



ARQ

ISSN: 0716-0852

revista.arq@gmail.com

Pontificia Universidad Católica de Chile
Chile

PÉREZ-HERRERAS, JAVIER
TRES ARQUITECTURAS DE CUERDA RÍGIDA Y HUECA
ARQ, núm. 87, agosto-, 2014, pp. 62-71
Pontificia Universidad Católica de Chile
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37532094010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

TRES ARQUITECTURAS DE CUERDA RÍGIDA Y HUECA

JAVIER PÉREZ-HERRERAS ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, ZARAGOZA, ESPAÑA.

FIG 1
Globo Cautivo de Henri Giffard, 1878.
Sección de la cesta y cuerdas de cuelgue.
Ilustración de Albert Tissandier. Fuente: archivo del autor.
Henri Giffard's Captive Balloon, 1878. Section of the basket and the ropes that hang it. Illustration by Albert Tissandier. Source: author's archive.

FIG 2
Globo Cautivo de Henri Giffard, 1878.
Desarrollo de las cuerdas y ataduras que tejen la estructura del globo. Ilustración de Albert Tissandier. Fuente: archivo del autor.
Henri Giffard's Captive Balloon, 1878. Development of the ropes and ties that knit the structure of the balloon. Illustration by Albert Tissandier. Source: author's archive.

FIG 3
Aparato diseñado por Henri Giffard para testado de la tracción de cables, 1878. Publicado el 28 de septiembre de 1878. Fuente: archivo del autor.
Apparatus designed by Henri Giffard for testing the cable tension, 1878. Published September 28, 1878. Source: author's archive.

FIG 4
Fabricación de la red central del Globo Cautivo en los Talleres de Montreuil, 1878. Ilustración de Albert Tissandier. Fuente: archivo del autor.
Manufacture of the central net of the Captive Balloon in the Montreuil workshop, 1878. Illustration by Albert Tissandier. Source: author's archive.

FIG 5
Cuerda del Globo Cautivo, 1878.
Ejecución del extremo superior de la cuerda. Ilustración de Albert Tissandier. Fuente: archivo del autor.
Rope of the Captive Balloon, 1878. Execution of the upper extreme of the rope. Illustration by Albert Tissandier. Source: author's archive.

FIG 6
"El Globo Cautivo entre las nubes, visto desde la Tierra", 1878. Ilustración de Albert Tissandier. Fuente: archivo del autor.
"The Captive Balloon, as seen from the Earth", 1878. Illustration by Albert Tissandier. Source: author's archive.

UNA NUEVA ESTRUCTURA PARA VOLAR
En 1878 Henri Giffard propuso un sorprendente viaje a las puertas de la Exposición Universal de París. El destino no era nada habitual por ser hasta entonces inaccesible. Ayudado de un novedoso globo, el ingeniero y constructor ofrecía visitar el cielo del Jardín de las Tullerías a 500 m de altura. La cesta del globo, como podemos ver en los dibujos del arquitecto Albert Tissandier, medía 6 m de diámetro y estaba ahuecada en su interior (fig. 1). Los pasajeros se instalaban en un corredor circular de poco más de 1 m de ancho. En un doble suelo se escondían

dieciséis compartimentos donde se guardaban todos los artículos necesarios para una subida prolongada. El peaje por aquel viaje era de diez francos. Un ingenioso mecanismo llenaba el globo de gas hidrógeno. Su menor peso lo elevaba en el cielo de París. La estructura de cuerdas entrelazadas que unía el globo con la cesta se tensaba para quedar colgada de aquel (fig. 2). La resistencia a tracción de las cuerdas era comprobada en tierra por el propio Giffard con un mecanismo diseñado por él. Su aparato de testado se convirtió en la mejor fórmula de cálculo (fig. 3). La cuerda sometida a tracción era capaz de soportar una tensión de veinticinco toneladas o también el doble de la presión extrema en su punto más débil (Tissandier, 1878). La estructura de cuerdas de geometría arbórea y volumen conoidal era, junto a la cesta, la única materia visible del artefacto (fig. 4). Su peso total sumaba poco más de tres toneladas. Una vez alcanzado aquel lugar a 500 m de altura, una única cuerda lo unía a la ciudad. La cuerda permanecía anclada en su extremo opuesto a una profunda zanja que se había excavado en el patio de un palacio en visible ruina. Giffard estimó en cien mil kilos la tracción máxima que debía soportar esta última atadura. La habitación era pues, en términos



FIG 1



FIG 2



FIG 5

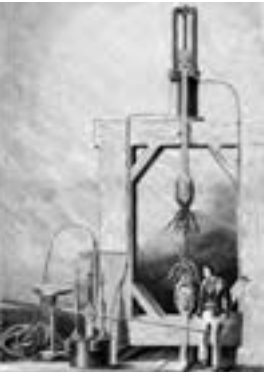


FIG 3



FIG 4



FIG 6

Desde las estructuras de cuerdas asociadas a los globos del siglo XIX hasta las columnas tejidas de la Mediateca de Sendai, se propone un vínculo que asocia una serie de torres con la búsqueda de una estructura tensa, ligera y aérea.

PALABRAS CLAVE: ARQUITECTURA - TEORÍA, GIFFARD, ITO, KAHN, LE RICOLAIS, SHUKHOV, ESTRUCTURAS TEJIDAS, TENSILES.

Going from the string structures of 19th century aerostatics balloons to the woven columns of Ito's Sendai Mediatheque, this article links a series of towers with the search for a tight, light, airy structure.

KEYWORDS: ARCHITECTURE - THEORY, GIFFARD, ITO, KAHN, LE RICOLAIS, SHUKHOV, WOVEN STRUCTURES, TENSILE. English text in p. 69

FIG 7

Cesta y cuerdas del Globo Cautivo, antes de ascender sobre los Jardines de las Tullerías, París, 1878. Fotografía de Prudent René Patrice Dagron. Fuente: archivo del autor.

Basket and lines of the Captive Balloon, before ascent over the Tuilleries Garden, Paris 1878. Photograph Prudent René Patrice Dagron. Source: author's archive.

FIG 8

Globo Cautivo en los Jardines de las Tullerías, París, 1878. Fotografía de Prudent René Patrice Dagron. Fuente: archivo del autor.

Captive Balloon in the Tuilleries Garden, Paris, 1878. Photography Prudent René Patrice Dagron. Source: author's archive.

FIG 9

Torre Radio Eléctrica de Shabolovka vista desde el barrio de Havosko-Shabolovskii. Autor desconocido, 1935.

Shabolovka Radio Tower seen from the Havosko-Shabolovskii neighborhood. Author unknown, 1935.

Fuente / Source: Dept of Photographs, Shusev State Museum of Architecture, Moscow.



FIG 7



FIG 8



FIG 9

aeronáuticos, un “Globo Cautivo”. El globo y su cesta, atadas a tierra por aquella última cuerda, se dejaban entonces mecer por el viento en el cielo de París (figs. 5 y 6). Esta habitación viajera, casi sin saberlo, parece anunciar las arquitecturas del viento que Toyo Ito nos propondrá un siglo después.

El viaje de vuelta era resuelto por una gigantesca máquina de vapor movida por dos generadores que producían cien caballos de tracción. Con ellos, la máquina era capaz de igualar y vencer la tensión de la estructura elevada en el cielo. Las ascensiones se realizaban, cuando el tiempo lo permitía, de diez de la mañana a seis de la tarde. Las hacían acompañados por una orquesta de setenta músicos y se prolongaron durante setenta y dos días, llegando a visitar el cielo de París más de 35 mil personas. No es difícil concluir que esta habitación a 500 m de altura fue una de las principales atracciones de la exposición.

Los pasajeros de Giffard habían conseguido, con su habitación viajera, liberarse de una arquitectura pesada y apegada al suelo, y quizá también de un tiempo en ruinas como el que se observaba en el palacio que dejaban atrás (fig. 7). Desde esa altura, cuenta un cronista del *Red Bank*¹, la exposición parecía un palacio de juguete y las miles de personas un enjam-

zan mutuamente en su capacidad de resistencia a tensión. Le Ricolais proponía, como Giffard lo hizo a los visitantes de la Exposición de París, la posibilidad de ocupar el interior de una estructura tejida con cuerdas. ¿Quién conoce una mejor estructura que una cuerda?, se preguntaba. Si podemos hacer una cuerda a mayor escala, vacía en su interior, trabajaría como una lámina extremadamente fina y no se deformaría porque está tensionada (Le Ricolais, 1997). En esta investigación abordamos la estructura como la anatomía visible donde habita una realidad a punto de ser desvelada. Una realidad que se sustancia como un espacio sin materia. ¿No fueron las cuerdas del globo de Giffard la estructura de una habitación colgada en el cielo?.

