la estructura más resistente y optimizada a partir de papel, obteniendo la mayor resistencia con la cantidad de papel empleada. Las coberturas suelen ser de papel Kraft, compuesto de un tipo de pasta química especial, con un gramaje de 400 g/m<sup>2</sup> y la capa intermedia de nido de abeja en papel semiquímico y un gramaje de 140 g/m<sup>2</sup>. Su resistencia a compresión estática es de aproximadamente 3,8 kg/m<sup>2</sup>. Mientras su capacidad de ser maleable no es destacable.

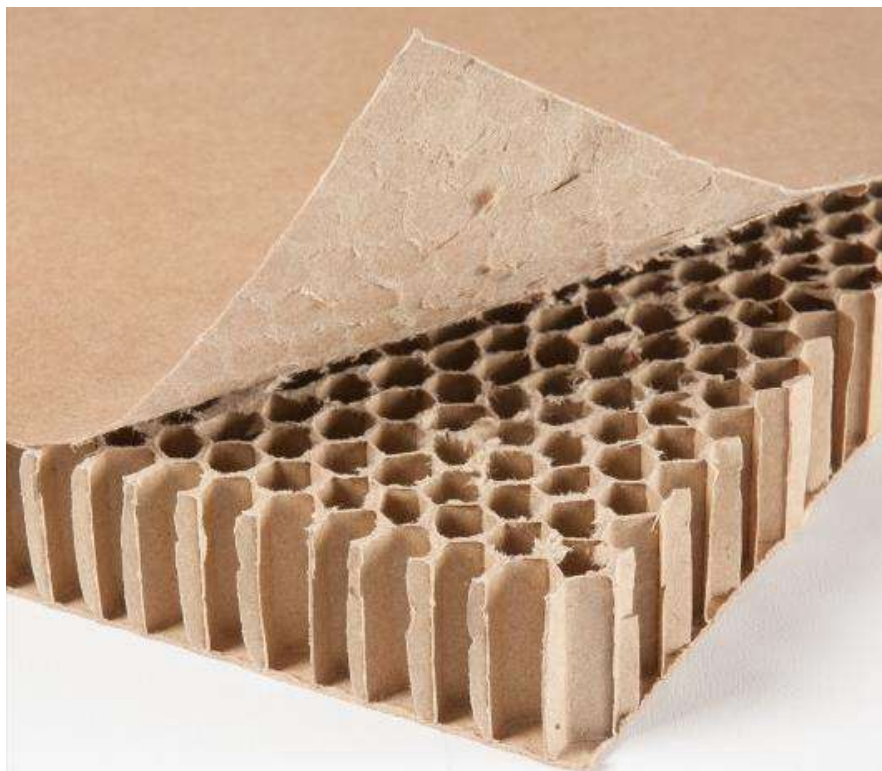


Figura 52: Imagen interior de plancha de cartón panel de abeja. Disponible en: <https://www.mwmaterialsworld.com/es/panel-de-carton-nido-de-abeja.html>

### 2.2.3. Cartón compacto

Su fabricación se lleva a cabo a partir del sucesivo pegado de capas de papel, sin disponer de capa ondulada intermedia. Se usa sobre todo para la producción en forma de tubo, muy comunes en el sector textil y papelerero, aunque también se puede encontrar en forma de planchas. Suelen configurarse de papel recuperado, aunque para las cubiertas se emplea también papel Kraft, que aporta buenas propiedades mecánicas a tracción, alargamiento y rotura.



Figura 53: Fotografía de tubos de cartón. Autor: Bruno Aguilar.

Su resistencia a compresión es alta, puede alcanzar valores superiores a 8 kN/m, dependiendo del grosor y el gramaje, cuanto mayor sean estos, mayor será la resistencia. Al contrario, su carácter maleable descenderá cuanto más grosor tenga la pieza.



Figura 54: Tubos de cartón compacto. Disponible en: MCQUAID, Matilda. Shigeru Ban. Nueva York: Phaidon Press Limited, 2003. ISBN: 0-7148-4194-3.





**cartonlab**®

### 2.3. Referentes

## 2.3. Referentes

El principal referente en la utilización de este material en la historia de la Arquitectura es el arquitecto japonés Shigeru Ban (Premio Pritzker 2014), lo que nos hace pensar que el cartón se ha empezado a investigar recientemente como material constructivo. Sin embargo, hubo arquitectos alrededor de los años 60 que empezaron a trabajarlo, como el arquitecto Guy Rottier a quién se le considera el verdadero pionero en la materia, por sus proyectos de arquitectura efímera basados en cartón.

### 2.3.1. Guy Rottier (1922-2013)

#### *El Precursor*

Fue un ingeniero y arquitecto, nacido en Sumatra, Indonesia. Su formación se desarrolló en La Haya, en los Países Bajos y más tarde en París en la *École des Beaux-Arts*. Entre 1947 y 1949 trabajó en el estudio de Le Corbusier, colaborando en proyectos como la Unidad Habitacional de Marsella.

En el año 1958 creó su propio estudio en Niza, perteneciendo a la escuela de dicha ciudad formó parte de grupos de investigación como el GIAP (Grupo Internacional de Arquitectura Prospectiva), el COMPLES (Cooperativa Mediterránea Para la Energía Solar) y la asociación internacional "*Habitat évolutif*" y fundó en 1996 el grupo CONSPIRATIF. También dedicó gran parte de su carrera a la enseñanza, en Siria desde 1970 a 1978 y en Marruecos entre 1979 y 1987.

Sus ideas eran poco convencionales para la época, se mostró muy interesado y desarrollo su obra entorno a cuestiones como la arquitectura ecológica o el urbanismo solar, la integración de la arquitectura en el paisaje o como contribuir a un desarrollo económico ambiental sostenible. Todas estas líneas abrieron nuevos caminos que siguió la arquitectura contemporánea.

Una de sus principales preocupaciones era adaptar la vivienda a las necesidades reales de los usuarios, considerando esta, no como un hábitat estático sino como un espacio que va evolucionando. Un ejemplo es su proyecto llamado Casa "caracol" en 1965, inspirada en las formas de la naturaleza, y que con su estructura en espiral permitía la adicción de nuevas células habitacionales en función de la necesidad. Fue un proyecto que no llegó a realizarse.

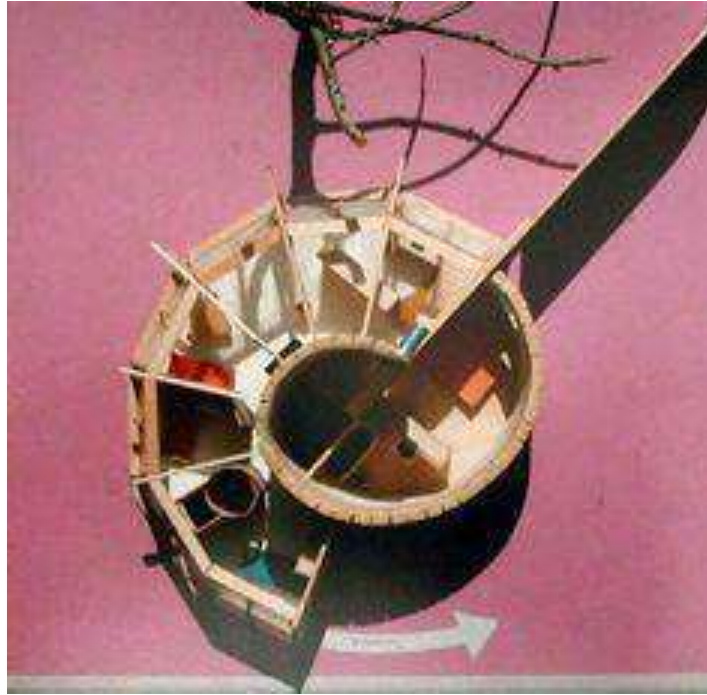


Figura 55: maqueta del proyecto casa "caracol". Disponible en: <http://guy.rottier.free.fr/>

Una de sus líneas de trabajo fue la arquitectura de emergencia, Guy hizo una puesta en valor de este tipo de construcciones a menudo asociada a la pobreza y a viviendas de baja calidad. Reconoció el carácter temporal de estas edificaciones como una solución óptima para situaciones de emergencia, antes que invertir cantidades económicas mucho más elevadas en residencias principales.

Entre los años 1968 y 1970 elabora una serie de proyectos de arquitectura efímera integrando el uso totalmente novedoso del cartón como material constructivo. Introduce la noción de casas para usar y tirar, residencias vacacionales que una vez finalizada su estancia se quemaran o se reciclaran. Estas ideas rompían totalmente convenciones tradicionales de lo que es una casa.

*La Village en carton* como proyecto principal y otros diseños de casas de cartón que realizó, son propuestas que responden a un contexto como el de los años 60, en el que la sociedad y su estilo de vida está cambiando. Rottier quiso reflejar estos cambios sociales, dejando atrás convencionalismos y proponiendo distintos diseños en el ámbito de la vivienda y en concreto en el campo del ocio de la vivienda vacacional.

La idea que se plantea en *la Village en carton*, es configurar una villa temporal de vacaciones construida principalmente en cartón. Los distintos módulos de viviendas que componen el conjunto estarían destinados a una vida útil de tres meses, para acabar siendo quemadas cuando el periodo vacacional terminase. La villa contaría con núcleos sanitarios independientes a las viviendas.

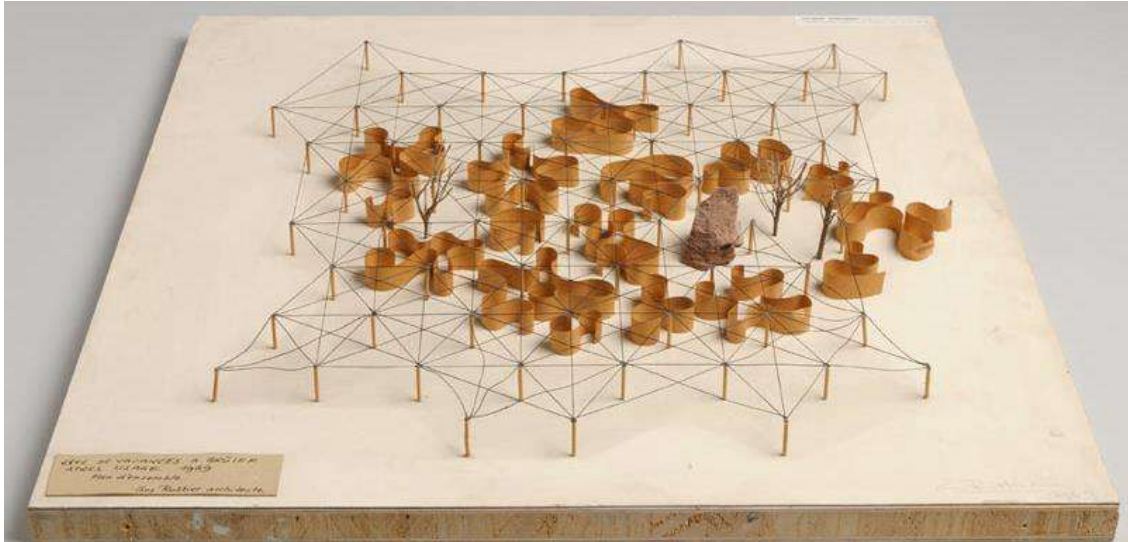


Figura 56: Imagen de maqueta del conjunto de *la village de cartón*. Disponible en: [https://www.frac-centre.fr/\\_en/art-and-architecture-collection/rottier-guy/rub-317.html?authID=164&ensembleID=913](https://www.frac-centre.fr/_en/art-and-architecture-collection/rottier-guy/rub-317.html?authID=164&ensembleID=913)

Las viviendas se configuraban a partir de un plano de cartón continuo que hacía de envolvente de fachada y al curvarse generaba las estancias, prescindiendo de ventanas y puertas. El proyecto dejaba la cubierta a libre elección de los usuarios, a partir de telas, por ejemplo, podían apoyarse en la estructura de cables que cubría el conjunto anclados y apoyados a tubos de cartón compacto. De esta manera se pretendía que los propios usuarios participaran de manera activa en el proyecto. Se llegaron a diseñar cuatro tipologías distintas de células habitacionales de varios tamaños

Destaca el trabajo que se realizó en maqueta del proyecto, ya que no llegó a realizarse y carece de detalles constructivos de cómo resolverlo. Sin embargo, sienta un precedente en la utilización del cartón como material de construcción y sus posibilidades.

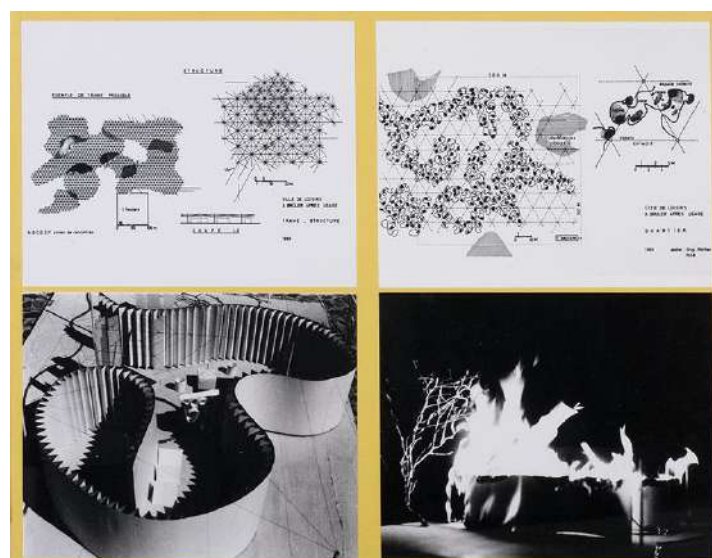


Figura 57: Dibujos e imágenes del proyecto *la village de cartón*. Disponible en: [https://www.frac-centre.fr/\\_en/art-and-architecture-collection/rottier-guy/rub-317.html?authID=164&ensembleID=913](https://www.frac-centre.fr/_en/art-and-architecture-collection/rottier-guy/rub-317.html?authID=164&ensembleID=913)



### 2.3.2. Cartonlab

#### *Estudio contemporáneo del cartón*

Cartonlab surge como una línea de trabajo del estudio Moho Arquitectos, dirigido por los arquitectos Carlos Abadía Suanzes-Carpegna, Nacho Bautista Ruiz y Pablo García Mora fundado en Murcia en 2006.

