

REIA #20/2022
186 páginas
ISSN: 2340—9851
www.reia.es

Isabel Collado Baílo

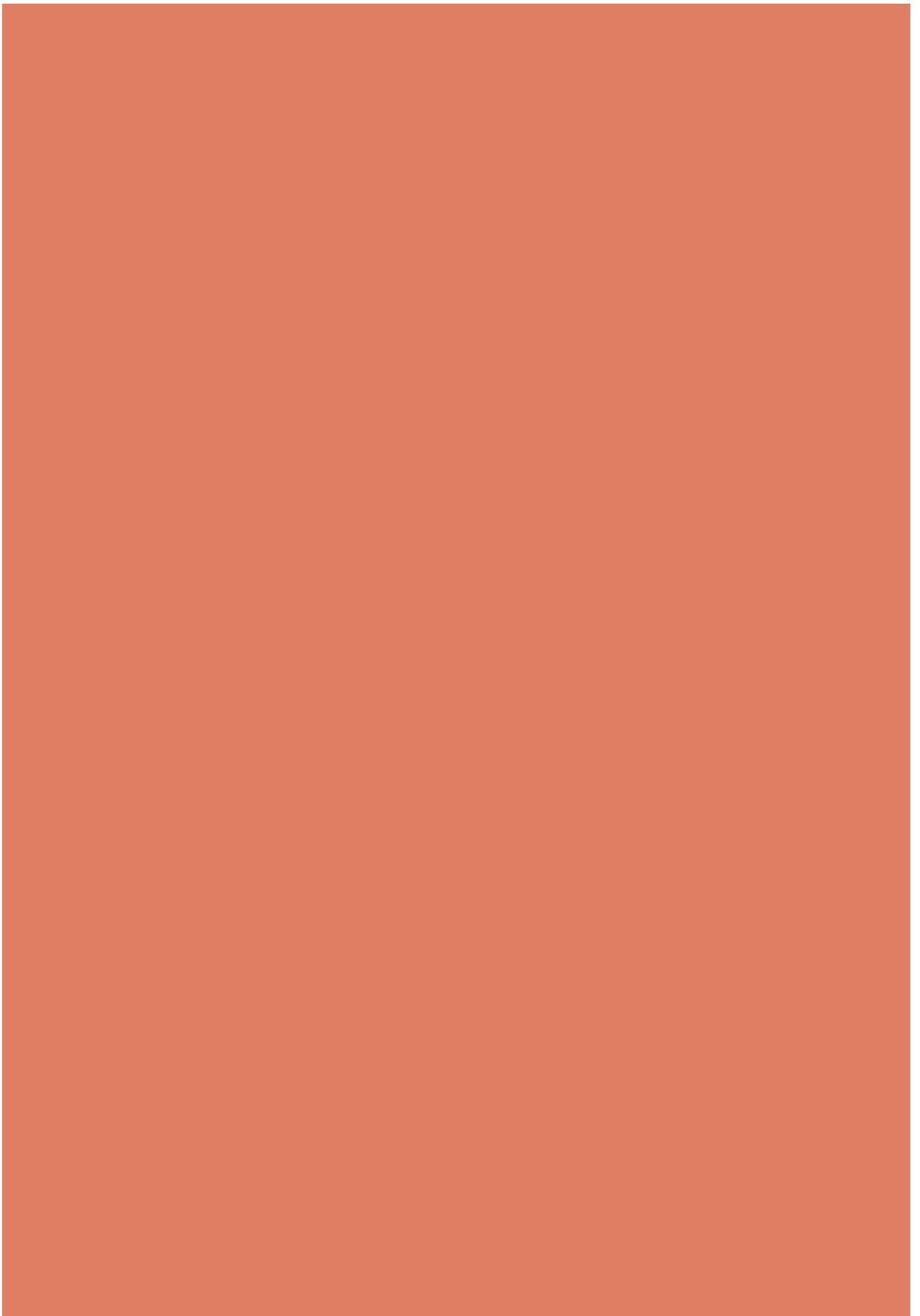
Universidad Politécnica de Madrid / isabel@dosis.es

Walter Bird y las primeras construcciones neumáticas / *Walter Bird and the first pneumatic constructions*

Walter Bird, a partir de una investigación continuada y exhaustiva, de 1948 a 1960, desarrolla las primeras estructuras neumáticas de la historia de la arquitectura: la radome, un almacén instantáneo, una cubierta para piscinas, la Pentadome, y el pabellón itinerante para la comisión de la energía atómica de los Estados Unidos para la Paz (AEC). Bird, a través de estas construcciones, sienta las bases y las directrices constructivas de la arquitectura hinchable, con envolventes de membrana simple y de doble membrana, permanentes y móviles, destinadas a usos comerciales, privados y públicos, con diversos materiales plásticos y con patronajes simples y sofisticados que permiten diseñar todo tipo de espacios, incluso aquellos complejos y ricos. Se diseñan bajo un altísimo entendimiento teórico e intrínsecamente ligadas a la tecnología, se ejecutan con los medios necesarios y con un equipo de técnicos formados, y se levantan correctamente ancladas al terreno para que sean seguras y viables. Por todo ello, a partir de ese momento, la tecnología neumática se implementa como una manera de construir estructuras arquitectónicas. Gracias al trabajo de Walter Bird la arquitectura neumática se convierte en una alternativa posible y viable a la arquitectura tradicional y empiezan a interesarse por ella los jóvenes arquitectos de los años 60.

Based on his continuous and exhaustive research, Walter Bird developed, from 1948 to 1960, the first pneumatic constructions in the history of architecture: the Radome, an instant warehouse, a cover for swimming pools, the Pentadome, and the itinerant pavilion for the United States Atomic Energy Commission for Peace (AEC). The work done by Walter Bird on these constructions lays the foundations and constructive guidelines for inflatable architecture. He works with single and double membrane envelopes; permanent and mobile constructions; commercial, private, and public uses; with various plastic materials, and with both simple and sophisticated patterns; all of which allows designing all kinds of spaces, even the complex and spatially rich ones. All of the above mentioned structures are designed under the umbrella of a very high theoretical physical knowledge; they are executed with the necessary means, and with a team of trained technicians; and all of them are erected correctly anchored to the ground in order to be safe and feasible. All in all, they prove that pneumatic architecture and technology are intrinsically linked. Ever since these five constructions were erected, pneumatic technology is implemented as a way to build architectural structures. Pneumatic architecture became a feasible possible alternative to traditional architecture, which called the attention of 1960s young architects who immediately began to be interested in working with it

Walter Bird, arquitectura neumática, arquitectura hinchable, arquitectura tensil, estructuras ligeras, Archigram /// *Walter Bird, pneumatic architecture, inflatable architecture, tensile architecture, light structures, Archigram*



En 1965, el grupo inglés Archigram¹ en el sexto número de su revista homónima publica por primera vez sobre arquitectura neumática. Dedicó la primera página de este ejemplar para informar que se está levantando arquitectura con aire, mostrando varias construcciones plásticas que parecían venir del futuro (fig.01). ¿Qué interés tienen estas edificaciones para que Archigram les dedique el espacio más principal de su sexta revista? Se trata de las primeras estructuras neumáticas de la historia de la arquitectura, resultado de una investigación continuada y exhaustiva desarrollada por Walter Bird, que permitieron ofrecer una alternativa proyectual y constructiva a la arquitectura tradicional. Las primeras obras de Walter Bird fueron la base de las construcciones neumáticas de los años 60 y principios de los 70 y, en gran medida, de la actualidad.

Walter Bird fue un visionario y supo darse cuenta que las estructuras neumáticas sobre las que se apoyan los vehículos o las que nos permiten salvarnos en caso de emergencia, como el bote salvavidas o el paracaídas, tenían un gran potencial y podían reinterpretarse y ser utilizadas con finalidad arquitectónica. Fue de los pocos que dedicaron toda su carrera profesional a la investigación, docencia y construcción de este tipo de construcciones. Sin Walter Bird, que no ha disfrutado de la misma fortuna crítica que Frei Otto, Cedric Price, Archigram, Ant Farm, Eventstructure Research Group, Graham Stevens, y Tomas Herzog entre otros, no podría llegar a entenderse lo ocurrido en los años de máximo esplendor de la arquitectura soportada por aire. De entre los profesionales y construcciones que han contribuido al avance de la arquitectura neumática, no hay nadie más notable que Walter Bird ni obras posteriores que hayan tenido más repercusión que sus primeras estructuras neumáticas.

1. El grupo inglés Archigram estaba constituido por Peter Cook (1936), Warren Chalk (1927-1987), Dennis Crompton (1935), David Greene (1937), Ron Herron (1930-1994), y Michael Webb (1937), entre 1961 y 1974 publicaron en Londres diez números de la revista también llamada Archigram.

