

# Estudio de aplicación real de estructuras adaptables

RICARDO FRANCO MEDINA, PILAR BECERRA,  
CAROLINA PORRAS

## Resumen

Esta propuesta investigativa está inscrita dentro de la exploración y desarrollo de sistemas móviles que ha realizado, en los últimos siete años, el Grupo de Investigación de Estructuras Adaptables (GEA), de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. El proyecto de investigación tiene como objetivo primordial aplicar las características de los sistemas móviles en el diseño y construcción de un sistema de arquitectura itinerante para exposiciones, en asociación con la Corporación Maloka y su programa de extensión “Maloka Viajera”.

Con esta propuesta,  
se intentan  
explorar y proponer  
nuevos tipos de  
arquitecturas  
itinerantes,  
enfocadas en la  
exhibición, que  
respondan a las  
variaciones de uso,  
programa y forma,  
que involucran la  
dinámica itinerante  
de las exposiciones.

**Palabras clave:**

Adaptabilidad arquitectónica, flexibilidad, movilidad estructural, sistemas móviles.

**Abstract**

This research proposal is inscribed within the exploration and development of mobile systems has made in the last seven years the research group of adaptive structures (GEA) of the Universidad Jorge Tadeo Lozano. This research project aims primarily to apply the characteristics of mobile systems in the design and construction of a system of architecture for traveling exhibitions in partnership with the Corporation Maloka and outreach program: Traveling Maloka.

**Keywords:**

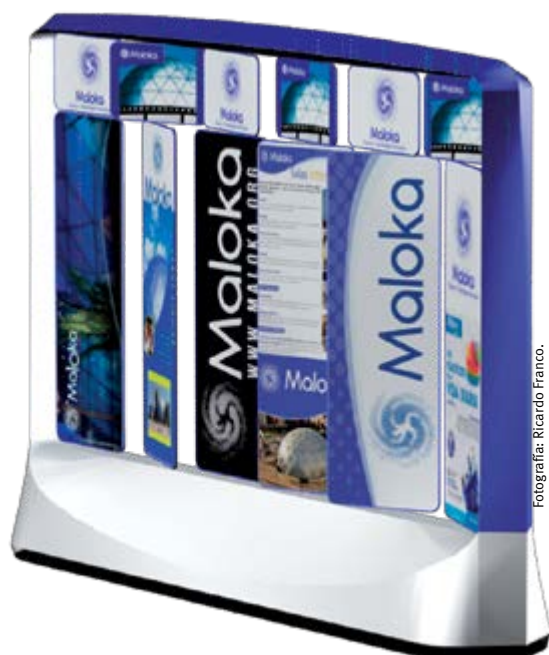
Architectural adaptability, flexibility, structural mobility, mobile systems.

**Introducción**

El Grupo de Investigación en Estructuras Adaptables (GEA) se creó en el año 2006 con el apoyo de la Dirección de Investigación, Creatividad e Innovación, la Vicerrectoría Académica, la Facultad de Artes y Diseño, y el Programa de Arquitectura de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

En un principio, el GEA trazó dos objetivos fundamentales: el primero consistió en definir las características básicas de los sistemas móviles, con la meta de construir una matriz que reuniera el estado del arte de los sistemas móviles y el trabajo exploratorio de la investigación con base en el tipo de articulación, el grado de libertad, la generación y el control de movimiento. El segundo objetivo consistió en precisar los sistemas móviles más eficientes para aplicarlos a la arquitectura y al diseño, buscando generar una nueva arquitectura y una nueva forma de abordar y pensar el diseño, que incluya el movimiento y el cambio (de forma, de función y de uso) como premisas proyectuales.

El grupo orienta sus esfuerzos en el diseño y construcción de sistemas móviles estructurales y no estructurales aplicados a la arquitectura en donde la adaptabilidad responde a las variaciones de uso y forma que involucran las dinámicas de la sociedad contemporánea, incorporando conocimiento técnico-científico en el desarrollo de una arquitectura consciente del medio cultural y ambiental del territorio colombiano.



Fotografía: Ricardo Franco.