Desde esta habitación inmaterial y su estructura de cuerda, nos proponemos identificar arquitecturas que nacieron con ambición de ocupar aquel cielo. Sus anatomías no son tecnológicas sino basadas en una tecnología propia, nacida de la vocación de habitar aquella patria esquiva del cielo. Anatomías únicas e irrepetibles como lo es el espacio que emerge en cada una de ellas. “Estructuras de cuerda rígida y hueca”, escribió Le Ricolais, que alcanzan en su ligereza inmaterial un ser más allá

bre de hormigas. El cronista adivinaba una nueva patria a la espera de ser habitada. De viaje hacia ella, una nueva arquitectura sobrevolaba las construcciones pétreas de la vieja ciudad. Una arquitectura de anatomía de cuerda y desprovista de materia (fig. 8). En ella nos miramos.

TRES ESTRUCTURAS DE CUERDA RÍGIDA Y HUECA

A Robert Le Ricolais, otro ingeniero francés, le atrajo enormemente la cuerda como estructura (fig. 9). La cuerda, escribe, es un material de gran eficacia estructural. Unas cuerdas enroscadas a otras se refuer-

de ella. Cosas que no tienen peso, tienen fuerza pero no peso, insistía el ingeniero francés (Le Ricolais, 1997). Con ellas descubrimos la estructura como la contemplación de un espacio sin materia. La estructura se convierte entonces en una renovada expresión artística que supera el simple cálculo funcional, económico y lógico como imperativo de la industria moderna.

Proponemos así tres estructuras para un lugar común. Estructuras de cuerda rígida y hueca que ambientan un lugar llamado cielo. Estas tres estructuras recuperan el concepto hegeliano de una anatomía

¹ “The largest balloon ever made” era el nombre de esta crónica publicada en New Jersey por el periódico *Red Bank Register* el jueves 22 de agosto de 1878.

FIG 10 Y FIG 11

Acoplamiento de cestas en la construcción de la Torre de Shabolovka, 1921.

Basket joining in the Shabolovka Tower, 1921.

Fuente / Source: Shukhov Foundation.

FIG 12

Construcción de la Estación Radio Eléctrica de Shabolovka, 1921.

Construction of the Shabolovka Radio Station, 1921.

Fuente / Source: Shukhov Foundation.

FIG 13

Torre Radio Eléctrica de Shabolovka. Autor desconocido, c. 1930. Fuente: archivo del autor.

Shabolovka Radio Tower. Author unknown, c. 1930. Source: author's archive.

FIG 14

Interior de la Torre Radio Eléctrica de Shabolovka. Fotografía de Simon Osipovich Friedland, 1927. Fuente: archivo del autor.

Interior of the Shabolovka Radio Tower. Photography by Simon Osipovich Friedland, 1927. Source: author's archive.

primitiva. Un primitivismo que apela a lo más básico y esencial, que hace de la estructura la revelación del espacio que lo habita (fig. 10). Especulamos pues, con una idea soñada siempre por el hombre: lograr la habitación del cielo. Estas tres estructuras, hechas arquitectura, forjan el logro del cielo que visitó Giffard colgado de su estructura de cuerdas.

**FIG 10****FIG 11**

TORRE RADIOELÉCTRICA DE SHABOLOVKA: UNA CUERDA EN EL CIELO DE MOSCÚ

El 29 de enero de 1927 Walter Benjamin andaba perdido por las calles de Moscú buscando a su amada Asha. En su búsqueda se topó, en la calle de Shabolovka, con la torre de una nueva estación de radio (fig. 11). En su *Diario de Moscú* la describe como de estructura muy distinta a las que ya conocía. Esta no es una nota más en su cuaderno de viaje. En él, Benjamin sólo habla marginalmente de la arquitectura posterior a la Revolución de Octubre. Tras el inesperado descubrimiento arquitectónico, el filósofo alemán volvió a encontrarse con su amada.

La torre era un encargo del revolucionario Lenin al ingeniero Vladimir Grigórievich Shujov. Se cons-

tructura alambrada superaba a la torre Eiffel en una altura de 50 m, utilizando menos de un cuarto de la cantidad de material. Su diseño, así como el conjunto completo de cálculos basados en dicha geometría hiperbólica y el dimensionamiento del juego de cestas, se completó en febrero de 1919. Sin embargo, las dos mil 200 toneladas de acero requeridas para construir la torre de 350 m no estaban disponibles. En julio de 1919 Lenin decretó que la torre debía ser construida en una altura de 150 metros y el acero necesario procedería de los suministros del ejército. La construcción de una torre más baja, diseñada con seis hiperboloides apilados, comenzó a los pocos meses (fig. 14). La torre del barrio de Shabolovka fue completada en marzo de 1922 (fig. 15).

Las exploraciones matemáticas de Shujov, en el desarrollo de estructuras horizontales, propiciaron el desarrollo de este nuevo sistema que fue innovador tanto estructural como espacialmente. Sus cálculos derivaron muy probablemente del trabajo del matemático Pafnuty Chebyshev y su nueva teoría de la aproximación de funciones (English, 2005). Shujov construyó aquella forma de geometría no-euclidiana, doblemente curvada, mediante una red de barras rectas de hierro. De ello resultaba una estructura en tracción. Una construcción de elementos portadores sólo de tensión y sin compresión o flexión. La superficie hiperbólica de la torre resulta muy similar a la de la pseudoesfera de Nikolái Lobachevski; con ella, Lobachevski ilustraba su refutación a la geometría de Euclides en su postulado de las rectas paralelas.

Mediante la aplicación de sus desarrollos analíti-

**FIG 12****FIG 13****FIG 14**

truyó acoplando cestas hiperbólicas cuya forma de trabajo ya había sido comprobada por el ingeniero dos décadas antes como soportes para torres de agua (fig. 12). Estas cestas diáfanas lograban una excepcional resistencia y un peso ligero. Mediante la combinación de elementos rectos, en una especie de conicidad armada de barras, reducía la tendencia de este tipo de estructuras a pandearse. Sus secciones superiores se alojaban dentro de las más bajas para después elevarse a su posición en la nueva torre (fig. 13).

El ingeniero ruso había diseñado para esta torre radioeléctrica nueve secciones hiperbólicas acopladas que alcanzaban una altura de 350 m. Su es-

cos en estructuras doblemente curvadas, a la postre superficies no-euclidianas, Shujov construyó una realidad casi no real. Shujov tejó en el aire de Moscú otra realidad, una realidad escrita por Vladimir Solov'yev, precursor de la poética y teoría del simbolismo ruso. El filósofo y poeta ambicionaba un pensamiento casi místico, la develación de una idea de belleza trascendente. A ella le llamaba *Sophía* y le daba habitación en la teoría de una totalidad espiritual del cosmos. La desaparición de la materialidad de la estructura de la torre de Shabolovka, que tejía en el aire una superficie casi irreal a los ojos de la geometría euclidiana, cumplía por fin el canto de Solov'yev. Un

FIG 15

Construcción de la Torre Radio Eléctrica de Shabolovka, 1921. Fotografía de Vladimir Shukhov.

Construction of the Shabolovka Radio Tower, 1921. Photography by Vladimir Shukhov.

Fuente / Source: Shukhov Foundation.

FIG 16

Mapa del extremo oriental de Rusia. Localización de las torres que Shukhov diseñó para la Compañía Bari.

Fuente: archivo del autor.

Map of the eastern extreme of Russia. Location of the towers Shukhov designed for the Bari Company. Source: author's archive.

FIG 17

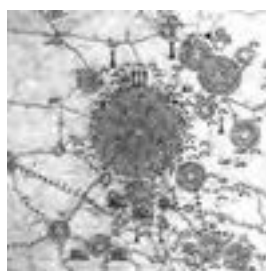
Torres en el río Oka, junto a Nizhny Novgorod, Rusia. 1929.

