

Estructuras desplegables aéreas. Casos de estudio y propuesta de refugio

Aerial deployable structures. Case studies and shelter proposal

Paula Álvarez-García

Ingeniería del diseño.

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED (España)

alvgarpau@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4748-0588

Manuel Domínguez

Ingeniería del diseño.

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED (España)

mdominguez@ind.uned.es

ORCID: 0000-0003-1037-0542

Recibido / Received: 18/01/2022
Aprobado / Approved: 37/08/2023

Resumen

Las estructuras desplegables han sido ampliamente utilizadas en el terreno de la arquitectura efímera, más concretamente en el campismo. La aparición en 2003 de la tienda "2seconds" marca un hito en la cultura popular.

Este tipo de tiendas se ensamblan por acción de la fuerza de torsión generada en la geometría de sus varillas en el momento del plegado, que se libera en los famosos dos segundos generando un refugio instantáneo. El hecho de que el sistema prescindiera de fuentes de energía externas lo hace sostenible, eficiente y fácilmente trasladable. Existen otros ejemplos de experimentación con este tipo de estructuras como el desarrollado por un estudio de arquitectura chino en 2013 o un equipo del MIT en 2017.

El presente artículo estudia y compara las geometrías que componen los citados diseños recurriendo al plugin para Rhinoceros, Grasshopper, que permite hacer cambios dimensionales con facilidad sobre un mismo modelo. El fin último de este estudio es, habiendo estudiado el funcionamiento estructural de los distintos sistemas, establecer las pistas para el desarrollo de uno nuevo capaz de funcionar como refugio.

Palabras clave: estructuras; desplegables; 2seconds; Grasshopper; Rhinoceros

Álvarez-García, P. & Domínguez, M. (2023). Estructuras desplegables aéreas. Casos de estudio y propuesta de refugio. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería*, 12, 69-93.

Abstract

Deployable structures have been widely used in the field of ephemeral architecture, more specifically in the countryside. The appearance in 2003 of the store "2seconds" marks a milestone in popular culture.

These types of stores are assembled by the action of the torque force generated in the geometry of their rods at the time of folding, which is released in the famous two seconds generating an instant shelter. The fact that the system dispenses with external energy sources makes it sustainable, efficient, and easily transferable. There are other examples of experimentation with this type of structures such as the one developed by a Chinese architecture studio in 2013 or a team from MIT in 2017.

This article studies and compares the geometries that make up the designs using the plugin for Rhinoceros, Grasshopper, which allows making dimensional changes with ease on the same model. The ultimate purpose of this study is, having studied the structural

functioning of the different systems, to establish the paths for the development of a new one capable of functioning as a shelter.

Keywords: deployable; structure; 2seconds; Grasshopper;Rhinoceros

Álvarez-García, P. & Domínguez, M. (2023). Aerial deployable structures. Case studies and shelter proposal. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería*, 12, 69-93.

Sumario: 1. Introducción. Estructuras desplegadas. 2. Desarrollo y metodología. 3. Estructuras desplegadas aéreas. 4. Estudio geométrico y estructural. 4.1. Tienda “2seconds” 4.1.1. *Geometría* 4.2. Pop-up Habitat 4.2.1. *Geometría* 4.3. “Aerial Pop-Up Structures” 4.3.1. *Geometría* 4.4. Comparativa 5. Propuesta de futuros desarrollos 6. Conclusiones. Referencias

1. Introducción. Estructuras desplegadas

Llamamos desplegadas a aquellas estructuras transformables cuya forma puede ser modificada con la adición de energía, pasando de un estado compacto a otro expandido.

Su desarrollo tiene lugar en el marco de la Revolución Industrial y de ciertos movimientos de vanguardia como el futurismo italiano que ponen el foco en el progreso tecnológico. Cabe citar también, como hito clave en la activación del interés público en estas estructuras, la teoría de la relatividad, que presenta la dimensión tiempo como geométrica(Rivas-Adrover, 2017).

Su uso ha sido indispensable en el campo aeroespacial, dadas las facilidades que ofrecen a la hora de transportar piezas de grandes dimensiones ocupando un volumen mucho menor hasta el momento del despliegue. La robótica y la medicina, por su parte, se benefician de este sistema empleando escalas milimétricas. Pero también el arte, el diseño y la arquitectura beben de las posibilidades dinámicas de las estructuras reconfigurables.

En el campo de la arquitectura, las estructuras desplegables se han empleado tradicionalmente en sectores específicos:

- (1) Arquitecturas efímeras: construcciones que acotan un espacio durante un breve período de tiempo, para posteriormente ser trasladadas o reutilizadas en nuevos contextos. Es el caso de exposiciones itinerantes, ferias, refugios provisionales u hospitales de campaña
- (2) Cubiertas: de uso específico y variable en función de las inclemencias meteorológicas. Cubiertas de estadios deportivos o plazas urbanas
- (3) Sistemas de ayuda a la construcción como andamiajes y cimbras

2. Desarrollo y metodología

El presente artículo tiene como objetivo diseñar un refugio basado en un sistema estructural desplegable aéreo que permita la posición erguida de los usuarios en su interior. Para ello, se realiza un estudio a cerca de este tipo de estructuras y se seleccionan ejemplos pertinentes para alcanzar tal objetivo.