En 2010 crean Cartonlab, con el objetivo de crear un estudio de ecodiseño estructural que investiga nuevas soluciones en arquitectura efímera y mobiliario fabricadas en cartón.

A pesar de ser una empresa pequeña han realizado proyectos de una amplia variedad, trabajando a distintas escalas y llevando sus ideas a lugares de todo el mundo como Hawái, Venecia, Miami o Kuala Lumpur, a la vez que colaboran y desarrollan proyectos a escala nacional. Su trabajo actualmente se centra sobre todo en interiorismo, obras para decoración y mobiliario, pero no dejan de mostrar interés por desarrollar nuevas líneas de trabajo y seguir descubriendo nuevas posibilidades del material.

Uno de sus más recientes trabajos ha sido la creación del stand de Euskadi 2021 (por segundo año consecutivo) para FITUR (Feria Internacional de Turismo) celebrada cada año en Madrid en las instalaciones de IFEMA.



Figura 58: Fotografía del stand de Euskadi para la exposición, el facetado de piezas de cartón imita la costa rocosa de la región. Autor: Pedro Pérez (Zorrozueta). Disponible en: <https://cartonlab.com/proyecto/turismo-feria-cartelera-carton/>.

Para entender mejor su origen y su forma de trabajar me puse en contacto con Carlos Abadía Suanzes-Carpegna, cofundador de Cartonlab, para hacerle unas preguntas y visitar su estudio:

**1. ¿Por qué el cartón? En lo que el material respecta ¿qué os hizo centrar vuestro trabajo en el cartón?**

*En realidad, no fue una búsqueda consciente, nosotros al final somos una oficina que hemos trabajado en muchas disciplinas nos hemos movido con cierta comodidad tanto en escala pequeña como en escala grande. Y en esos caminos de repente te encuentras con algo y en este caso más que una búsqueda fue un hallazgo, cuando descubres algo y empiezas a familiarizarte con él te das cuenta de las posibilidades que puede tener y en nuestro caso a día de hoy sigue siendo así un recorrido que aún está en desarrollo y seguimos aprendiendo y sacando proyectos nuevos y seguimos abriendo camino. Empezamos a trabajar con el material en el tema de las exposiciones, presentamos un par de proyectos con cartón de mayor escala y salió la oportunidad de trabajar en un proyecto con el ayuntamiento y a raíz de esto surgió el concepto de crear una oficina de ecodiseño que trabaja con cartón.*



Figura 59: Fotografía del estudio de Cartonlab en el polígono industrial La Polvorista en Molina de Segura (Murcia). Autor: Bruno Aguilar.



## 2. Cuándo empezasteis a trabajar el material, ¿cuáles fueron las dificultades a las que os tuvisteis que enfrentar?

*El mayor problema, si hablamos de una empresa a la hora de trabajar con el cartón, fue monetizar nuestro trabajo, por el concepto cartón-basura. Estamos muy acostumbrados a ver el cartón en los contenedores y la gente suele pensar que por ser cartón es barato y al final nuestra posición tiene más que ver con hablar de diseño, no de cartón, yo cojo un trozo de papel le hago dibujos y cortes y ese papel ya no vale diez céntimos igual ahora vale mil euros. Entonces olvidarnos un poco del concepto material e ir al diseño y en cuanto a lo que supone la revalorización de un material como este. El principal problema fue ese y luego también el miedo que suscitaba una cosa novedosa, sí que es verdad que es un material que en el mundo del retail sí que ha estado muy presente para expositores y tal, pero ya cuando hemos empezado a trabajar en el mundo de las exposiciones interiorismo, stands feriales, otro tipo de eventos costaba un poco pero poco a poco ha ido funcionando muy bien. Al final es un material que tiene sus aspectos negativos y positivos como todos, nos enfrentamos al agua, a la intemperie, problemas que hay que solucionar.*



Figura 60: Objetos de cartón en una de las oficinas del estudio de Cartonlab. Autor: Bruno Aguilar.

**3. ¿Qué tipo de cartones o qué formatos son los más frecuentes en vuestros proyectos? En plancha (ondulado, panel de abeja, compacto...), en forma de tubo..., y por otra parte ¿os suministran empresas locales?**

*Principalmente se trabaja con planchas de gran formato (3x1,5m), con distintos tipos de composición del material, que se eligen en función de lo que se quiera realizar. Hay proyectos que requieren mucha precisión que son piezas más escultóricas y pequeñas y tienes que ir a cartones con espesores más finos y hay otros proyectos donde importa más la resistencia que tienes que ir a cartones ondulados de cuatro capas o cartones tipo panel de abeja para conseguir una planeidad fantástica, al final va a depender de la finalidad. Los acabados suelen ser en Kraft y el blanco y a veces se imprime sobre el material. En formato de tubo cuando se ha presentado la oportunidad algún trabajo hemos hecho, pero es mucho más complejo porque es una forma de trabajo totalmente distinta y al final nosotros trabajamos con máquinas de corte y con tubos es casi un trabajo de carpintería. Con cartón compacto de espesores de 2 o 3 mm hemos hecho piezas como perchas, pero generalmente usamos cartón ondulado en planchas.*



Figura 61: Maniquí de cartón, en el estudio de Cartonlab. Autor: Bruno Aguilar.



**4. Lleváis más de 10 años trabajando el cartón ¿habéis sido testigos de avances y de una evolución del material en su fabricación y tecnología, que se traduzca en una mejora de sus propiedades? ¿Habéis desarrollado vosotros mismos algún avance en este aspecto?**

*Si hemos visto avances, siempre pensamos tradicionalmente en el cartón ondulado para las cajas, pero cuando te metes en un mundo más específico como en el retail, te das cuenta de que utilizan tres cosas y hay cada vez más patentes. Recientemente nos ha llegado un cartón hidrófugo que es muy interesante. Es un mundo y es un material en tanto en cuanto se incorpore a lo cotidiano como por ejemplo al mundo de la construcción, seguramente se irán desarrollando más patentes. Ahora mismo con los que tenemos sobre la mesa se cubre un amplio espectro, pero quien sabe, sí que estamos metidos en proyectos en los que incidimos directamente en el material, nos preocupa mucho este tema.*

*El otro día nos mandaron cartón aislante, por ejemplo, gente que está metiéndose en el mundo del cartón para la construcción, también para desarrollar tabiquería, aplicaciones directamente en azulejos, sobre acabados de paredes de cartón. Se trata de un sistema ligero que puede generar un sistema estable y nosotros estamos interesados en ello por supuesto.*



Figura 62: Fotografía de una de las áreas de almacenaje de las oficinas del estudio. Autor: Bruno Aguilar.

Tenemos suministro local y desde fuera. Depende porque hay materiales como el panel de abeja que nos lo facilita un proveedor que está en Cantabria. El proveedor local no tiene tampoco demasiada gama, te vas a algún productor local e igual solo tiene sota caballo y rey, entonces esos materiales a nosotros no nos valen quizás. Nosotros somos una empresa muy pequeña y para hacer tiradas necesitas grandes volúmenes, las características de los cartones que nosotros usamos si les valen a otras empresas pues se saca una tirada para varias, pero nosotros no disponemos de tirada propia. Al final no mandas tú y por tanto tienes que adaptarte un poco sería estupendo poder trabajar en este sentido de manera independiente pero no es tan sencillo.



Figura 63: Zona de manipulación de las planchas junto a la zona de corte. Autor: Bruno Aguilar.

**5. Vuestro trabajo se centra en proyectos que van desde objetos cotidianos a mobiliario, interiorismo, decoración, stands para exposiciones... ¡Y hasta un modelo de piragüa! ¿Desde el estudio creéis que es un material que podría extenderse a muchas más áreas?**

Creemos que es un material que tiene un montón de potencial, tiene una capacidad plástica brutal para el tema de interiorismo y decoración, sí que es verdad que cuando nos metemos en el aspecto funcional hay piezas que sufren por ejemplo una mesa o una silla, son elementos que están sometidos tanto a cargas como a golpes, que entren en contacto con agua o con productos químicos y no está pensado este material para eso, pero hay muchas cosas que se pueden hacer desde la decoración hasta cuestiones de acabados, estamos experimentando últimamente con el tema de techos de cartón. La capacidad de desarrollo de un elemento muy potente nosotros la tenemos y eso te vas al mercado y es más complicado por costes por el peso y nosotros con cartonlab pues hemos desarrollado ese tipo de soluciones. El cartón es un material que se recicla y tiene un ciclo de hasta casi 8 veces de vida útil, es un material por tanto

*muy interesante de trabajar con él. Y en cuanto a su duración hemos desarrollado estanterías o algunas piezas que pueden durar años. Es un material que facilita mucho su gestión y aporta soluciones muy prácticas en este sentido, lo cual es un problema para muchas empresas la gestión de los residuos.*



Figura 64: Fotografía de prototipo de piragüa junto a figura de oso. Autor: Bruno Aguilar.

**6. El cartón es un material con una vida útil estimada corta en comparación con otros materiales más convencionales, lo que hace que mucha gente tenga una idea preconcebida de que es un material frágil y no sirve para la construcción ¿Qué le diríais a esas personas para que cambiaran de opinión al respecto?**

*Muy fácil, les diría que cojan un teléfono móvil que lo miren y lo pongan al lado de un libro o una caja de cartón, al final el móvil te dura dos años y si comparas te das cuenta de que nos están "vendiendo la moto", en realidad el cartón no es un material poco duradero, lo que es cierto es que hay que emplearlo bien. Si por ejemplo lo utilizas para contener comidas para llevar pues sabes que tiene un uso inmediato, pero si nos metemos en el tema de la decoración puede ser eterno, al final es papel y hay libros que tienen cientos de años y ahí están. Entonces la vida útil del papel va a depender del uso que le demos igual que cualquier material si se usa correctamente.*

**7. ¿Os habéis enfrentado o planteado el crear prototipos en forma de refugios o de alojamientos temporales? ¿qué posibilidades veis en este tema para el material?**

*Sí, de hecho, contactaron con nosotros para hacer algo de este tema, lo que pasa es que nunca hemos profundizado demasiado, hay proyectos que son más de investigación y al final nosotros en nuestro día a día necesitamos obtener un beneficio. Son proyectos bonitos y a nosotros nos interesaría mucho desarrollar, pero tiene que haber gente detrás que crean en un proyecto así y quieran desarrollarlo, una empresa pequeña como la nuestra tiene la capacidad que tiene, y meterte en algo así requiere mucho trabajo, si ya lo tienen proyectos a escala menor que estamos desarrollando como una mesa plegable, imagínate una vivienda. Detrás de cada paso en cada proyecto hay un coste humano muy alto y para eso necesitas apoyo.*

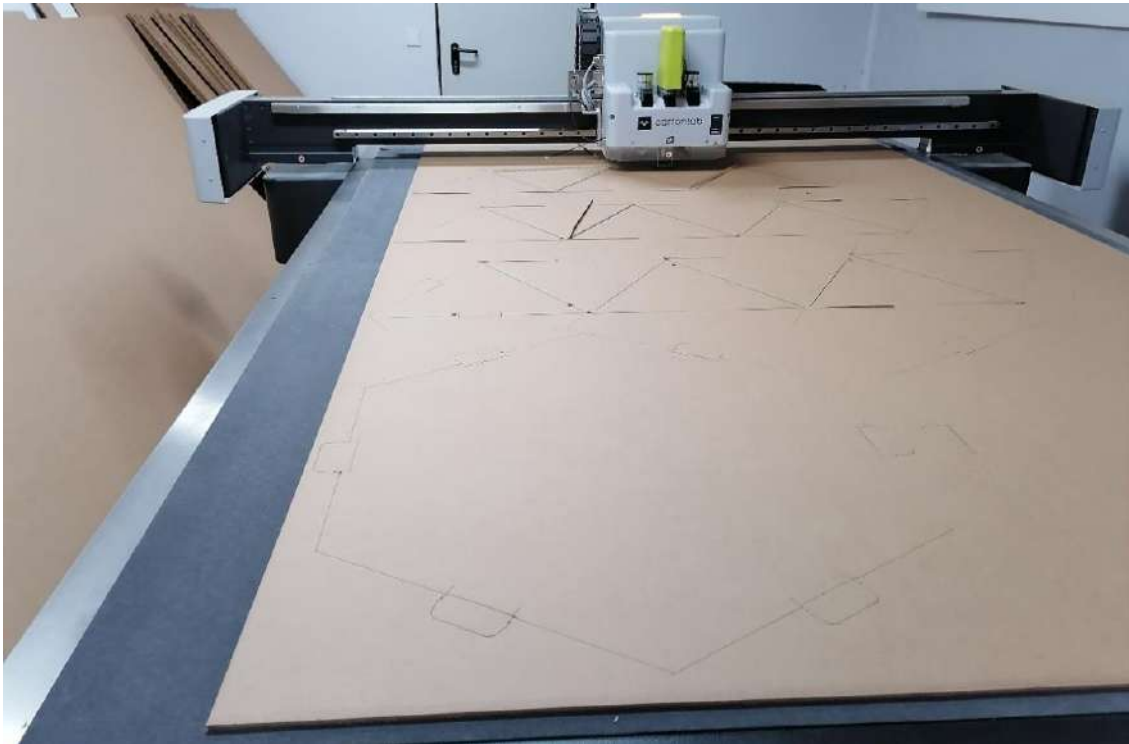


Figura 65: Fotografía del área de corte donde podemos ver la máquina de corte configurando las piezas de un modelo. Autor: Bruno Aguilar.





