



80 años de Frei Otto



©Ingenhoven und Partner Architekten, Düsseldorf

Frei Otto es uno de los arquitectos alemanes más importantes de la segunda parte del siglo XX. Sus más de cincuenta años de carrera han, en gran medida, estado dedicados a la investigación y desarrollo de las estructuras ligeras y las cubiertas suspendidas, de gran reconocimiento en todo el mundo, algunas de ellas, de madera, de las cuales hablamos a continuación. Este año el arquitecto cumple 80 años y ha sido homenajeado con una exposición de su obra en el Museo de Arquitectura de Munich. El catálogo que se ha publicado con esta ocasión es un amplio libro que resume la obra completa de Frei Otto.

Texto:

Nelly Malmanger

München)

Gisela Graf, Birkhäuser - Publishers for Architecture

Fuente:

Frei Otto - Complete Works
Leight Weight Construction, Natural Design
Editorial: Birkhäuser - Publishers for Architecture, Basel-Boston-Berlín, 2005

Agradecimientos

Irene Meissner, Museo de Arquitectura, Munich (Architekturmuseum TU

BIOGRAFÍA

31 de mayo 1925

Frei Otto nace en Siegmarsdorf, Sajonia, de padre y abuelo escultores, infancia y juventud en Berlín, entra en la escuela Schadow en Berlin-Zehlendorf; aprendiz en albañilería de piedra durante las vacaciones escolares; piloto de avión planeador.

1943

Empieza sus estudios de arquitectura en el «Technische Hochschule Berlin» (desde 1946 Universidad Técnica de Berlín).

1943-45

Servicio militar: piloto de avión de escuadrilla de combate.

1945-47

Prisionero de guerra en Francia cerca de Chartres; arquitecto del campo.

1948-52

Estudios de arquitectura en la Universidad Técnica de Berlín; el profesorado incluye a Hans Freese, Hellmuth Bickenbach y Gerhard Jobst.

1950-51

La Fundación Académica Nacional de Alemania le concede una beca; viaje de estudios a los EEUU para estudiar los trabajos de Frank Lloyd Wright, Fred N. Severud, Erich Mendelsohn, Eero Saarinen, Ludwig Mies van der Rohe, Richard Neutra, Charles y Ray Eames;

Estudios de sociología y desarrollo urbano en la Universidad de Virginia, Charlottesville.

1952

Graduado de la Universidad Técnica de Berlín. Trabaja como arquitecto *freelance* en Berlín, funda su propio estudio de arquitectura.

1953

Empieza su tesis doctoral «Das hängende Dach» (El techo suspendido).

1954

Doctorado en ingeniería civil en la Universidad Técnica de Berlín. Su tesis «El techo suspendido. Forma y estructura» se publica en alemán, polaco, español y ruso.

Empieza a trabajar con el «productor de tiendas» Peter Stromeyer en L. Stromeyer & Co.

1955

Tienda de cuatro puntas para la Exposición Federal de Jardinería en Kassel, primera construcción de una superficie minimal y con forma «de silla de montar» (paraboloide hiperbólico).

1958

Fundación del Instituto para el desarrollo de Construcciones Ligeras (Entwicklungsstätte für den Leichtbau, EL) un pequeño instituto privado; estudio Berlin-Zehlendorf; Profesor invitado en la Universidad de Washington, St. Louis, EEUU.

1959

Conferenciante invitado en la Universidad de Diseño (Hochschule für Gestaltung HfG.) en Ulm.

1960

Profesor visitante en la Universidad de Yale, New Haven, EEUU.

1961



Trabaja como asistente para Peter Poelzis en la Universidad Técnica de Berlín; seminario: Construcciones ligeras. Conoce a Johann-Gerhard Helmcke (1908 - 1993), profesor de biología y antropología.
Fundación de un grupo de investigación sobre biología y construcción en la Universidad Técnica de Berlín; inicio de trabajos cooperativos entre arquitectos, ingenieros y biólogos.
1962
Publicación de Estructuras Tensadas, Diseño, Estructura y cálculo de cables, redes y membrana. Primer volumen (publicado en alemán, inglés, húngaro y ruso).
Seminario especial sobre construcciones minimales en la Universidad Técnica de Berlín. Profesor visitante en la Universidad de California, Berkeley, EEUU, El Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), Cambridge, EEUU y La Universidad de Harvard, Cambridge, EEUU.
Seminario en la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
1964
Fundación del Instituto para Estructuras Ligeras (Institut für leichte Flächentragwerke, IL) en la Universidad de Stuttgart. Frei Otto es nombrado su director, en términos organizatorios el IL estuvo vinculado al departamento de ingeniería de construcción en la facultad de ingeniería civil y estructural.
1965
Nombrado profesor honorario en la Universidad de Stuttgart; seminario en el Instituto Nacional de Diseño, Ahmedabad, India.
Comisionado IL por el gobierno alemán para liderar las investigaciones relacionadas con la planificación del pabellón alemán en la Exposición Universal en Montreal.
1966
Publicación del segundo volumen de Estructuras Tensadas, Prototipos (en Stuttgart - Vaihingen) para el pabellón alemán en Montreal.
1967
El pabellón alemán en la Expo-67 en Montreal, en colaboración con Rolf Gutbrod; triunfo internacional como arquitecto e ingeniero de diseño.
Ampliación del prototipo para un instituto permanente de investigación.
Recibe el Premio de Arte de la Ciudad de Berlín, Recibe el Premio Perret de la Unión Internacional de Arquitectos (junto con Rolf Gutbrod)
La facultad de ingeniería civil y estructural de la Universidad de Stuttgart se divide en departamentos; IL formará parte del Departamento de Ingeniería Estructural.
1968
«Honorary Fellow» del Instituto Americano de Arquitectos.
Comisionado de IL por el «Olympiabaugesellschaft» en Munich (formado por el gobierno alemán, la provincia de Baviera y la ciudad de Munich) para construir modelos de medición para la cubierta del estadio deportivo principal en el Parque Olímpico de Munich.
Preparación para el establecimiento del Proyecto