► Maloka le permitió al GEA comprender el problema de las exposiciones viajeras y aplicar, para solucionarlo, los conocimientos alcanzados.

## Descripción del proyecto

Esta propuesta investigativa se enmarca dentro de la exploración y desarrollo de sistemas móviles que ha venido realizando en estos últimos seis años el GEA de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Este proyecto de investigación pretende aplicar las características de los sistemas móviles en el diseño y construcción de un sistema de arquitectura itinerante para exposiciones, apoyados en criterios de disponibilidad tecnológica local, procesos logísticos de construcción móviles e itinerantes, la respuesta al factor humano, el ciclo de vida de la edificación y el concepto de innovación en valor.

Actualmente, el grupo GEA cuenta con una base teórica y exploratoria de sistemas móviles y adaptables. Para este proyecto se ha fijado el objetivo de aplicar este conocimiento a un proyecto real y específico que responda a la problemática de ampliar la oferta y la cobertura de las exposiciones itinerantes. Por tal motivo se planteó en colaboración con la Corporación Maloka, con el fin de identificar los requerimientos funcionales, tecnológicos y logísticos de una estructura itinerante, junto con el planteamiento de un programa funcional. Esto, en razón al alto impacto que estas exposiciones tienen en poblaciones sin acceso directo a centros de ciencia o centros interactivos.

“Maloka Viajera” es un programa de alcance nacional que permite extender la misión de la Corporación Maloka a lugares aislados del territorio colombiano para complementar o coadyuvar en procesos pedagógicos y con

la misión de contribuir a la apropiación social de la ciencia y la tecnología, generando pasión por el conocimiento, espíritu crítico y conciencia sobre su impacto en la vida cotidiana y en el desarrollo social, económico y cultural de los colombianos.

La Corporación Maloka le permitió al grupo investigativo comprender el problema de las exposiciones viajeras, además de brindar la oportunidad de aplicar los conocimientos alcanzados y de posibilitar el desarrollo de una solución concreta a este tipo de exposiciones viajeras. Con esta propuesta se intenta explorar y proponer nuevos tipos de arquitecturas itinerantes enfocadas en la exhibición que respondan a las variaciones de uso, programa y forma que involucra la dinámica itinerante de las exposiciones, y desarrollar un modelo concreto a nivel constructivo y funcional.

### **Planteamiento de la pregunta de investigación**

¿Es posible generar un escenario adaptable y flexible donde el espacio, la forma y la estructura se adapten a las diversas necesidades (de uso y programa) de exposiciones y usuarios de “Maloka Viajera”?

La readecuación, transporte y rehabilitación de edificaciones son procesos complejos y costosos, sin embargo, son un fenómeno que ocurre a diario. La mayoría de los proyectos arquitectónicos no contempla la opción de variación, adaptación o flexibilidad como criterios sobresalientes de diseño. La capacidad de adaptación de una edificación brinda una mayor respuesta funcional y asegura un uso más racional del espacio y los recursos destinados a la construcción y funcionamiento de la arquitectura.

La implementación de estructuras adaptables y móviles generaría enormes beneficios:

- Fácil montaje de edificaciones en zonas apartadas.
- Una mejor infraestructura en sistemas itinerantes.

En primera instancia, el GEA define y caracteriza el concepto de *arquitectura itinerante* en el cual se fundamenta toda la investigación (...) posteriormente, se trazan las cinco grandes fases en las que se ha dividido la investigación.

## Objetivo general

Aplicar las características de los sistemas móviles en el diseño y construcción de una arquitectura itinerante, apoyados en los criterios de disponibilidad tecnológica local, procesos logísticos de construcción móviles e itinerantes y respuesta al factor humano, ciclo de vida de la edificación y el concepto de innovación en valor.