Figura 66: CRS Marketplace Foretica, stand para exposiciones de cartonlab. Disponible en: <https://cartonlab.com/proyecto/crs-marketplace-2012/>



Figura 67: Cúpula geodésica de cartón, cartonlab. Disponible en: <https://cartonlab.com/proyecto/cupula-geodesica-carton/>



Figura 68: Cartón nido de abeja, stand nidokraft en CPrint, cartonlab. Disponible en: <https://cartonlab.com/proyecto/carton-nido-de-abeja-nidokraft/>

Otro ejemplo contemporáneo de las posibilidades del cartón para la construcción es el proyecto de *Wikkkelhouse* realizado por el estudio holandés *Fiction Factory*.

El interior de la envolvente de esta vivienda se compone a partir de cartón de fibra virgen, el cual se envuelve alrededor de un enorme molde que configura el contorno de la forma, mientras se añade pegamento ecológico entre las capas, es un método patentado por RS Developments. Se crea un panel sándwich como resultado resistente y aislante, a cada segmento se le aplica una película protectora y una estructura de listones de madera para terminar.



Figura 69: Imagen del proceso de la creación de la envolvente a base de capas de cartón. Autor: Yvonne Witte. Disponible en: <https://www.fictionfactory.nl/en/wikkkelhouse/>



*3. Caso de estudio*

*Obra de Shigeru Ban*



### 3. Caso de estudio

#### 3.1. Shigeru Ban (1957) Principal referente

##### 3.1.1. Biografía

El arquitecto japonés Shigeru Ban, como se ha mencionado anteriormente, es el principal referente en la utilización del cartón en sus proyectos, destacando su trabajo de estructuras con tubos de cartón. Ban encarna la responsabilidad social del arquitecto por su trayectoria comprometida con la labor humanitaria, sin dejar de lado su condición de arquitecto estrella, utilizando esta como altavoz para denunciar problemas sociales.

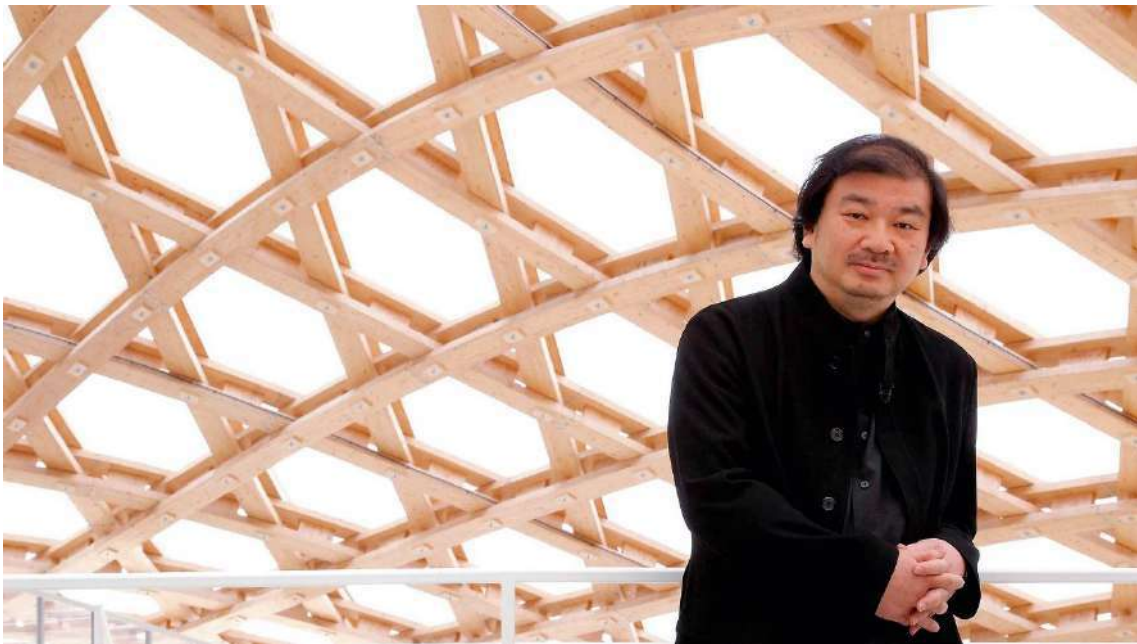


Figura 70: Shigeru Ban posando en una de sus obras. Disponible en: Arquitectura Viva, <https://arquitecturaviva.com/articulos/pritzker-for-shigeru-ban>

Nacido en Tokio, hijo de un trabajador de Toyota y de una diseñadora de moda, desde pequeño mostró interés por las artes. Su formación académica superior se desarrolló en Estados Unidos, primero en la *Southern California Institute of Architecture* entre 1977 y 1980, y posteriormente en *Cooper Union School of Architecture* desde 1980 hasta 1984. Durante esta última etapa trabajó un año con Arata Isozaki (Premio Pritzker en 2019).

En 1985 crea su propia agencia *Shigeru Ban & Associates* en Tokio, donde comienza a desarrollar sus propios proyectos. En 1986 lleva a cabo el diseño de la exposición "Mobiliario y Vidrio" sobre la obra de Alvar Aalto para el MOMA en Nueva York, en ella utiliza por primera vez tubos de cartón como material alternativo descartando la madera. Esta intervención marca el principio de su investigación en el cartón y su utilización como solución material en proyectos artísticos y arquitectónicos, incluyendo arquitectura de emergencia.



En 1994 se puso en contacto con el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados para proponer un nuevo sistema para construir refugios de emergencia basado en los tubos de cartón. Después de esta colaboración, Ban fundó su propia ONG, *Voluntary Architects' Network* (VAN) un año después (1995). Su objetivo era cambiar el concepto de la vivienda temporal para situaciones de emergencia.

Si algo caracteriza a Ban como diseñador es su carácter experimentador de nuevas técnicas constructivas mediante el empleo de materiales no convencionales en la construcción, y a su vez trabajando sin prejuicios con elementos y procesos tradicionales. Esta última visión se expresa en su utilización de la madera, repensando las nociones asociadas al uso de un material tan presente en la historia de la arquitectura, utilizándolo por ejemplo como protección ante el fuego para la estructura metálica del edificio *GC Osaka Building*, construido en el año 2000 (Fig 71).



Figura 71: Fotografía de la fachada principal del GC Osaka Building. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_gc\\_osaka\\_building/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_gc_osaka_building/index.html)

Respecto a las influencias en su trabajo resalta la obra de Frei Otto en el desarrollo de estructuras ligeras, con quién colaboró en la construcción del Pabellón de Japón de la Expo 2000. Principalmente él mismo reconoce referentes en su obra las casas de madera o la arquitectura griega. Sin embargo, de la arquitectura japonesa considera que extrae la noción de utilizar un material frágil, asumiendo esa fragilidad sin ocultarla, es decir trabajar con materiales humildes y de carácter local. También hereda inspiración de *The Case Study Houses* formando parte de su etapa de formación en la costa oeste de los Estados Unidos.

### 3.1.2. Proyectos en cartón

Ban no se limita a utilizar el cartón como material en sus obras de carácter humanitario, también lo incluye en proyectos de índole más mediática y con una duración más prolongada en el tiempo.

En 1989 utiliza por primera vez los tubos de cartón como elemento estructural en el *Paper Arbor*, proyecto para la *Design Expo* de Nagoya en Japón. Conforman los muros de este pabellón de forma cilíndrica basándose en los tubos que se usan convencionalmente como encofrado para configurar pilares de hormigón cilíndricos. Se utilizaron 48 tubos de 4 metros de altura y 32.5 centímetros de diámetros, tratados previamente con una capa de parafina para impermeabilizarlos.

El pabellón se eleva sobre una base de hormigón desde la que se crea el muro circular a partir de los tubos unidos en la parte superior por un anillo de madera. Este proyecto sirvió para poner a prueba el material y analizar su resistencia durante seis meses, el cual demostró que su capacidad portante había aumentado debido al endurecimiento del pegamento y la exposición a los rayos ultravioletas.



Figura 72: Imágenes del pabellón *Paper Arbor*. Disponible en: <https://circarq.wordpress.com/2018/10/09/shigeru-ban-tokyo-1957/>

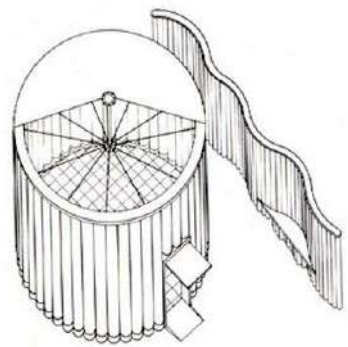


Figura 73: Axonometría pabellón *Paper Arbor*. Disponible en: <https://www.pinterest.es/pin/325033298099574971/>

Un año después de la construcción del *Paper Arbor*, Ban recibió el encargo de realizar una sala temporal para conmemorar el quincuagésimo aniversario del municipio de Odawara en Kanagawa (Japón, 1990). En principio iba a realizarse en madera, pero por las limitaciones de presupuesto y tiempo acabó proponiéndose una solución en tubos de cartón, considerándolo como una "madera evolucionada".<sup>6</sup>



Figura 74: Pabellón de Odawara. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1990\\_odawara-hall-and-east-gate/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1990_odawara-hall-and-east-gate/index.html)



Figura 75: Pórtico de acceso al pabellón de Odawara. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1990\\_odawara-hall-and-east-gate/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1990_odawara-hall-and-east-gate/index.html)

<sup>6</sup> Shigeru Ban Architects. *Works, Paper tube structures, Odawara Hall and East Gate*. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1990\\_odawara-hall-and-east-gate/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1990_odawara-hall-and-east-gate/index.html). Consultado en junio 2021.

Al tratarse de un edificio de mayor escala que el *Paper Arbor* fue necesario solicitar un permiso especial para su construcción. Sin embargo, los permisos no llegaron a tiempo, los tubos de cartón se dispusieron a modo de envolvente sin labor estructural más allá de soportar acciones de viento, materializándose finalmente la estructura en acero.

La entrada del pabellón se encuentra enmarcado por un pórtico de cerchas de tubos de cartón (150 milímetros de diámetro y 12,5 milímetros de espesor) con una resistencia a compresión de 88 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión de 145 kg/cm<sup>2</sup>.<sup>7</sup>

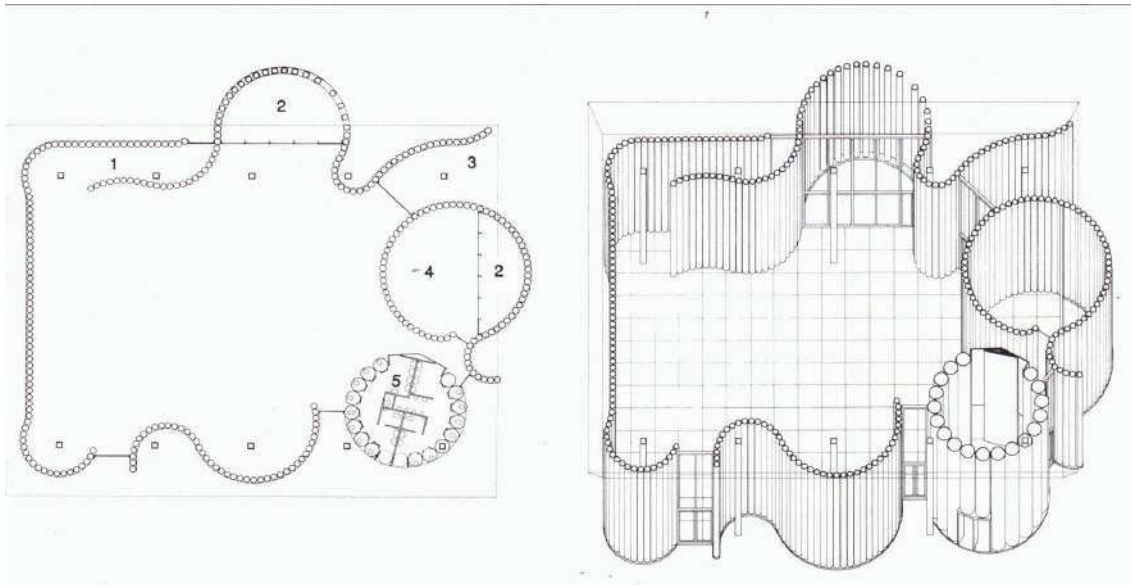


Figura 76: Planta y axonometría pabellón Odawara. Disponible en: <http://estructurasmemarlar.blogspot.com/2011/05/analisis-del-objeto-arquitectonico.html>

Para la envolvente del pabellón se utilizaron tubos de dos secciones, para el conjunto se usaron 305 tubos de 8 metros de largo, 530 milímetros de diámetro y 15 milímetros de espesor. Las juntas entre los tubos se sellaron con cordones de vinilo. Los otros 18 tubos de sección distinta conformaban unos espacios en su interior para lavabos, de 8 metros de alto y 1230 milímetros de diámetro.

<sup>7</sup> sistemas Estructurales II. Análisis del Objeto Arquitectónico: Pabellón Odawara, Shigeru Ban. Disponible en: <http://estructurasmemarlar.blogspot.com/2011/05/analisis-del-objeto-arquitectonico.html>. Consultado en junio 2021.





Figura 77: Imagen interior tubos destinados a lavabo e inodoros (Pabellón Odawara9. Disponible en: <http://estructurasmemarlar.blogspot.com/2011/05/analisis-del-objeto-arquitectonico.html>

*Library of a poet* (Zushi, Kanagawa, Japón, 1991), esta biblioteca surge de un proyecto anexo de expansión de una vivienda existente. El propietario influenciado por el Pabellón de Odawara, insistió en que el proyecto se materializará en papel, ya que le parecía un material adecuado para este. Ban dispuso alguna variación en la armadura de los tubos, de las siguientes dimensiones: 100 milímetros de diámetro y 12 milímetros de espesor.