Fuente: archivo del autor.

Towers in the Oka River, with Nizhny Novgorod, Russia. 1929. Source: author's archive.

canto a un nuevo hombre que se ofrecía al universo como interlocutor y al cielo como patria común: “Si los deseos transcurren como espectros vacíos/ Si las promesas son las huecas palabras/...Y para la fuerza suprema no hay sujeciones. Si a la suprema fuerza estás descubriendo... La vida es una hazaña, la verdad es valiente” (Solov’ev, 1966).

Shujov toma de la geometría y matemática rusa la posibilidad de trenzar en el aire la patria de una filosofía y mística nacional. El hombre, incapaz todavía de habitar la nueva patria de su utopía descubre, para su revolución a un habitante intermedio. Este será un héroe de geometría no-euclidiana y de condición no-humana. Shujov propone en la torre de Shabolovka el adelanto de aquella utopía de un habitar aéreo, imposible aún de hacerse realidad en las torres apoya-nube de su

**FIG 15****FIG 16****FIG 17**

amigo Lissitski. La estación radioeléctrica, capaz de cumplirlo en la imagería de la poesía de Solov’ev, es ahora la intercesora de todos los sueños de su revolución. La torre se convierte así en el nuevo socio de su nacida revolución cósmica. Su concepción biológica, que se inició en las células de los polígonos convexos² de Lobachevski, se extiende y multiplica en el territorio de la revolución (fig. 16).

Será este habitante de condición no-humana quien por ahora habite esta nueva patria. La torre mora en nombre de todos, humanos y no-humanos. Su presencia prepara el camino al nuevo hombre que está por llegar gracias a su esforzada revolución. La

torre de vitalidad radioeléctrica actúa e interactúa con sus otros habitantes humanos. Con la torre, Lenin quiso comunicar Moscú con las provincias del oriente ruso a fin de evitar revueltas y traiciones a la pertrecha revolución. Para ello, Shujov construyó nuevas torres que se prolongaron como una línea radioeléctrica a lo largo del río Oka (fig. 17). Ellas y ellos, hombres y máquinas, formaban entonces una nueva colectividad. El futuro se confió a la suma de lo humano y lo no-humano, lo figurado y lo abstracto, la poesía y la prosa, la realidad y la ficción.

El viaje de Walter Benjamin a Moscú tenía como fin decidir su incorporación a aquella patria de la revolución. Benjamin, Shujov y tantos más, subidos a hombros de una inmaterial estructura, dialogan con una totalidad a la que proponen su nuevo mundo. Un mundo que creen vislumbrar desde sus 150 m de altura. Esta torre, aunque poco conocida en Europa occidental, no pasó desapercibida para Robert Le Ricolais. El ingeniero francés estudió el trabajo de Shujov en los años sesenta en la Universidad de Pensilvania y unió su obra a las investigaciones experimentales y teóricas de nuevas formas estructurales que tenían como objeto la reducción máxima de su materia. Con ellas experimentaba largas cuerdas huecas que daban soporte a vigas de gran luz. La torre de Shujov supone, en la investigación del ingeniero francés, la primera cuerda hueca alzada en el cielo de Moscú.

CITY TOWER DE FILADELFIA: CUERDAS PARA AUPAR UNA NUBE METÁLICA EN EL CIELO DE FILADELFIA

Un año después del diseño de la Torre de Shabolovka, el artista ruso Karl Ioganson construye en 1920 su *Gleichgewichtskonstruktion*, construcción en equilibrio. Sus tres barras y siete cables constituyen para David Georges Emmerich, arquitecto e ingeniero húngaro afincado en Francia, la primera protoforma de una estructura de tensión en equilibrio. Los dibujos de aquel prototipo constructivista encausaron la investigación de Emmerich hacia prismas de estructuras tensadas y pretensadas que dieron lugar a su patente de 1965. Al otro lado del Atlántico y de forma independiente, Buckminster Fuller investigaba también este nuevo tipo de estructuras de integridad tensional. En 1955 Fuller descubre y designa una nueva relación estructural determinada por el continuo y finitamente cerrado comportamiento de sus elementos traccionados (Gómez Jáuregui, 2007). Así acuña el término *tensegrity*, que deviene de la contracción de *tensional integrity* (Fuller, 1961).

Estas investigaciones, descubrimientos y construcciones concurrentes de estructuras de tensegridad a ambos lados del Atlántico, destinan nuestro viaje estructural hacia América. Louis Kahn, a su vuelta de Roma en 1950, recibe el encargo de la City Tower para desarrollar un proyecto para el Midtown de Filadelfia. Dos años antes había ingresado como profesor a la Universidad de Yale en New Haven. Allí coincide con Buckminster Fuller y sus investigaciones estructurales tensegríticas. Entre 1952 y 1953 Louis Kahn y Anne Tyng proyectan una primera

Esta es una traducción del término inglés “planigons”, aparecido en “The Theory of Planigons”.

FIG 18

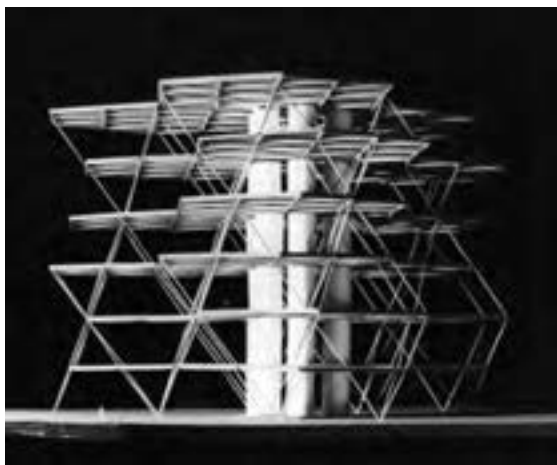
City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Estructura, primera versión, 1952.
*City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Structure, first version, 1952.*
Fuente / Source: Louis I. Kahn Collection,
Architectural Archives, University of
Pennsylvania.

FIG 19

City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Planta intermedia / Mezzanine floor plan.
Fuente / Source: Louis I. Kahn Collection,
Architectural Archives, University of
Pennsylvania.

FIG 20

City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Alzado, primera versión 1952.
*City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Elevation, first version 1952.*
Fuente / Source: Louis I. Kahn Collection,
Architectural Archives, University of
Pennsylvania.

**FIG 18**

versión de su City Tower. Kahn explica que la torre está concebida como el marco de un nuevo sistema espacial de espacios entretejidos de 27 pies de altura³ (fig. 18). El espacio, explica Kahn, emerge desde una membrana de geometría triangular que se agrupa en torno a la circulación vertical, dejando el resto del espacio libre de apoyos para contener tiendas, oficinas y otros espacios de trabajo. La columna central dentro de aquel espacio libre sería una marcada entrada para exposiciones, espacios del auditorio o salas de reuniones (Ronner & Jhaveri, 1994).

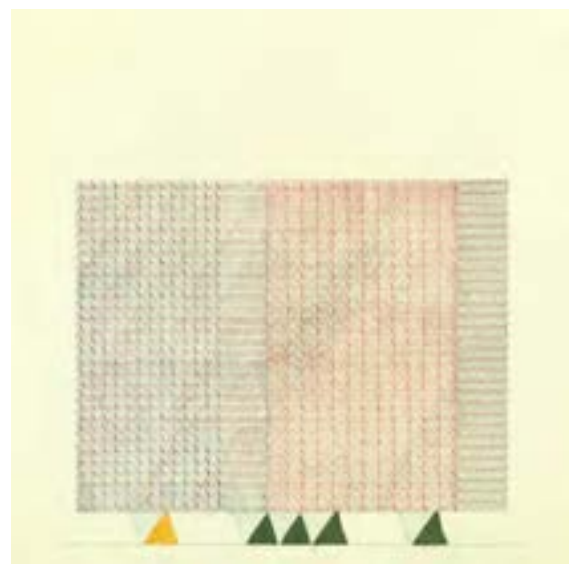
Kahn y Tyng diseñan la torre como un marco espacial de habitación geométrica. Su estructura tetraédrica, que hace suya aquella integridad tensional de Fuller, garantiza el orden de una quimérica nube metálica. La nube, como todo la arquitectura kahniana, está construida por polígonos y poliedros que definen la envolvente y el espacio que descansa sobre ellos. El orden es el reflejo de una fuerza intrínseca que los interrelaciona. Pero, ¿quién impone ese orden? Para Rafael Moneo la respuesta es clara: el orden es dictado por la geometría (Moneo, 2001). La influencia de la geometría tetraédrica investigada por Fuller es visible en la evolución del proyecto de Kahn y Tyng: primero en la estructura de los planos horizontales, después en la geometría de su estructura vertical y finalmente en la concepción estructural del edificio en la versión final de la torre (Cacciatore, 2011).