Especial de Investigación (SFB) 64 «Estructuras ligeras de gran luz» en la Fundación Alemana de Investigación (DFG).
1969
Fundación del Estudio Warmbronn de arquitectura, Frei Otto con Ewald Bübner; desde 1986 Atelier Frei Otto Warmbronn.
1970
Miembro de la Academia de Arte de Berlín.
1971
Dirige las clases de arquitectura en la Academia de Verano de las Bellas Artes, Salzburgo, Exposición individual en el Museo de Arte Moderno de Nueva York (MoMA).
En 1975 y 1977 la exposición, rediseñada, viajó a EEUU, Europa, Asia y Australia.
1973
Doctor honorario en la Universidad de Washington, EEUU.
1974
Recibe el Premio Thomas Jefferson y la Medalla de Arquitectura de la Universidad de Virginia, Charlottesville, EEUU.
1976
Profesor en la Universidad de Stuttgart
1977
Profesor honorario en la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Peru.
1978
Premio Hugo -Häring (junto con Carlfried Mutschler y Joachim Langner) por la Nave de Mannheim.
1979
Seminarios en Singapur e Indonesia
1980
Doctor honorario de Ciencia, Universidad de Bath, Inglaterra.
Premio Aga Khan de Arquitectura (junto con Rolf Gutbrod) para el centro de conferencias en Mecca, Arabia Saudita, Seminarios en Australia.
1981
La exposición Construcciones Naturales, organizada por el Instituto para las Relaciones Internacionales, de Stuttgart, se expone en los Institutos Goethe en cerca de 80 países.
Preparaciones para un nuevo proyecto de investigación sobre el tema «Construcciones Naturales».
1982
Recibe la Medalla de investigación y técnica por la Académie d'Architecture, Paris.
«Honorary Fellow» en la Royal Institute of British Architects (RIBA), Londres.
Recibe el Gran Premio y la medalla de oro de la Asociación de Arquitectos Alemanes (BDA).
1983
Exposición y seminario «Construcciones Naturales» en el museo de Shussev, Moscú.
1984
Miembro fundador del Proyecto 230 de Investigación Especial «Construcciones naturales - construcciones ligeras en arquitectura y naturaleza» en la Fundación Alemana de Investigaciones (DFG); instituciones que

participaron: las universidades de Stuttgart, Tuebingen, Saarland y Hohenheim; el proyecto alemán de investigación interdisciplinar más importante jamás realizado: arquitectos, ingenieros, biólogos, científicos del comportamiento, paleontólogos, morfólogos, físicos, teóricos del caos, médicos, historiadores y filósofos.
1985
Continúa en activo en SFB 64 (1971-1985) y SFB 230 (1984-1995).
1986
«Honorary Fellow» por el Colegio Profesional de Ingenieros Estructurales, Londres.
1990
Doctor Honoris Causa en la Universidad de Essen, Alemania.
1991
Profesor Emérito
1992
Exposición para el Premio Werkbund: «Encontrar la Forma» (Gestalt finden). Frei Otto y Bodo Rasch en la Villa Stuck, Munich.
1995
Finalización del Proyecto 230 de Investigación Especial «Construcciones naturales»
Profesor visitante en el «Staatliche Hochschule für Gestaltung», Karlsruhe
1996
Gran Premio de la Asociación Alemana de Arquitectos e Ingenieros, Berlin
1998
Premio Aga Khan de Arquitectura (junto con Omrania y Happold) por el Club Diplomático en Riyadh, Arabia Saudita
2005
Medalla Real de Oro del Instituto Real de Arquitectos Británicos (RIBA)
Doctor Honoris Causa por la Universidad Técnica de Munich.
Exposición de la obra completa de Frei Otto en el Museo de Arquitectura en Munich, Alemania
Residencia y estudio en Warmbronn, cerca de Stuttgart
Diseño: Atelier Warmbronn: Frei Otto con Rob Krier, 1967
Cliente: Frei Otto
Construcción: 1968-69



©Werner Huthmacher, Berlín

Instituto para estructuras ligeras en Stuttgart

Diseño: Frei Otto con Berthold Burkhardt, Friedemann Kugel, Gernot Minke, Bodo Rasch, 1967