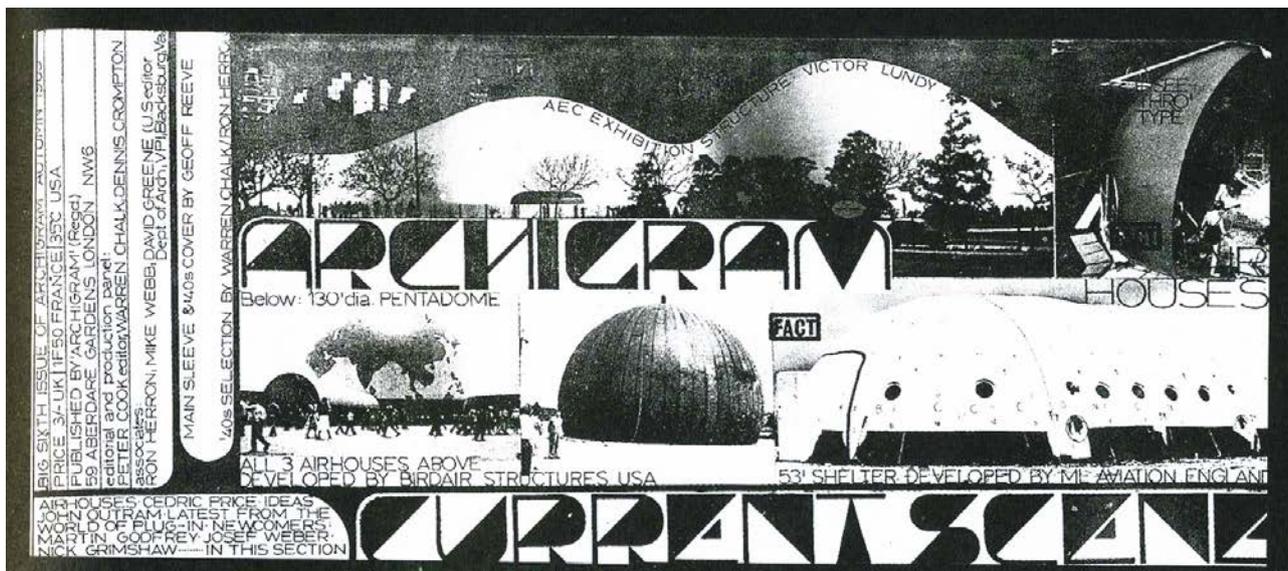


Fig. 01. Grupo Arquigram (Peter Cook, Warren Chalk, Dennis Crompton, David Greene, Ron Herron, y Michael Webb), revista Arquigram n°6, Londres, noviembre de 1965, p.1. Imagen inferior central: Radome, 1948 (1); imagen inferior derecha: almacén instantáneo, 1956 (2); imagen superior derecha: cubrición de una piscina, 1956 (3); imagen inferior izquierda: Pentadome, 1957 (4); imagen superior izquierda: Pabellón o teatro itinerante para la comisión de la energía atómica de los Estados Unidos para la Paz (AEC), 1960 (05).o.

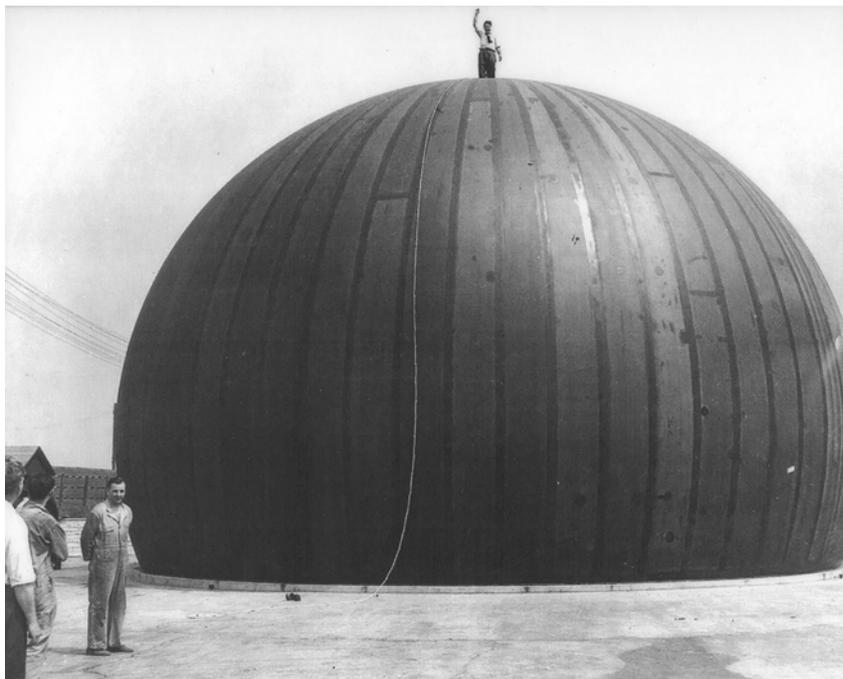
La Radome, la primera estructura neumática construida. Walter W. Bird, pionero de la arquitectura sostenida por aire.

Walter Bird² nace en 1912 en Oak Park, en el estado de Cook (Illinois), en Norte América. Se graduó como ingeniero aeronáutico en 1934 en el MIT, Cambridge (Massachusetts). Posteriormente se trasladó a la universidad de Cornell, para investigar en la división industrial de su laboratorio de aeronáutica (CAL³) en la ciudad de Búfalo (Nueva York), donde propuso estudiar estructuras soportadas por aire. Bird, proyectó y construyó la primera estructura neumática de la historia de la arquitectura, una construcción semiesférica de membrana simple de 16,5m de diámetro. Esta construcción se gesta en la década de 1940, después de la segunda guerra mundial, cuando Estados Unidos se convirtió en la principal potencia del mundo, experimentó un marcado crecimiento económico y empezó a vivir una revolución cultural impulsada por un rápido desarrollo industrial. Fue en CAL, bajo un contrato con las Fuerzas aéreas de los Estados Unidos para encontrar nuevas soluciones para proteger los radares del clima extremo, de las grandes cargas de nieve y viento, en el Ártico, norte de Canadá y Alaska, donde Bird desarrolló la ingeniosa solución que evitaba la interferencia con las ondas emitidas por los radares, que las estructuras tradicionales de acero y aluminio producían, la cual consistía en una membrana de tela levantada con aire y llamaron Radome (radar + dome).

Inicialmente, esta solución fue contemplada con enorme escepticismo. La seguridad y el apoyo psicológico que dan las estructuras tradicionales frente a nuevas propuestas alternativas, como en este caso la arquitectura neumática, son el gran enemigo y las que impiden, en gran medida, el progreso de la disciplina. Sin embargo, tras los resultados de un exhaustivo programa de estudio que se llevó a cabo en CAL, incluyendo estudios de diseño analítico, construcción de modelos, y test de túnel de viento, se confirmó la viabilidad de la propuesta para que la estructura no colapsara en condiciones climáticas extremas. Con este prototipo aprendieron

2. Walter W. Bird nace el 18 de noviembre de 1912 y fallece el 6 de Abril de 2006 en Sarasota.
3. CAL: Cornell Aeronautical Laboratory.

Fig. 02. Walter Bird, primera Radome.
CAL, 1948.



mucho acerca de los problemas que se manifiestan en la arquitectura neumática, como la distribución de tensiones, cargas aerodinámicas y de fabricación. Se demostró que este tipo de arquitectura, no era sólo factible y práctica, sino que era altamente eficiente y ofrecía características que no ofrece ningún otro tipo de construcción. Se trataba de un edificio sostenido por aire, liviano y muy resistente, económico y fácil de construir, transportar e instalar. (fig. 02)

La Radome tenía una geometría semiesférica, ya que es la superficie que mejor se adapta a un hinchable. Su envolvente se definía por una membrana simple⁴, de tela de fibra de vidrio recubierta con neopreno, con una dimensión de 16,5 metros de diámetro. El patronaje⁵ de dicha envolvente era gallonado, con aproximadamente 40 gajos iguales unidos entre sí perimetralmente permitiendo que pudiese trabajar como una pieza única.

El crítico de arquitectura e historiador británico Reyner Banham, también ingeniero aeronáutico como Bird, fue un gran interesado por la arquitectura neumática e indicó en 1969, refiriéndose a la arquitectura neumática que: *“este tipo de arquitecturas introducen un cambio completo en la teoría constructiva, por una parte, existe la arquitectura tradicional o convencional, en la cual la estructura determina el ambiente, y por otra parte está la arquitectura neumática, en la cual la aplicación de la energía ambiental produce la estabilidad estructural.”*⁶ Es Walter Bird quien introduce este gran cambio llevando a cabo la primera construcción arquitectónica formada

4. Las estructuras neumáticas pueden ser de membrana simple, de doble membrana y de múltiple membrana.

5. Las membranas que forman las estructuras se componen de secciones finitas de material con geometrías definidas denominadas patrones que se unen entre sí para formar la superficie de la estructura neumática.

6. Ver BANHAM, Reyner. *The Architecture of the Well-tempered Environment*. Londres: Architectural Press, 1969, 274p. ISBN: 85139 074 9.

Fig. 03. Walter Bird, Radome en el Ártico..



por una membrana estabilizada estructuralmente mediante pequeñas diferencias de presión creadas por la aplicación de la energía ambiental. Si bien es cierto, tal y como dijo Bird, existían registros de patentes sobre ideas arquitectónicas de estructuras soportadas por aire desde 1917, pero la primera aplicación práctica de la idea se produjo con la Radome⁷, y puede ser considerada la primera construcción neumática en la historia de la arquitectura.