## Objetivos específicos

- ▣ Definir y caracterizar qué es arquitectura itinerante.
- ▣ Definir los requerimientos por parte de la Corporación Maloka para “Maloka Viajera”.
- ▣ Elaborar un levantamiento del estado del arte en cuanto a exposiciones viajeras, pertinente a las características planteadas por Maloka, a modo de *benchmarking* para identificar las mejores prácticas.
- ▣ Desarrollar diversas líneas de proyectos que resuelvan los aspectos técnicos, estructurales y constructivos de manera integral, aplicándolos eficientemente a la construcción de escenarios adaptables.
- ▣ Definir el sistema de articulación entre la estructura portante, el cerramiento y el transporte, explorando diferentes posibilidades de integración entre estas partes.
- ▣ Diseñar y construir prototipos y modelos de prueba, tanto virtuales como reales, de escenarios adaptables con el objeto de verificar los lineamientos propuestos.
- ▣ Establecer criterios de evaluación y de valor para la nueva “Maloka Viajera”.

## Hipótesis

El empleo de un instrumento proyectivo ajeno a la arquitectura, como lo es la innovación en valor aplicada al diseño y construcción de un escenario adaptable y flexible, puede generar no solo diversos tipos de arquitectura itinerante, sino también una nueva estrategia de diseño coherente, innovadora y respetuosa con el medio ambiente.



## Discusión – Reflexión

La arquitectura ha sido generalmente proyectada como un proceso ajeno a las diversas estrategias empresariales. Sin embargo, en el desarrollo de la investigación se contempló aplicar una estrategia comúnmente implementada por las empresas para el desarrollo de nuevos productos, en el proceso de diseño de “Maloka Viajera”. La innovación en valor es una alternativa para pensar y ejecutar la estrategia de diseño de un proyecto arquitectónico. La innovación en valor consiste en dar un enfoque integral (mercado, diseño, finanzas, objetivos estratégicos, costos, estructura organizativa y ventajas competitivas) con el objeto de maximizar

► La innovación en valor es una alternativa para pensar y ejecutar la estrategia de diseño de un proyecto arquitectónico.

Fotografía: Ricardo Franco.



el valor total de un proyecto para sus propietarios, usuarios, clientes y accionistas: “Un edificio portable o itinerante también representa un verdadero ejemplo de construcción reutilizable, en donde el edificio completo puede ser desarmado y trasladado para ser puesto en diferentes lugares y para diferentes usos” (Kronenburg, 1996).

En el párrafo anterior, Kronenburg pone de manifiesto el alto valor técnico que posee un edificio portable desde aspectos como la reutilización, el ser armado, desarmado y la propiedad de ser transportable y construible en diversas locaciones para ser luego destinado a diferentes usos y funciones. Sin embargo, la innovación en valor en relación con la arquitectura itinerante permite que se contemplen otras variables; no solo las técnicas (el proceso de materialización, la tecnología empleada, los costos), sino que prime la experiencia del cliente y del usuario final con respecto al imaginario que le brinda la arquitectura, la recordación de marca y la generación de nuevas experiencias sensoriales.

A pesar de parecer distante, la relación entre esta estrategia empresarial y el proceso de diseño arquitectónico hace que esa distancia se acorte cuando se traza una curva de valor que permite evidenciar criterios pertinentes en el proceso de diseño. La matriz de innovación deja claro a qué se enfrenta el proyectista y, a su vez, le permite analizar la competencia, reconocer el diseño en cuanto sus fortalezas, debilidades, oportunidades en el medio y las amenazas a las que se podría enfrentar, con el fin de diferenciarse de propuestas similares.

La innovación permite la generación y mejora de propuestas donde el diseño se presenta como valor agregado a las mismas. La importancia del diseño radica en que constituye la imagen de un país que involucra su cultura, economía y política.

## **Metodología**

En primera instancia, el grupo define y caracteriza el concepto de “arquitectura itinerante” en el cual se fundamenta toda la investigación y el análisis de referentes; posteriormente, el grupo traza las cinco grandes fases en que se ha dividido el desarrollo de la investigación.