Figura 78: Imagen de las vistas desde la doble altura de la biblioteca. Disponible en: <https://aeworldmap.com/2009/08/28/library-of-a-poet-zushi-kanagawa-japan/>

Los tubos de cartón se combinan con alambres de acero postensados para realizar arriostramientos en forma de cruz de San Andrés. A diferencia de Odawara, donde se utilizaron angulares de acero para las juntas, en la biblioteca se usaron piezas cuadradas de madera de 38 milímetros.

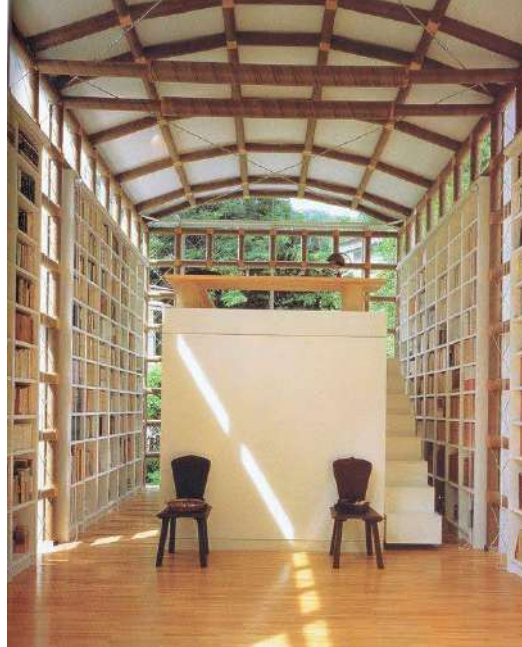


Figura 79: *Library of a poet*, vista frontal del espacio interior. Autor: James Pedersen. Disponible en: <https://www.pinterest.es/pin/10414642863387190/>



Figura 80: Detalle junta entre tubos de cartón y alambres postensados. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1991\\_library-of-a-poet/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1991_library-of-a-poet/index.html)

Las estanterías de suelo a techo, que se ubican en los laterales de la habitación, son independientes a la estructura general, su disposición en voladizo permite la absorción de cargas horizontales.

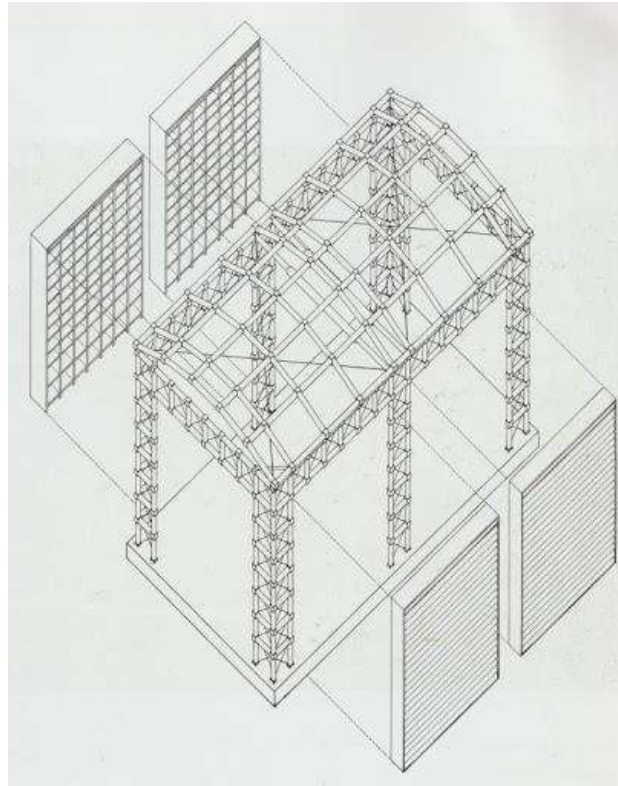


Figura 81: Axonometría de *Library of a poet*, disposición de las estanterías. Disponible en: <https://aeworldmap.com/2009/08/28/library-of-a-poet-zushi-kanagawa-japan/>

Los tubos de cartón utilizados fueron sometidos a distintas pruebas para determinar los valores de tensión que soportaban (100x400mm 12.5mm espesor).

Tipo tubos	Área (cm <sup>2</sup> )	P(kgf)	$\delta$ max (kg/cm <sup>2</sup> )	E (x10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	
$\alpha$ -1	33.26	3335	100.3	1.86	0.192
$\alpha$ -2	33.5	3640	108.7		
$\alpha$ -3	33.5	3405	101.7	1.88	0.18
$\alpha$ -4	33.2	3452.5	104	1.89	0.197
$\alpha$ -5	33.65	3405	101.2	1.82	0.187
Media			103.2	1.86	0.189

Tabla 3: Medias cálculo de tensiones en tubos de *Library of a Poet*. Disponible en: MCQUAID, Matilda. Shigeru Ban. Nueva York: Phaidon Press Limited, 2003. ISBN: 0-7148-4194-3, p. 74.

Por tanto, los tubos tienen una resistencia a compresión de 103.2 kgf/cm<sup>2</sup>. De donde podemos obtener el axil que soportan y la deformación:

$$N = \frac{34.3 \text{ cm}^2 \times 103.2 \text{ kgf/cm}^2}{3} = 1180 \text{ kgf} = 1000 \text{ kgf}$$

$$\Delta E = \frac{1000 \text{ kgf} \times 40 \text{ cm}}{34.3 \text{ cm}^2 \times 1.86 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2} = 0.0627 \text{ cm} = 0.627 \text{ mm}$$

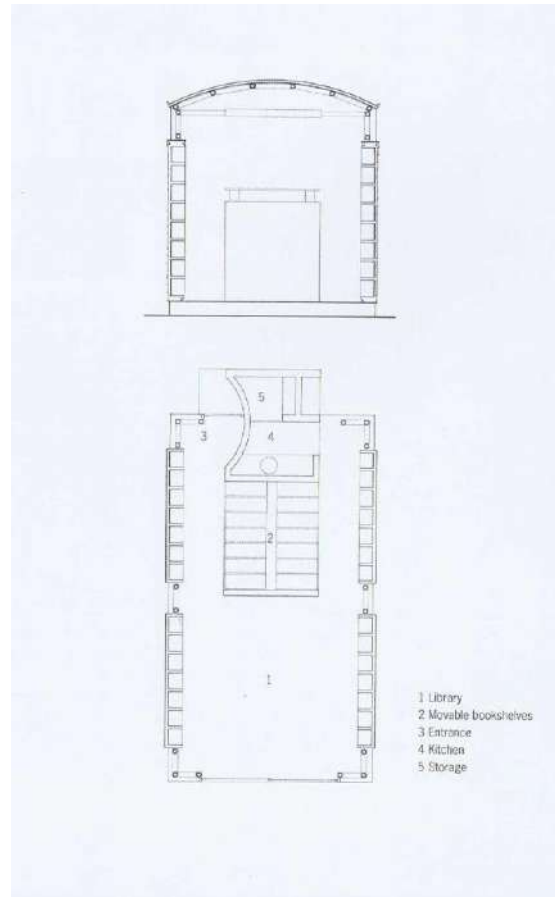


Figura 82: Planta y Sección transversal *Library of a poet*. Disponible en: <https://aeworldmap.com/2009/08/28/library-of-a-poet-zushi-kanagawa-japan/>

*Paper House* (Yamanakako, Japón, 1995) fue el primer edificio permanente con autorización para utilizar tubos de cartón como elementos estructurales. La vivienda surge de una sinuosa sucesión de estos tubos en forma de “S” compuesta por 110 tubos de 2.7 de alto y 275 milímetros de diámetro. La resistencia media a compresión de los tubos alcanzaba el valor de 113.9 kgf/cm<sup>2</sup>.<sup>8</sup>



Figura 83: Imágenes de la *Paper House* (1995). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995\\_paper\\_house/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper_house/index.html)

<sup>8</sup> MCQUAID, Matilda. Shigeru Ban. Nueva York: Phaidon Press Limited, 2003. ISBN: 0-7148-4194-3, p. 75



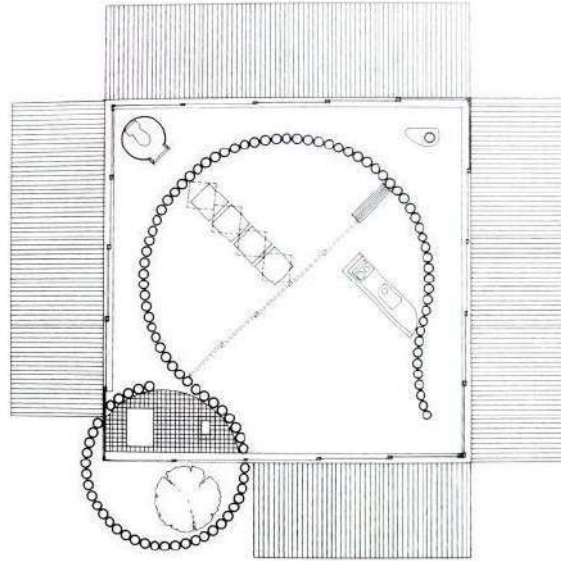


Figura 84: Planta de la vivienda, *Paper House*. Disponible en: <https://www.pinterest.es/pin/438889926186529910/>

El reparto de cargas se realiza de la siguiente manera, diez tubos de papel soportan las cargas verticales mientras que ochenta del resto aguantan las fuerzas laterales. El círculo central de mayor tamaño se asocia a la sala de estar con apenas mobiliario a parte de una encimera, la puerta corrediza que da la opción de dividir el espacio y armarios móviles.

*Paper Church* (Kobe, Japón, 1995-2005), tras el terremoto de Kobe en 1995, el templo que existía en el emplazamiento fue destruido. Gracias a la colaboración de distintas empresas que suministraron materiales y voluntarios, la reconstrucción del templo en papel pudo realizarse en solo cinco semanas.



Figura 85: Imagen exterior de la iglesia iluminada de noche. Autor: Hiroyuki Hirai. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>

La envolvente exterior se realiza a partir de láminas de policarbonato corrugado, en su interior se erigen 58 tubos de papel de 325 milímetros de diámetro, 14,8 milímetros de grosor y 5 metros de altura. Los tubos se disponen configurando una forma elíptica, inspirada en la obra de Bernini. En su interior se disponen bancadas materializadas con tubos de cartón. La iglesia estuvo en pie durante diez años, siendo desmontada en 2005.



Figura 86: Interior *Paper Church*. Disponible en: <https://in.pinterest.com/shubhmadavi20/ard/>

*Paper Dome* (Osaka-cho, Gifu, Japón, 1998) introduce la posibilidad de cubrir grandes luces, ya que consiste en una bóveda hecha a base de secciones tubulares de cartón conformando arcos, unidas entre sí con piezas de madera. Se cubren y atan entre sí a paneles de contrachapado.



Figuras 87: Imágenes del interior y exterior de la cubrición del *Paper Dome*. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1998\\_paper-dome/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1998_paper-dome/index.html)

El proyecto surge de la necesidad de un espacio cubierto que permitiera realizar labores de trabajo de la madera al aire libre, a su vez debía ser resistente a condiciones climáticas adversas, cargas elevadas de nieve como se puede observar en la figura anterior. Por las condiciones del emplazamiento debía ser una estructura simple fácil de ensamblar.

La bóveda se eleva 8 metros de altura a lo largo de 27 metros de longitud, cubriendo un ancho de 23 metros. Los tubos de papel no se podían curvar por lo tanto todo el arco se dividió en módulos de 1,8 x 0,9 metros. Cada panel de madera contrachapada se encarga de la estabilidad lateral, estos paneles se encuentran a su vez perforados por una abertura circular que permite la entrada de luz.

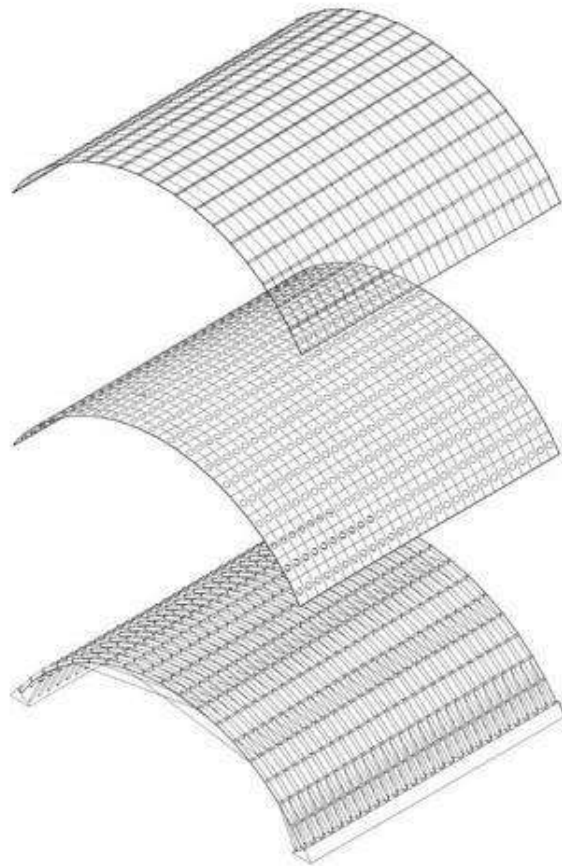


Figura 88: Axonometría de los elementos que conforman la bóveda. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1998\\_paper-dome/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1998_paper-dome/index.html)

Los tubos se encuentran impermeabilizados con uretano líquido transparente, sus extremos están alineados con el objetivo de transferir las cargas y reducir el momento de flexión. Se añaden también tirantes de tensión de acero de refuerzo que se utilizan por seguridad en casos extremos de cambios de carga elevados. La resistencia de los tubos a compresión era de  $99.3 \text{ kgf/cm}^2$ .<sup>9</sup>

<sup>9</sup> MCQUAID, Matilda. Shigeru Ban. Nueva York: Phaidon Press Limited, 2003. ISBN: 0-7148-4194-3, p. 78.