La patente a la que se refería Bird, pertenece al ingeniero inglés, Dr. W. Lanchester⁸ y contenía los principios físicos y de diseño de las estructuras neumáticas posteriores (fig. 04). La patente describe un sistema de construcción neumático de una sola membrana hecha con tela, para mantener la presión interna del aire. Está destinado a la cobertura de grandes superficies a baja presión, 175 mm h₂O, sin ninguna estructura de soporte intermedia. La geometría de la envolvente combinaba segmentos de cilindro en el cuerpo central y dos cuartos de esfera en los extremos. Presenta detalles del sistema de anclaje y una posible puerta de entrada con una cámara aislante. Nunca se construyó pero sirvió para que Walter Bird lo estudiara y pudiera llevar a cabo sus primeras construcciones⁹.

Hay ideas de estructuras neumáticas previas a la patente de Lanchester que se remontan a 1892¹⁰ y 1893¹¹, las cuales no he visto que se mencionen

7. Walter Bird, "Air Structures". En: *Building Research Institute*. Washington: BRAB Building Research Institute, National Research Council, volumen 9, Número 1, enero/marzo 1972, p. 6.

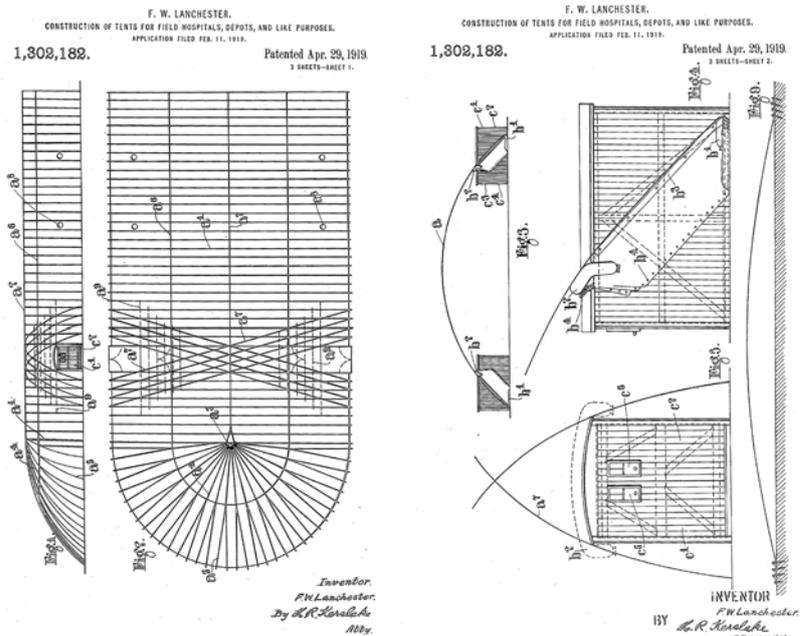
8. Frederick William Lanchester (1868-1946), Solicitó la patente para "una construcción mejorada de la tienda para hospitales de campaña, almacenes y usos semejantes" en Inglaterra el 20 de Noviembre de 1917 y se le concedió la patente con número 119.339. el 29 de abril de 1919.

9. Bird, a lo largo de su carrera profesional, menciona en 7 de sus patentes esta invención registrada bajo el número 1.302.182 del ingeniero Inglés.

10. Patente US468455A, solicitada y concedida el 9 de febrero de 1892 por M.C.J.G. Giessmann, bajo el título *tienda de campaña de muro hinchable*.

11. Patente US511472A, de Joaquim Adolfovicz Sumovski, solicitada el 17 de Octubre de 1893 y concedida el 26 de diciembre de 1893.

Fig. 04. Patente de F.W. Lancheater, 1919.



en ninguna publicación de arquitectura hasta la fecha. Son construcciones planteadas con doble membrana y Walter Bird conocía por lo menos una de ellas ya que la citó en una de sus invenciones en 1965¹².

Max Giessmann, ingeniero Inglés, en 1892 patenta un sistema celular inflable para construir paredes, cubriciones y envolventes. Propone construir celdillas a partir de telas, para ser dobladas, enrolladas o embaladas para facilitar su transporte, que ocupasen poco espacio, y al llegar a su destino se pudiese desembalar, desenrollar o desplegar y luego inflar rápidamente con aire, por completo o en secciones. Se plantea como construcción no permanente, de poco peso y fácilmente montable. (fig. 05)

En 1893, Joachim Sumovski, de San Petersburgo (Rusia) patenta una estructura tubular rellena de gas. Proponiendo una construcción adaptable a cualquier geometría, con elementos tubulares huecos, iguales, flexibles, unidos entre sí y a su vez unidos con una envoltura cubriendo la estructura completa. El material de la cubrición es de un tejido resistente o un tejido con una red metálica flexible y las celdillas un material impermeable recubierto de aceite de linaza, barniz o goma laca. La presión del gas en su interior otorga a la estructura una gran resistencia a flexión y permite que puedan emplearse para la creación de puentes y edificaciones semipermanentes. (fig. 06)

Estas primeras patentes fueron determinantes para que Walter Bird llevaran a cabo sus primeras construcciones neumáticas. Tras el prototipo, se construyeron en 10 años más de un centenar de Radomes por todo el

12. Walter Bird realizó una Patente bajo el título *Doble pared estructural inflada por aire*, con numeración US3247627A. Fue Solicitada por Birdair Structures Inc. el 26 de abril de 1965 y concedida un año después, el 26 de abril de 1966. En esta invención Walter Bird menciona la Patente US511472A de Joaquim Adolfovics Sumovski de 1893. Por otro lado, en su primera patente US3024796A, solicitada en 1958, citaba a N. Bary y éste a su vez citó la patente de A. Sumovsky.

Fig. 05. Patente de M.C.J.G. Giessmann, 1892.

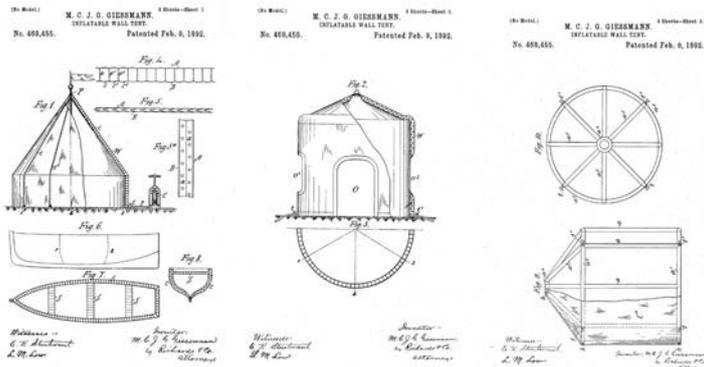
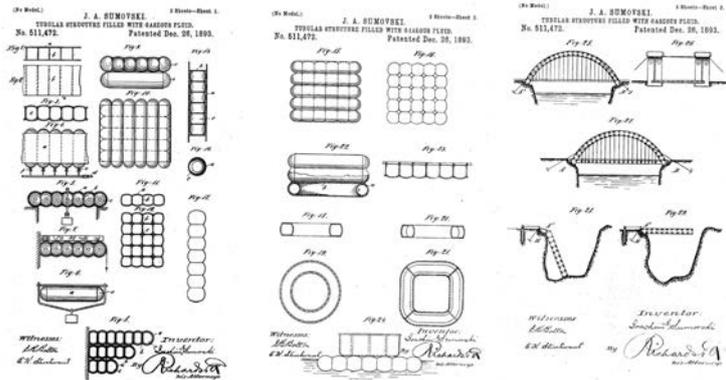


Fig. 06. Patente de J. A. Sumovski, 18932.



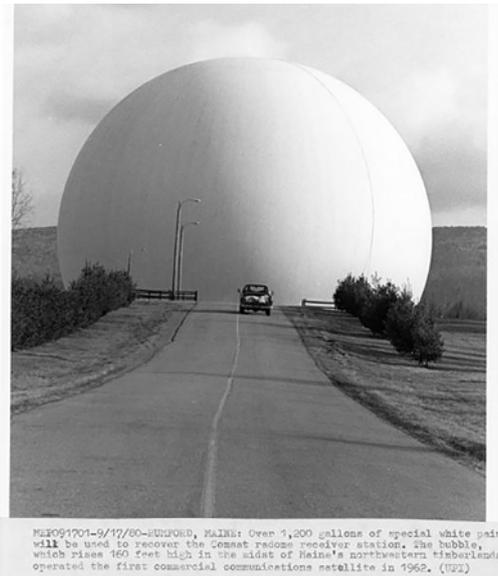
mundo. Eran todas cupulares móviles o permanentes y de distintas dimensiones. El patronaje de la envolvente era gallonado siguiendo el mismo patrón que el prototipo. (fig. 07)

Las primeras Radomes se realizaron con neopreno y nailon. El nailon fue la primera fibra sintética comercializada, tenía gran elasticidad, resistencia y poco mantenimiento. Se llevaron a cabo programas especiales para desarrollar nuevas técnicas de diseño y se utilizaron materiales nuevos y mejores, recubrimientos protectores así como también equipos más sofisticados para así poder ejecutar todas las construcciones que se estaban demandando. Entre los nuevos materiales para las membranas trabajaron con fibras artificiales como el terylene o dacron (poliéster), recubiertos con capas sintéticas de vinilo (PVC) y un neopreno mejorado más ligero pero más resistente denominado hypalon¹³. El terylene, fue la primera fibra sintética de poliéster comercializada y lanzada en Inglaterra en 1941, sin embargo, no es hasta 1950 cuando en Estados Unidos se comercializan hilos de poliéster, en este continente bajo el nombre de Dacron pero con la misma composición química que el terylene. El hypalon es un neopreno mejorado más ligero. Destaca por su buena resistencia mecánica, excelente resistencia a flexión y ser resistente a los productos químicos, las temperaturas extremas, la luz ultravioleta y no propagar la combustión. Un ejemplo de la utilización de hypalon fue en la Radome de Andover. (fig. 08) Walter Bird y su equipo, apuestan por la tecnificación de los materiales, la innovación y la tecnología para que las estructuras neumáticas tengan mejores prestaciones y durabilidad con el paso de los años.

