

## Frei Otto y el debate sobre la génesis de la forma arquitectónica

Juan María Songel



Fig. 1. Pabellón para la Exposición Federal de Jardinería de 1975 en Mannheim (Alemania).



Fig. 2. Sede del Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart.

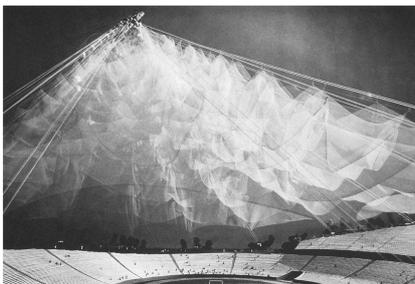


Fig. 3. Cubierta plegable para gran espacio multimedia. Maqueta de proyecto realizada por Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart.

En el debate contemporáneo sobre la génesis y las razones de la forma arquitectónica el concepto de arbitrariedad ha atraído la atención de la crítica para señalar un aspecto que, no dejando de estar presente a lo largo de la historia de la arquitectura, ha quedado silenciado en mayor o menor medida quizás por un cierto rubor ante la necesidad de justificar siempre, desde la teoría de la arquitectura y desde la racionalidad, la forma. Es especialmente en el último cuarto del siglo XX cuando se observa que va cobrando más fuerza la presencia de la arbitrariedad en la arquitectura desde un pensamiento paradójico que pone en entredicho la coherencia como sustancia misma de la arquitectura<sup>1</sup>.

Si desde la arbitrariedad se asume que cualquier forma, conocida o inventada, puede convertirse en arquitectura, en contrapartida se situaría aquella arquitectura que hace de la causalidad el origen de la forma. Moneo, en su documentado análisis sobre la arbitrariedad en la arquitectura<sup>2</sup>, muestra sendos ejemplos para ilustrar ambas posturas. Así, como claro antecedente del uso del concepto de arbitrariedad para fundamentar el trabajo de numerosos arquitectos en el último cuarto del siglo XX menciona el ejercicio que John Hejduk planteaba a sus estudiantes de Cooper Union pidiéndoles que diseñaran una casa a partir de un cuadro de Juan Gris. En la actitud contrapuesta se situaría Gaudí, aunque con una profusión de formas fantásticas que a primera vista podrían vincularse con lo arbitrario. Sin embargo detrás de estas formas gaudianas hay una geometría y unos procesos constructivos que nos explican su génesis. Son formas sorprendentes, novedosas, inesperadas, que han surgido no por imposición exterior, sino desde la invención de un proceso de generación. Tal como afirma Moneo, "la invención de la forma coincide con la invención del proceso constructivo", de tal manera que "Gaudí no inventa formas, las descubre"<sup>3</sup>.

Es verdaderamente asombroso descubrir cómo esta actitud de Gaudí exploratoria de la forma arquitectónica llevaba implícita innumerables posibilidades. Muchas de ellas se han hecho explícitas gracias a los trabajos y los experimentos del arquitecto alemán Frei Otto. No en vano la historiografía de la



Fig. 4. Superficie ondulada formada por ejes paralelos alternando crestas y valles. Maqueta realizada con películas de jabón en el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart.

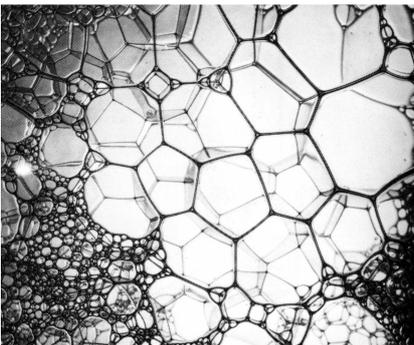


Fig. 5. Experimento con espuma de jabón formando agregaciones tridimensionales de burbujas.

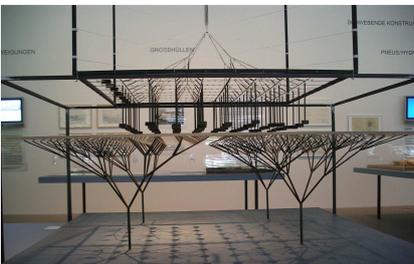


Fig. 6. Maqueta colgada para la obtención de una geometría ramificada y estructura de soportes arborescentes.