Dos años más tarde para la Exposición Universal de Hannover en el año 2000, Shigeru Ban decidió utilizar tubos de cartón compacto como material fundamental en la construcción del pabellón japonés. En este proyecto contó con la colaboración de Cristóbal Correa de la empresa de ingeniería Buro Happold, quienes realizaron estudios de investigación de las propiedades del cartón, también contó con la colaboración del arquitecto Frei Otto. Se despertó un interés que derivó en proyectos en la materia en Japón y en la Universidad de Dortmund, Alemania.



Figura 89: Imágenes levantamiento de la rejilla de tubos de cartón. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-de-japon-en-expo-2000>

El tema de la Exposición era el medioambiente, por lo que se propusieron construir una estructura que produjera la menor cantidad de residuos posible y reciclar los materiales utilizados. La idea principal era construir un modelo siguiendo el ejemplo del *Paper Dome*, pero el alto coste de las juntas de madera utilizadas en él condicionaba demasiado su desarrollo ya que se trataba de un edificio de mayor tamaño. Finalmente prescindieron de elaborar juntas y tejieron una rejilla continua de tubos de cartón de gran longitud. La cimentación se realiza a partir de cajas de acero rellenas y arena, prescindiendo así del tradicional sistema de cimentación en hormigón armado, y permitiendo la reutilización de los materiales usados.



Figura 90: Imágenes durante el proceso constructivo. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_japan-pavilion-hannover-expo/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_japan-pavilion-hannover-expo/index.html)





Figuras 91: Imagen del entramado de cubierta y detalle de la union entre estructura y cubierta, pabellón japonés Expo 2000. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-de-japon-en-expo-2000#>

El túnel finalmente tendría 73,8 metros de largo, 25 de ancho y 15,9 de alto. La situación de deformación más desfavorable se producía en lateral, en el sentido longitudinal, por este motivo se configuraron las hendiduras en el sentido transversal que hacen que varíe su altura y mejore su comportamiento. Los pórticos hastiales de los extremos, se configuran con dos arcos de madera arriostrados a la base mediante cables con una inclinación de 60°.

Para la cubierta se optó por una subestructura de madera en la que se sujeta la membrana que actúa como elemento de cubrición, que a su vez se encuentra unida por cintas a la estructura principal. Se descartó desde un principio que esta fuera de PVC, material que se utiliza normalmente para este tipo de cubiertas, pero que es difícil de reciclar, por tanto, optaron por un tipo de membrana impermeable utilizada para bolsas de reparto.<sup>10</sup>



Figura 92: Imagen desde el alzado lateral del pabellón japonés Expo 2000. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-de-japon-en-expo-2000#>

<sup>10</sup> Shigeru Ban Architects. *Japan Pavilion, Expo 2000 Hannover – Germany, 2000*. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_japan-pavilion-hannover-expo/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_japan-pavilion-hannover-expo/index.html). Consultado en junio 2021.

Los tubos tienen una resistencia a compresión de  $9.53 \text{ N/mm}^2$  ( $97.2 \text{ kgf/cm}^2$ ) y un Módulo de Young de  $1.57 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$  ( $16.0 \text{ kgf/cm}^2$ ).<sup>11</sup>



Figura 93: Pabellón de Japón Expo 2000, Shigeru Ban. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-de-japon-en-expo-2000>

Algunas de las conclusiones extraídas son las siguientes, se comprobó que al igual que sucede con la madera su resistencia cambia con la duración de la carga, con cargas de larga duración los valores admisibles se reducen en un 50 %. El módulo elástico del cartón en comparación con el de la madera es mucho más reducido del orden 1/5. Mientras que su comportamiento mecánico es distinto en cargas de compresión y flexión, siendo las tensiones máximas admisibles un 50% mayores para flexión,  $6,5 \text{ MPa}$  para cargas de corta duración.<sup>12</sup>

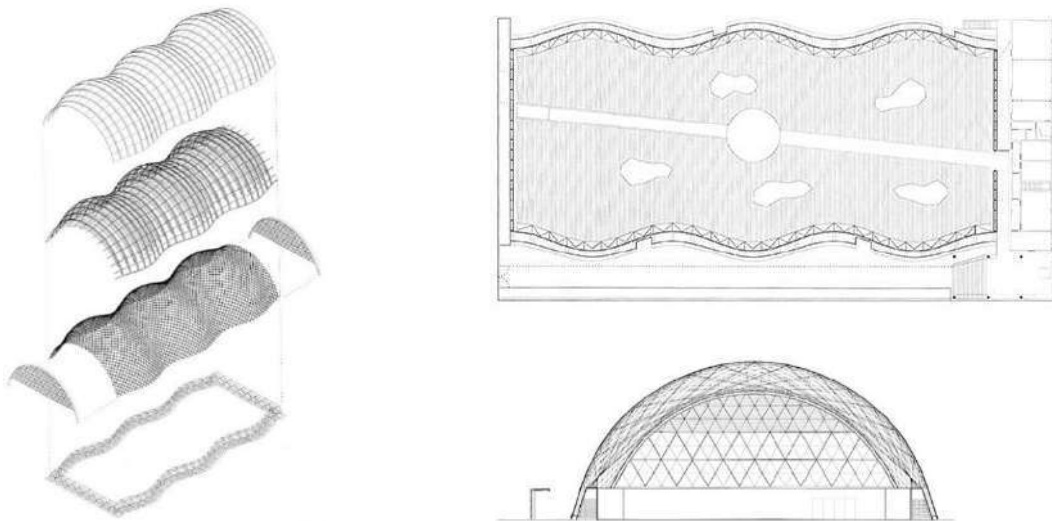


Figura 94: De izquierda a derecha y de arriba a abajo, axonometría explotada de envolvente de celosía y cubierta, planta del pabellón y alzado lateral. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-de-japon-en-expo-2000>

<sup>11</sup> MCQUAID, Matilda. Shigeru Ban. Nueva York: Phaidon Press Limited, 2003. ISBN: 0-7148-4194-3, p. 84.

<sup>12</sup> SÁNCHEZ CAMPOS, Roberto, enero 2016. *Arquitecturas Efímeras con cartón. El caso de la Village de cartón de Guy Rottier*. Trabajo Fin de Grado Inédito en Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Disponible en: [http://oa.upm.es/39216/1/TFG\\_Roberto\\_Sanchez\\_Campos.pdf](http://oa.upm.es/39216/1/TFG_Roberto_Sanchez_Campos.pdf). (Consultado en junio 2021), p. 12



*Paper Bridge* (Remoulin, Nimes, Francia, 2007) con motivo del comienzo de la temporada turística de verano en Nimes, Ban recibió el encargo de realizar una propuesta de estructura efímera. La ubicación destinada para la instalación se estableció junto al *Pont du Gard*, acueducto romano Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, emplazamiento en el cuál Ban propuso construir un puente.



Figura 95: *Paper Bridge* en primer plano y acueducto *Pont du Gard* al fondo. Disponible en: [https://www.octatube.nl/en\\_GB/project-item/projectitem/112-paper-bridge.html](https://www.octatube.nl/en_GB/project-item/projectitem/112-paper-bridge.html)

*Paper Bridge* materializado en tubos de cartón, contrasta su ligereza y carácter efímero con la piedra pesada y duradera del acueducto. El arco que sigue el puente tiene las mismas dimensiones que el del acueducto. Su construcción se prolongó durante un mes, en la que participaron estudiantes de la escuela de Arquitectura de Montpellier.



Figura 96: Imagen detalle de las uniones de los tubos de la estructura. Disponible en: <https://oamarchitecture.wordpress.com/2013/11/26/paper-bridge-shigeru-ban/>

Las cargas que puede soportar su estructura pueden alcanzar toneladas, se llevó a cabo una comprobación aplicando una sollicitación de 1,5 toneladas produciéndose tan solo una deflexión de 9 milímetros. Como factor de seguridad se limitó el número de personas que pueden cruzar sobre él a la vez en 20.<sup>13</sup>



Figura 97: Detalle juntas de acero para la unión de los tubos. Disponible en: <https://www.floornature.com/architectural-solutions/pont-du-gardas-little-brother-cardboard-tube-bridge-shigeru-13405/>

El tipo de tubos de cartón que se utilizó para su construcción (115 milímetros de diámetro y 19 milímetros de espesor) fue el mismo que se puso a prueba en el Pabellón de Japón en la Expo del 2000, y en otros proyectos anteriores como en el Museo del Canal de Borgoña (2004) y el Estudio Temporal de Papel en París (2004). Las juntas se realizan en acero postensado partiendo de la experiencia obtenido en proyectos como el *Paperdome* de Amsterdam (2003).



Figura 98: De izquierda a derecha, Museo del Canal de Borgoña y *Paperdome* de Amsterdam. Disponible en: <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html#paper-tube-structures>

<sup>13</sup> Shigeru Ban Architects. *Paper Bridge – Remoulin, France, 2007*. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2007\\_paper-bridge/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2007_paper-bridge/index.html). Consultado en junio 2021.



### 3.1.2.1. Proyectos Humanitarios

Dos millones de personas aproximadamente perdieron su hogar debido al conflicto bélico que estalló en Ruanda en 1994. Ban desarrolló otro prototipo de emergencia para la asociación ACNUR en su trabajo como comisionado entre 1995 y 1999, con el objetivo de cubrir esa necesidad de vivienda.

El proyecto denominado **Paper Tube Structure-10** con estructura de tubos de cartón, sustituye a las casetas suministradas por la ONU, constituidas por estructuras de mástiles de aluminio y lonas. En muchos casos estos materiales eran vendidos por su elevado precio y ser poco comunes en las zonas de actuación, sus ocupantes los sustituían por ramas de árboles incrementando el problema de la deforestación. Esta misma tipología se llevó a cabo para albergar a las personas afectadas por el terremoto de 7 grados de magnitud, de Haití en 2010.



Figura 99: Fotografía colocación lona de cubierta para refugio en Ruanda. Autor: Shigeru Ban Architects. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>

Estos refugios se configuran a partir de una estructura de tubos de cartón y como elemento de cobertura una lámina plástica principalmente. Se llevaron a cabo tres prototipos de prueba previos antes de elegir el tipo de estructura que se eligió para el modelo final. Un primer modelo estándar con la tradicional forma triangular de tienda de campaña, un segundo utilizando un apoyo vertical en forma de V y finalmente que prescinde de apoyos verticales que interrumpen el acceso y proporciona un espacio interior más amplio.



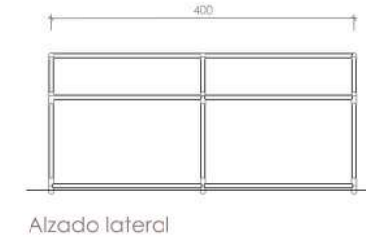
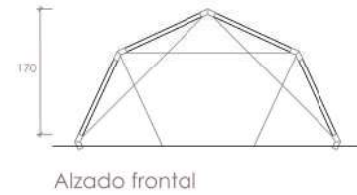
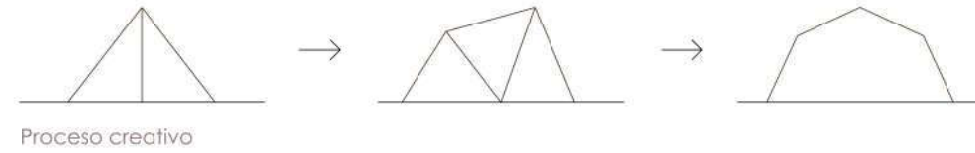
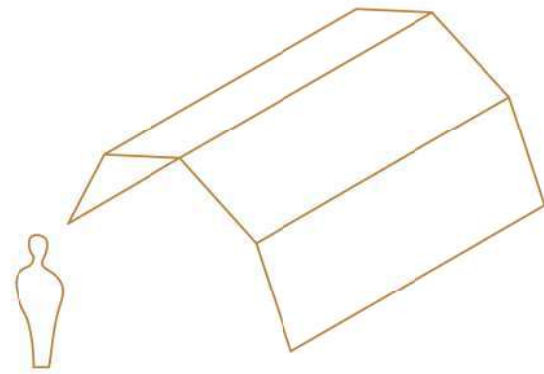
Figura 100: Imagen montaje estructura de tubos de cartón para refugio en Ruanda. Autor: Shigeru Ban Architects. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>



Figura 101: Imagen en la que aparece el propio Shigeru Ban colaborando en la construcción de la estructura del refugio para víctimas del terremoto de Haití en 2010. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>

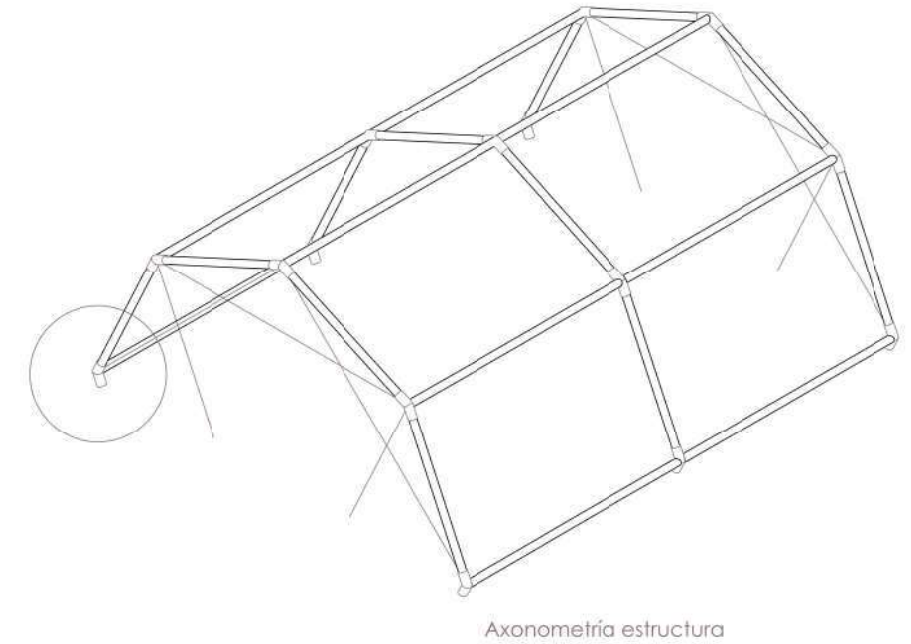
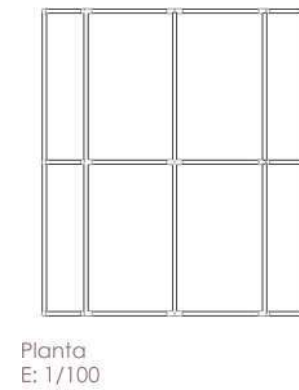