13. Ver: DENT, Roger N. Principles of pneumatic architecture. Londres: The Architectural Press, 1971, p35. ISBN: 85139 068 4.



Fig. 07. Walter Bird, Radome. Fondo documental de Cedric Price.



MEF091701-9/17/60-SUMFORD, MAINE: Over 1,200 gallons of special white paint will be used to recover the Comsat radome receiver station. The bubble, which rises 450 feet high in the midst of Maine's northeastern seaboard, operated the first commercial communications satellite in 1962. (U2)

Fig. 08. Birdair Structures Inc, Radome en Andover, 1962.

La Radome fue muy publicada, sobretudo en periódicos nacionales. En los años 50, existen pocos ejemplos de arquitectura neumática que no sea de Walter Bird, y los pocos proyectos que existen están estrechamente vinculados con el trabajo del ingeniero americano. Un ejemplo es el proyecto experimental Fiberthin Air Houses que Frank Lloyd Wright proyectó al final de su carrera profesional, en 1956, que consistía en ofrecer un espacio habitable vacacional innovador, práctico y económico¹⁴.

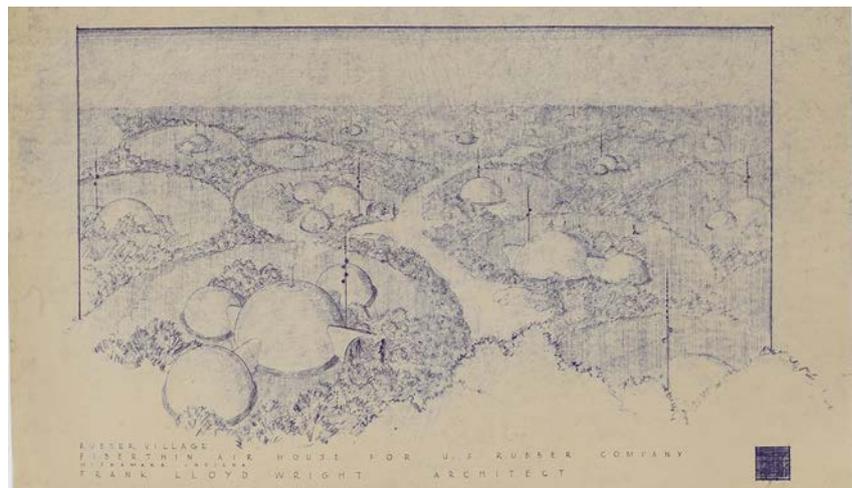
Wright dio solución a los requerimientos del cliente con viviendas cupulares hinchables de hasta 14m de diámetro con geometrías muy básicas y directas siguiendo el mismo patrón y despiece y sistemas constructivos que las Radomes. El proyecto, nunca construido, debía concebirse con un innovador material impuesto por el cliente, nailon recubierto de vinilo llamado Fiberthin, siendo un 40% más ligero que la lona impermeable y 4 veces más resistente. Es importante mencionar que Este material fue probado durante dos años en una Radome en el ártico¹⁵. Las viviendas estaban formadas por una única cúpula o bien por varias unidas entre sí, en función de la tipología. Con tres cúpulas de distintos diámetros se configuran cuatro tipologías.

Es en este momento cuando la arquitectura sostenida por aire empieza a entrar en escena, de forma aún muy primitiva y poco sofisticada, pero permite que algunos arquitectos empiecen a interesarse por las construcciones neumáticas, como el prestigioso arquitecto Frank Lloyd Wright. La Radome, tiene una gran repercusión en su época y son muchos los que empiezan a realizar cúpulas neumáticas en el panorama arquitectónico sobretudo en la década de los años 60 y principios de los 70.

14. Las viviendas tendrían un coste de unos 1000 dólares según se indica en la revista Life Magazine, 11 de noviembre de 1957, página 134. En el artículo del New York Times, 1957 escrito por Phyllis Battelle se indica que el coste sería de 6000 dólares sin incluir mobiliario, transporte y arena para los lastres.

15. Ver artículo del columnista Sam Chase en la portada del periódico Billboard, 10 de Junio de 1957.

Fig. 09. Frank Lloyd Wright, "Fiberthin air house", Mishawaka, Indiana. Proyecto no construido. 1956



Podemos destacar el proyecto de 1960 de Buckminster Fuller (fig. 11) para la cubrición de medio Manhattan en la ciudad de Nueva York, con una cúpula neumática propuesta para regular la contaminación, las condiciones climáticas y así poder ahorrar gran cantidad de energía. O la cúpula propuesta por Frei Otto (fig. 10) para cubrir una ciudad en el Ártico y alojar a 40.000 personas. Los principios arquitectónicos son los mismos planteados por Bird en la Radome, aunque de un tamaño muy superior y eso implica una mayor complejidad tanto en la confección de la membrana como en el tipo de material y su sellado. La influencia de las radomes se extiende hasta nuestros días. En 2006 Rem Koolhaas es invitado a diseñar el pabellón de la Serpentine Gallery en los jardines de Kensington en Londres. El programa supone una oportunidad única para que un arquitecto de renombre pueda construir por primera vez en Reino Unido una estructura experimental. Rem Koolhaas decide hacer una estructura neumática que cubra un auditorio traslúcido. Si bien la intención de OMA es la de crear una estructura radicalmente novedosa, la cubierta realizada es indudablemente reminiscente de las radomes creadas por Walter Bird.

El almacén instantáneo y la cubrición para una piscina. Birdair y las primeras estructuras neumáticas para usos comerciales.

En 1956, Walter Bird se marchó de Cornell para fundar la empresa Birdair Structures Inc.¹⁶, en Búfalo (Nueva York), con el objetivo de llevar a cabo la investigación, el desarrollo y la fabricación de estructuras neumáticas, transportables y ligeras, para usos comerciales y privados¹⁷. Ese mismo año, diseñó y construyó el primer almacén instantáneo que estimuló el interés de muchos y en poco tiempo se empezaron a demandar. Se trataba de una construcción muy simple a modo de elongación cupular, totalmente opaca que podía levantarse de forma inmediata y a muy bajo coste.

Un año más tarde, en primavera de 1957, realizaron un prototipo de cubrición neumática que instalaron en la piscina de la casa de Walter

16. Walter Bird trabajó en Birdair toda su carrera profesional, hasta 1981 año en el que se retiró con 70 años de edad.

17. Ver R.E. Shaeffer, The last Flight. En: *Fabric architecture*. Roseville (Minesota), Sept/Oct de 2006, p. 59.

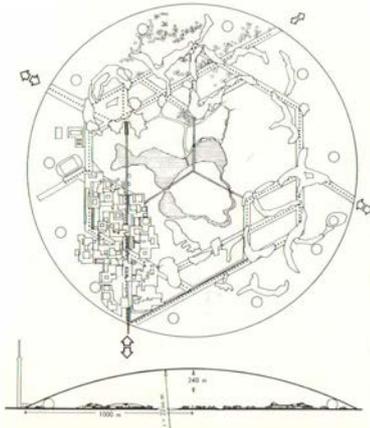


Fig. 10. Frei Otto. Cúpula para cubrir una ciudad en el Ártico, 1970.

Fig. 11. Buckminster Fuller, Proyecto para la cubrición de Manhattan, 1960.

Fig. 12. Rem Koolhaas. Serpentine gallery, Londres, 2006.



Bird. Según él contó, en una sesión impartida en el MIT en 1967¹⁸, las ventajas de esta invención eran claras y atractivas, se podía disfrutar de un baño a lo largo de todo el año, teniendo la posibilidad de tener una piscina cubierta y climatizada en invierno y una piscina descubierta en verano (fig. 14). Se trataba de una tela plástica levantada con unos ventiladores, muy sencilla de montar, desmontar y ser almacenada durante la época de buen tiempo además de ser una solución económica¹⁹. El material utilizado para la envolvente fue PVC transparente, algo muy innovador ya que todas las estructuras neumáticas hasta la fecha eran opacas, además de enfatizar la liviandad de estas construcciones.