Los casos de estudio seleccionados se analizan desde el punto de vista estructural y geométrico. Para ello, se lleva a cabo un proceso de ingeniería inversa, recogiendo información dimensional de los diseños que posteriormente se vuelca en los programas informáticos Rhinoceros y Grasshopper. Se obtienen así, modelos tridimensionales que ayudan a comprender el comportamiento geométrico de las estructuras. Posteriormente, los modelos se exportan a AutoCAD, donde se elaboran dibujos explicativos de los puntos clave para comprender su funcionamiento.

A continuación, se realiza un análisis comparativo de las distintas estructuras, destacando debilidades y fortalezas en los planteamientos. Tras el análisis, se propone un diseño de refugio que combina estrategias estudiadas en los ejemplos examinados.

3. Estructuras desplegadas aéreas

Las estructuras desplegadas aéreas toman como principio las propiedades estructurales de las varillas de fibra de vidrio, elementos sencillos y económicamente accesibles que pueden doblarse y conectarse a sí mismas generando geometrías robustas con fuerzas de torsión integradas capaces de generar energía suficiente para dar lugar al despliegue. A diferencia de los sistemas neumáticos y de aquellos basados en la geometría del origami, este sistema no necesita más que un primer movimiento de liberación para ensamblarse, utilizando para ello energía potencial propia del material, autoconstruyéndose sin necesidad de fuerzas externas. Esto resulta beneficioso en términos de ecodiseño y diseño sostenible, ya que se consigue un impacto ambiental nulo durante la fase de funcionamiento (Domínguez Somonte & Espinosa Escudero, 2013).

Entre los ejemplos más recientes de uso de este tipo de estructuras, encontramos la famosa tienda “2seconds”(Quechua, 2018). Este producto, destaca por su fácil montaje, que se lleva a cabo de forma automática en dos segundos, cómo se muestra en la Figura 1 solamente necesita de un usuario para su instalación y, una vez plegada, se guarda en una funda plana de forma circular de 60 cm de diámetro.



Figura 1. Secuencia de despliegue tienda 2 seconds. Fuente: Quechua, 2018

En 2013, el estudio de arquitectura People'sArchitecture Office (People'sArchitecture Office, 2013), diseña un pabellón modular a base de paneles reflectantes de los usados en fotografía, esta estructura no se despliega en el aire de forma automática, pero consigue dimensiones similares a las buscadas en este estudio tal y como se ve en la Figura 2. La forma de las piezas es compatible con las de un sistema desplegable a base de varillas de fibra de vidrio.



Figura 2. Ejemplo de refugio. Fuente: Pop-up Habitat, 2013

En 2017, Staback y Addison (Staback & Addison, 2017) buscan generar una estructura espacial desplegable de grandes dimensiones. Se trata de un proyecto mucho más avaricioso en cuanto a tamaño, por ello fue necesario realizar test de las secuencias de despliegue (Figura 3) con la ayuda de una grúa desde la que lanzar los prototipos. La estructura de estos se basa en un módulo inicial constituido por cinco circunferencias, cuatro de ellas unidas a las demás en cuatro puntos (las tangencias entre ellas) mientras la quinta se une solamente en dos puntos, permitiendo así el despliegue.



Figura 3. Secuencia de despliegue. Fuente: Staback& Addison, 2017

4. Estudio geométrico y estructural

4.1. Tienda “2seconds”

La tienda Quechua “2seconds” fue un invento revolucionario en su momento. Su fácil montaje, que se lleva a cabo automáticamente en dos segundos y solamente necesita una persona para su ejecución, así como su transportabilidad, pues se pliega y se guarda en una funda plana de forma circular de 60 centímetros de diámetro con un peso total de 2,40 kg, consiguieron que se popularizara rápidamente. Fue la primera tienda de campaña en unificar estructura y cerramiento. Una y otro forman un único objeto que no podría existir sin uno de los componentes.

La estructura autoportante se sustenta principalmente a partir de dos varillas de fibra de vidrio maciza, de 5 y 3 milímetros, que se unen en sus extremos para formar dos aros independientes (Figura4), de tamaños ligeramente distintos, a los que da forma la tela, tanto interior como exterior. Cuando estas

varillas se pliegan para almacenar la tienda en su forma circular, se torsionan, almacenando energía potencial elástica definida por la ley de Hooke ($T=G \times \alpha$), para evitar el despliegue inmediato, se asegura con una cinta.

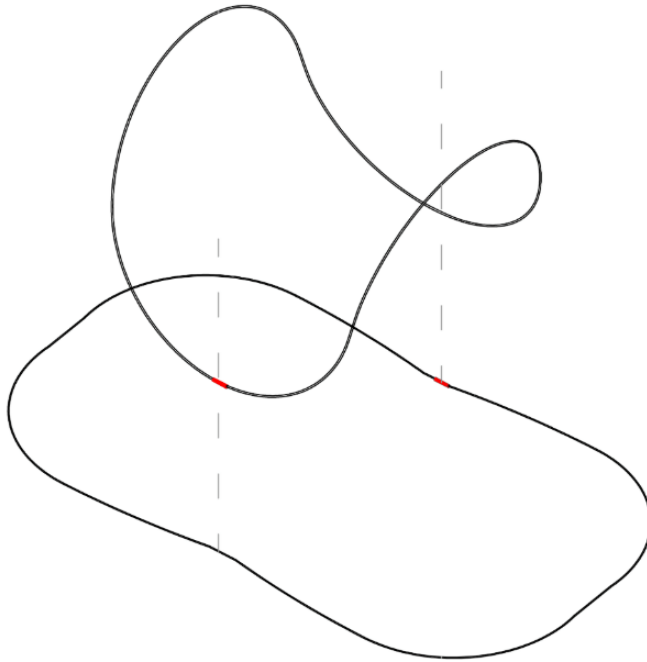


Figura 4. Estructura autoportante, varillas de fibra de vidrio. Fuente: Elaboración Propia