**En términos expositivos, la respuesta es interactiva y los paneles pueden mostrar más de un tema. Los paneles giratorios, además, están pensados para proyectar una imagen acorde con el hilo conductor de la museografía de Maloka.**

La *Yurta* es una construcción itinerante lo suficientemente resistente como para soportar su traslado y asimismo facilita el armado y desarmado. En la primera fase se consolida un diagnóstico de las exposiciones actuales de “Maloka Viajera”, partiendo de los informes, manuales y planos que estén disponibles por parte de Maloka, y de las experiencias que el equipo de mantenimiento ha acumulado en los montajes. Estas experiencias tienen en cuenta el manejo de los módulos y los componentes de la exposición como tal, así como las condiciones de los sitios en los que “Maloka Viajera” ha sido instalada.

En la segunda fase, se realiza una indagación sobre proyectos itinerantes recientes con características pertinentes a “Maloka Viajera”.

Este trabajo se enfoca en analizar los referentes bajo cinco criterios: geometría, sistema estructural y constructivo, distribución, materiales y su respuesta ante las condiciones climáticas. Paralelamente a este análisis, y con el propósito de proponer una curva de valor para “Maloka Viajera”, se pone en práctica un modelo de gestión empresarial introduciendo el término de “innovación en valor” con relación a la arquitectura itinerante. Su condición itinerante permite llevar la experiencia sensible, mediada por el espacio, a diferentes lugares y esto otorga a este tipo de arquitectura un valor agregado con respecto a la arquitectura tradicional; el objetivo es vincular esta estrategia empresarial como herramienta proyectual al proceso de diseño.

La tercera fase desarrolla el diseño de modelos y estructuras tipo que respondan a diferentes tipologías de módulos y experiencias interactivas, y de un sistema general de cerramiento que cumpla con las condiciones para montaje en el exterior. Esta labor se realizó en conjunto entre los estudiantes y profesores del Taller Espacios Temporales, del programa de Arquitectura de la Tadeo, y del personal a cargo de la Corporación Maloka.

La cuarta fase consiste en la construcción de prototipos y en la evaluación de los mismos disponiendo de las exposiciones existentes en Maloka, tanto del centro interactivo como de “Maloka Viajera”, con las adaptaciones necesarias para la comprobación de los objetivos de investigación.



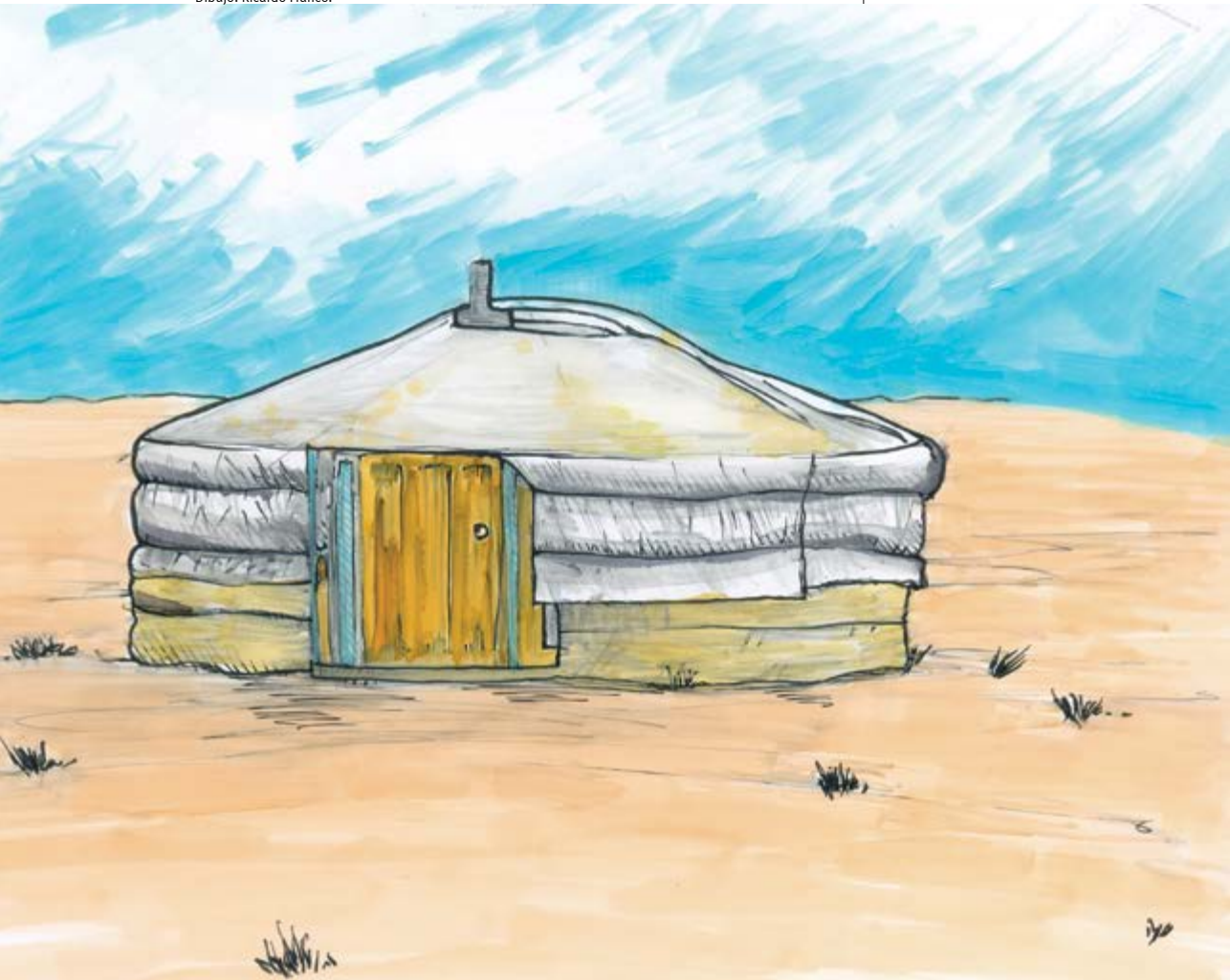
Prototipos de prueba con dos sistemas móviles diferentes; el primero incluye tijeras rectas y paneles móviles; el segundo, barras articuladas en el extremo.