Cualquier alternativa innovadora tiene unas limitaciones importantes, como son el coste altísimo de reacondicionamiento de las fábricas, el estudio de la viabilidad técnica, la resistencia masiva de los consumidores y el apego a la tradición que impiden que su incorporación en el mercado sea inmediata. Sin embargo, esta cubrición neumática para piscinas tuvo mucha repercusión mediática, y fue publicada tanto a nivel nacional, como internacional, como en el Jour de Francia y la revista Life entre otras, y se comercializó con éxito y de forma rápida. En el sector hotelero tuvo gran aceptación y fue un reclamo para convenciones de negocios y vacaciones familiares.

La revista Life, en noviembre de 1957, dedicó su portada a esta nueva construcción hinchable. (fig. 15) En los años 50 los avances tecnológicos estaban cambiando la forma de vivir. En esa época se referían como hechicería moderna a los plásticos, la televisión, el aire acondicionado y los alimentos congelados. Sin duda, estas nuevas construcciones plásticas levantadas con aire se entendían también como hechicería moderna y Walter Bird se adelantaba a su época con sus reflexiones, diseños y propuestas de forma de vivir.

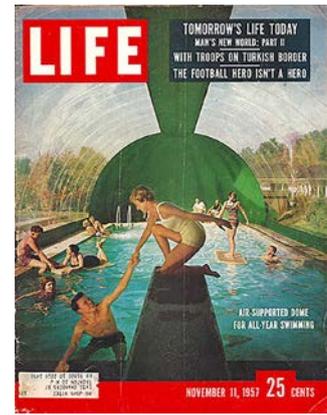
18. El departamento de Arquitectura del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) invitó a Walter Bird el verano de 1967 para que diese una sesión, llamada plásticos en Arquitectura: presente, pasado y futuro. El Resumen de esta sesión se encuentra transcrita en el archivo de MIT, por Albert G.H. Diez y Marvin E. Goody.

19. El coste de la cubrición era de aproximadamente 2.000 dólares Ver: LIFE MAGAZINE, Tomorrow's life today, Man's new World: part II. En: *Life Magazine*. Nueva York: Thompson, E.K., 11 de Noviembre de 1957, p.133.

Fig. 13. Walter Bird, cubrición de la piscina de Bird, 1957.



Fig. 14. Walter Bird, cubrición de una piscina, 1957. En noviembre de 1957, en la revista life magazine se publica en portada la cubrición neumática de la piscina de Walter Bird. Al fondo están sentados Walter W. Bird y su esposa Helen y en el trampolín está su hija Bonnie.



Tanto los almacenes como las cubriciones de piscinas ayudaron a poner en marcha la empresa Birdair y sirvieron como investigación para poder producir, en años sucesivos, estructuras neumáticas para diversos usos, como campos de refugiados, iglesias móviles, edificios de exposiciones, invernaderos, recintos de hockey sobre hielo, entre otros.

La Pentadome. Cubrición de grandes luces con estructuras neumáticas

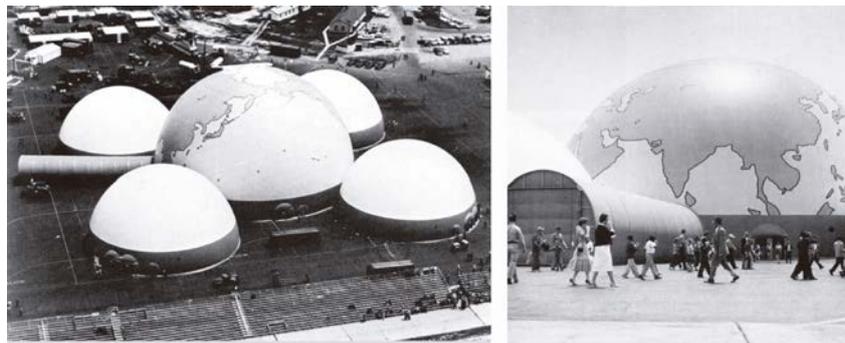
En 1958, mientras Birdair daba sus primeros pasos, el ejército de los Estados Unidos encargó a Bird una construcción de gran tamaño para exhibiciones militares, armamento y mantenimiento de misiles y construcción de antenas²⁰, a la cual llamaron Pentadome, para la base militar de Redstone en Madison, (Alabama). Fue la construcción neumática de mayor tamaño que se había levantado hasta la fecha y confirmaba que estas estructuras son perfectas para cubrir grandes luces con poca masa. Estaba formada por 5 cúpulas y levantada con 12 ventiladores, la central era la de mayor tamaño y tres veces superior a la primera Radome, aproximadamente de 46m de diámetro y 26m de altura, equiparable en tamaño a la cúpula de Santa María de las flores²¹. Se accedía al interior por puertas giratorias, a excepción del acceso a la carga y descarga de objetos que se realizaba por un espacio semicilíndrico, de grandes dimensiones, con doble puerta batiente que funcionaba como cortavientos y evitaba poner en riesgo de colapso la estructura. (fig. 16)

Desde las estructuras adinteladas de la arquitectura griega a las mallas de acero del rascacielos del siglo XX, la reducción del peso propio en las estructuras arquitectónicas es un indicativo de su evolución en el tiempo. Desde este punto de vista, las estructuras neumáticas, que son aquellas

20. Ver: DENT, Roger N. *Principles of pneumatic architecture*. Londres: The Architectural Press, 1971, p.37. ISBN: 85139 068 4.

21. El tamaño de la Pentadome era equiparable a las cúpulas más grandes de la historia. El Pateón de Roma tiene 43,4m de diámetro, la cúpula de Santa Sofía de Constantinopla de 33m de diámetro, la cúpula de San Pedro vaticano de 42m de diámetro y la cúpula de Santa María de las flores de 46m de diámetro exterior y 41m de diámetro interior.

Fig. 15. Walter Bird, Pentadome, 1958.



capaces de salvar mayores luces con menor masa²², se encuentran en el extremo de este desarrollo evolutivo. La pentadome es el primer ejemplo para mostrar la cubrición de un gran espacio con prácticamente nada de masa. Un año después de levantarse la Pentadome, Frei Otto realizó una exhaustiva investigación sobre estructuras neumáticas, entre 1959 y 1960, que posteriormente publicó en 1962 en el libro “Zugbeanspruchte Konstruktionen”²³. Se centró en elaborar estudios sistemáticos de estructuras soportadas por aire con el fin de obtener nuevos sistemas estructurales y formales. En ellos tuvo de referencia el trabajo de Bird en sus primeras construcciones, las cuales acompañan a los textos de su publicación. Posteriormente, Frei Otto invita a Bird, en 1967, al primer coloquio Internacional de estructuras neumáticas celebrado en Stuttgart, siendo el primer gran evento intelectual donde se reúnen los arquitectos e ingenieros más notables interesados en este tipo de construcciones. Este evento tuvo una gran repercusión tanto en el ámbito académico como profesional de la época. Todo ello demuestra que Frei Otto estudió y respetó el trabajo de Walter Bird y le tuvo siempre en consideración en los actos relevantes de discusión crítica sobre estructuras soportadas por aire.

Teatro itinerante para la comisión de la energía atómica (AEC). Primer edificio con estructura neumática de doble membrana

En 1959, Walter Bird, Junto con el arquitecto Víctor A. Lundy²⁴, realizaron un pabellón desmontable y transportable que iba a ser usado, como teatro móvil o pabellón itinerante expositivo de la comisión de Energía atómica de los Estados Unidos (AEC) para la paz, por varios continentes durante unos diez años. Hay que destacar que las estructuras neumáticas no se

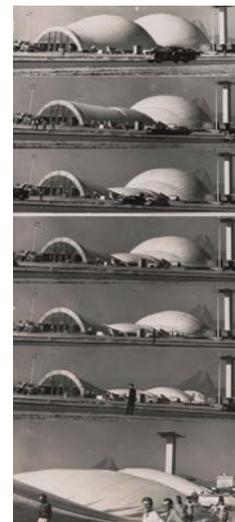
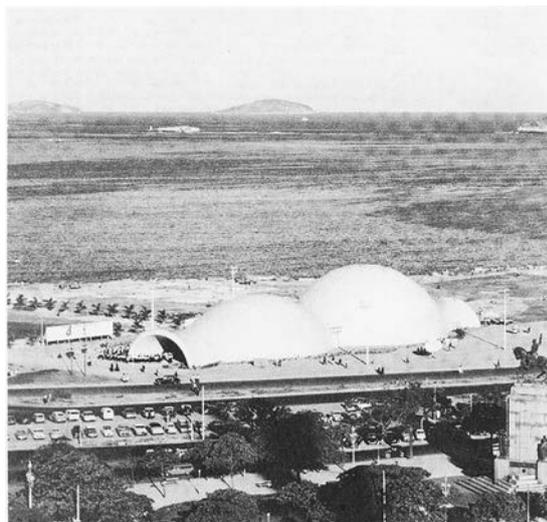
22. Según Frei Otto, las estructuras neumáticas pueden expandirse de forma infinita, no tienen ningún límite físico al tratarse de una reacción activa a la fuerza gravitatoria mientras que el acero tiene limitaciones de resistencia de su peso propio pudiéndose salvar una distancia máxima de 36km con un cable de acero o de 10km con un caparazón de acero. Ver: OTTO, Frei. *Tensile Structures*. Boston: The MIT Press, 15 de junio de 1973, p. 20. ISBN-13: 978-0262650052

23. OTTO, Frei, TROSTEL, Rudolf. *Zugbeanspruchte Konstruktionen*, Berlín: Ullstein Fachverlag, 1962. En 1969 se tradujo al inglés bajo el título “Tensile structures: design, structure, and calculation of buildings of cables, nets, and membranes”, publicado por el MIT press.