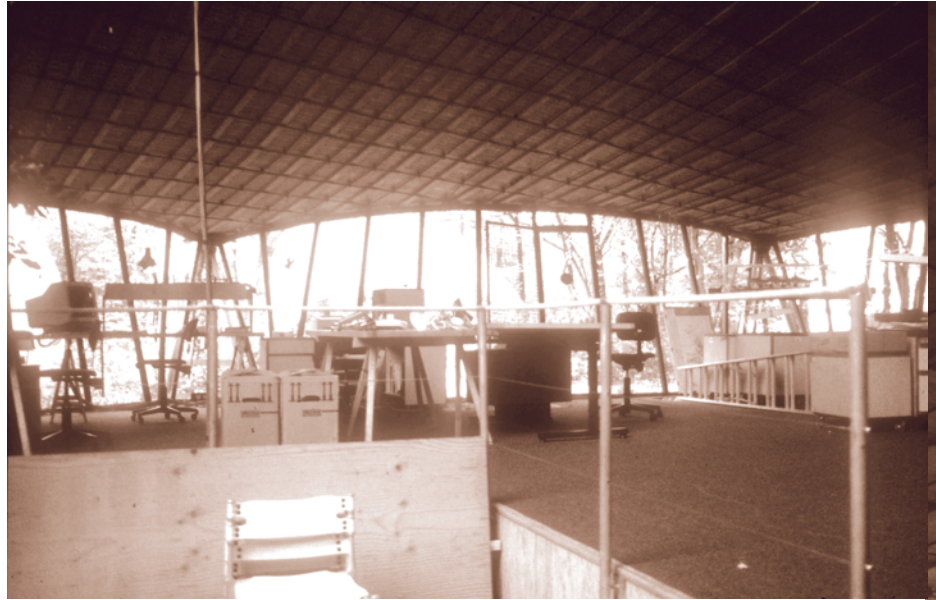
Ingeniería: Fritz Leonhardt con Harald Egger
Construcción: 1966-67

En su inicio este edificio se construyó como estructura de ensayo para el pabellón alemán de la Expo Montreal 67. Utilizando este modelo a escala real, Frei Otto podía desarrollar y testar los métodos de instalación de la cubierta y otros muchos detalles. La estructura ensayada cubría 460 metros cuadrados, un 6 % del tamaño del pabellón de Montreal.

Dos redes simétricas anticlásticas - con forma de silla a montar - cuelgan a cada lado de un mástil de 17 m de altura y de 42 cm de grosor. Entre las redes hay un gran ojo cubierto por una tercera red. Las dos redes principales están limitadas por cables y sujetadas con pernos de anclaje por 12 caballetes tubulares de acero con la altura de un hombre.

En 1967, cuando la construcción ya había servido como modelo de ensayo, Frei Otto la transformó en un edificio del Instituto.

Para acomodarla al nuevo uso fue aislada y cubierta en el interior con paneles de madera. El ojo se mantiene transparente con paneles de vidrio acrílico, permitiendo el uso de la energía solar. Las paredes exteriores son de cristal. La estructura del tipo



tienda contiene elementos del sistema de terraza que se desarrolló para la Expo así como sillas y otros muebles de la serie que se fabricó para la misma a partir de los diseños de Frei Otto. Esta estructura experimental recibió grandes elogios en los años 1970 como edificio de investigación. En los años 1990 fue renovado por Bodo Rasch, un antiguo miembro del IL. A diferencia de muchos de los edificios efímeros de Frei Otto, esta tienda todavía existe y permite a los visitantes experimentar la atmósfera de un edificio con una gran cubierta de malla. Otro elemento singular del edificio es el pavimento de adoquines de madera. Actualmente, Werner Sobek, el sucesor de Frei Otto al frente del instituto IL (conocido hoy como ILEK), da clases sobre métodos para construcciones ligeras.

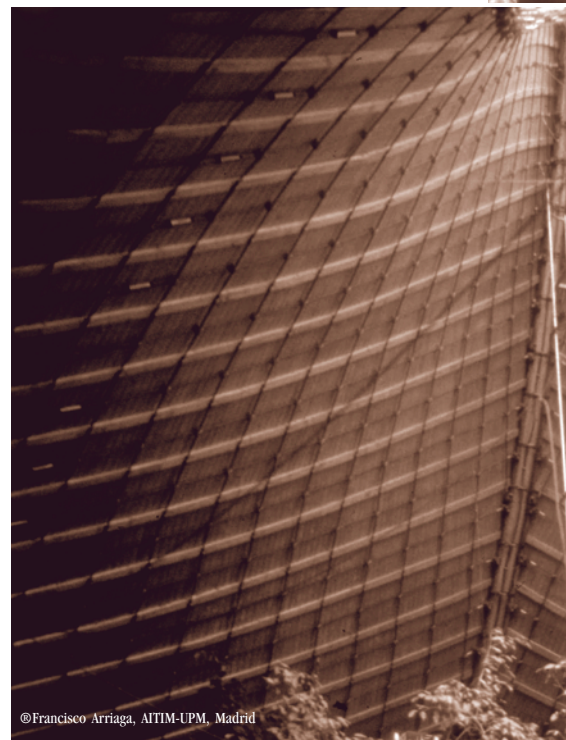
Residencia y estudio en Warmbronn, cerca de Stuttgart