La última fase que se llevó a cabo fue el rediseño y ajuste de la propuesta, y se dio respuesta a cuatro problemáticas principales:

- ❑ Solucionar el problema del peso ya que este era excesivo e interrumpía la manejabilidad.
- ❑ Generar una unidad formal ya que con el anterior no era evidente que un módulo hacía parte de un todo o que este podía ser agrupado.
- ❑ La relación del usuario con el objeto como tal.
- ❑ El requerimiento de una cubierta muy liviana para ser parte de la estructura efímera.

► La *Yurta* es una construcción itinerante con suficiente resistencia para soportar el traslado, y que además facilita el armado y desarmado.

Dibujo: Ricardo Franco.



## Presentación de la propuesta final

La estructura está compuesta por tres partes: la cubierta, pensada en un polímero porque se requiere alto grado de flexibilidad, liviandad y un material no poroso, para evitar la pérdida de aire; el módulo, planteado en plástico por su resistencia al tráfico pesado y el bajo mantenimiento; y, en tercer lugar, las camillas o lozas que componen el suelo, ciento por ciento en madera y diseñadas para resolver una elevación mínima en caso de un posible aumento del nivel de agua.

El armado del módulo se compone de la base (pieza clave para resolver diferentes problemáticas relacionadas con las instalaciones y con respecto a la creación de límites perceptivos ante el usuario), del marco, de los paneles, de los ejes de rotación y la cubierta, una sola pieza formada por cuatro hexágonos que corresponde, a su vez, a la agrupación básica.

La tercera directriz, dar cuenta de que es un módulo que corresponde a una agrupación determinada, no es puesto en evidencia por sí mismo; sin embargo, cuando se presenta el módulo independiente, sí es evidente que la camilla hace falta y que, a través de los positivos y negativos, debe ser ensamblada con otra igual. Esto sucede hasta completar el hexágono, momento en el cual queda claro que esta estructura es independiente.

En términos expositivos, la respuesta permite ser interactiva y los paneles pueden mostrar más de un tema. Los paneles giratorios están pensados para proyectar una imagen acorde con el hilo conductor de la museografía pensada desde Maloka.