En el interior de esta nube tejida, Kahn y Tyng

construyen un lugar propio. Una nube habitada por la manipulación de la luz que hace de ella un verdadero jardín luminoso. En su interior, cristalizado en forma de aquellos poliedros que definen el marco espacial que habita el hombre, se logra la transformación lumínica de un perímetro variable. Esta mutabilidad ofrece a su ocupante, como lo hizo El Bosco en su *Jardín de las Delicias*, la aventura de descubrir nuevas y desconocidas habitaciones. En el entretejido de la nube subyace una luz pensada que devela en aquel espacio su vocación de ser habitación. El orden de esta geometría se descubre entonces como herramienta conceptual de habitación (Jovanovic Weiss, 2011).

La estructura, desde su triangulación interior, se extiende hacia el exterior hasta alojar y apoyarse en un mallado perimetral. Su entretejido dibuja y construye la forma ondulante de su límite: una nube de varias nuevas nubes. El perímetro, también estructural, resulta ser un juego de pliegues y repliegues. Ellos dotan de una capacidad lumínica a su tejido alambrado y este llena de una nueva luz todo el espacio, incluso a su intradós mismo como estructura. Kahn construye su estructura con luz, al menos en un sentido visual; la luz desvela la arquitectura (Moneo, 2001). Este límite, en su plegado y replegado, elabora una nueva luz que se abre de forma variable hacia su interior, de tal forma que ilumina y alumbra el aire que contiene en su interior de forma cambiante. Esto hace del aire alumbrado por el tejido luminoso, un espacio vivo y en permanente cambio.

En el espacio interior, cristalizado en forma de poliedros, habitan seis grupos de dieciocho columnas huecas (fig. 19). Estas columnas comunican verticalmente la torre y dan vida mecánica a todos sus usos, al tiempo que dibujan un vacío en la sección del proyecto que desvela una nueva forma estructural. Los soportes verticales se descubren como parte de los horizontales, resultando una estructura ahuecada (Tyng, 2011). Las columnas tejidas y ahuecadas de Kahn y Tyng se acercan claramente a las cuerdas rígidas y huecas de Le Ricolais. Kahn conocía el trabajo del ingeniero a través de Tyng (Williams, 2001) y no es ninguna casualidad que ella solicitara en 1952 una beca Fulbright para desarrollar su incipiente investi-

**FIG 19****FIG 20**

Equivalente a 8,22 m. 3

FIG 21

City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Sección, versión 1952-1953.
City Tower Philadelphia, Louis Kahn.
Section, version 1952-1953.
Fuente / Source: Louis I. Kahn Collection,
Architectural Archives, University of
Pennsylvania.

FIG 22

Mediateca de Sendai. Croquis de los
principios estructurales preparado por
Toyo Ito para Mutsuro Sasaki, 1995.
*Sendai Mediatheque. Sketches of the main
structure prepared by Toyo Ito for Mutsuro
Sasaki, 1995.*
Fuente / Source: Toyo Ito & Associates,
Architects.



FIG 21

gación de geometrías estructurales con los ingenieros Pier Luigi Nervi y Robert Le Ricolais. Aunque no consiguió la beca, Kahn sí compartió con Le Ricolais un taller de proyectos en la Universidad de Pensilvania a partir de 1955.

Las cuerdas rígidas y huecas de Kahn y Tyng se asoman en el plano del suelo elevando la nube de armazón metálico en el cielo de Filadelfia (fig. 20). Estos ocultos moradores de condición no-humana se descubren como los soportes de una luz que procede de su envolvente metálica. Al arquitecto de Filadelfia le gustaba decir que la arquitectura surge en sí misma cuando los muros son partidos y surgen las columnas, admitiendo la luz y creando un sistema de soporte en un mismo tiempo (Kahn, 1957). La luz que procede de la envolvente estructural se encuentra con aquellas columnas huecas. En las columnas sedimenta una luz que densifica el aire interior hasta hacerlo habitación del hombre.

Las columnas malladas, antes radioeléctricas, ahora lumínicas, proporcionan su luz al espacio interior. Estructura y luz son representaciones de una misma realidad, la nueva habitación. Un encuentro que el mismo Kahn define en su arquitectura como desde el silencio a la luz. La habitación, escribe Kahn en su discurso de aceptación de la Medalla de Oro del AIA en 1971, es el comienzo de la arquitectura. “Es el lugar de la mente. Tú en la habitación, con sus dimensiones, su estructura, su luz responde a su carácter, su aura espiritual, reconociendo que todo lo que el hombre propone y hace se convierte en vida. La estructura de la habitación debe ser evidente en la propia habitación. La estructura, creo, es el dador de la luz” (Kahn, 1971).

Los cuatro armazones horizontales de geometría tetraédrica, sujetos e iluminados por las dieciocho cuerdas rígidas y huecas, retoman la soñada ambición de aquel Globo Cautivo de Henri Giffard (fig. 21). En su nube metálica, Louis Kahn y Anne Tyng se propusieron elevar al hombre del *Midtown* de Filadelfia a un nuevo lugar. Un espacio cuya patria sería el cielo y sus mejores vecinos las nubes que les merodeaban. Todo esto con una estructura de cuerdas rígidas y huecas que los aúpa en el aire para quedar allí. Kahn y Tyng quisieron dar habitación al hombre moderno en un nuevo lugar arquitectónico cuya anatomía era capaz de alcanzar aquella realidad. Su nube de arma-

zón fulleriano, alzada por cuerdas rígidas y huecas, nunca se llegó a construir.

LA MEDIATECA DE SENDAI: LA CUERDA COMO HABITACIÓN DEL CIELO DE SENDAI

En la torre radioeléctrica tejida en el cielo de la antigua villa de Shabolovka o en la luminosa nube de armazón metálico de Kahn y Tyng en Filadelfia, la estructura se espiritualiza. Se redobra en una re-elaboración, re-escritura y re-presentación de sí mismas (Mertins, 1994). Sus anatomías transitan del fenómeno material a la contemplación de un espacio sin materia. Con ellas un nuevo hombre hace habitación de un mismo lugar. Giffard sobrevuela el cielo de París, los ciudadanos de Filadelfia habitan quiméricas nubes y el celoso soldado de Rodchenko se hace guardián de una revolución que toma como patria aquel inalcanzable cielo.

Tras la estela de estas arquitecturas del cielo descubrimos la Mediateca de Sendai del arquitecto japonés Toyo Ito. Su estructura culmina el viaje de Giffard, Shukhov, Kahn y Tyng, logrando una nueva y desmaterializada arquitectura que alcanza finalmente a habitar aquel esquivo cielo. Su espacio sin materia construye la habitación de una nueva patria. Un lugar hecho sólo de aire como lo es el mundo que habitamos.⁴

Ito y el ingeniero Sasaki proyectan como estructura de la Mediateca trece torres de geometría hiperbólica (fig. 22). Son aquellas mismas cuerdas huecas y rígidas que Le Ricolais experimentó en su laboratorio de Filadelfia. Las cuerdas mayores fueron proyectadas con una malla triangulada de tubos que tiende a comportarse como una superficie estructural. Es decir, las torres pueden definirse como la versión esquelética de un hiperboloide. Las otras nueve cuerdas centrales, con menores diámetros, fueron diseñadas como haces de tubos rigidizados por anillos horizontales para evitar problemas localizados de pandeo. En su elevación, las trece cuerdas desvelan un nuevo lugar. Un lugar hecho sólo de aire que cambia el plano del suelo por seis planos en el cielo. Lo que caracteriza el proyecto de la Mediateca de Sendai son las columnas tubulares que soportan las seis hiladas de pisos, afirma el arquitecto japonés (Sasaki, 2001).