Diseño: Atelier Warmbronn: Frei Otto con Rob Krier, 1967

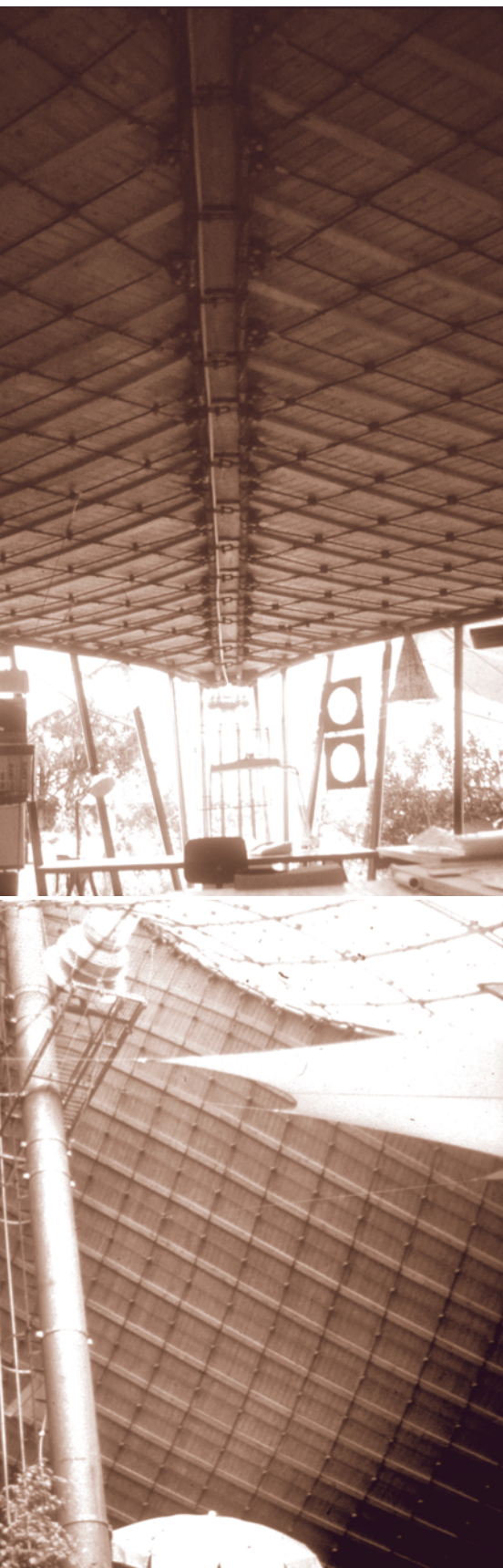
Cliente: Frei Otto

Construcción: 1968-69

La casa-estudio de Frei Otto es un experimento basado en largos estu-



©Francisco Arriaga, AITIM-UPM, Madrid



©Architekturmuseum TU München

dios previos. Estos incluyen la investigación de Frei Otto en temas como insolación y control climático así como las experiencias adquiridas mediante los modelos de casas y estudios experimentales construidos en los años 1950.

Se trata de dos edificios separados, conectados por una escalera dotada de varias curvas. Las distintas zonas están organizadas alrededor de un jardín verde perenne, como edificios alrededor de una plaza o un patio. El elemento dominante es una larga fachada de cristal. Desde un armazón realizado con dos entramados inclinados de troncos de abeto en bruto se encuentran sujetadas vigas de madera sirviendo como correas que dan soporte a la estructura ligera del tejado secundario, realizado este último con perfiles de acero galvanizado y acristalado. Un toldo interior da sombra y varias aberturas de ventilación y un gran portal aseguran la ventilación. La zona acristalada se calienta (para proteger las plantas) con ventilador, aunque sólo si la temperatura se sitúa por debajo de 8 grados. Las zonas de los niños y las de los padres tienen en el lado sur del edificio

una doble fachada de cristal -exterior e interior- formando un amortiguador climático para las estancias que se encuentran detrás. Estas últimas están cerradas con paneles de madera en el lado norte. Las zonas de estar y las habitaciones pueden separarse mediante paredes correderas recordando la arquitectura japonesa. En la segunda planta las zonas están conectadas por una terraza con plantas.

El conjunto de este estudio y residencia representa una síntesis arquitectónica entre el hombre y la naturaleza. El sol sirve como fuente natural de energía mientras que las plantas representan un sistema natural de control climático. Además el proyecto toma en consideración todos los aspectos de unos espacios residenciales, las distintas funciones de cada zona, el uso de elementos flexibles y el hecho de vivir con plantas en el interior. La casa se mantiene sin cambios y representa un manifiesto físico de la idea de Frei Otto sobre una arquitectura en armonía con la naturaleza.



arquitectura



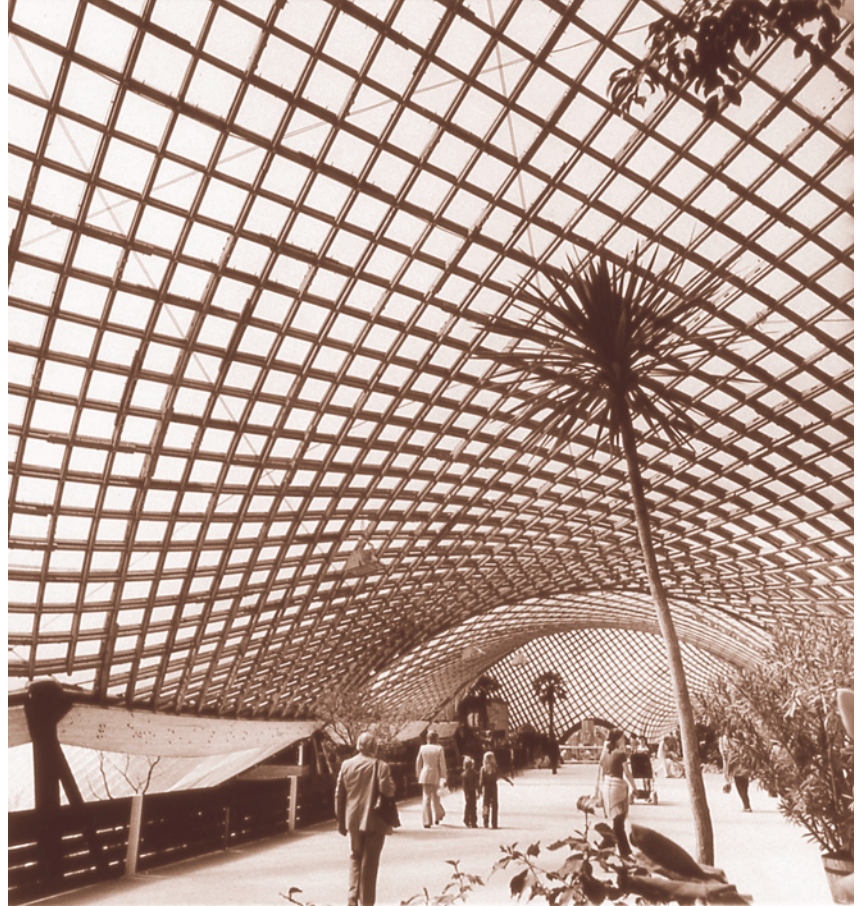
©Lufbildarchiv Brugger, B-W



©DAM, Frankfurt am Main



©Atelier Frei Otto Warmbronn



Techo para una nave multiuso en Mannheim.