Fig. 7. Red catenaria colgada para obtener la forma antifunicular de una bóveda de celosía apoyada en todo su perímetro.

arquitectura de la segunda mitad del siglo XX le ha considerado pionero de nuevas formas, que generalmente han quedado ejemplificadas por el pabellón alemán para la Exposición Universal de Montréal (1967), y por el estadio olímpico de Munich (1972). Pero estas obras, por las que es habitualmente conocido este arquitecto e incluso vinculado a los inicios del *High Tech*, no llegan a desvelar toda su abundante y rica aportación. Sus bóvedas de celosía (Fig. 1), sus estructuras de redes de cables (Fig. 2), sus estructuras neumáticas, sus cubiertas plegables (Fig. 3), y tantas otras invenciones emanadas de su taller en Berlín, y posteriormente en Stuttgart, son fruto de una atenta observación de fenómenos físicos que dan lugar a procesos de autogeneración de la forma.

Los experimentos con películas y burbujas de jabón (Fig. 4 y 5), con amontonamientos de gránulos o con membranas de fluidos viscosos, o los ensayos para investigar estructuras ramificadas (Fig. 6), pliegues o formas antifuniculares (Fig. 7) son algunos de los procesos naturales que han centrado la atención de Frei Otto con el objetivo de observar las formas que se iban generando y desentrañar su lógica propia. Todo ello ha ido revelando en este arquitecto una portentosa capacidad de descubrir lo insólito y lo desconocido en lo cotidiano, lo extraordinario en lo ordinario, en los fenómenos naturales más comunes.

Se perfilan aquí dos cuestiones de indudable actualidad en el debate contemporáneo sobre la génesis de la forma arquitectónica. Por un lado la controversia entre diseño digital y experimentación física, entre procesos informáticos y procesos analógicos, y por otro lado la relación entre naturaleza y arquitectura. Para Frei Otto<sup>4</sup> la generación de formas a través de procesos físicos y la observación de la lógica de estos fenómenos naturales tiene un valor diferenciado con respecto a los ordenadores, ya que éstos se rigen según una lógica creada por el hombre, mientras que los fenómenos físicos se rigen según una lógica de la que todavía queda mucho por descubrir y conocer. Los experimentos físicos con maquetas se constituirían así en instrumento privilegiado para la invención, para encontrar lo no buscado, a diferencia del ordenador, donde, según Frei Otto, sólo encuentras lo que buscas, lo que en realidad conceptualmente ya está en él. Esta metodología experimental implica un conocimiento profundo, cualitativo y perceptivamente, de los procesos físicos,

que le permite a Frei Otto inventar los métodos y los experimentos según el tema planteado en cada caso, viendo siempre infinitas posibilidades. Podríamos decir aquí lo mismo que Moneo decía de Gaudí: “la invención de la forma coincide con la invención del proceso constructivo”.

La relación entre arquitectura y naturaleza que conlleva esta metodología de la génesis de la forma arquitectónica consecuentemente no está basada en la imitación ni en analogías formales, sino en el análisis y la observación de procesos de autogeneración de la forma. La naturaleza no se considera como modelo a imitar, y se investigan sus fenómenos en principio sin intenciones premeditadas, sin pretensiones de aplicación inmediata a la arquitectura, tan sólo intentando comprender sus procesos. La arquitectura, por otro lado, se considera ciencia de la naturaleza, y se sitúa en el contexto de una visión globalizadora en concordancia con la naturaleza, con el trasfondo de un ideal de economía en un sentido cósmico, que supone acuerdo con el universo, y que hace de Frei Otto uno de los precursores de la sostenibilidad en el campo de la arquitectura.

Esta consideración de la forma como resultado de un proceso de búsqueda forma parte de la tradición alemana de la idea “orgánica”, según la cual, en palabras de Alan Colquhoun, “la forma externa de la obra de arte, al igual que la de las plantas y los animales, debería ser fruto de una fuerza o esencia interior, en lugar de venir impuesta mecánicamente desde el exterior”<sup>5</sup>. El mismo Goethe reivindicaba el carácter orgánico de la producción poética. Para él el proceso de producción de