24. Bird y Lundy trabajaron en colaboración con el ingeniero Severud-Elstad-Krueger y la consultoría de ingenieros mecánicos Cosentini Associates Ver: MOON, Whintey. Environmental Wind-Baggery. En: *E-flux Architecture*. Nueva York: Daniel A. Barber, Eduardo Rega, e-flux Architecture, Agosto de 2018, Structural Instability. [consulta: 21 marzo 2021] Disponible en: <https://www.e-flux.com/architecture/structural-instability/208703/environmental-wind-baggery/>

Fig. 16. Victor A. Lundy y Birdair Structures Inc., pabellón AEC, 1960.

Fig. 17. Victor A. Lundy y Birdair Structures Inc., pabellón AEC, 1960. Secuencia de deshinchado.



ponen de moda hasta mediados de los años 60²⁵ y en 1959 Bird y Lundy ya habían construido este magnífico edificio galardonado con la medalla de Plata de la liga de Arquitectura e Ingeniería de Nueva York. (fig. 17)

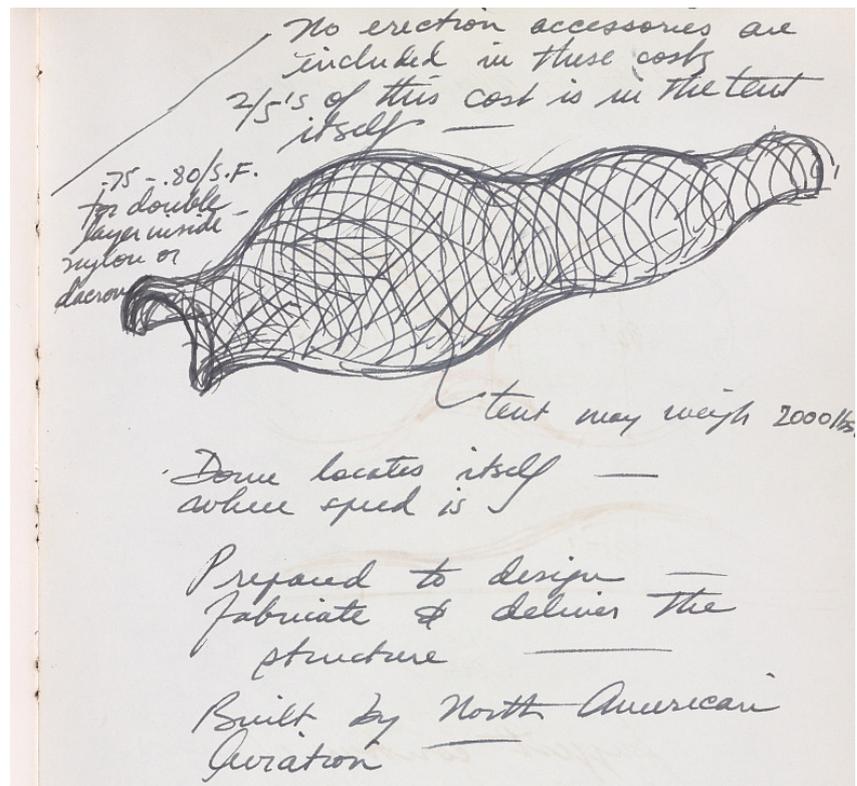
Victor Lundy²⁶ es un arquitecto americano nacido en 1923 prácticamente desconocido, sin embargo, su obra tiene un enorme interés tanto en el campo de la arquitectura neumática, como veremos con este edificio, como en su polifacética obra arquitectónica. El encargo del Pabellón, se concibió bajo unas premisas de partida muy claras por parte del cliente, debía ser un edificio transportable, económico, seguro y de fácil montaje y desmontaje. (fig. 18). Un proyecto neumático encajaba a la perfección con lo solicitado por el cliente a excepción del punto de la seguridad, que generaba ciertas dudas con una estructura de membrana simple. Para que la estructura fuese segura Bird propuso una solución constructiva muy novedosa, una estructura hinchada de doble membrana que permitía el hinchado y resultó ser un éxito rotundo. El detalle constructivo tenía mucha similitud con las patentes de Giessmann y Somovski (ver fig. 05 y 06).

El pabellón AEC se definía geométricamente a partir de dos cúpulas de distinto diámetro unidas entre sí por unas membranas en forma de cuello. Esta geometría daba respuesta también a la acústica necesaria para un teatro y evitaba que en la zona central hubiese reverberaciones. Es con este proyecto cuando las estructuras neumáticas dejan de ser simples cúpulas o elongaciones de formas cupulares y se trabaja con un complejo y minucioso patronaje para poder obtener un edificio espacialmente interesante.

25. Frei Otto es el arquitecto más influyente en cuanto a la difusión de estructuras sostenidas por aire, y hasta 1962 no publica uno de los libros de referencia de arquitectura neumática: *“Zugbeanspruchte Konstruktionen”*, posteriormente se tradujo al inglés bajo el título *“Tensile structures: design, structure, and calculation of buildings of cables, nets, and membranes”*.

26. Victor Lundy, estudió en la Universidad de Nueva York bajo doctrinas academicistas de la escuela de Bellas artes. Tras la segunda guerra mundial realizó un máster en arquitectura en la universidad de Harvard bajo la tutela de Walter Gropius y Marcel Breuer, donde asimiló los conceptos de la Bauhaus. En 1954, con treinta y un años, monta su propio estudio en Sarasota (Florida). Demuestra en su polifacética obra arquitectónica su gran capacidad y alta calidad de recursos proyectuales con un inmenso control sobre la materialidad y la forma en sus edificios.

Fig. 18. Victor Lundy y Birdair structures Inc., pabellón AEC, 1960. Croquis de Victor Lundy, donde se indica que es una doble membrana y que la membrana interior es de nailon o dacron.



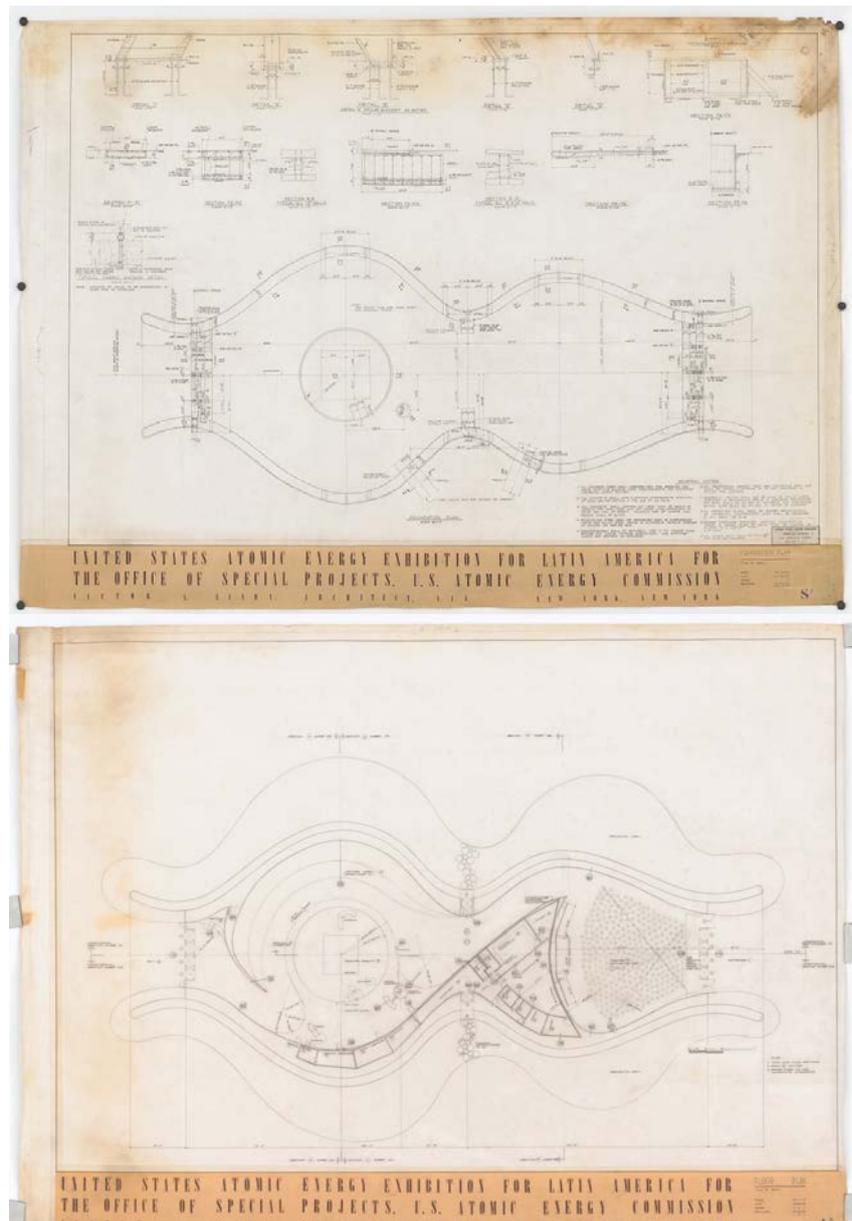
El conocimiento, control e ingenio de los técnicos permite que las construcciones neumáticas avancen enormemente en estos años. (Fig. 19)