Es preciso aclarar que este módulo de exposición puede generar diversas especialidades y no estar sujeto al planteamiento de agrupación de cubierta, es decir, puede configurar recintos en espacios ya protegidos como coliseos, parqueaderos, centros comerciales, etcétera. A continuación se presentan diversas posibilidades de agrupación, tanto para el módulo sin cubierta, como para el módulo agrupado y cubierto.



Fotografía: Ricardo Franco.

► El diseño de modelos y estructuras tipo que respondan a diferentes tipologías de módulos y experiencias interactivas, fue parte del proceso de investigación.

► La estructura está compuesta por tres partes: la cubierta, el módulo y las camillas –o lozas– que componen el suelo.



Diseño: EGA.

Dado que el propósito es organizar el espacio con la máxima eficiencia, se establece el hexágono como patrón geométrico para los requerimientos establecidos, ya que permite agrupación en dos dimensiones, conformando una red hexagonal con alta eficiencia estructural y espacial.

## Conclusiones

La modulación de piezas y uniones permite la versatilidad y flexibilidad espacial en cuanto a la sumatoria o sustracción de módulos. Esta flexibilidad posibilita a la Maloka Viajera acceder a cualquier espacio en municipios o ciudades del país, ya que permite adaptar la exposición a las condiciones espaciales del lugar de llegada.

Las piezas contempladas en el armado de una exposición itinerante deben de ser mínimas, livianas y de bajo mantenimiento, con el objeto de facilitar la maniobrabilidad tanto en el transporte, almacenaje y montaje.

La cubierta, además de brindar protección a los visitantes y usuarios, caracteriza espacialmente la exposición, es un punto diferenciador formal dentro de la arquitectura que la rodea. La cubierta es un elemento arquitectónico que relaciona la marca con la propuesta formal, espacial y arquitectónica de la exposición.

El módulo básico que configura la edificación debe contemplar criterios bioclimáticos que acompañen el diseño de la exposición con el objeto de brindar confort en los usuarios. Es vital tener en cuenta el control de las entradas de aire y luz natural. Estos dos aspectos se resolvieron con los paneles giratorios en los módulos que integran la estructura pues funcionan a manera de pestañas que permiten el paso o aislamiento, tanto del viento como de la luz, en un 90 por ciento, lo suficiente para mantener las condiciones necesarias al interior del espacio.

Dado que el propósito es organizar el espacio con la máxima eficiencia, se establece el hexágono como patrón geométrico más adecuado para los requerimientos establecidos, ya que permite su agrupación en dos dimensiones conformando una red hexagonal con alta eficiencia estructural y espacial.

Con el objeto de brindar la máxima estabilidad del módulo y, por ende, de toda la estructura, la base que tiene la función de transmitir las cargas al piso y contrarrestar los empujes laterales se ensancha en la medida en que se aproxima al suelo en forma piramidal para brindar mayor estabilidad y seguridad. Este ensanchamiento sirve como espacio de almacenamiento para las instalaciones.

Finalmente, el espacio que construye esta estructura itinerante, en términos de seguridad, está pensado desde un punto de vista preventivo, lo cual garantiza que las condiciones básicas de seguridad estén implícitas en el diseño y que no requiera sistemas adicionales al recurso humano para garantizar el buen comportamiento y manejo por parte de los usuarios.

En el marco del proyecto, se alcanzaron resultados que incluyen la presentación de la ponencia internacional *Estructuras adaptables*, en el IV Simposio Internacional de Tenso-estructuras, realizado en Montevideo, Uruguay, en abril de 2011; la creación del Semillero de Investigación Estructuras Adaptables, del Programa de Arquitectura de la UJTL, con participación de estudiantes de los programas de Diseño Industrial, Diseño Gráfico y Arquitectura, y el desarrollo del taller de arquitectura Espacios Temporales, durante el primer período académico de 2011, con el eje temático de “Maloka Viajera”.

Asimismo, en la actualidad se lleva a cabo la producción editorial del libro *Espacios nómadas, espacios alternativos de exposición*, que da cuenta del proceso y desarrollo de la investigación; el prototipado de dos módulos de exposición, de acuerdo con las tipologías de módulos definidas por Maloka y el grupo GEA, y, por último, el diseño y desarrollo del módulo de exposición para “Maloka Viajera”, compuesto de tres partes: cubierta, módulo y camillas.