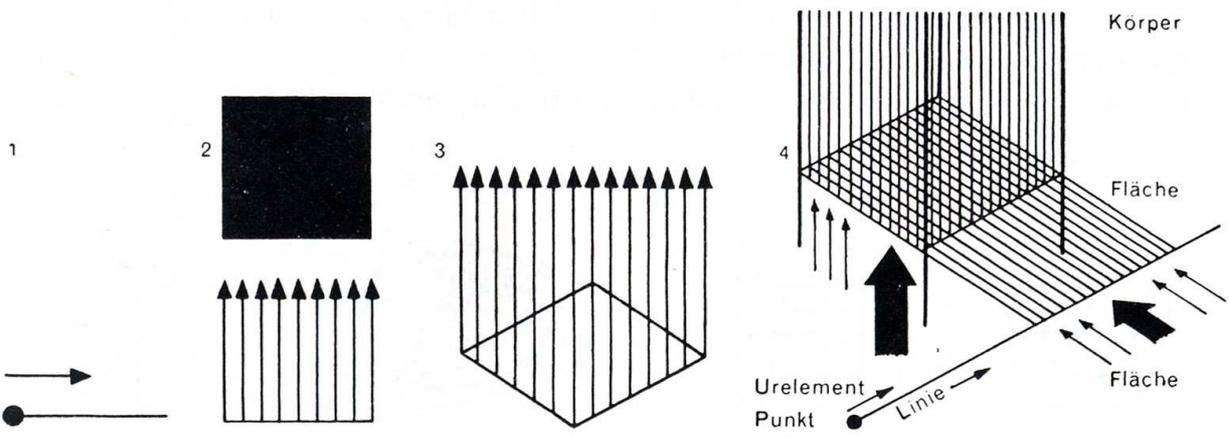
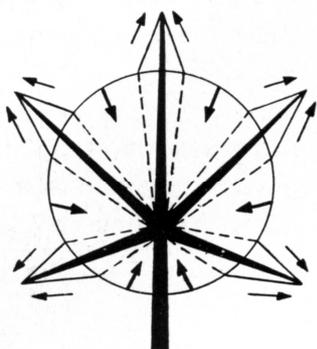
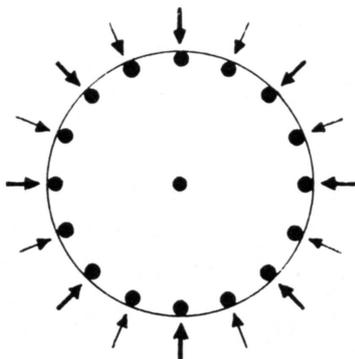
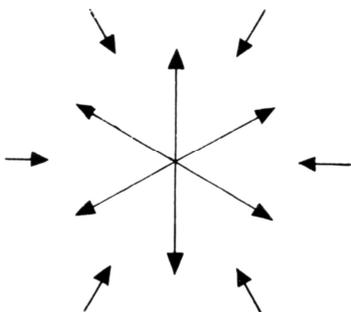
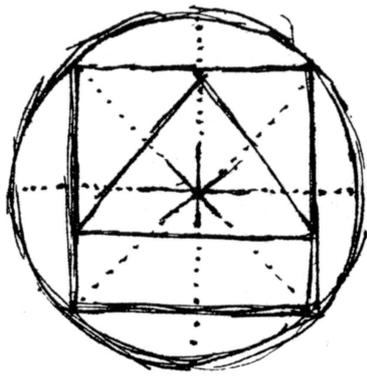


Fig. 8. Dinámica dimensional del punto a la línea, de la línea al plano y del plano al cuerpo. Esquema de Paul Klee.



la obra de arte no va de las partes al todo ni del exterior al interior, sino desde el interior al exterior y del todo a las partes; lo que implica la existencia del todo desde el comienzo, aunque en forma embrionaria, y el crecimiento de cada una de las partes conjuntamente con las otras, siendo lo externo la manifestación de su vitalidad interior. Hay en esta concepción un paralelismo evidente entre la creación artística y los procesos naturales, considerando el arte profundamente enraizado en la naturaleza, de donde saca su propia fecundidad. Para Goethe el arte actúa como la naturaleza, por eso justamente no la imita, sino que la prolonga, creando una nueva realidad que vive por sí misma y según sus propias leyes, una nueva realidad puramente artística. El objetivo principal del arte no sería pues la representación de la realidad natural, sino la instauración de una realidad nueva e independiente. De esta forma podríamos vincular el concepto de "organismo" con el de "abstracción", ya que la creación artística se convierte así en producción de objetos autónomos, dotados de una organización propia, eliminando todo aquello que no pertenece a la economía interna de su forma.