La envoltura estaba formada por dos capas de nailon revestidas con vinilo, separadas entre sí un metro veinte aproximadamente, generando un colchón de aire. Se utilizaron ocho compartimentos de aire y con esta configuración se aseguraba, ante cualquier problema en alguna parte de la construcción, que no colapsaría y se mantendría estable el edificio²⁷. La doble membrana se ataba a dos marcos rígidos en ambos extremos de la edificación donde se anclaban ocho puertas giratorias, cuatro en cada extremo, que permitían tanto el acceso como la evacuación del pabellón y en caso de colapso evacuar la edificación. La presión de aire dentro de ambas membranas oscilaba entre 372-480 pa, ya que era una estructura levantada a baja presión y se aseguraba que el edificio se mantuviese erguido bajo vientos de 150Km/h. (fig. 20). La cimentación varió en función del lugar y se realizaron zapatas en unas ocasiones y losa de hormigón en otras donde se ancló la membrana.²⁸ Este sistema de doble membrana, además de funcionar muy bien en cuanto a la seguridad de la edificación, también funcionó extraordinariamente en cuanto a su aislamiento térmico ya que generaba un colchón de aire suficientemente aislante para no tener que utilizar sistemas alternativos de refrigeración. (fig. 21)

27. Ver: LUNDY, Victor A. Architectural and Sculptural Aspects of Pneumatic structures. En: *In proceedings of the First International Colloquium of pneumatic structures*. Stuttgart: Universidad de Stuttgart, International Association of Shell Structures, 11-12 de mayo de 1967, p. 13.

28. Ver: ALLISON, David. A great Ballon for peaceful atoms. En: *Architectural forum*. Nueva York: Douglas Haskell. volumen 113, nº5, Nov. 1960, p. 145.

Fig. 19 y 20. Victor Lundy y Birdair structures Inc. Pabellón AEC, 1960. Arriba, planta de cimentaciones y detalles del sistema de anclaje del pabellón. Abajo, planta general.



También cabe destacar que este pabellón utilizó elementos propios de arquitectura tradicional como los porches, que fueron realizados con geometría arqueada inflada, para estabilizar la totalidad de la estructura actuando como retenedores del aire a presión permitiendo la sustentación del edificio en su conjunto. (fig. 22)

Se trataba de un pabellón de grandes dimensiones, 90m de longitud, siendo su anchura máxima de 38m con una altura de 19m en su parte más alta y aproximadamente 2050 m² en planta. Su montaje se realizaba con un equipo de doce personas bajo la supervisión de Bird y en 4 días, con doce trabajadores, la construcción estaba erguida. Se tardaba una media hora en hincharse y poderse usar, tras encender dos grandes ventiladores (fig. 24). Para su transporte, todo el edificio y maquinaria necesaria ocupaba

Fig. 21. Victor Lundy y Birdair structures Inc. Pabellón AEC, 1960. Entrada principal.

Fig. 22. Victor Lundy y Birdair structures Inc., Pabellón AEC, 1960. Fotografía interior.



unos 150m³ con un peso de 28.000 kg, la membrana pesaba unos 6.000kg.²⁹ El coste del edificio fue de 99.870 dólares.

El teatro móvil soportado por aire debutó el 1 de noviembre de 1960 en Buenos Aires donde permaneció 6 semanas, pero se fue trasladando a distintas ciudades. En 1961 se levantó en Río de Janeiro, Lima y Caracas y en 1962 en Ciudad de México y Santiago. Después de recorrer América Latina, Birdair lo reacondicionó, antes de realizar una gira por Dublín, Ankara, Teherán, Bagdad y Túnez.³⁰ Viajó por otras partes del mundo durante diez años demostrando que los edificios sostenidos por aire, sí pueden ser nómadas y seguros y pueden tener un diseño arquitectónico de alto nivel para ser disfrutado por la sociedad. Reyner Banham, indicó en 1969 que este proyecto estaba prácticamente sin estudiar y que era notable y de gran interés, se refirió a este proyecto como el único edificio neumático sofisticado construido hasta la fecha.³¹ También indicó Roger N. Dent en 1971, que se podía considerar como la única obra de arquitectura neumática bien diseñada y sofisticada en la década de los años 60³². A día de hoy continúa siendo poco conocida y una de las construcciones neumáticas a tener de referencia. (fig. 23)

El interés de esta construcción radica en ser el primer edificio neumático construido de doble membrana, la fecha en el que fue construido, su complejidad y su gran tamaño, su uso nómada por varios continentes a lo largo de 10 años, por su planta abierta y por el sofisticado e interesante espacio obtenido siendo el primer edificio sustentado por aire con notable valor arquitectónico de la historia de la arquitectura.

29. Ver: LUNDY, Victor A. Architectural and Sculptural Aspects of Pneumatic structures. En: *In proceedings of the First International Colloquium of pneumatic structures*. Stuttgart: Universidad de Stuttgart, International Association of Shell Structures, 11-12 de mayo de 1967, p. 13.

30. Ver: LUNDY, Victor A. Architectural and Sculptural Aspects of Pneumatic structures. En: *In proceedings of the First International Colloquium of pneumatic structures*. Stuttgart: Universidad de Stuttgart, International Association of Shell Structures, 11-12 de mayo de 1967, p. 11. Ver también: MOON, Whintey. Environmental Wind-Baggery. En: *E-flux Architecture*. Nueva York: Daniel A. Barber, Eduardo Rega, e-flux Architecture, Agosto de 2018, Structural Instability. p5. Ver También: FORDHAM, Clifton. *Constructing Building enclosures*. Nueva York: Routledge, Taylor&Francis group, 2021, p. 88.

31. Ver: BANHAM, Reyner. *The Architecture of the Well-tempered Environment*. Londres: Architectural Press, 1969, p. 270.

32. Ver: DENT, Roger N. *Principles of pneumatic architecture*. Londres: The Architectural Press, 1971, pp. 42.

Fig. 23. Victor Lundy y Birdair structures Inc. Pabellón AEC, 1960. Pruebas del montaje.



En los años 60, época en la que el edificio AEC viaja por los distintos continentes, el espíritu de los jóvenes arquitectos es de querer cambiar el mundo rompiendo con el sistema preestablecido o status quo, lo que provoca el surgimiento de grupos radicales que abogan por una nueva arquitectura teórica, efímera y móvil que apuesta por la tecnología y permite crear una nueva forma de habitar alternativa. Esta inquietud de cambiar el mundo y de poner en duda la arquitectura tradicional, para ofrecer una nueva más acorde con el momento, se manifiesta en distintas partes del mundo con distintos proyectos neumáticos que tendrán como referencia las primeras construcciones de Walter Bird. Archigram en Reino Unido (fig. 01), grupo AJS-Aérolande (fig.25) y utopie en Francia, Superestudio, Archizoom en Italia o los metabolistas en Japón, entre otros.

La repercusión de las primeras construcciones de Walter Bird

El grupo Archigram, en el collage que publicó en su sexta revista en 1965, narra el nacimiento de las construcciones neumáticas mostrando las primeras edificaciones levantadas con aire de la historia de la arquitectura, fruto de una investigación continuada y exhaustiva desarrollada por Walter Bird a lo largo de doce años, desde 1948 a 1960. Los londinenses escogieron estas imágenes porque de entre los profesionales y construcciones que han contribuido al avance de la arquitectura neumática, no hay nadie más notable que Walter Bird, ni obras que hayan tenido más repercusión que sus primeras estructuras neumáticas.

Con estas construcciones se pone de manifiesto, que las patentes de ideas arquitectónicas neumáticas de finales del s.XIX, de Somovsky y Giessmann, y de principios de s.XX, de Lanchester, han servido de base a Walter Bird para poder materializar la primera arquitectura neumática. Además de a dichas patentes, estas construcciones deben su existencia también al fruto de la investigación perseverante, rigurosa y constante de Bird, al respaldo de instituciones, como la Universidad de Cornell y a los recursos económicos que apoyaron el estudio para poder materializar una idea, obtenidos por el gobierno de los Estados Unidos en un periodo de auge económico en el que este país pasa a ser la primera potencia del mundo y empieza a vivir una revolución cultural impulsada por un rápido desarrollo industrial.