PAPER TUBE STRUCTURE-10



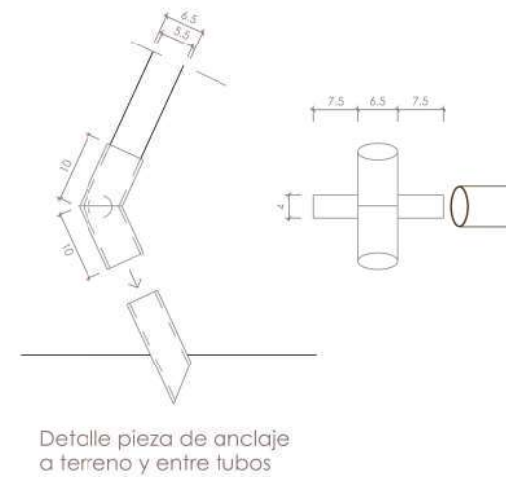
Tubos de cartón: Flexo-compresión  
Cuerdas: Tracción  
Funcionamiento estructural

<b>TRANSPORTE</b> 	<b>ESTRUCTURA</b> 	<b>MONTAJE</b> 	<b>DISPOSICIÓN</b> 	<b>S. EMERGENCIA</b> 	<b>RENDIMIENTO</b> 
-----------------------	-----------------------	--------------------	------------------------	--------------------------	------------------------



Axonometría estructural

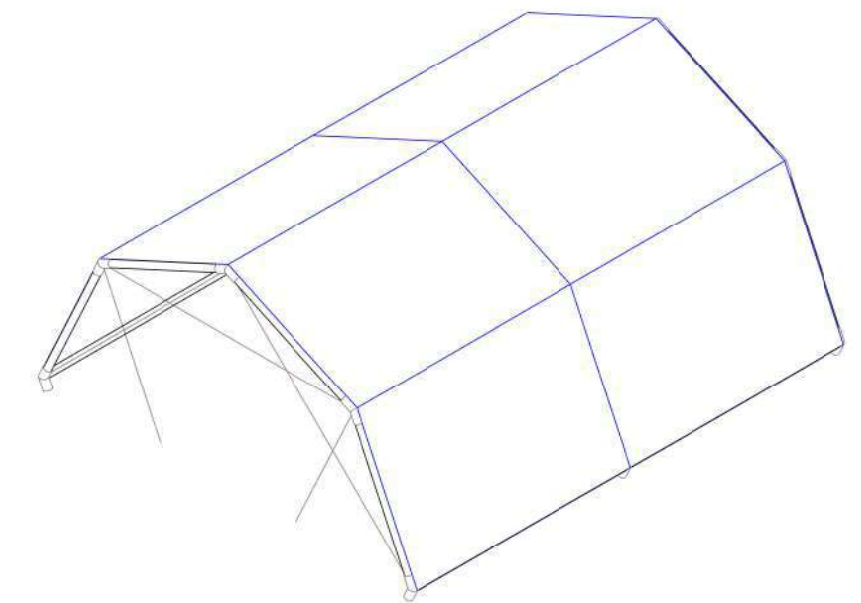
<b>TRANSPORTE</b> Ligero Pesado Fácil desmontable y embalaje	<b>ESTRUCTURA/ENVOLVENTE</b> Muros y cubierta portantes Estructura protante + cubierta Aislamiento Impermeabilidad	<b>MONTAJE</b> Maquinaria Número de personas Adaptabilidad Tiempo
---	--	---



Detalle pieza de anclaje a terreno y entre tubos

<b>DISPOSICIÓN</b> Permite agregación de unidades Módulo único Reutilizable Reciclable	<b>SITUACIÓN DE EMERGENCIA</b> Inundación Sismo Campo refugiados (Conflicto bélico o similar)	<b>RENDIMIENTO</b> Climas extremos fríos Climas extremos cálidos Seguridad Vida útil
--	--	--

Materiales	Dimensiones	Cantidad
Lámina A (reforzada)	4x6 m	1
Lámina B (Blanca, Azul)	4x2 m	2
Tubo cartón A	1,85 m (leng)	10
Tubo cartón B	1,30 m (leng)	12
Junta de plástico		15
Anclaje de plástico		6
Estaca de plástico	222 mm (leng)	10 (+ 1 extra)
Brida de plástico	300 mm (leng)	29
Pieza tope de aluminio	40 mm	18
Cuerda	3,50 m (leng)	18
Bolsa		1



Axonometría con cubierta



En 1995 se produjo un terremoto de gran escala en la ciudad japonesa de Kobe, provocando que miles de personas perdieran sus viviendas. Como ya se ha explicado anteriormente, cuando se producen situaciones de emergencia como esta, se requieren soluciones que puedan surgir desde la escasez de materiales, con inmediatez, recursos locales y accesibles, así como intervenciones de bajo coste, características que están presentes en la obra de Shigeru Ban.

Todas estas premisas se aplican en su prototipo **Paper Log House 1**, conocidas como "las casas de troncos de papel", por su parecido con las cabañas de troncos de madera. Se trata de una solución basada en la utilización de tubos de cartón, los cuales fueron suministrados por fábricas de la zona, estos se rellenan en su interior con papeles viejos para mejorar su capacidad aislante. A su vez se les aplica un tratamiento exterior de revestimiento para impermeabilizarlos (poliuretano transparente o imprimación de parafina). Su cimentación se lleva a cabo con cajas de botellas rellenas de arena mientras que la cubierta se materializa con un elemento textil anclado a una cercha, también de cartón, que se erige sobre los muros de tubos.



Figura 102: Prototipo *Paper Log House* en Kobe, Japón. Autor: Takanobu Sakuma. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>



Figura 103: Fotografía interior vivienda de emergencia en Kobe. Autor: Hiroyuki Hirai. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>

Estas viviendas de emergencia se han construido en tres ocasiones distintas en Japón, Turquía e India. Son refugios con una gran economía de medios, también en su proceso constructivo, ya que está concebido para llevarse a cabo por voluntarios y los propios ocupantes sin necesidad de mano de obra especializada. En el caso de Kobe, el grupo más rápido en terminar una vivienda tardó entre 6 y 7 horas y el más lento 10. El hecho de que los propios ocupantes participen en su construcción favorece la aceptación de sus nuevos hogares como vimos en las soluciones de sistemas fabricados in situ.



Figura 104: Paper Log House prototipo en India (2001). Autor: Kartikeya Shodhan. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>

India experimentó el peor terremoto de su historia en 2001, de 7,6 de magnitud, más de 20.000 personas perdieron la vida y más de 600.000 quedaron sin hogar.

Contactaron con Shigeru Ban para construir 20 viviendas temporales para las víctimas (Fig. 104). Se emplearon tubos de cartón para las paredes, pero hubo problemas para encontrar materiales para la cubierta y no disponían de cajas para conformar la cimentación como en el caso de Kobe. Por lo tanto, como alternativa, se usaron escombros de los edificios derrumbados por la catástrofe para la cimentación y un suelo tradicional de barro, y se optó por bambú partido para la techumbre, conformando una bóveda.

Un ejemplo más de la capacidad de adaptación de este prototipo a las técnicas de construcción intrínsecas de cada zona donde se emplacen, es el caso de los refugios construidos en Filipinas, tras el tifón que arrasó el país en 2013. Se utilizaron materiales como la palma de nipa seca para recubrir las paredes, y hojas de cocotero para la cubrición, aparte de los tubos de cartón como estructura. Contando con la colaboración directa de sus futuros usuarios.<sup>14</sup>



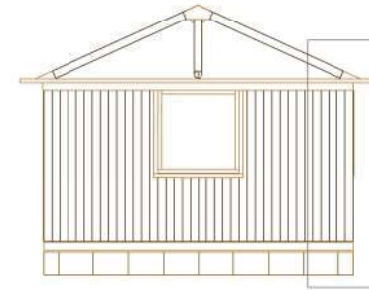
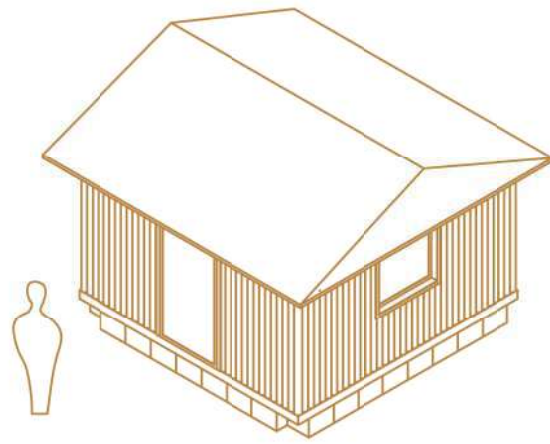
Figura 105: Refugios en Filipinas tras el tifón que sufrió en 2013. Disponible en: <http://www.rocagallery.com/es/temporary-disaster-housing>

En 2004 después del terremoto de Niigata comienza una línea de trabajo denominada **Paper Partition System**, centrada en el desarrollo de prototipos de sistemas que ayuden a dividir espacios diáfanos donde ha sido evacuada la población en una situación de emergencia.

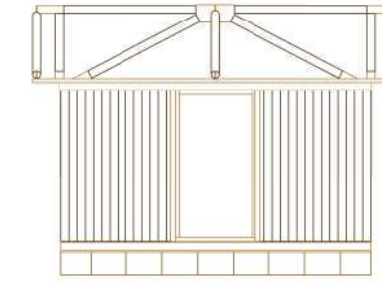
<sup>14</sup> ROCA GALLERY, 2019. *Vivienda temporal de emergencia*. Disponible en: <http://www.rocagallery.com/es/temporary-disaster-housing> (Consultado en julio 2021).



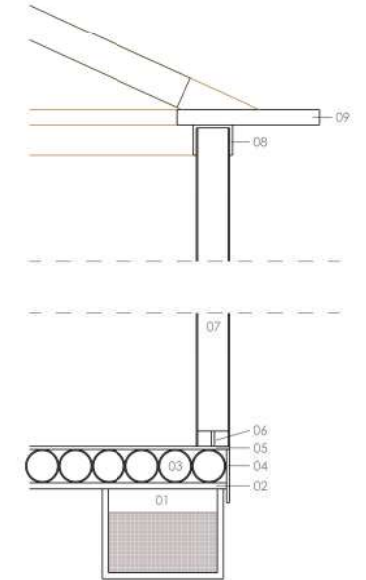
PAPER LOG HOUSE-1



Alzado frontal

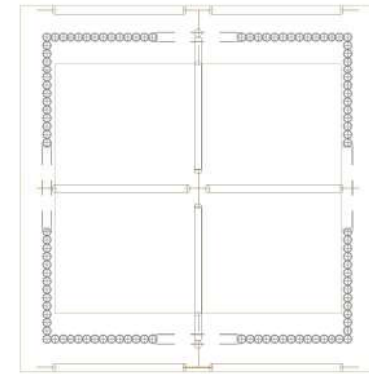


Alzado lateral



Detalle E:1/25

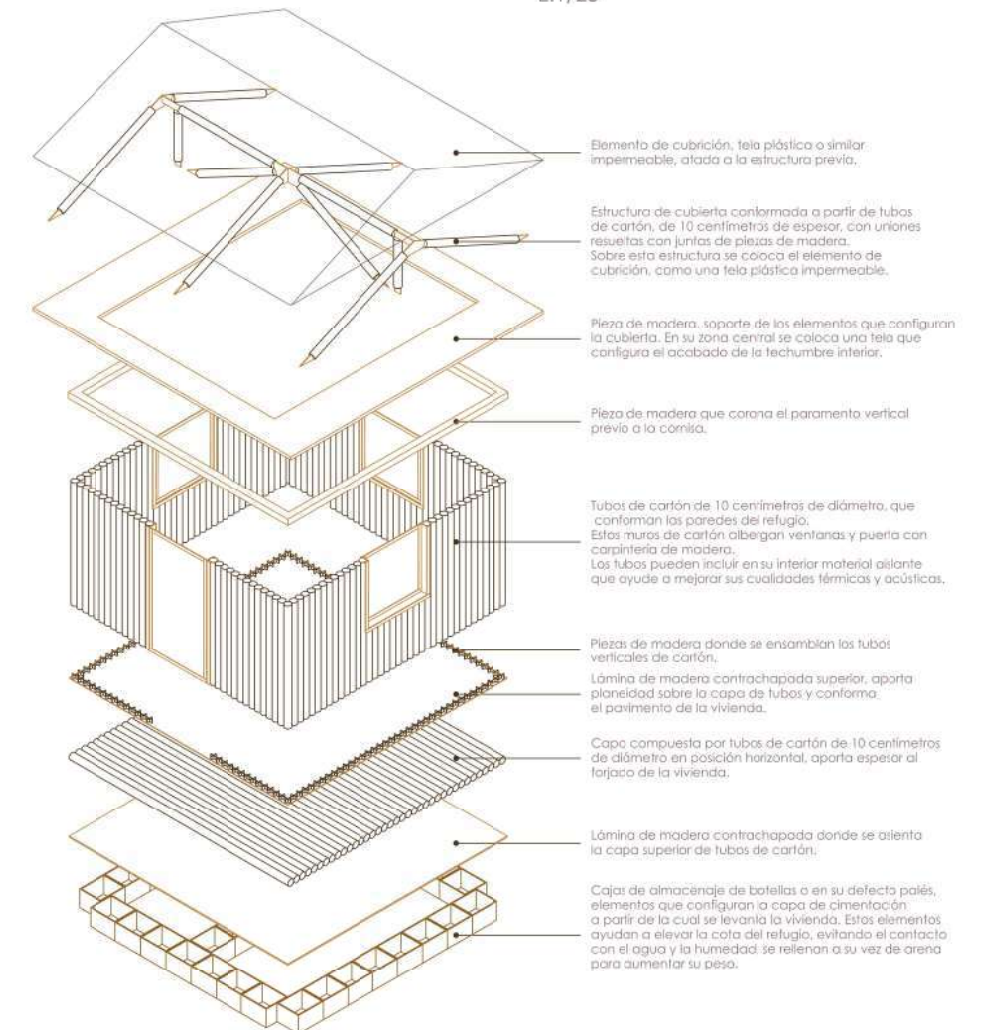
- 01. Caja de plástico rellena de arena, elemento que actúa como cimentación.
- 02. Lámina de madera contrachapada.
- 03. Tubos de cartón compacto (10 cm diámetro, 4 mm espesor) en posición horizontal.
- 04. Lámina de madera, pieza de acabado perimetral del forjado.
- 05. Lámina de madera contrachapada.
- 06. Pieza de madera en forma de cruz donde se alojan los tubos verticales.
- 07. Tubos de cartón compacto (10 cm diámetro, 4 mm espesor) en posición vertical.
- 08. Pieza de madera en forma de U que corona perimetralmente la parte superior del paramento de tubos.
- 09. Pieza de madera, se apoya sobre la anterior y actúa como soporte de la estructura de cubierta.