En la parte inferior, a ras de suelo, cuatro puntos enfrentados en el eje longitudinal y transversal dan forma a la planta de la tienda mediante un conjunto de tiras de tela unidas a las varillas por velcros, lo que permite separar la tela interior del resto de la estructura para poder lavarla con facilidad. En la parte superior la tela del habitáculo se cuelga de seis puntos, tres traseros y tres frontales, al arco superior mediante una serie de sencillos enganches de plástico. En las esquinas, otros cuatro enganches de plástico mantienen la forma interior para aprovechar al máximo el espacio (Figura 5).

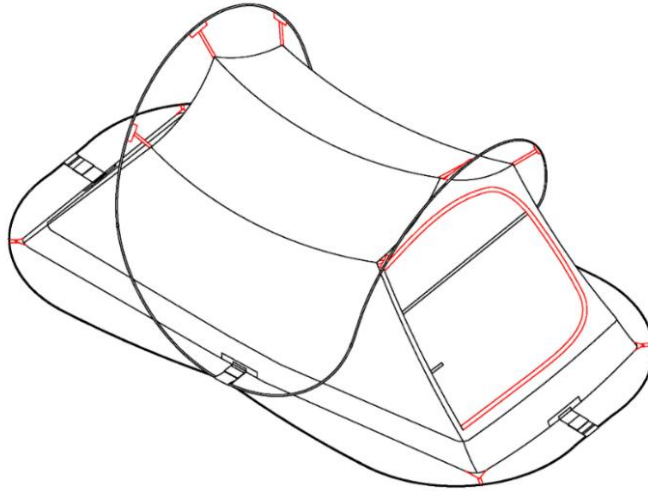


Figura 5. Uniones de la estructura con la tela interior. Fuente: Elaboración Propia

La tela exterior se adosa a las varillas en casi todo el recorrido mediante una doblez de forma continua, y actúa como tensor de la estructura en la parte más elevada impidiendo que los arcos superiores se deformen y caigan hacia los lados. En el arco inferior cuatro piquetas colocadas en las esquinas mantienen la varilla pegada al suelo.

Para mejorar la resistencia al viento se pueden añadir 5 vientos adicionales, dos en la parte frontal a ambos lados de la puerta de entrada, uno en la parte posterior, y otros dos a cada lateral, ambos con dos puntos de sujeción en cada lado de la estructura. Las piquetas son de acero galvanizado de 5 milímetros de diámetro.

La tela del habitáculo interior es de poliéster transpirable y el suelo de polietileno de 120 g/m². La tela exterior es de poliéster con revestimiento de PU 2.000mm, con suelo también de polietileno, y todas las costuras son estancas mediante tiras termoselladas, lo que permite la impermeabilidad del conjunto. El empleo de un doble techo en el cerramiento exterior sobre la habitación interior

evita la condensación en el habitáculo. El tejido del doble techo filtra los rayos UV con una UPF de 30. Cuenta con una entrada frontal en forma de D con una sola cremallera.

La tienda cuenta con una abertura de aireación posterior y dos espacios laterales entre el doble techo y el suelo. La buena ventilación que se consigue permite renovar el aire y limitar las posibles condensaciones.

4.1.1. Geometría

Con el tiempo, se han lanzado al mercado variaciones de esta, el refugio, la tienda estándar y la XL, cada uno de ellos está disponible en dos tamaños tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los modelos. Fuente: Elaboración Propia

	Modelo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Diámetro plegada (cm)	Peso (kg)
Refugio	1 pax.	145	110	105-75	56	1,1
	2 pax.	150	130	110-75	56	1,5
Tienda	2 pax.	230	130	110-90	65	2,9
	3 pax.	230	200	110-90	77	3,6
Tienda XL	2 pax.	280	160	110-90	74	4,3
	3 pax.	285	230	121-100	85	5,3

Las dimensiones máximas de la tienda estándar (2 pax.) son 230x130x110cm (largo x ancho x alto). La forma de la tienda desplegada viene definida por una simetría biaxial en su ejes longitudinal y transversal, de modo que su geometría podría definirse partiendo de un único cuadrante.

Este dato es clave a la hora de realizar el modelado del objeto. Para tal fin, se han de definir las curvas superiores (espesor 3mm) e inferior (espesor 5mm), siendo estas condiciones límite para determinar la superficie reglada que establece la geometría de la tela exterior a efectos de modelado.

La curva inferior (cuadrante) es plana, se da en los ejes x e y. Su recorrido es asimilable a la unión de dos rectas y un arco de circunferencia de radio 50cm. Por su parte, la curva superior, se da en los tres ejes: x, y, z y es asimilable a la unión de dos curvas planas definidas por dos arcos de circunferencia de radio 50cm (Figura 6).