Diseño de la Nave: Carlfried Mutschler, Joachim Langner, Dieter Wessacon Winfried Langner, 1970-1974

Cliente: Bundesgartenschau Mannheim GmbH
Consultores para la estructura: Atelier Warmbronn: Frei Otto y Ewald Bubner con Matthias Banz, Jean Goedert, Alf von Lieven, Georgios Papakostas, 1972-1974.

Ingeniería de la celosía de la cáscara: Ove Arup & Partners - Structures 3, Londres: Edmund (Ted) Happold

Construcción: 1974-1975

El pabellón de la Expo en Montreal y las cubiertas olímpicas en Munich dieron fama mundial a las estructuras ligeras de Frei Otto. En 1975, con la Nave en Mannheim se produjo un gran revuelo internacional. Aunque se trata igualmente de una estructura ligera, esta última difiere de los dos primeros en su aspecto y en el funcionamiento de la estructura.

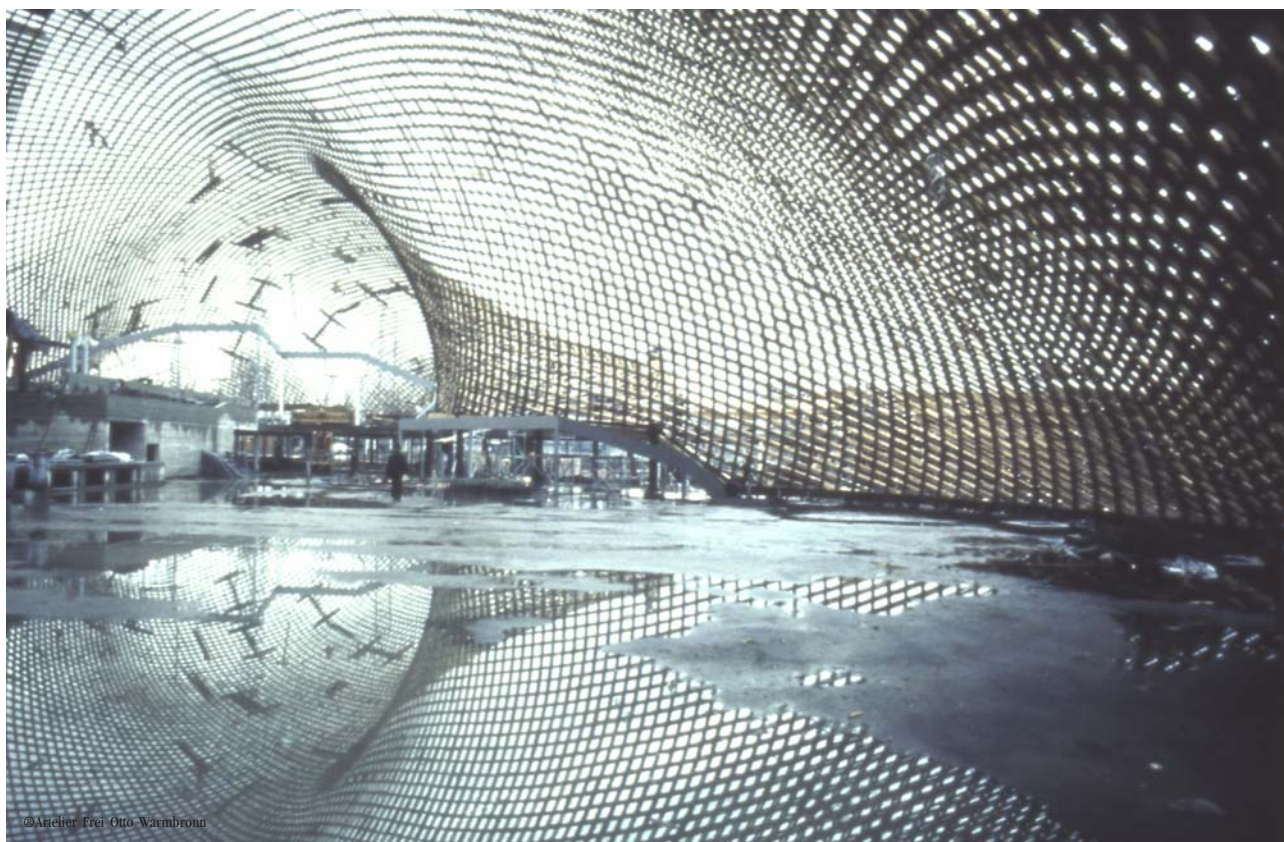
Después de haber ganado el proyecto

para construir una nave de multiuso para la Exposición Federal de Jardinería en Mannheim (Alemania), los arquitectos Mutschler y asociados abandonaron

rápidamente la idea inicial de un tejado formado por parasoles sostenidos por globos. Al acordarse de la construcción ligera que Frei Otto construyó para la Nave en 1962,



©Joachim Langner, Ludwigshafen





propusieron a Otto diseñar la cubierta de la Nave.