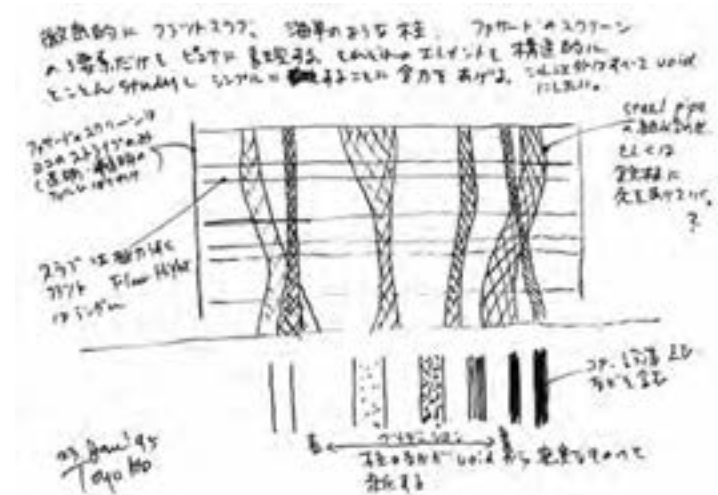
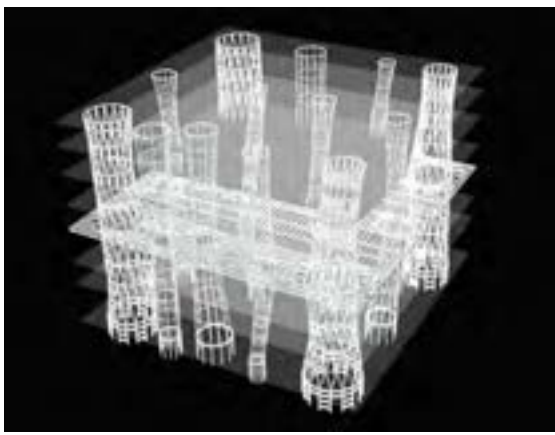


FIG 22

Los 21.000 m² construidos de la Mediateca 4
de Sendai se inauguraron en el año 2000
en la ciudad del mismo nombre en Japón.
El proyecto fue resultado de un concurso
celebrado en 1995.

FIG 23

Mediateca de Sendai, modelo digital de la estructura en su primera fase. Sasaki Structural Consultants, 1995.
Sendai Mediatheque, structural digital model of the first design stage. Sasaki Structural Consultants, 1995.
 Fuente / Source: Toyo Ito & Associates, Architects.

**FIG 23****FIG 24**

Mediateca de Sendai. Imagen incluida en la sección de turismo de la Prefectura de Miyagi.
Sendai Mediatheque. Image featured within the Miyagi Prefecture tourism section.
 Fuente / Source: Toyo Ito & Associates, Architects.

El orden tetraédrico de la estructura entretejida en el cielo de Filadelfia se diluye en el orden orgánico de una nueva contemporaneidad en el cielo de Sendai. Un aire fluido da soporte y vida a las trece cuerdas huecas y sinuosas de Ito (fig. 23). Estas cuerdas estructurales, hiladas con finísimos tubos, retoman la figuración luminosa de aquella *Sophía* que Shujov tejió en forma de torre radioeléctrica en Moscú. Su tensa elevación se transforma en el movimiento ondulado de su nuevo medio líquido, transformando el habitar geométrico de Kahn y Tyng en la consideración de un permanente cambio. Un cambio que nos demanda una nueva cartografía y una nueva visibilidad, propone Ábalos en su *Atlas pintoresco* (Ábalos, 2008).

Pero Ito hace algo más, al igual que Shukov hila el aire. El arquitecto japonés hilvana la estructura sobre un soporte que tiene suficiente densidad como para ser tejido. El hilado blanco de sus trece cuerdas ilumina aquel lugar sin materia. El desplazamiento hacia el interior conserva la luz robada al perímetro. Su blancura se teje en el azul del cielo que llena su ausencia de inmaterial luminiscencia. Con su luminosa presencia alumbra un lugar distinto, un lugar en permanente espera de ser cambiado por un hombre que ya no es aventurero ni revolucionario, sino artista de su propio cambio (Bauman, 2009). El espacio, sin

**FIG 24**

más materia que su propia estructura, se desvela en el movimiento orgánico de sus trece cuerdas. Las columnas tubulares son concebidas como algo que se balancea y danza tal como las algas lo hacen en el agua (Ito, 2005). Las trece cuerdas rígidas y huecas superan finalmente el plano de cubierta para respirar de un cielo que lo llena de luz y vida.

El perímetro casi ausente de la caja y sólo visible por la presencia de un aire de diferente densidad, nos anuncia un nuevo y aéreo habitar (fig. 24). El habitar se ha convertido en un morar casi etéreo que logra aquella levedad tan deseada por los primeros globos aerostáticos de Henri Giffard. ¡Qué fantástico sería si existiera una arquitectura como el viento... una arquitectura que no tuviera forma, ligera como el viento! (Ito, 2000, p. 37).

La Mediateca de Sendai logra, en palabras de Mies, “una estructura arquitectónica como conductora de una fuerza creativa, que ilumina, hace visible y directa las leyes espirituales y físicas que nos permiten habitar y ocupar...” un trozo de cielo (Mertins, 1994). La presencia de estas nuevas estructuras de cuerda rígida y hueca abandona la simple materialidad del hecho constructivo para desvelar el espacio que habita en ellas; surge entonces una nueva materialidad cuya ausencia se hace visible en la condición alambrada de su anatomía. El espacio y la vida que vivimos se han hecho líquidos (Bauman, 2009). El orden axiomático de la modernidad se ha convertido en el diálogo con un mundo en permanente cambio, donde conviven y se suman lo humano y lo no-humano, escribe Ábalos (2008). La estructura, nos descubre entonces Ito, alumbra la posibilidad de habitar un mundo distinto, quizá mejor. Con su sencilla construcción, la Mediateca tiene vocación de convertirse en el arquetipo de una arquitectura completamente nueva (Ito, 1997).

La ocupación del cielo puede pues, ocurrir a través de una nueva realidad empírica. Estas anatomías de cuerda rígida y hueca cumplen el sueño de ser arquitectura hecha sólo de aire. La estructura, en su acción transformadora, se ha convertido en reveladora de un nuevo lugar, aquel lugar al que Giffard ofreció viajar a las puertas de la Exposición de París. Descubrimos entonces que quizá el viaje a esta nueva patria no puede ser representado en sí mismo, pero sí desvelado por la presencia de su estructura. Y es que como dice Walter Benjamin, el mismo que se topó con las torres de Shujov en Moscú, las ideas son a los objetos lo que las constelaciones a las estrellas (Benjamin, 1986). **ARQ**

JAVIER PÉREZ-HERRERAS | Arquitecto y Doctor en Arquitectura, Universidad de Navarra, 1999. En 2002 funda Taller Básico de Arquitectura con Javier Quintana de Uña: un laboratorio de investigación con sedes en Madrid y Pamplona. Su trabajo profesional e investigador ha obtenido numerosos reconocimientos y ha sido expuesto en la Bienal de Venecia, en el RIBA de Londres, en American Institute of Architects de Washington y en los Nuevos Ministerios de Madrid. Entre 2005 y 2009 fue el primer rector de la Universidad San Jorge de Aragón. Actualmente es profesor titular de Proyectos Arquitectónicos en el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.

BIBLIOGRAFÍA

ÁBALOS, Iñaki. *Atlas pintoresco*. V.2. *Los viajes*. Barcelona, Gustavo Gili, 2008.
BAUMAN, Zigmunt. *El arte de la vida. De la vida como obra de arte*. Barcelona, Paidós, 2009.
BENJAMIN, Walter. *Moscow Diaries*. Cambridge, Mass. MIT Press, 1986.
BENJAMIN, Walter. *The Origin of German Tragic Drama*. Londres, Verso, 2003.
BROWNLIE, David y DE LONG, David. *Louis I. Kahn: In the Realm of Architecture*. Nueva York, Rizzoli, 1991.
CACCIATORE, Francesco. *The Wall as Living Place: Hollow Structural Forms in Louis Kahn's Work*. Siracusa, LetteraVentidue, 2011.
CORTÉS, Juan Antonio. "Toyo Ito 2001/2005. Beyond Modernism, Beyond Sendai". *El Croquis*, (123): 21-22, 2005.