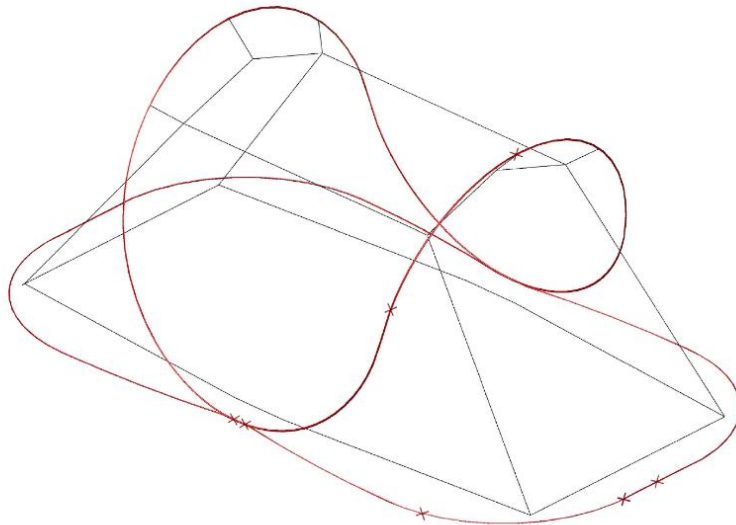


Figura 6. Tangencias entre curvas y rectas. Fuente: Elaboración Propia

Esta información se traslada al sistema de nodos proporcionado por Grasshopper tal y como se describe a continuación.

- (1) Anillo superior: en base a dos puntos, origen y fin, y a través de la componente “BiArc” se define el primer tramo de curva. En base a esta, y a través de operaciones de simetría, se define la estructura alámbrica del anillo. Mediante la operación “pipe” se añade grosor a la varilla y finalmente, definida la geometría se construye la superficie reglada (Figura 7).

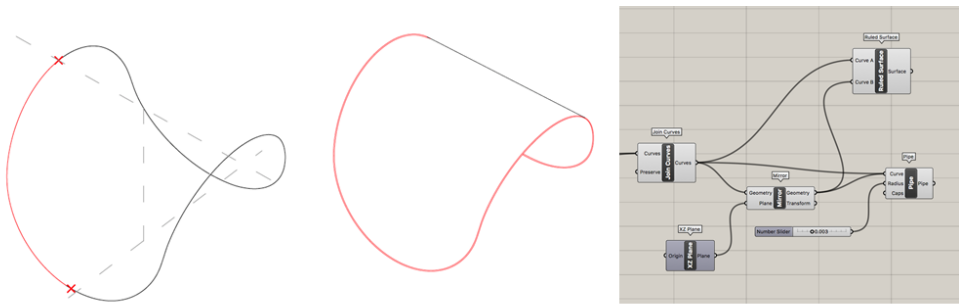


Figura 7. Anillo superior. Fuente: Elaboración Propia

- (2) Anillo inferior: A partir de los puntos de tangencia entre curvas, se reconstruyen estas, de nuevo gracias a la componente “BiArc”, se reproduce la estructura alámbrica mediante operaciones de simetría. Gracias a la operación “pipe” se le da espesor a la varilla (Figura 8).

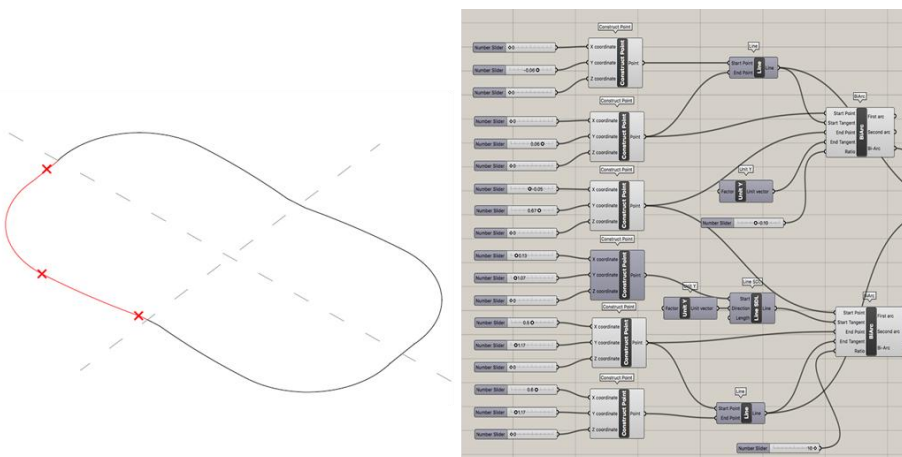


Figura 8. Anillo inferior. Fuente: Elaboración Propia

- (3) Uniones: Definidos ambos anillos, superior e inferior, se divide la longitud de los cuadrantes que definen la simetría biaxial en 20 cuerdas, uniéndolas entre sí, y utilizando el componente “loft” se genera la superficie de unión entre varillas. Nuevamente se realizan operaciones de simetría (Figura 9).

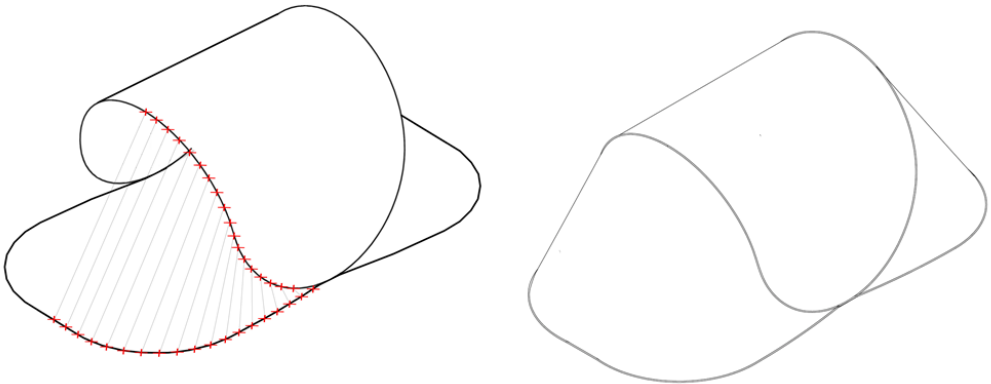
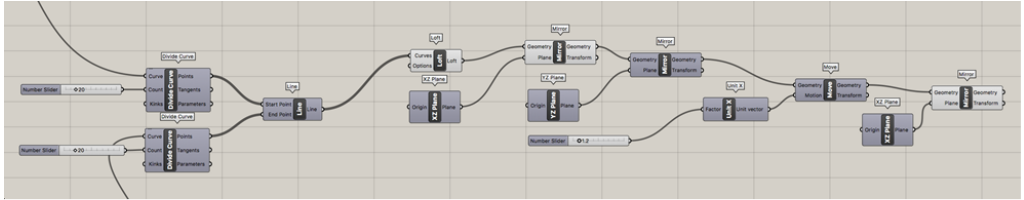