Planta E: 1/100

TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ ENVOLVENTE	MONTAJE	DISPOSICIÓN	S. EMERGENCIA	RENDIMIENTO
		6 - 10 horas			5-10 años

TRANSPORTE	ESTRUCTURA/ENVOLVENTE	MONTAJE
Ligero	Muros y cubierta portantes	Maquinaria
Pesado	Estructura portante + cubierta	Número de personas
Fácil desmontable y embalaje	Aislamiento	Adaptabilidad
	Impermeabilidad	Tiempo
DISPOSICIÓN	SITUACIÓN DE EMERGENCIA	RENDIMIENTO
Permite agregación de unidades	Inundación	Climas extremos fríos
Módulo único	Sismo	Climas extremos cálidos
Reutilizable	Campo refugiados (Conflicto bélico o similar)	Seguridad
Reciclable		Vida útil



Imágenes del proceso de construcción del prototipo de Paper Log House en Kobe Japón en 1995.





El primer modelo de esta línea es la **Paper House** o **Paper Partition Sytem 1** (2004), las víctimas del terremoto de Niigata fueron realojadas en gimnasios, donde no existe separación ni existe una delimitación entre extraños, esto puede afectar negativamente a las personas en esta situación límite.



Figura 106: Instalación de la *Paper House* en el interior del pabellón. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2004\\_paper-house/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2004_paper-house/index.html)

Se trata de un prototipo diseñado para interior, en su origen se concebía como un espacio en el que despertaran las familias o las personas recién llegados, pero su función también derivó en un espacio de juegos para niños y clínica para ancianos. Esta cabaña interior de cartón se realiza a partir de tubos de sección cuadrada de cartón.

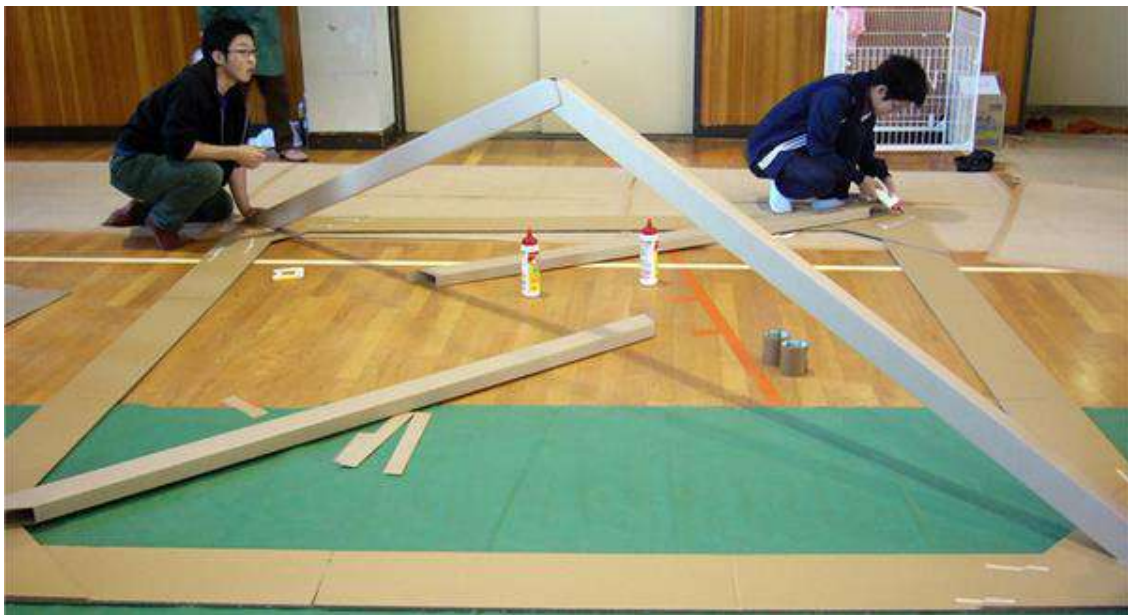


Figura 107: Voluntarios pegando los tubos que configuran la cubierta del modelo. Disponible en: <https://www.experimenta.es/noticias/industrial/shigeru-ban-japon-refugio-terremoto-tsunami-artuitectura-2827/>



Figura 108: Shigeru Ban participando en el montaje del prototipo *Paper House*. Disponible en: <https://www.experimenta.es/noticias/industrial/shigeru-ban-japon-refugio-terremoto-tsunami-artuitectura-2827/>



Figura 109: Voluntarios colocando el papel que sirve de cubrición. Disponible en: <https://www.experimenta.es/noticias/industrial/shigeru-ban-japon-refugio-terremoto-tsunami-artuitectura-2827/>



Siguiendo la línea de trabajo se desarrolla el **Paper Partition System 2**. Al año siguiente en 2005 la ciudad de Fukuoka sufrió un nuevo terremoto. Las víctimas de esta catástrofe en los centros urbanos volvieron a ser realojadas en gimnasios y pabellones. Para afrontar esta situación se colocaron planchas de cartón de nido de abeja a modo de tatami para acomodar la superficie. A continuación, se incorporó un panel vertical de cartón que acotaba la zona asignada a cada familia, esta operación aportaba un grado más de privacidad al acostarse.



Figura 110: Voluntarios estudiantes de Shigeru Ban probando los prototipos *Paper Partition System 2*. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2005\\_paper-partition-system-2/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2005_paper-partition-system-2/index.html)

En 2006 el prototipo evoluciona, se suprime el panel vertical por un marco a partir de tubos de cartón, alcanzando una altura de 180 centímetros. Se cuelgan telas de los marcos, acotando el espacio y mejorando la sensación de privacidad. Este modelo se denomina **Paper Partition System 3**.



Figura 111: Izquierda, Ban junto a estudiantes y voluntarios delante de los materiales necesarios para construir el prototipo. Derecha, prototipo en construcción. Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2005\\_paper-partition-system-2/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2005_paper-partition-system-2/index.html)

Se trata de una instalación modular que puede variar de tamaño por agregación de unidades y cuyos materiales son fáciles y rápidos de conseguir ante una situación de emergencia.

Este proceso de ideación y desarrollo de prototipos de particiones para separar espacios en unidades independientes culmina por el momento en 2011, tras el devastador terremoto de magnitud 9,1 que afectó a Japón. El **Paper Partition System 4** se trata de un sistema muy sencillo elaborado con materiales de bajo coste, cuya función es delimitar áreas de privacidad y dotar de cierta intimidad a las personas que son realojadas en grandes espacios colectivos como pabellones o naves durante la catástrofe.

Para evitar el contacto directo sobre el suelo se acomodan paneles de celdas de cartón (panel de abeja) proporcionando un grado de aislamiento adecuado, a continuación, se conforman paramentos verticales, como elementos que acotan el recinto. Finalmente se incorporaron unos marcos tubulares de cartón que configuraban la estructura de la que se sustentan elementos textiles como particiones.



Figura 112: Imagen de un pabellón deportivo donde se ha desplegado el sistema de división *Paper Partition System 4* en Fukushima (Japón, 2011). Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/works/sistema-de-particion-de-papel-4>

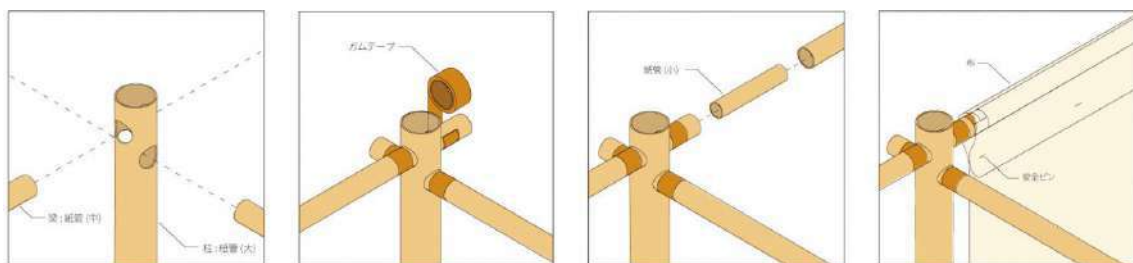


Figura 113: Detalle de la unión de los tubos del sistema. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/works/sistema-de-particion-de-papel-4>



Este sistema se ha vuelto a instalar en las siguientes situaciones de emergencia: distribuyéndose tras las fuertes lluvias que provocaron grandes deslizamientos de tierra en la ciudad de Hiroshima (Japón) en 2014 (fig. 114); para dar soporte en los centros de evacuación en Kumamoto y Oita (Japón), áreas afectadas por el terremoto de 2016 (fig. 115); montaje de 50 unidades en Camerino (Italia) después de que se produjeran tres terremotos seguidos en 2016 (fig. 116); como consecuencia de las intensas lluvias en Okayama e Hiroshima (Japón) en 2018 (fig. 117); terremoto de Hokkaido Eastern Iburi (Japón) en 2018 (fig. 118); en 2019 un tifón atravesó Japón, se instalaron en Fukushima, Nagano, Miyagi e Ibaraki (fig. 119); el desastre causado por las lluvias torrenciales en Kumamoto (Japón) en 2020 (fig. 120); por último este sistema se ha utilizado para configurar espacios para un centro de vacunación contra el Covid-19 en Komatsu, Ishikawa en 2021 (Japón) (fig. 121).<sup>15</sup>



Figura 114: *Paper Partition System 4* en Hiroshima (Japón, 2014). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014\\_Hiroshima-PPS4-0921/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_Hiroshima-PPS4-0921/index.html)



Figura 115: *Paper Partition System 4* en Kumamoto y Oita (Japón, 2016). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2016\\_kumamoto-PPS4-6/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2016_kumamoto-PPS4-6/index.html)

<sup>15</sup> Shigeru Ban Architects. Paper Tube Structures. Disponible en <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html#paper-tube-structures>. Consultado en julio 2021.





Figura 116: *Paper Partition System 4* en Camerino (Italia, 2016). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2016\\_camerino/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2016_camerino/index.html)



Figura 117: *Paper Partition System 4* en Okayama (Japón, 2018). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2018\\_westjapan/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2018_westjapan/index.html)



Figura 118: *Paper Partition System 4* en Hokkaido (Japón, 2018). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2018\\_hokkaido/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2018_hokkaido/index.html)



Figura 119: *Paper Partition System 4* en Fukushima, Nagano, Miyagi, Ibaraki y Tochigi (Japón, 2019). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2019\\_taifu19/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2019_taifu19/index.html)



Figura 120: *Paper Partition System 4* en Kumamoto (Japón, 2020). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2020\\_minamikyushu/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2020_minamikyushu/index.html)



Figura 121: *Paper Partition System 4* en Komatsu, Ishikawa (Japón, 2021). Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2021\\_pps\\_komatsu/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2021_pps_komatsu/index.html)



#### 4. Conclusiones

Cuando hablamos de Arquitectura de emergencia a todos se nos viene a la cabeza imágenes de campos de refugiados, personas que han tenido que abandonar sus hogares e incluso sus países por un motivo u otro. La labor social y humanitaria que representa proporcionar un refugio temporal a estas personas es fundamental y es un derecho, además de una necesidad básica. Sin embargo, las soluciones convencionales propuestas para este tipo de situaciones, hablando de modelos prefabricados, en muchos casos por el carácter temporal que las definen, tienden a carecer de unos niveles de calidad adecuados para sus usuarios. Por otro lado, algunos prototipos se diseñan y se equipan sin tener en cuenta la situación que afrontan sus usuarios en concreto, incluyendo el factor cultural.

Las situaciones en las que puede implementarse este tipo de Arquitectura no tienen por qué limitarse a las situaciones extremas de emergencia evidentes, asociadas a catástrofes naturales o conflictos bélicos. Por ejemplo, podrían usarse como apoyo para los centros de acogida a inmigrantes, cuando se vean colapsados; también para conformar asentamientos para los trabajadores que desempeñen labores estacionales como temporeros; o bien dar cobijo a las personas sin techo que viven en la calle en las ciudades, entre otros usos. No obstante, fenómenos como las catástrofes naturales cada vez se producirán con más frecuencia por efecto del cambio climático y aumentarán los refugiados climáticos, situaciones donde la Arquitectura de emergencia tiene un papel fundamental como se ha mencionado.