CORTÉS, Juan Antonio. *Nueva consistencia. Estrategias formales y materiales en la arquitectura de la última década del siglo XX*. Valladolid, Universidad de Valladolid, 2008.
FULLER, Buckminster. "Tensegrity". *Portfolio and Art News Annual*, (4): 112-127, 1961.
GÓMEZ JÁUREGUI, Valentín. *Tensegridad: Estructuras tensegríticas en ciencia y arte*. Santander, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 2007.
GRAEFE, Rainer y PERTSCHI, Ottmar. "Un ingegnere rivoluzionario: Vladimir Grigorevic Suchoy 1853-1939". *Casabella* (573): 38-58, 1990.
ITO, Toyo. "Mediateca de Sendai". 2G, (2): 26-33, 1997.
ITO, Toyo. *Escritos*. Murcia, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 2000.

JOVANOVIC WEISS, Srdjan. "The Life Geometric. An interview with Anne Tyng". *Domus*, (947): 96-103, mayo de 2011.
KAHN, Louis. "The room, the street and Human Agreement". *AIA Journal*, (56): 33, 1971.
LE RICOLAIS, Robert. *Visiones y Paradojas*. Madrid, Fundación Cultural COAM, 1997.
MAYAKOVSKY, Vladimir. *Listen! Early Poems: 1913-1928*. San Francisco, City Lights Publishers, 1991.
MERTINS, Detlef. *The presence of Mies*. Nueva York, Princeton Architectural Press, 1994.
MONEO, Rafael. "Geometry as Unique Abode". *A&V Monographs* (44): 2-3, 1993.
RONNER, Heinz y JHAVERI, Sharad. *Louis I. Kahn. Complete Works 1935-1974*. Boston, Birkhäuser Basel, 1994.

SASAKI, Mutsuro. *Structure of Sendai Mediatheque*. Toyo Ito, Sendai Mediatheque, Miyagi, 1995-2000.
Tokyo, Global Architecture Detail, GA International ADA Edita, 2001.
SOLOV'YEV, Vladimir Sergeyevich. *Sobranie sochinenii Vladimira Sergieevicha Solov'eva*, (Volúmenes 11-12): 35, 1966.
STRUCTURES CONGRESS (2005, Nueva York). "Vladimir Shujov and the Invention of Hyperboloid Structures", Nueva York, American Society of Civil Engineers, 2005.
TISSANDIER, Albert. *Le grand ballon captif à vapeur de M. Henry Giffard*. París, Masson Editour, 1878.
TYNG, Anne. *Inhabiting the Geometry*. Pensilvania, Institute of Contemporary Art, University of Pensylvania, 2011.
WILLIAMS, Shara. *Louis Kahn's Situated Modernism*. New Haven, Yale University, 2001.

THREE ARCHITECTURES OF RIGID HOLLOW ROPE

JAVIER PÉREZ-HERRERAS | SCHOOL OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, ZARAGOZA, SPAIN.

A NEW FLYING STRUCTURE

In 1878 Henri Giffard proposed a surprising trip at the gates of the Universal Exhibition in Paris. It was an unusual destination that had previously been inaccessible. Aided by a new balloon, the engineer and builder offered to visit the sky of the Tuileries Garden at 500 meters. The balloon basket, as we can see in the architect Alber Tissandier's drawing, measured 6 meters in diameter and was hollowed out inside (fig. 1). The passengers were installed in a circular corridor one meter wide. Sixteen compartments were hidden in a false floor for holding all the necessary articles for the prolonged ascent. The toll for the trip was ten francs.

An ingenious mechanism filled the balloon with hydrogen gas. Being a lightweight entity, it flew into the Paris sky. The interwoven cord structure that joined the balloon to the basket was tensed to hang from there (fig. 2). Giffard himself checked the tensile strength of the cords from the ground with a mechanism designed by him. His testing device was converted into the best formula for calculation (fig. 3). The cord under tension was capable of resisting a tensile force of twenty-five tons –or twice the maximum pressure at its weakest point– (Tissandier, 1878). The rope structure of a tree-like geometry and conical volume was, together with the basket, the only visible element of the artifact (fig. 4), which weighted a little more than three tons.

After reaching the height of 500 meters, a single cord joined it to the city. The cord remained anchored at the extreme end to a deep trench that had been dug in the patio of a palace in ruins. Giffard estimated the maximum tensile force at a hundred thousand kilos that would support this last bond. The suspended room was then, in aeronautical

terms, a "Captive Balloon". The wind in the Paris sky rocked the balloon and its basket, tied to the earth by that last rope (figs. 5 and 6). This traveling room, almost without knowing it, seems to foretell the wind architecture that Toyo Ito would propose a century later.

A giant machine moved by two generators that produced a force of 100 horsepower resolved the return trip. With them, the machine was capable of meeting and overcoming the tensile force of the structure elevated in the sky. Weather permitting, the ascents were done from ten in the morning to six in the afternoon. An orchestra of seventy musicians accompanied the trips that occurred during seventy-two days taking more than 35 thousand visitors to the sky of Paris. It is not difficult to conclude that this room at 500 meters was one of the main attractions of the exhibition.

With this traveling room, Giffard's passengers had been freed from a heavy architecture weighted to the ground, and perhaps also from a ruined era, like the palace they had left behind (fig. 7). From that height, a chronicler of the *Red Bank* tells the exhibition seemed like a toy palace and the thousands of people swarming ants. The chronicler foretold a new country waiting to be inhabited. Traveling towards it, a new architecture flew over the stone buildings of the old city. It was architecture of rope anatomy and devoid of matter (fig. 8). We look at it here.

THREE STRUCTURES OF RIGID ROPE AND VOID

Robert Le Ricolais, another French engineer, was enormously attracted to the rope as structure (fig. 9). The rope, he writes, is a material with high structural performance. Ropes coiled together mutually reinforce their capacity for tensile resistance. Le Ricolais proposed,

as Giffard did to the visitors of the Paris Exhibition, the possibility of occupying the interior of a structure woven with ropes. Who knows of a better structure than a rope? he asked. If we can make a larger scale rope, empty inside, it would work like an extremely thin sheet. And because it was tensed, it would not deform (Le Ricolais, 1997). In this research we address the structure as the visible anatomy where a reality lies waiting to be revealed. A reality that is space without matter. Were they not the ropes of Giffard's balloon the structure of a room hanging in the sky?

From this intangible room and its structure of rope, we propose to identify the architecture born out of this ambition to occupy the sky. Their anatomy is not technological but based on its own technology, generated from the calling to inhabit that elusive heavenly homeland. Unique and unrepeatable anatomies like the one of the space that emerges in each one of them. "Structures of rigid hollow rope" wrote Le Ricolais, which in their intangible lightness reaches something beyond. Weightless things have force by no weight, insisted the French engineer (Le Ricolais, 1997). With them we discover the structure as the contemplation of a space without matter. The structure is then converted into a renovated artistic expression that surpasses the simple functional, economical and logical calculation as an imperative of modern industry.

Thus, we propose three structures with a common place. Structures of rigid rope and void that aspire to a place called heaven. These three structures recover the Hegelian concept of a primitive anatomy. A primitivism that appeals to the most basic and essential, that makes the structure a revelation of the space it inhabits (fig. 10). Therefore we speculate with an idea always dreamed of by man:

to create a home in the sky. These three structures, architectural works, shape the attainment of heaven that Giffard visited hanging from his rope structure.

SHABOLOVKA RADIOELECTRIC TOWER: A ROPE IN THE MOSCOW SKY

On January 29, 1927, Walter Benjamin wandered lost through the streets of Moscow looking for his beloved Asha. On his search down Shabolovka Street he came upon the tower of new radio station (fig. 11). In his Moscow Diary he describes it as a structure very different from the ones he knew. It was not just another paragraph in his travel notebook. In it, Benjamin spoke only marginally of the architecture Post-October Revolution. After the unexpected architectural discovery the German philosopher found his beloved.