Figura 9. Unión entre anillos. Fuente: Elaboración Propia

4.2. Pop-up Habitat

Este diseño, creado por el estudio de arquitectura People’sArchitecture Office, plantea un sistema modular basado en paneles reflectantes de los usados en fotografía. Generados a partir de formas geométricas simples, círculos, y rectángulos redondeados se pliegan primero entre sí en forma de acordeón y posteriormente en forma de “ocho”, al igual que la tienda “2seconds” para terminar ocupando, la superficie de un círculo de menor diámetro (Figura 10).

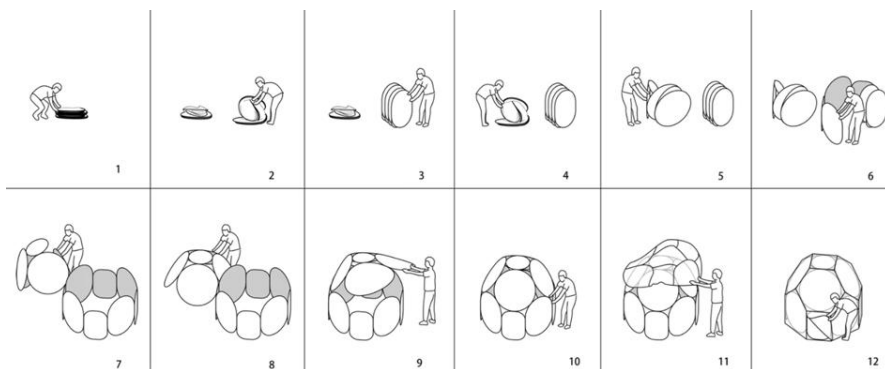


Figura10. Secuencia de montaje de refugio. Fuente: Pop-up Habitat, 2013

El sistema permite la unión entre paneles en sus puntos de tangencia a través de velcros. Esto hace que no sea necesaria mano de obra cualificada para su instalación, convirtiéndola en un juego de niños. Las posibilidades son infinitas y se pueden generar carpas, refugios e instalaciones museísticas de gran tamaño.

La estructura no se despliega de forma automática, únicamente lo hacen los paneles que ayudan a configurar los esqueletos, pero es esta estrategia la que posibilita las infinitas composiciones que ofrece el sistema.

4.2.1. Geometría

A partir de una fotografía y tomando como referencia la escala humana se extraen las medidas aproximadas de los diferentes módulos que componen los diseños. Con estos datos, se elaboran los modelos en Grasshopper.

Se parte de dos tipos de piezas:

- (1) A y B (Figura 11). Dos circunferencias del mismo diámetro unidas por dos rectas de la misma longitud. Estas dos piezas varían en escala, pero el sistema de modelado es el mismo, partiendo de las coordenadas de los puntos de tangencia se generan rectas y arcos. Con componentes de simetría, se completa la superficie, posteriormente se le da espesor a las varillas. Las dimensiones máximas son de 1,40x0,65 cm y 1,10x0,65 cm respectivamente.

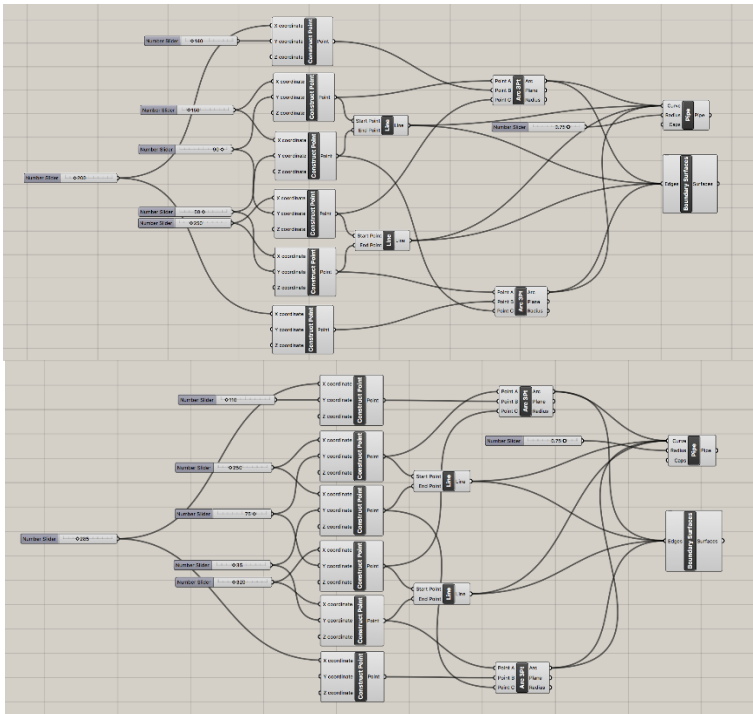
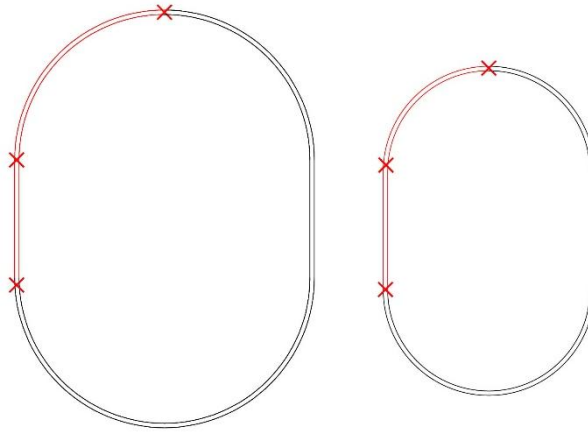