Así el debate entre naturalismo y abstracción, recurrente a lo largo del siglo XX, adquiere una perspectiva menos contrapuesta si observamos que tanto en una postura como en otra estamos más próximos de la lógica de la causalidad que de la arbitrariedad. En efecto, vemos cómo los personajes más vinculados a la concepción abstracta, como Kandinsky o Moholy-Nagy, están empeñados en explorar la lógica interna de la forma, intentando establecer "un inventario analítico de nuestra percepción de la forma" y "organizar, a partir de categorías de la percepción y de la psicología gestáltica, un sistema"<sup>6</sup>, que, con una clara finalidad didáctica, sirva de curso de iniciación para cualquier manipulador de formas. Este discurso abstracto de la forma, que intenta llegar a un inventario ordenado de efectos de forma, identificando sus elementos y sus relaciones más específicos, busca en definitiva desvelar el orden de la estructura interna de la forma, es decir, como decíamos antes, las leyes propias de ese "organismo", de esa nueva realidad que vive por sí misma, fruto de la creación artística.

Fig. 9. Focos, ejes, vectores y tensiones geométricas relacionadas con el círculo. Esquemas de Paul Klee.

El mismo John Hejduk nos ofrecería ahora un buen ejemplo de estas exploraciones cuando planteaba a sus estudiantes que investigaran las posibilidades de diseño que presenta una estructura geométrica formada por

una red de nueve cuadrados. Pero dos de los ejemplos más paradigmáticos de sistematizaciones de la forma basadas en los hallazgos del arte abstracto los podríamos encontrar en dos personajes vinculados a sendas instituciones de las vanguardias artísticas del primer tercio del siglo XX, de importancia clave en este campo de la teoría de la forma, como son la Bauhaus y el Constructivismo ruso. Me refiero a Paul Klee y a Iakov Chernijov.

Las sistematizaciones que podemos encontrar en los escritos pedagógicos y textos de las lecciones en la Bauhaus preparados por Paul Klee<sup>7</sup> responden a una concepción de la forma como proceso, a una concepción dinámica de la generación de la forma a partir de los elementos básicos de la geometría: el punto, la línea, el plano, el espacio (Fig. 8). “La creación de la forma va asociada al movimiento”, reza uno de los primeros epígrafes de estos escritos, donde vemos cómo se intentan identificar vectores, focos, ejes y direcciones principales que nos darían las claves de la dinámica visual y los parámetros esenciales de las tensiones geométricas presentes en la génesis de la forma (Fig. 9). No estamos muy lejos de una concepción de la forma como “organismo”, que crece y se desarrolla a partir de una fuerza o esencia geométrica interior.

Por otra parte, las sistematizaciones que encontramos en los textos de Chernijov<sup>8</sup>, también escritos con una finalidad didáctica, reflejan la influencia del arte abstracto, particularmente del suprematismo, y de la estética de la máquina, como no podía ser menos. Se intenta en ellas inventariar los elementos de la forma en el plano y en el espacio (Fig. 10), y se investiga con un énfasis especial lo que serían relaciones u operaciones

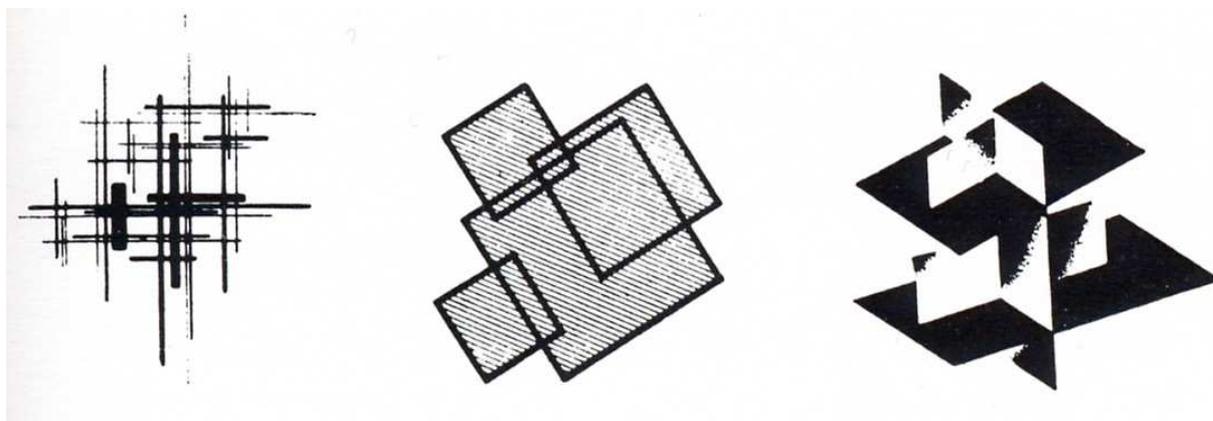


Fig. 10. Composiciones de elementos lineales y planos en el plano y en el espacio. Sistematizaciones de la forma de Iakov Chernijov.