The revolutionary Lenin commissioned the tower to the engineer Vladimir Grigórievich Shujov. It was built by coupling hyperbolic baskets whose form had been tested by the engineer two decades earlier as supports for water towers (fig. 12). These diaphanous baskets achieved exceptional resistance and were lightweight. Through the combination of straight elements, in a kind of reinforced taper of bars, he reduced the tendency of this kind of structure to sag. Its upper parts were housed within the lower parts to then be elevated to their position in the new tower (fig. 13).

For this tower the Russian engineer had designed nine hyperbolic coupled sections that reached a height of 350 meters. Its structure surpassed the Eiffel Tower by 50 meters using less than a fourth of the material. Its design, as in the complete set of calculations based on the said hyperbolic geometry and the sizes of the baskets, was completed in February of 1919. However, the two thousand two hundred tons of steel

required to build the 350-meter tall tower were not available. In July of 1919 Lenin decreed that the tower should be built at a height of 150 meters and the steel needed would come from the military stock. The construction of a shorter tower, designed with six stacked hyperboloids began within months (fig. 14). The tower of the Shabolovka neighborhood was completed in March of 1922 (fig. 15).

Shujov's mathematical explorations in the development of horizontal structures led to the development of this new system that was as innovative structurally as it was spatially. His calculations most likely were derived from the work of the mathematician Pafnuty Chebyshev and his new theory of the approximation of functions (English, 2005). Shujov built the double curved, non-Euclidean geometric form with a network of straight steel bars. From this he created a tensile structure, a construction of carrier elements only in tension and without compression or bending. The hyperbolic area of the tower is actually quite similar to the pseudo sphere of Nikolái Lobachevski; with it, Lobachevski illustrated his rebuttal of Euclid's geometry in his postulate of parallel lines.

Through the application of his analytical developments in double-curved structures, ultimately non-Euclidean surfaces, Shujov built an almost unreal reality. Shujov knit another reality in the Moscow air, a reality written by Vladimir Solov'yev, precursor to the poetics and theory of Russian symbolism. The philosopher and poet imagined in an almost mystic thought, the unveiling of an idea of transcendent beauty. He named it *Sophia* and he gave it space in the theory of the spiritual totality of the cosmos. The disappearance of the materiality of the Shabolovka tower that knit an almost surreal surface in the air to the eyes of Euclidean geometry, finally fulfilled Solov'yev's song. A song to a new man that is offered to the universe as its representative and to the sky as fellow comrade: "If desires pass as empty specters/ if the promises are empty words/...and for supreme strength there are no fasteners. If you are discovering the supreme strength ... life is a feat, the truth is brave" (Solov'yev, 1966).

Shujov takes the possibility of braiding into the air this homeland of a national philosophy and mysticism from Russian geometry and mathematics. The man, still incapable of inhabiting the new homeland of his utopia, discovers an intermediate inhabitant for his revolution. This will be an inhuman hero of non-Euclidean geometry. In the Shabolovka tower, Shujov proposes to advance the utopia of an aerial habitat, although still impossible to make a reality in the cloud-support towers of his friend Lissitski. The radio-electric station, capable of fulfilling it in the imagination of Solov'yev's poetry, is now the advocate of all the revolutionary

dreams. The tower is thus converted into the new member of the cosmic revolution. Its biological conception, which began in the cells of the convex polygons² of Lobachevski, is extended and multiplied in the territory of the revolution (fig. 16).

It will be this inhuman inhabitant who will inhabit this homeland for now. The tower dwells on behalf of us all, human and inhuman. His presence paves the way for the new man who will soon arrive thanks to his forced revolution. The tower of radio electric vitality acts and interacts with its other human inhabitants. With the tower, Lenin wanted to communicate Moscow with the provinces of Eastern Russia so as to avoid riots and treason to the equipped revolution. For this objective, Shujov built new towers that extended along the length of the Oka River as a radio electric line (fig. 17). Man and machine formed a new collective. The future was entrusted to the sum of human and inhuman, the figurative and abstract, the poetry and prose, reality and fiction.

Walter Benjamin's trip to Moscow was for him to decide on his incorporation into the revolution. Benjamin, Shujov and many others, perched on an immaterial structure, address a total order and propose a new world. A world that they think they can glimpse from 150 meters in the air. This tower, although unknown in Western Europe, was not lost on Robert Le Ricolais. The French engineer studied the work of Shujov in the 1970's at the University of Pennsylvania and linked his work to the experimental and theoretical observations of new structural forms that had the objective of reducing material to the minimum. He experimented with large hollow ropes that supported large-span beams. Shujov's tower supposes, in the French engineer's investigation, the first hollow rope raised to the sky in Moscow.

CITY TOWER OF PHILADELPHIA: ROPES TO LIFT A METAL CLOUD TO THE PHILADELPHIA SKY

One year after the Shabolovka Tower design, the Russian artist Karl Ioganson built his *Gleichgewichtskonstruktion* in 1920, a balancing construction. The three bars and seven cables make up the first balanced construction. For David Georges Emmerich, Hungarian architect and engineer living in France, the three bars and seven cables make up the first protoform of a tensile structure in equilibrium. The drawings of that constructivist prototype indicted Emmerich's investigation on the prisms of tensioned and pre-stressed structures that led to his patent in 1965. On the other side of the Atlantic and operating independently, Buckminster Fuller also investigated this new kind of structures of tension integrity. In 1955 Fuller discovered and designed a new structural relationship determined by the continuous and finitely closed behavior of tensile elements (Gómez

Jáuregui, 2007). So the term *tensegrity* was coined coming from the contraction of *tensional integrity* (Fuller, 1961).

These concurrent investigations, findings and constructions of tensegrity structures on both sides of the Atlantic, direct our structural journey to America. Louis Kahn, upon returning from Rome in 1950, received a commission to develop a project for Midtown Philadelphia: the City Tower. Two years before he had entered the University of Yale in New Haven as a professor. There he coincided with Buckminster Fuller and his research in tensegrity structures. Between 1952 and 1953, Louis Kahn and Anne Tyng designed the first version of the City Tower. Kahn explains that the tower is conceived as a framework of a new spatial system of interknit spaces 27 feet high (fig. 18). The space, explains Kahn, emerges from a membrane with a triangular geometry that is grouped around the vertical circulation, leaving the rest of the space free of supports to contain stores, offices and other workspaces. The central column within that free space would be an entrance marked for exhibitions, auditorium spaces or conference rooms (Ronner & Jhaveri, 1994).

Kahn and Tyng design the tower as a spatial framework of geometric inhabitation. Their tetrahedral structure, which uses Fuller's tensile integrity, guarantees the order of a chimerical metal cloud. The cloud, like in all Kahn's architecture, is built with polygons and polyhedrons that define the envelope and the space that rests above them. The order is the reflection of an intrinsic force that interrelates them. But who imposes this order? For Rafael Moneo the answer is clear: the order is dictated by the geometry (Moneo, 2001). The influence of the tetrahedral geometry researched by Fuller is visible in the evolution of Kahn and Tyng's project: first in the structure of the horizontal planes, later in the geometry of its vertical structure, and finally in the structural conception of the final version of the tower (Cacciatore, 2011).

Inside this woven cloud, Kahn and Tyng build a particular place. A cloud that becomes a luminous garden due to the manipulated light that occupies it. In its interior, crystallized by the polyhedrons that define the spatial frame that man inhabits, the light transformation is achieved in the variable perimeter. This mutability offers the occupant, as Bosch did in his *Garden of Delights*, the adventure of discovering new and unknown rooms. In the woven cloud moves a light conceived to reveal within that space the call to inhabit. Its geometric order becomes a dwelling conceptual tool (Jovanovic Weiss, 2011).

The structure, from its triangular interior, extends outward until it rests on the perimeter mesh. The weave draws and constructs the wavy form of its border: a cloud of many new clouds. The perimeter, also structural, turns

out to be a game of creases and folds. They create the luminous output of a wire knit that fills the whole space with a new light, even the thickness of its own structure. Kahn builds his structure with light, at least in a visual sense; the light reveals the architecture (Moneo, 2001). This border in its creases and folds, elaborates a new light that opens variably toward the interior in such a way as to illuminate and light up the air contained within in a changing way. This makes the bright air of the luminous weave, a live space in permanent change.