Para Frei Otto el proyecto fue una oportunidad bien recibida de aplicar y testar los resultados de investigaciones sobre bóvedas de celosía, llevados a cabo bajo su dirección por parte de un grupo alemán-japonés de investigación en el Instituto para Estructuras Ligeras, en la Universidad de Stuttgart. El ahora famoso modelo suspendido de la nave fue creado mediante un trabajo meticuloso y elaborado: una red de finas cadenas dejado a su propio peso en las tres dimensiones. Invertiendo el modelo suspendido a tracción se determinó la forma de la cáscara. A partir del modelo suspendido los planos de construcción fueron elaborados electrónicamente mediante sofisticados programas informáticos y los datos de la medición fueron comparados con los del modelo suspendido.

Aún más compleja fue la tarea de demostrar la estabilidad estructural. Finalmente se llevó a cabo bajo la dirección de Ted Happold del estudio Londinense de ingeniería Structures 3, ideando un concepto sofisticado para calcular y dimensionar una estructura de tal grado de innovación.

Frei Otto utiliza el término «grid-shell» - cáscara de rejilla- para una rejilla compuesta por listones de madera de doble curvatura mediante una curvatura de los listones y una torsión angular en los puntos de intersección. Un efecto cáscara de soporte se obtiene previniendo futuros cambios en el ángulo entre los listones. Invertiendo su modelo de catenaria. Frei Otto creó la superficie de soporte, que es capaz de dispersar su carga permanente sin momentos flectores, mediante sólo resistencia a compresión.

Sin embargo, el sistema no siempre resulta ideal: hay elementos ajenos como la carga de nieve o viento que interfieren en las estructuras ligeras, deformándolas. En las estructuras ligeras estas cargas ajenas se distribuyen de manera distinta respecto a la

carga permanente. Los únicos puntos fijos en una estructura ligera son los extremos sujetos. La celosía responderá a las cargas con unos cambios mayores en su cuerpo si no se introduce una rigidez adicional mediante elementos dispuestos diagonalmente en la celosía. Los proyectistas finalmente consiguieron reducir las deformaciones mediante la rigidización de los puntos de intersección e introduciendo elementos diagonales de tracción. La solución final fue dos celosías superpuestas, fijando la una con la otra. Para verificar la estática de la estructura, los ingenieros no podían servirse de los ordenadores debido a la inusual forma del edificio y finalmente acudieron a un ensayo de carga mediante sacos de arena.

Domo de listones en La Feria Alemana de Construcción 1962, Essen, Alemania

Diseño: Frei Otto, con John Koch, Eva Pietch, Bernd - Friedrich Romberg, 1962

Construcción: 1962

Si una cadena está suspendida por dos puntos, su forma será determinada por la ley natural de la gravitación. La gravedad regula la curva catenaria. Ya en el siglo XIX Antonio Gaudí construía arcos y bóvedas desarrollados según esta teoría, que obtenía invirtiendo la curva catenaria en una línea de empuje. Frei Otto, había estado impulsando el desarrollo de las construcciones suspendidas traccionadas, y empleó la construcción invertida desde sus comienzos profesionales. Estaba fascinado tanto por los arcos sencillos como por las cúpulas y la doble bóveda curvada.

Si su forma estaba diseñada encima de un modelo suspendido, entonces sólo actuaría la fuerza de compresión, logrando que sólo soporte la carga de su propio peso. Con elementos delgados cargados en compresión hay riesgo de que se produzca un alabeo lateral. Además de la carga constante de su propio peso hay cargas variables del tráfico, el viento o la nieve, haciendo más difícil la búsqueda de una forma óptima.

El principio básico de la línea de empuje, en su origen sencillo, se muestra complicado en cuanto a su ejecución. Sin embargo, la utilización de elementos de construcción resistentes a la tracción permiten desviar la forma de la línea de empuje. En este caso se activa el sistema denominado cubierta de carga.

Con una parrilla de madera de una sola bóveda Frei Otto quería contrastar la red de cables, dispersada a lo largo de unas estructuras de placas sometidas a tracción, con una construcción equivalente que respondiera al peligro de alabeo, estando fundamentalmente sometida a compresión. En la primera DEUBAU, la Feria



La Escuela forestal de Hooke Park, Dorset, Inglaterra.

Diseño: ABK Architects, Londres, Inglaterra: Peter Ahrends, Richard Burton, Paul Koralek; Estudio Warmbronn: Frei Otto, Johannes Fritz, M. Heller, Christine Otto, 1983-1985

Ciente: John Makepiece, Beaminster, Dorset / Inglaterra

Ingeniería: Buro Happold, Bath, Inglaterra: Edmund (Ted) Happold

Construcción: 1985-1988

Se trata de las instalaciones, en un área boscosa en Dorset, Inglaterra, de un centro de aprendizaje para ebanistas, especialistas en madera y diseñadores, que el diseñador británico de muebles, John Makepiece fundó junto con la fundación el «Panham Trust» en 1977. Richard Burton del estudio ABK London y Frei Otto con su estudio Atelier Warmbronn fueron los comisionados para planificar el proyecto.