Figura 11. Elementos A y B. Fuente: Elaboración Propia

- (2) C y D (Figura 12). Estas dos superficies son simples circunferencias que se modelan a partir del radio, 33 y 60 cm respectivamente. Posteriormente se genera la superficie, círculo, y se le da espesor a la circunferencia simulando la varilla.

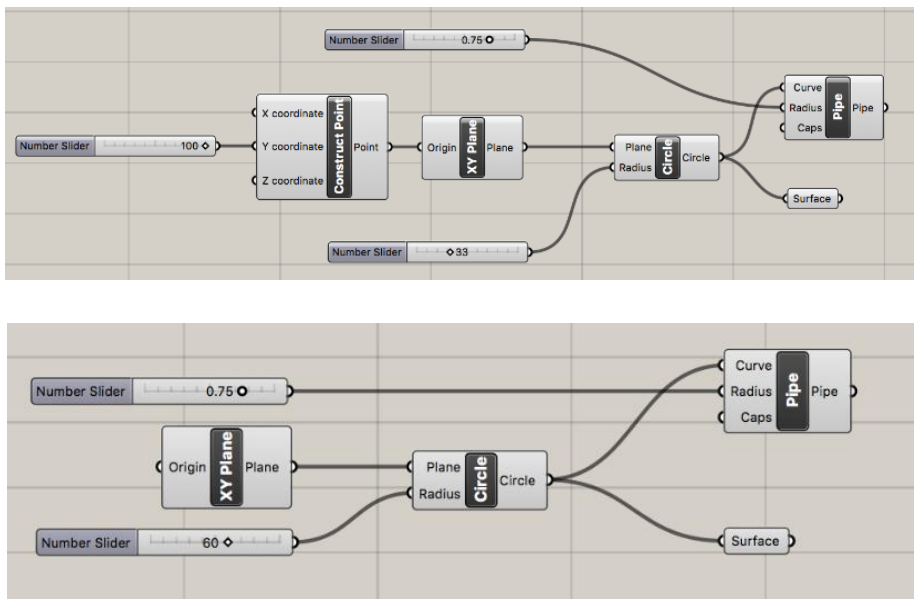
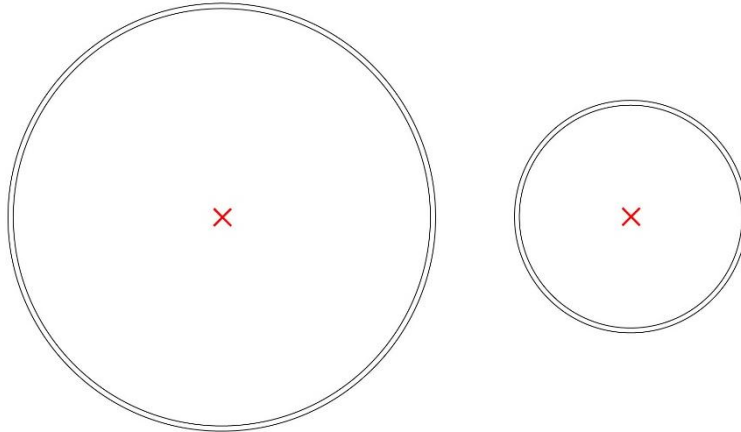


Figura 12. Elementos C y D. Fuente: Elaboración Propia

- (3) A partir de las piezas generadas y mediante operaciones de movimiento y rotación se obtiene uno de los diseños propuestos por el estudio de arquitectura (Figura 13)

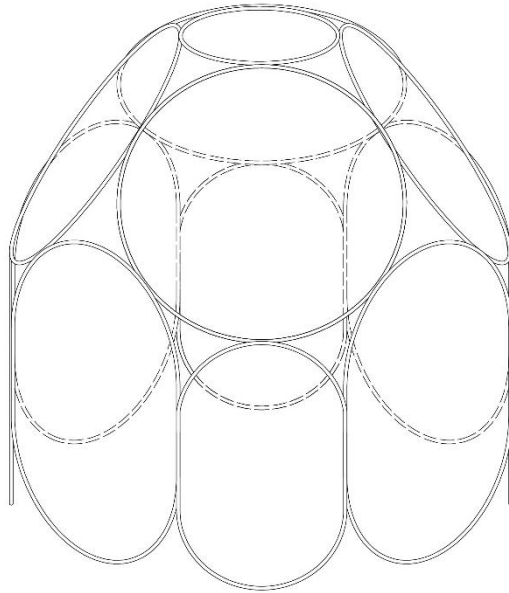


Figura 13. Refugio tipo diseñado por el estudio People's Architecture Office. Fuente:
Elaboración Propia

4.3. "Aerial Pop-Up Structures"

En 2017, un grupo de investigadores del MIT llevan a cabo una serie de pruebas en las que prueban el despliegue de estructuras formadas a partir de módulos compuestos de cinco circunferencias construidos en varilla de fibra de vidrio, cuatro de ellas unidas a las demás en cuatro puntos mientras la quinta se une solamente en dos puntos, permitiendo así el despliegue.