**RICARDO FRANCO MEDINA** Arquitecto egresado de la Universidad Nacional de Colombia, con Tesis Meritoria por su trabajo de grado, *La adaptabilidad arquitectónica a partir de la movilidad estructural* (2002). Ha publicado diversos artículos de investigación y es autor de los libros *Estructuras adaptables*, editado por la Universidad Nacional de Colombia (2007) y *Hacia una arquitectura móvil* (2010), publicado por la UJTL. Actualmente, es profesor de tiempo completo de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, en los talleres *Introducción al proyecto arquitectónico* y *Hombre y espacio*, del programa de Arquitectura.

**PILAR BECERRA** Especialista en Gerencia del Diseño y Arquitecta, de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Actualmente trabaja como auxiliar de investigación.

**CAROLINA PORRAS** Arquitecta de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, ejerce en este momento como auxiliar de investigación.



► Las piezas contempladas en el armado de una exposición itinerante deben ser mínimas, livianas y de bajo mantenimiento.

## Referencias

Bellostes, J. (2010). *Conversando bajo la carpa – hy pavillion*. Recuperado de <http://blog.bellostes.com/?p=4351>.

*Designboom: La ville intelligente*. (2011). Recuperado de <http://www.designboom.com/weblog/cat/9/view/15394/jakob-macfarlane-la-ville-intelligente.html>

Echavarría, P. (2005). *Arquitectura portátil: entornos impredecibles*. Barcelona: Arian Mostaedi.

Franco, R. & Acosta, L. (2006). *Estructuras adaptables*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Franco, R. et ál. (2010). *Hacia una arquitectura móvil*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Grozdanic, L. (2011). “Times Eureka Pavillion: Cellular Structure inspired by plants / NEX + Marcus Barnett”. *www.evolo.us*. Recuperado de <http://www.evolo.us/architecture/times-eureka-pavilion-cellular-structure-inspired-by-plants-nex-marcus-barnett/>

Heinsdorff, M. (2010). *German-Chinese House. Shanghai, China*. Recuperado de <http://heinsdorff.de/en/work/installations/expo-2010>

Jakob & Makfarlane. (2011). *La ville intelligente*. Recuperado de <http://www.jakobmacfarlane.com/>

Kim Chan, W. & Mauborgne, R. (2005). *La estrategia del océano azul*. Bogotá: Norma.

Kronenburg, R. (2007). *Flexible: arquitectura que integra cambio*. Barcelona: Blume.

Kronenburg, R. (2002). *Houses in Motion: The Genesis, History and Development of the Portable Building*. London: Academy Press.

Kronenburg, R. (1996). *Portable Architecture: Design and Technology*. Boston: Birkhäuser.

Maloka. (2010). *Manual de montaje de la exposición*. Bogotá.

Overtreders, W. (2010). “Pavillon de pique-nique”. *Blog.reflexdeco.fr*. Recuperado de <http://blog.reflexdeco.fr/2010/12/pavillon-de-pique-nique-par-overtreders-w/>

Overtreders, W. (2007). “The Roof That Goes up in Smoke”. *Magazine Dezeen*. Recuperado de <http://www.dezeen.com/2010/12/27/the-roof-that-goes-up-in-smoke-by-overtreders-w/>

Riddle, M. (2011). “Bamboo German-Chinese House: Germany and China – Moving Ahead Together Expo 2010, Shanghai”. *Fabricarchitecturemag.com*. Recuperado de [http://fabricarchitecturemag.com/articles/o111\\_nw1\\_german\\_chinese\\_house.html](http://fabricarchitecturemag.com/articles/o111_nw1_german_chinese_house.html).

Siegel, J. (2009). *Mobile: The Art of Portable Architecture*. Hong Kong: Princeton Architectural Press.

Verswyel, S. (2009). *Manual de accesibilidad, una ciudad para todos*. Bogotá: Impresión Servigráfica.