El cartón es un material muy presente en nuestra vida cotidiana pero no está concebido tradicionalmente como un material óptimo para la construcción. Como se ha expuesto en este trabajo, el cartón puede disponerse en distintos formatos: cartón ondulado, compacto, panel de abeja, entre otros; en función del uso que se le vaya a asignar será más conveniente uno que otro. Para su empleo en la construcción habrá que preparar el material para su exposición a la intemperie y cubrir uno de sus puntos débiles que es el comportamiento ante el agua y la humedad. Este problema se soluciona aplicando una capa de poliuretano transparente o una imprimación de parafina sobre la superficie, opción que utiliza **Shigeru Ban** en su obra como ejemplo principal. En sus proyectos utiliza tubos de cartón compacto, ya que es el formato que más resistencia alcanza, valor que varía en función del diámetro y espesor de estos.

Para construir elementos destinados a usos de interior, caso de los trabajos que realiza el estudio **Cartonlab** en sus proyectos, empleando principalmente cartón ondulado, pero también panel de abeja y cartón compacto. Se trata de un material que en campos como el *retail*, la decoración y el interiorismo se utiliza con frecuencia tanto por su fácil manipulación como las posibilidades que ofrece. Este estudio colabora y trabaja en experimentar e innovar con nuevos usos donde se puede utilizar este material desde sus propiedades. Por ejemplo, han trabajado con cartones ignífugos que abordan otro de los déficits al usar el cartón por el riesgo que supone el fuego.



Los puntos fuertes del cartón como material son la ligereza de las piezas conformadas con él, además de ser un material fácil de trabajar -hasta ciertos espesores-, si bien se requiere maquinaria para su manipulación y para realizar cortes de precisión. Por otra parte, su carácter ecológico, ya que a pesar de ser un material -papel- que se fabrica a partir de la madera, su vida útil puede prolongarse hasta ocho ciclos; es decir, puede reciclarse y conformar nuevas piezas otras tantas veces. Finalmente, es un material biodegradable siempre y cuando se utilicen recubrimientos impermeabilizantes orgánicos. Por tanto, es un material que, si se utiliza adecuadamente acondicionado al uso que se le va a dar, puede ofrecer muy buenas prestaciones.

Por último, cabe destacar la implicación de un arquitecto como **Shigeru Ban** (Premio Pritzker 2014) en la labor humanitaria de manera paralela a su obra general. Desde colaborar con asociaciones como ACNUR a crear su propia ONG, *Voluntary Architects' Network* (VAN) en 1995, conformándose como el principal referente en la utilización del cartón para obra arquitectónica. Su grado de compromiso en torno a la sostenibilidad en cuanto a la reutilización de materiales, así como su interés por implicar a la población local en los propios proyectos humanitarios, convierten el trabajo de Ban en una referencia internacional en este campo. Ban demuestra que la Arquitectura de emergencia es una vía de trabajo aún por explorar y con muchas posibilidades que no debería quedarse al margen del futuro de la disciplina arquitectónica, e invita de algún modo a una mayor implicación por parte de arquitectos y estudios de todas partes del mundo a aportar ideas en este terreno. En este sentido, cabe mencionar el trabajo de la ONG Arquitectos Sin Fronteras, que durante 25 años ha apoyado y desarrollado proyectos para los colectivos más desfavorecidos.

*Incluso en áreas azotadas por desastres naturales, como arquitecto quiero crear edificios bellos. Aspiro a emocionar a la gente y mejorar sus vidas. Sin esta intención no sería posible crear arquitectura con contenido y hacer un servicio a la sociedad al mismo tiempo.*

Shigeru Ban, Princeton Architectural Press, USA 2001, pág. 9.

## 5. Bibliografía

### LIBROS:

- DAVIS, Ian. *Arquitectura de emergencia. Construcción alternativa: Tecnología y Arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S. A., 1980. ISBN: 84-252-0974-9.
- Fundación Cultural COAM. *Concurso de ideas para alojamientos temporales*. Madrid, 1996.
- MCQUAID, Matilda. *Shigeru Ban*. Nueva York: Phaidon Press Limited, 2003. ISBN: 0-7148-4194-3.
- QUINEJURE, Michel. *Shigeru Ban, Arquitectura de Emergencia*. Colección ARQIA / Documental 19. Barcelona: Edición Fundación Caja de Arquitectos, 2011.
- ROS, Juan Manuel. *Arquitectura de emergencia. Cuestiones pendientes*. Madrid: Ediciones asimétricas, D.L. 2015. ISBN: 978-84-944300-5-3

### PÁGINAS WEB:

- ACNUR (Agencia de la ONU para los refugiados, comité español). *Aliviar el sufrimiento y el hacinamiento en los centros de recepción de las islas griegas debe formar parte de la respuesta de emergencia*, 24 de septiembre 2020. Disponible en: <https://www.acnur.org/noticias/press/2020/9/5f6cb99a4/acnur-aliviar-el-sufrimiento-y-el-hacinamiento-en-los-centros-de-recepcion.html> (Consultado en mayo 2021).
- ACNUR (Agencia de la ONU para los refugiados, comité español). *Nuestro trabajo, áreas de trabajo, refugio*. Disponible en: <https://eacnur.org/es/labor/areas-de-trabajo/refugio> (Consultado en mayo 2021).
- A.GOR.A Architects, 2014. *Dormitorios Temporales*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-357915/dormitorios-temporales-a-gor-a-architects> (Consultado en abril 2021).
- ARCHDAILY, 2020. *La obra social y humanitaria de Shigeru Ban en 10 proyectos*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban> (Consultado en mayo 2021).
- ARQUITECTURA VIVA, 2017. AV Monografías. *Arquitectura Viva, Shigeru Ban, Social Beauty, Paper Partition System* (nº195), p 74 – 75. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/works/sistema-de-particion-de-papel-4>

- ARQUITECTURA VIVA, 2017. AV Monografías. *Arquitectura Viva, Shigeru Ban, Social Beauty, Viviendas Temporales Container, Onagawa* (nº195), p 76 – 81. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/viviendas-temporales-container> (Consultado en abril 2021).
- ARQUITECTURA VIVA, 2014. *Arquitectura Viva, Palimpsests* (nº162). Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/articles/pritzker-for-shigeru-ban> (Consultado en junio 2021).
- CALIFORNIA INSTITUTE OF EARTH ARCHITECTURE. *Superadobe: powerful simplicity*. Disponible en: <https://www.caearth.org/intro-superadobe> (Consultado en abril 2021).
- CARTONLAB. Web oficial. Disponible en: <https://cartonlab.com/> (Consultado en junio 2021).
- CC-Shelters, *Concrete canvas*. Disponible en: <https://www.concretecanvas.com/es/cc-shelters/>
- CUTIERU, Andreea, 2020. *5 organizaciones que usan arquitectura para responder a emergencias*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/940157/5-organizaciones-que-usan-arquitectura-para-responder-a-emergencias> (Consultado en abril 2021).
- FICTION FACTORY. *Wikkelhouse: Innovative living and working space*. Disponible en: <https://www.fictionfactory.nl/en/wikkelhouse/> (Consultado en junio 2021).
- FRANCO, José Tomás, 2013. *Escuela Flotante en Makoko/ NLE Architects*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-240368/escuela-flotante-en-makoko-nle-architects> (Consultado en abril 2021).
- GARCÍA BARBA, Federico, 2012. *Arquiscopio. Las estructuras desplegadas de Pérez Piñero*. Disponible en: <https://arquiscopio.com/las-estructuras-desplegadas-de-perez-pinero/> (Consultado en abril 2021).
- GHISLENI, Camilla, 2020. *El papel de la arquitectura en el tema de los refugiados migrantes latinoamericanos*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/947087/el-papel-de-la-arquitectura-en-el-tema-de-los-refugiados-y-migrantes-latinoamericanos> (Consultado en abril 2021).



- JEREZ, Julián, 2017. *Pull, un premiado refugio portátil y desplegable en minutos para enfrentar la crisis humanitaria*. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/881113/pull-un-premiado-refugio-portatil-y-desplegable-en-minutos-para-enfrentar-una-crisis-humanitaria> (Consultado en abril 2021).
- KARTOX, 2014. *Los diferentes tipos de cartón ondulado*. Disponible en: <https://kartox.com/blog/las-diferentes-tipos-de-carton-ondulado/> (Consultado en mayo 2021).
- LÓPEZ, Ianko, 2019. El País, ICON Design. *Prada Poole: Las cinco obras más provocadoras del arquitecto español que hizo realidad la ciencia ficción*. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2019/04/19/icon\\_design/1555671950\\_034378.html](https://elpais.com/elpais/2019/04/19/icon_design/1555671950_034378.html) (Consultado en mayo 2021).
- MAIZTEGUI, Belén, 2020. *Arquitectura de emergencia, ¿construcción local o prefabricación?* Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939302/arquitectura-de-emergencia-construccion-local-o-prefabricacion> (Consultado en abril 2021).
- MONTES, Laura, 2016. ABC de Sevilla. *Hielotrón, la pista de hielo que revolucionó Sevilla hace 40 años*. Disponible en: [https://sevilla.abc.es/provincia/dos-hermanas/sevi-hielotron-pista-hielo-revoluciono-sevilla-hace-40-anos-201604131234\\_noticia.html](https://sevilla.abc.es/provincia/dos-hermanas/sevi-hielotron-pista-hielo-revoluciono-sevilla-hace-40-anos-201604131234_noticia.html) (Consultado en mayo 2021).
- ON TIME: Contenedores Modificados, 2019. *¿Cómo se fabrican los contenedores marítimos y con qué materiales está hecho?* Disponible en: <https://contenedoresmodificados.com/blog/como-fabrican-contenedores-maritimos-materiales-hecho/> (Consultado en junio 2021)
- ROCA GALLERY, 2019. *Vivienda temporal de emergencia*. Disponible en: <http://www.rocagallery.com/es/temporary-disaster-housing> (Consultado en julio 2021).
- ROTTIER, Guy. Web oficial. Disponible en: <http://guy.rottier.free.fr/> (Consultado en mayo 2021).
- SHIGERU BAN ARCHITECTS. Web oficial. Disponible en: <http://www.shigerubanarchitects.com/> (Consultado en mayo 2021).

- VILLARES, Juan. A, 2019. *Arquitectura y Empresa. Hexacube: arquitectura futurista de los 70*. Disponible en: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/hexacube-arquitectura-futurista-de-los-70> (Consultado en mayo 2021).
- ZWICK ROELL. *Sectores, Papel, cartón y papel tisú. Ensayos en papel*. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/papel-carton-y-papel-tisu/papel/> (Consultado en mayo 2021).

#### DOCUMENTOS:

- AFCO (Asociación Española de Fabricantes de Cartón Ondulado). *Anexo 6, Manual de Calidad 2012 de la Asociación Española de Fabricantes de Embalajes de Cartón Ondulado*. Madrid 2012. Disponible en: [https://www.grupondunova.com/arxius/criterios\\_calidad.pdf](https://www.grupondunova.com/arxius/criterios_calidad.pdf) (Consultado en mayo 2021).
- AROCA VICENTE, Edith y LÓPEZ MARTÍNEZ, José María, 2014. *Tomorrowland. La casa del futuro en el país de los sueños. VII Anuario de jóvenes investigadores*. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/xmlui/handle/10317/4452> (Consultado en mayo 2021).
- CASINELLO P., DE PRADA J.M., HUERTA S., SANCHEZ R. *Geometría y proporción en las estructuras*. Madrid, 2010.
- MUÑOZ MÍNGUEZ, Lucia, septiembre 2015. *Arquitectura de emergencia. Prototipos contemporáneos efímeros*. Trabajo Fin de Grado inédito en Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/14062> (Consultado en mayo 2021).
- MUÑOZ DEL OLMO, Pablo. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.6. Ciclo de gestión de riesgos*. IPCE 2020, p 3-4.
- SÁNCHEZ CAMPOS, Roberto, enero 2016. *Arquitecturas Efímeras con cartón. El caso de la Village de cartón de Guy Rottier*. Trabajo Fin de Grado Inédito en Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Disponible en: [http://oa.upm.es/39216/1/TFG\\_Roberto\\_Sanchez\\_Campos.pdf](http://oa.upm.es/39216/1/TFG_Roberto_Sanchez_Campos.pdf) (Consultado en junio 2021).

- VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.3. La gestión de emergencia en el ámbito internacional*. IPCE 2020, p 5-18.
- VARA MORAL, María. Instituto del Patrimonio Cultural de España. *Introducción a la gestión de riesgos y emergencias en el patrimonio cultural. U.d.4. Preparación para desastres*. IPCE 2020, p 2-6.

#### VIDEOS:

- ACNUR Comité español, 2016. *El refugio de ACNUR*. Disponible en: <https://youtu.be/Kn05T8R8-m8>
- BIENAL QUITO, 2017. Shigeru Ban en Ecuador. Disponible en: [https://youtu.be/7S1iE\\_UrLkw](https://youtu.be/7S1iE_UrLkw)
- CAMPER, 2011. *Camper: Volvo Ocean Race – Shigeru Ban & The CAMPER Pavillion*. Disponible en: <https://youtu.be/0TW118iDFx4>
- FUNDACIÓN ARQIA, 2000 (Francia). *Shigeru Ban. Architecte de l'urgence*. Disponible en: [https://youtu.be/giFb\\_sX80ig](https://youtu.be/giFb_sX80ig)
- TED. *Refugios de emergencia hechos de papel*. Disponible en: <https://youtu.be/q43uXdOKPD8>



Figura 122: Casas Origami de cartón, viviendas experimentales en Japón, por Architecture Global Aid/AGA. Disponible en: <https://www.archdaily.co/co/02-352911/casas-origami-de-papel-viviendas-experimentales-en-japon>