In the inner space, crystallized in polyhedrons, are six groups of eighteen hollow columns (fig. 19). These columns connect the tower vertically and give mechanical life to all its uses while drawing a void in the area of the project that reveals a new structural form. The vertical supports are discovered as part of the horizontals, resulting in a hollow structure (Tyng, 2011). Kahn and Tyng's knit and hollow column are clearly similar to the hollow, rigid ropes of Le Ricolais. Tyng introduced Kahn to the work of the engineer (Williams, 2001) and it is not coincidence that she applied for a Fulbright scholarship in 1952 to develop her nascent research on geometric structures with the engineers Pier Luigi Nervi and Robert Le Ricolais. Although she did not receive the scholarship, Kahn taught a project studio together with Le Ricolais at the University of Pennsylvania starting in 1955.

Kahn and Tyng's rigid, hollow ropes appear on the ground plane elevating the metal cloud in the Philadelphia sky (fig. 20). These hidden, inhuman inhabitants are discovered as the supports for a light that arises from its metal envelope. The Philadelphian architect liked to say that architecture comes into itself when the walls are split and the columns rise out, admitting light and creating a structural system at the same time (Kahn, 1957). The light proceeding from the structural envelope is where the hollow columns are found. The light emitted from the structural envelope meets those hollow columns. A light settles in the columns and provides density to the interior air until it becomes dwelling space.

The meshed columns that were previously radio electric are now light wells; they provide light to the interior space. Structure and light are representations of the same reality, the new room. A union that Kahn himself defined in his architecture as from the silence to the light. The room, writes Kahn, in his acceptance speech

for the AIA Gold Medal in 1971, is the beginning of architecture. "It is the place of the mind. You in the room with its dimensions, its structure, its light respond to its character, its spiritual aura, recognizing that what ever the human proposes and makes becomes a life. The structure of a room must be evident in the room itself. Structure I believe is the giver of light" (Kahn, 1971).

The four horizontal tetrahedral frames, subjected and illuminated by the eighteen rigid and hollow ropes, take up the dreamed ambition of that Captive Balloon by Henri Giffard (fig. 21). In its metal cloud, Louis Kahn and Anne Tyng proposed elevated to man from *Midtown* Philadelphia to another place. A space whose homeland would be the sky and its best neighbors the clouds that roamed around them. All with a structure of rigid, hollow ropes that take them up in the air to remain there. Kahn and Tyng wanted to give the modern man a room in the new architectonic place whose anatomy was capable of attaining that new reality. His Fullerian frame cloud lifted up by rigid, hollow ropes was never built.

THE SENDAI MEDIATEQUE: THE ROPE AS SPACE IN THE SENDAI SKY

In the woven radio tower in the sky of the old village of Shabolovka or in the luminous metal cloud of Kahn and Tyng in Philadelphia, the structure is spiritualized. It is doubled over in a re-development, re-writing and representation of itself (Mertins, 1994). Its anatomy passes from the material phenomenon to the contemplation of a matter-less space. With this, a new man makes a room of a place that is already there. Giffard flies over the Paris sky, the citizens of Philadelphia inhabit chimerical clouds and Rodchenko's jealous soldier becomes the guardian of a revolution that claims the unreachable sky as its country.

In the wake of these sky projects, we discover the Sendai Mediateque by the Japanese architect, Toyo Ito. His structure draws together the journeys of Giffard, Shukov, Kahn and Tyng to achieve a new and dematerialized architecture that finally achieves a room in that elusive sky. His matter-less space builds a room for the new country. A place made only of air just like the world we inhabit.³

Ito and the engineer Sasaki designed the structure of the Mediateque as thirteen hyperbolic towers (fig. 22). They are the same rigid, hollow ropes that Le Ricolais experimented with

in his laboratory in Philadelphia. The larger ropes were designed with a triangular mesh of tubes that behave as a structural surface. That is, the towers can be defined the skeletal version of the hyperboloid. The other nine central ropes, with smaller diameters, were designed as tube bundles made rigid by horizontal rings to avoid buckling problems. In elevation, the thirteen ropes reveal a new place. A place made only of air that exchanges the ground plane for six planes in the air. What characterizes the Sendai Mediateque is the group of tubular columns that support the six rows of floors, states the Japanese architect (Sasaki, 2001).

The tetrahedral order of the woven structure in the sky of Philadelphia is diluted in the organic order of a new time in the Sendai sky. A fluid air gives support and life to Ito's thirteen sinuous hollow ropes (fig. 23). These structural ropes, lined with fine tubes, resume the luminous figurations of that *Sophia* that Shujov knit in the form of a radio tower in Moscow. His tense elevation is transformed in the wavy movement of its new liquid medium, transforming the geometric inhabitation of Kahn and Tyng in the consideration of a permanent change. A change that demands a new map and a new visibility from us, proposes Ábalos in his *Picturesque Atlas* (Ábalos, 2008).

But Ito does something more, just like how Shujov spins the air. The Japanese architect tacks the structure on a support with sufficient density to be woven. The white rope of thirteen threads illuminates that matter-less place. The displacement toward the interior conserves the light stole from the perimeter. Its whiteness is knit in the blue of the sky that fills its absence with immaterial luminescence. It lights up a different place with its luminous presence, a place in a permanent state of waiting to be changed by a man that is no longer neither adventurer nor revolutionary, but the artist of his own transformation (Bauman, 2009). The space, with no more matter than its structure, is unveiled in the organic movement of its thirteen ropes. The tubular columns are conceived as something that is balanced and dances like the algae moves in the water (Ito, 2005). The thirteen rigid and hollow ropes finally overtake the roof plane to breathe the heavens that fill them with light and life.

The almost absent perimeter of the box and only visible by the presence of an air of a different density announces

a new aerial inhabitation (fig. 24). Inhabitation is converted into an almost ethereal dwelling that achieves that lightness so desired by the first aerostatic balloons by Henri Giffard. It would be fantastic if there existed architecture like the wind... an architecture that would have no form, and light like the wind! (Ito, 2000, p. 37).

The Sendai Mediateque achieves, in Mies' words, "an architectonic structure as the driver of a creative force that illuminates, makes visible, and directs the physical and spiritual laws that permit us to occupy and inhabit..." a piece of heaven (Mertins, 1994). The presence of these new rigid rope structures abandon the simple materiality of the act of construction to reveal the space living within it; a new materiality then arises whose absence is exposed in the framed condition of its anatomy. The space and life that we live has been turned into liquid (Bauman, 2009). The axonometric of modernity has become the dialogue with a world in permanent change, where the inhuman and human live together, writes Ábalos (2008). The structure, Ito then discovers for us, lights the way for the possibility of living in a different, perhaps better, world. With its simple construction, the Mediateque has been called to become the archetype of a completely new architecture (Ito, 1997).

The occupation of the sky can then occur through means of a new empirical reality. This rigid, hollow rope anatomy fulfills the dream of being architecture made only of air. The structure, in its transformative action, has become the revealer of a new place, that place that Giffard offered as a destination at the gates of the Paris exhibition. Then we discovered that perhaps the journey to this new homeland cannot be represented but could be revealed through the presence of its structure. As Walter Benjamin said when he came upon Shujov's towers in Moscow, ideas are to objects as constellations are to stars (Benjamin, 1986). **ARQ**

Notes

¹ "The largest balloon ever made" was the name of this chronicle published in New Jersey by the *Red Bank Register* newspaper on Thursday, August 22, 1878.

² This is the translation of the English term "planigons", which appeared in "The Theory of Planigons".

³ With an area of 21.000 m² the Sendai Mediateque was opened in 2000 in the city of Sendai in Japan. The project is the outcome of an architectural competition organized in 1995.

JAVIER PÉREZ-HERRERAS | Architect and Doctor of Architecture, Universidad de Navarra, 1999. In 2002 he founded the Basic Architecture Studio with Javier Quintana de Uña: a research laboratory with centers in Madrid and Pamplona. His professional and investigative work has obtained much recognition and has been exhibited in the Venice Bienal, in the London RIBA, in the American Institute of Architects of Washington and the New Ministries of Madrid. Between 2005 and 2009 he was the first rector of the Universidad San Jorge de Aragón. Currently he is professor of Architectural Projects at the Universidad de Zaragoza Department of Architecture.