El diseño del complejo se dividió en tres zonas:

- una nave larga y curvada, proyectada sobre una superficie curvada y con cubierta a dos aguas, que serviría como residencia para los estudiantes.
- una tienda grande de forma circular para la recepción y las instalaciones comunes

- una cáscara de celosía de 18 por 60 metros volcada sobre un taller de enseñanza. La estructura de carga de madera tendría que estar cubierta de una tela de poliéster revestida de PVC. En 1985 se edificó una construcción de prueba con la típica cubierta suspendida, en esta ocasión instalada oblicuamente sobre tres ejes y sobrepasando largamente las paredes inclinadas del edificio. La inusual estructura, de concepción simple realizada con madera maciza cilindrada resulta inteligible desde el interior. Un cable tensado cumple la función de viga cumbre y la madera de la estructura está suspendida de éste, a modo de cables suspendidos mediante el esfuerzo de tracción. Dos años más tarde se construyó la cubierta de

Alemania de Construcción de 1962 en Essen, Otto presentó una construcción análoga en forma de prototipo. Se trataba de una cúpula que se levanta por encima de una superficie cuadrada con bordes de 15 metros y esquinas redondeadas. Listones de Pino de Oregón sin nudos, de hasta 19 m de longitud y con un sección transversal de 40 x 60 mm fueron desplegados en el suelo formando una rejilla cuadrada con una separación a ejes de 48 cm. Los listones fueron fijados con espigas en los cruces. Las tuercas se atornillan de manera suficientemente suelta para mantener el ángulo de torsión en las juntas. Luego una grúa

levanta lentamente la construcción hasta la altura exacta de 5 metros. Los listones se arquean y los bordes alabean hasta tomar una forma parecida a la de un diamante. El resultado es un domo de doble arco surgido de la rejilla levantada. Los extremos de los listones se sujetan a un anillo de soporte, las tuercas de anclaje de las juntas se aprietan entonces hasta obtener la tensión deseada. La forma es estable, y la cúpula firme.



arquitectura



©Atelier Frei Otto Warming



©Atelier Frei Otto Warming



celosía. Ambos edificios fueron construidos con la «madera joven» de los árboles que tenían que cortarse para dar espacio al proyecto. Por esta razón la contracción como consecuencia del secado de la madera se tenía que tomar en cuenta a la hora de la

construcción. Al mismo tiempo el alto contenido en humedad contribuyó a una mayor flexibilidad en los miembros, un requisito para obtener las formas curvadas de la cubierta. La actual nave de uso residencial se realizó en 1995 sin Frei Otto, y

finalmente la tienda circular no se realizó. En 1993 los arquitectos involucrados en el proyecto ya habían recibido tres premios por su innovadora arquitectura y el uso ecológico de la madera como material de construcción.



Pabellón industrial para Wilkhahn en Bad Münde, Alemania

Diseño: Atelier Warmbronn: Frei Otto, Christine Otto-Kanstinger, Jürgen Bradatsch, S. Greiner con Planungsgruppe Gestering, 1986

Ciente: Wilkhahn GmbH & Co

Ingeniería: Werner Strathmann

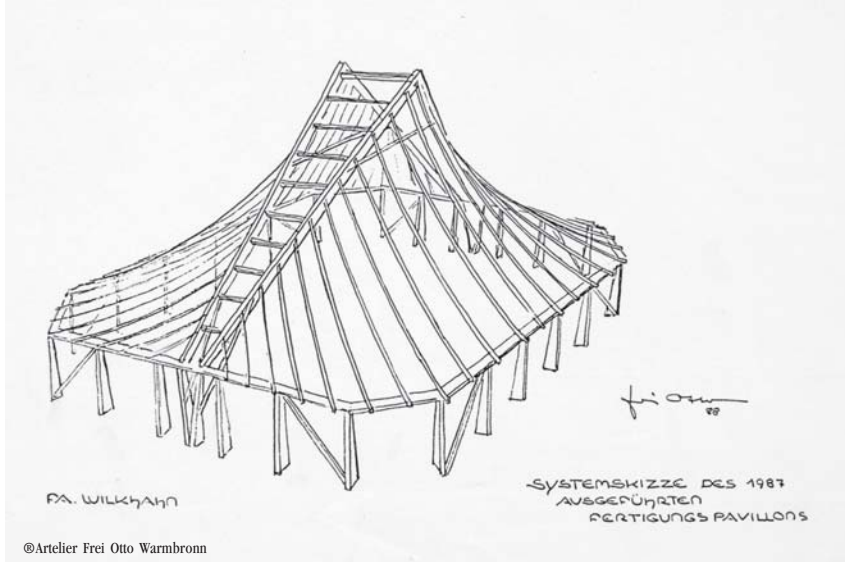
Planificación de la estructura de carga de madera:

Speich + Hinkes, ingenieros

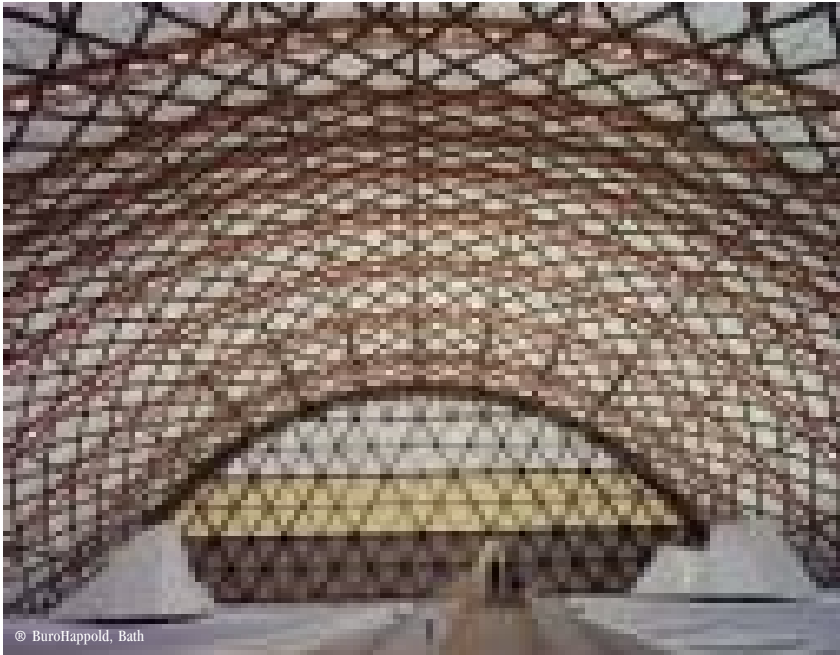
Construcción: 1987-1988

El fabricante de muebles para oficinas, Wilkhahn de Bad München encargó a Frei Otto la ampliación de la área de producción de la empresa. Frei Otto diseñó cuatro pabellones de estructuras ligeras en madera y con tejados «de tienda». Contienen unidades pequeñas y compactas de producción con planta de unos 22 x 22 m. Una estructura alargada, de tipo convencional y con tejado plano conecta la hilera de pabellones con el antiguo edificio de fábrica.

Frei Otto desarrolló un sistema de armadura de cubierta suspendida que está enteramente traccionada. La armadura de cubierta de cada pabellón está apoyada sobre dos caballetes de madera laminada, articulados en tres puntos. Una serie de cables curvados reposan sobre correas que apoyan en las vigas a una altura de 3,50 m. Las paredes- no portantes- con ventanas rodean los pabellones bajo las cubiertas «de tienda». Estas cubiertas son de PVC reforzado con tela y aseguradas con placas de anclaje. Los pabellones, que han ganado varios premios de arquitectura, son conocidos en todo el mundo como ejemplos evidentes de una arquitectura industrial humana, favorable al trabajador, entre otras razones por sus luminosos interiores propiciando una atmósfera agradable de trabajo.



©Atelier Frei Otto Warmbronn



184. El pabellón japonés de la Expo 2000 en Hanover, Alemania

Arquitectos: Shigeru Ban Architects, Tokyo, Japón:
Shigeru Ban

Consultor: Frei Otto, 1999

Cliente: Japan External Trade Organisation (JETRO)

Ingeniería: Buro Happold, London y Berlín

Construcción: 2000

El arquitecto japonés Shigeru Ban - conocido por sus diseños de viviendas de emergencia hechas de cartón - causaba un revuelo considerable con su propuesta para el pabellón: un túnel enmallado cubierto, con estructura de cartón.

Frei Otto le asistió técnicamente aprovechando la experiencia adquirida en la Nave de Mannheim.

El pabellón japonés tenía una altura de 16 m y cubría 3600 metros cuadrados. 440 rollos de 40 metros de cartón reciclado con un diámetro de 12 cm cubría la estructura. Esta tenía forma de túnel con silueta en forma de olas, dividida en tres secciones / olas. Los rollos de cartón se conectaron con una junta de rótula y atados con abrazaderas de poliéster. La construcción adquirió rigidez mediante «escalas» de madera curvadas atadas transversalmente al eje.

Los frentes estaban formados por jácenas curvadas de malla alveolar de cartón sostenidas con cables. Los tubos de la malla de cartón fueron enlazados en el suelo y levantados con

la ayuda de un andamiaje hasta su previamente calculada posición geométrica. Finalmente fue estabilizada mediante las citadas escalas de madera. Para cubrir el pabellón se utilizó una membrana de papel de cinco capas - ignífuga e impermeable - producida especialmente para el Pabellón.

El pabellón japonés es la mayor estructura realizada con papel jamás. Fue desmontado después de la Expo, reciclando los materiales.



©Shigeru Ban Architects, Tokio



©Shigeru Ban Architects, Tokio

Uno Chiyo Memorial Museum en Iwakuni, en la prefectura de Yamaguchi, Japón

Diseño: Shigeru Ban Arquitectos, Tokyo / Japón

Consultor: Frei Otto, 2001

Ingeniería: Ove Arup y Asociados, Düsseldorf, Tokyo / Japón

Después de la exitosa colaboración para el Pabellón Japonés de la Expo 2000 en Hanover, el arquitecto japonés Shigeru Ban se dirigió de nuevo a Frei Otto para el diseño de un museo conmemorativo del escritor japonés Chiyo Uno.

El pequeño edificio de 30 x 48 metros tiene una cubierta hecha de listones de madera contrachapada entramados, suspendidos y contracurvados evocando en sus líneas generales a los templos tradicionales japoneses. Es la primera vez que el contrachapado se utiliza como un elemento de soporte sometido a las fuerzas de tracción. La forma curvada deriva de la curva natural de carga. La cubierta está soportada por columnas circulares instaladas de manera oblicua y articulada, conificadas en los dos extremos. Varillas de ligadura en las cuatro esquinas dan soporte a la estructura y evitan que bascule. El entramado de la estructura produce pequeñas aberturas con intervalos regulares creando un interesante juego de luz y sombra debajo del techo.

Las diferentes zonas de trabajo del museo están insertadas debajo del techo a modo de cubos independientes, no de carga. Los efectos del aire y de eventuales terremotos sobre la construcción fueron investigados detalladamente con Frei Otto. Los principios espaciales y estructurales son enteramente conformes con las ideas que Frei Otto siempre desarrollaba para sus propios proyectos.

El proyecto no llegó a realizarse **A**