Estas cinco edificaciones, la Radome (1), el almacén instantáneo (2), la cubierta de una piscina (3), la Pentadome (4) y el Pabellón AEC (5), sientan las bases y las directrices constructivas de la arquitectura sostenida con aire de los años 60 y principios de los 70 y, en gran medida, de la actualidad. Se pueden describir como estructuras de muy poco peso, económicas, fáciles de montar, desmontar, transportar y capaces de salvar mayores luces con menor masa. Todas ellas destacan por empujar los límites de la

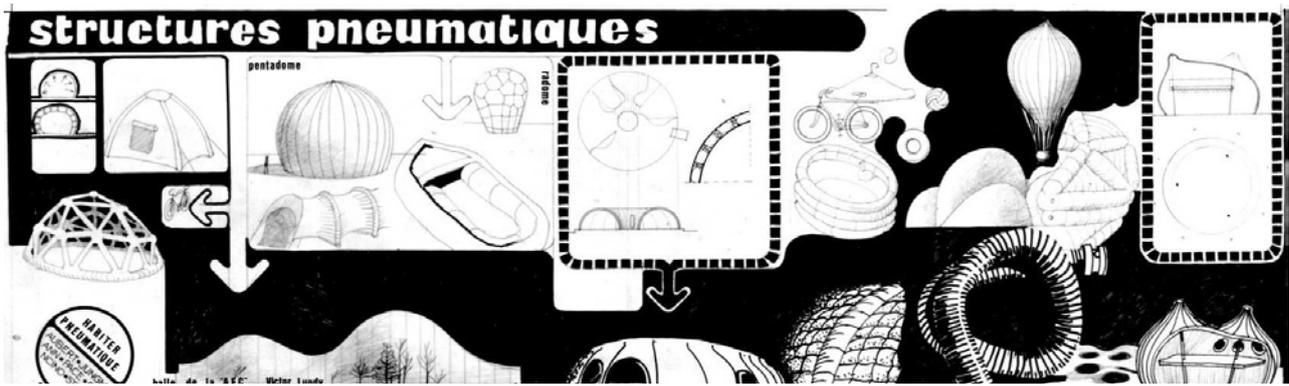


Fig. 24. Grupo Aerolande. HABITER PNEUMATIQUE propuesta para la bienal de Paris de Mayo de 1967. Plano 1 de 5.

arquitectura, proponiendo alternativas formales y constructivas. Definen estructuras soportadas por aire, de una sola membrana y de doble membrana, permanentes y móviles, destinadas a usos comerciales, privados y públicos, con envolventes plásticas de diversos materiales y con patrones simples y sofisticados que permiten diseñar todo tipo de espacios, incluso aquellos complejos y ricos. Se diseñan bajo un altísimo entendimiento teórico, se ejecutan con los medios necesarios y con un equipo de técnicos formados, y se levantan correctamente ancladas al terreno para que las estructuras sean seguras y viables. Muestran como el diseño arquitectónico y la tecnología están intrínsecamente ligados, y cuanto mayor sea el avance tecnológico en los materiales y sellados de juntas mejor será la construcción, más duradera, con mejores prestaciones, más segura y sobretodo más adaptable a las necesidades proyectuales del arquitecto. Cada uno de los proyectos evoluciona el anterior y en su conjunto fijan las bases técnicas y constructivas de la arquitectura soportada por aire o presostática.

Estas construcciones en las que intervino Bird, despertaron curiosidad e interés hacia una nueva arquitectura casi ingravida y llevaron, a algunos arquitectos, a investigar, desarrollar y aportar nuevos proyectos levantados con aire, como fue el caso del grupo Archigram. A partir de estas edificaciones, la tecnología neumática se implementa como una manera de construir estructuras arquitectónicas y empiezan a interesarse por ellas los jóvenes arquitectos de los años 60 convirtiéndose en una alternativa posible y a la vez viable a la arquitectura tradicional.

Estas construcciones casi inmateriales tuvieron gran repercusión en el panorama arquitectónico de la época, ya que eran totalmente novedosas, donde la estructura se soportaba por la acción de una diferencia de presión de aire. También por su faceta tecnológica y su apariencia futurista en un momento en el que la tecnología como expresión cultural estaba en pleno auge. Por la divulgación en periódicos y revistas nacionales e internacionales, como la revista Life magazine, así como por la participación de Bird en charlas en universidades de reconocido prestigio y en simposios, destacando la ponencia en el primer simposio internacional de estructuras neumáticas en 1967 en Stuttgart invitado por Frei Otto. Por estas razones, los arquitectos e ingenieros de la época se interesan por este tipo de arquitectura y empiezan a estudiar, proponer y construir proyectos neumáticos. Podemos afirmar con rotundidad que las estructuras neumáticas de los años 60 como las Fiberthin airhouses de Frank Lloyd Wright,

los proyectos neumáticos de Victor Lundy, las investigaciones de Frei Otto, de Cedric Price, de Buckminster Fuller, de Prada Poole y de Archigram (entre otros) en este nuevo modo de hacer arquitectura, tienen como base el trabajo de Walter Bird en sus primeras construcciones.

La influencia de la obra de Walter Bird se prolonga hasta el presente. Anteriormente hemos visto la relación casi idéntica entre la radome y obras contemporáneas como el pabellón de la Serpentine Gallery de 2006 de Rem Koolhaas. Si bien en otros proyectos de estructuras soportadas por aire posteriores a dicho pabellón pueden existir geometrías más complejas, los principios físicos y las soluciones constructivas son directamente herederas de las propuestas de Walter Bird en sus proyectos iniciales. Existe una evolución relacionada con las herramientas informáticas para diseñar, calcular y patronar las estructuras así como relacionadas con el avance de los materiales empleados en las membranas, pero así mismo prevalece una probada e indisputable vinculación con las soluciones empleadas en los proyectos aquí estudiados. Sin Walter Bird las estructuras neumáticas autoportantes no habrían sido lo que son hoy.

BIBLIOGRAFÍA

- ARQUIGRAM. *Revista Arquigram*. Londres: nº6, noviembre de 1965.
- ALLISON, David. Those balloonings air buildings. En: *Architectural forum*. Nueva York: Douglas Haskell, Julio 1959, volumen 111, nº1, p.132.
- ALLISON, David. A great Ballon for peaceful atoms. En: *Architectural forum*. Nueva York: Douglas Haskell. volumen 113, nº5, Nov. 1960, p.142-145.
- BANHAM, Reyner. Monumental Windbags. En: *New Society, Arts in Society*. Londres: Timothy Raison, 18 de Abril de 1968, vol. 11, nº. 290, pp. 569-570.
- BANHAM, Reyner. The Architecture of the Well-tempered Environment. Londres: Architectural Press, 1969, pp. 265-289. ISBN: 85139 074 9.
- BIEBER, Susannah. Atmospheric pressures Victor Lundy's AEC pavilion and the socio-political climates of inflatable architecture. En: *Journal of Architectural Education*. Lincoln, Nebraska: Nancy Levinson, septiembre de 2019, pp. 32-45. ISSN: 1046 4883.
- BIRD, Walter W. Past, present and future. En: *In proceedings of the First International Colloquium of pneumatic structures*. Stuttgart: Universidad de Stuttgart, International Association of Shell Structures, 11-12 de mayo de 1967, pp. 1-09.
- DENT, Roger N. *Principles of pneumatic architecture*. Londres: The Architectural Press, 1971, pp. 24-50. ISBN: 85139 068 4.
- DESSAUCE, Marc. *The Inflatable Moment: Pneumatics and Protest in '68*. Nueva York: Princeton Architectural Press, 1999, 146p. ISBN: 1 56898 176 7.
- KACMAR, Donna. *Victor Lundy: Artist Architect*. Nueva York: Princeton Architectural Press, 2019, 239p. ISBN: 9781616896614.
- LUNDY, Victor A. Architectural and Sculptural Aspects of Pneumatic structures. En: *In proceedings of the First International Colloquium of pneumatic structures*. Stuttgart: Universidad de Stuttgart, International Association of Shell Structures, 11-12 de mayo de 1967, pp. 10-17.
- MOON, Whintey. Victor Lundy, Walter Bird and the promise of pneumatic architecture. En: FORDHAM, Clifton. *Constructing Building enclosures*. Nueva York: Routledge, Taylor&Francis group, 2021, pp. 84-104. ISBN: 978 0 367 27625 6.
- MOON, Whintey. Environmental Wind-Baggery. En: *E-flux Architecture*. Nueva York: Daniel A. Barber, Eduardo Rega, e-flux Architecture, Agosto de 2018, Structural Instability. [consulta: 21 marzo 2021] Disponible en: <HTTPS://WWW.E-FLUX.COM/ARCHITECTURE/STRUCTURAL-INSTABILITY/208703/ENVIRONMENTAL-WIND-BAGGERY/>
- OTTO, Frei. Exposition de l'énergie atomique. En: *L'Architecture d'aujourd'hui*. Paris: Architectures fantastiques, nº 102, Junio, Julio de 1962. p 80-88.
- QUADERNS, inflatables, 100 years blowing.... En: *Quaderns*. Barcelona: Colegio de arquitectos de Cataluña, José Zabala, Junio de 2005, pp. 18-29.
- RAMON, Fernando. Reyner Banham, "un repertorio de métodos". En: *Revista arquitectura*. Madrid: COAM , nº132, diciembre de 1969, pp. 31-39.
- SHAEFFER, R.E. The last Flight. En: *Fabric architecture*. Roseville (Minesota), ° September/October 2006. P 59-60
- LIFE MAGAZINE, Tomorrow's life today, Man's new World: part II. En: *Life Magazine*. Nueva York: Thompson, E.K., 11 de Noviembre de 1957, pp. 132-147.
- TOPHAM, Sean. *Blow-Up: Inflatable Art, Architecture, and Design*. En Londres: Prestel, 1999, 160 p. ISBN: 10 3791326872.