El diseño final utilizado en las pruebas constituye una cruz formada por cuatro módulos extremos y uno central. El diámetro empleado para los anillos es de 183 cm, las varillas tienen un espesor de 0,95 y 0,80 cm. Para las pruebas, utilizan una grúa capaz de lanzar la estructura desde 30 metros de altura.

Consiguen desplegar el volumen, pero las pruebas señalan errores como deformaciones de las varillas y fallos en las uniones debido a las tensiones producidas por la torsión. Las conclusiones del estudio indican la necesidad de ajustar los diámetros de varilla y las uniones a los grandes momentos torsores que deben soportar durante el despliegue.

4.3.1. Geometría

Del mismo modo que con los anteriores diseños, se elabora un modelo tridimensional de la estructura base en el ya citado programa Rhinoceros para examinar ambas estructuras. El sistema de modelado es sencillo, se parte de piezas circulares, iguales a las mostradas en el ejemplo anterior, que, mediante operaciones de movimiento y rotación se combinan para obtener el diseño final.

Comparando el sistema estructural aportado por el MIT con el de la tienda diseñada en Francia, se comprueba cómo esta, aun siendo cronológicamente anterior, consigue optimizar la estructura obteniendo una mayor eficiencia en la secuencia de pliegue-despliegue al unificar el contorno de las circunferencias a través de los puntos de tangencia, tal y cómo se muestra en la Figura 14. Si bien es cierto, dicha simplificación podría no ser válida para los tamaños con los que se trabaja en el caso del modelo estadounidense.

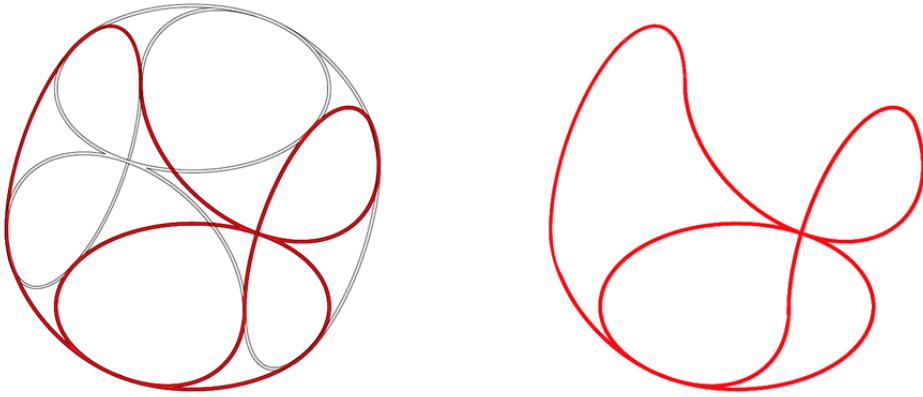


Figura 14. Comparación estructural, modelo MIT y "2seconds". Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, el modelo simplificado, recuerda al patrón que se emplea en la fabricación de las pelotas de béisbol. La síntesis es tal que se aproxima a la construcción de la esfera.

4.4. Comparativa

La Tabla 2 recoge los puntos más significativos de cada uno de los casos de estudio, estas cuestiones se desarrollan más adelante con el objetivo de establecer una estrategia de diseño de refugio.

Tabla 2. Comparativa entre casos de estudio. Fuente: Elaboración Propia

Caso de estudio	2 seconds	Pop-upHabitat	Aerial pop-up structure
Diseñador/a	Jean François y Equipo	People´sArchitecture Office	Staback, Addison y equipo
Año	2003	2013	2016
Material	Estructura	Fibra de vidrio	Acero
	Uniones	Velcro	Velcro
	Cubierta	Poliéster	Panel reflectante
Innovación	Perfecciona el sistema de las tiendas tipo pop-up	Genera un sistema modular a partir de las estructuras pop-up	Lleva el sistema pop-up a un prototipo de grandes dimensiones

La tienda “2seconds” constituye un producto eficiente, meticulosamente definido y avalado por su éxito comercial. La estructura es sencilla de desplegar por un único usuario y las dimensiones son las propias de una tienda de campaña al uso.

El “Hábitat” creado por los arquitectos chinos acierta al asumir que para diseñar un proyecto personalizable y de grandes dimensiones, no es adecuado diseñar estructuras aéreas, poco versátiles a la hora de hacer combinaciones tan arriesgadas como las que proponen. Hallan que el pliegue de tipo 8 es útil como herramienta reductora de los paneles, haciéndolos trasladables y aportando una forma icónica a la estructura. El diseño cae en la problemática de resolver uniones tetraplicadas entre paneles, y los consiguientes puentes térmicos y acústicos que requieren de capas externas o internas que unifiquen la envolvente.

Los investigadores estadounidenses son ambiciosos en su diseño, pero terminan demostrando que para instalar estructuras desplegadas con módulos ya unidos es necesario el uso de herramientas pesadas y poco accesibles en casos de emergencia. Los elementos ocupan mucho espacio, son difíciles de plegar manualmente e incluso pueden resultar peligrosos. Además, los resultados demuestran una baja efectividad del sistema, mejorable en cuestiones relativas al espesor de las varillas y el diámetro de los anillos. El aumento de tamaño y la altura desde la que se despliega complica las operaciones al añadir fuerzas de viento considerables para una estructura, en esencia, ligera.

5. Propuesta de futuros desarrollos

Según lo observado en experiencias pasadas se propone el diseño de un refugio que opta por situarse en una posición intermedia. Se considera aquí trabajar con módulos mayores que los propuestos por el sistema Hábitat, similares a los considerados por los investigadores del MIT, pero teniendo en cuenta que estos se desplieguen de forma individual para después unirse manualmente. Se plantea una suerte de tienda “2seconds” modular, que permita combinaciones con varias habitaciones y que estas puedan generar espacios con mayor altura de pie derecho.

Una posible solución a las premisas anteriormente cuestionadas consistiría en la unión de módulos basados en la simplificación mostrada en la Figura 14. Cada uno de estos es susceptible de ser montado automáticamente con poco esfuerzo, y sin medios auxiliares, al igual que la tienda “2seconds”. Uniendo dos de estos módulos en altura se consigue un espacio de 2.20 m, suficiente para estar de pie. Al colocarlos adyacentes horizontalmente, se consiguen habitáculos-dormitorio. El sistema permite diferentes combinaciones intuitivas para el usuario (Figura 15).

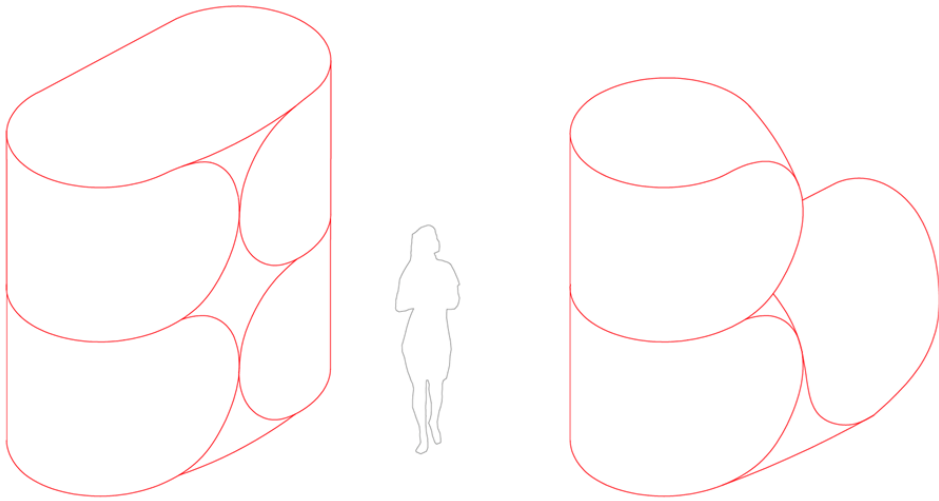


Figura 15. Propuesta de combinaciones a partir de un elemento base. Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, para resolver los acoplamientos del sistema aquí bocetado, habrá que idear una serie de uniones, probablemente a través de piezas extra, también plegables en forma de 8, que colaboren en la rigidización de la estructura.

6. Conclusiones

Este estudio refleja la pertinencia del sistema de las estructuras desplegadas aéreas en tiempos de escasez energética. Por otra parte, durante el proceso de investigación, se detecta una limitada colección de casos de estudio. Los seleccionados para este artículo, adecuados a los objetivos, son, además y en su mayoría de carácter experimental o prototípico. Se trata de un campo poco investigado y con muchas posibilidades.

El software empleado es adecuado para el estudio sobre todo en el caso de la tienda “2 seconds” por sus características geométricas. También resulta útil, en consecuencia, a la hora de modelar el nuevo diseño de refugio y en el momento de realizar modificaciones sobre los casos de estudio preexistentes. La posibilidad que ofrece Grasshopper de visualizar los cambios en tiempo real y antes de “cocinarlos” en Rhinoceros de gran ayuda a la hora de comprender el programa que se está elaborando, pero también de cara a perfeccionar los diseños y ajustar dimensiones y proporciones.

El diseño de refugio propuesto funciona como modelo teórico pero sería interesante desarrollarlo más en detalle e incluso elaborar un prototipo físico que valide la estructura. La combinación de software y estructura propuesta ofrece múltiples posibilidades de diseño que resulta de interés investigar.

Referencias

Domínguez Somonte, M., & Espinosa Escudero, M.M. (2013). Ingeniería concurrente. Ed. AIDA-I4, Madrid.

Pop-up Habitat. (2013, junio). People´s Architecture Office. Recuperado 9 de enero de 2022, de <http://www.peoples-architecture.com/pao/en/project-detail/21>

Historia de la tienda 2seconds. (2018). Quechua. Recuperado 9 de enero de 2022, de http://quechua-tente2014.ores-group.com/es_ES/historia

Rivas-Adrover, E. (2017). Classification of geometry for deployable structures used for innovation: Design of new surfaces with scissor 2 bar, and form generation method of relative ratios. *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*. <https://doi.org/10.2495/CMEM-V5-N4-464-474>

Staback, D., & Addison, J. (2017). Aerial Pop-Up Structures. 582-589.