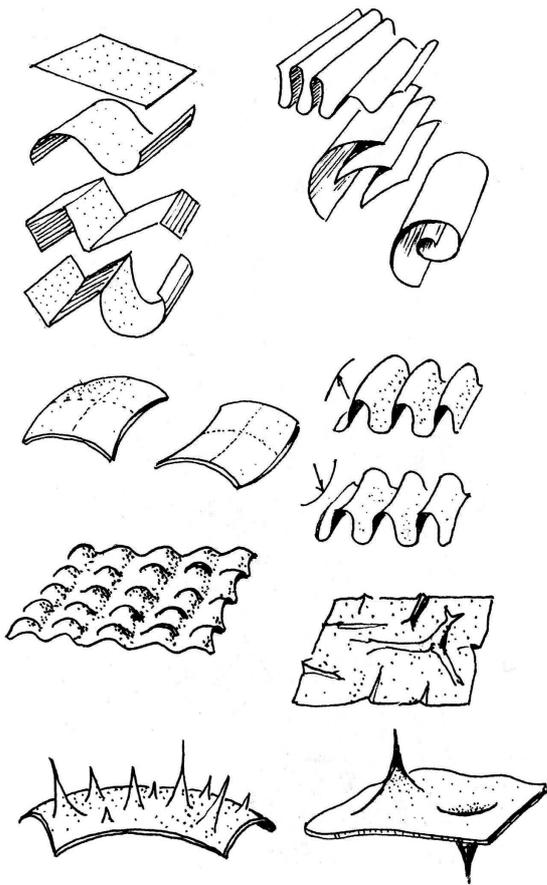


Fig. 13. Clasificaciones de formas posibles con elementos bidimensionales. Dibujo de Frei Otto.

Frei Otto también se enfrentó con fines docentes a la tarea de presentar un sistema de categorías que diera cuenta y razón de la forma. El objetivo era tan ambicioso como utópico<sup>9</sup>. Se trataba de encontrar un método que fuera válido para todos los objetos conocidos, que permitiera arrojar alguna luz sobre la globalidad de la infinita diversidad de formas de los objetos que nos rodean, intentando establecer un cierto orden, una referencia común, en el universo de las formas. Aun siendo conscientes de la imposibilidad de alcanzar una sistematización definitiva y de que lo que es infinito no se puede ordenar al cien por cien, se pretendía incluir en esta sistematización de la forma no sólo los objetos creados por el hombre por medio de la técnica y el arte, sino también los objetos de la naturaleza inanimada, los de la naturaleza animada y los de la naturaleza muerta (Fig. 12), abarcando todas las escalas y extrayendo principios de validez común.

Este planteamiento globalizador de las formas y los objetos refleja las áreas de interés y los objetivos de las investigaciones desarrolladas por Frei Otto y sus colaboradores, donde encontramos, por un lado, la búsqueda de unos principios comunes entre los objetos de la naturaleza y los objetos creados por el hombre, y por otro lado una visión del hombre y de la arquitectura en concordancia con el sistema ecológico que lo rodea para formar con él una misma unidad, una parte inseparable y acorde con el todo. Las categorías que aparecen en esta sistematización de la forma fácilmente evocan los procesos de autogeneración de la forma presentes en los experimentos y las estructuras de Frei Otto. Así las categorías "forma positiva" / "forma negativa", "cavidades" / "cuerpos huecos" nos hacen presentes las estructuras neumáticas, mientras que las categorías "picos y depresiones", "bordes", "esquinas", nos recuerdan con naturalidad las experiencias con redes o membranas (Fig. 13 y 14).

Si en las sistematizaciones de Klee o Chernijov las fuerzas generadoras de la forma eran más geométricas, más abstractas o más conceptuales, en las sistematizaciones de Frei Otto las tensiones que generan las formas son más visibles, más perceptibles, más físicas. Aquí la relación entre tensión y forma es más evidente. La misma forma revela las tensiones que la recorren, es canal y expresión del flujo de tensiones. No obstante no resulta difícil encontrar convergencias en estos dos modos de explorar la forma. Josef Albers, por ejemplo,

compañero de Paul Klee en la Bauhaus, planteaba en su curso preliminar ejercicios para explorar la relación entre forma y material mediante la experimentación física con materiales de taller como el papel de periódico o el cartón ondulado. El mismo Walter Gropius, fundador de la Bauhaus, reconoció en Frei Otto un continuador de sus principios<sup>10</sup>, un auténtico sucesor de la filosofía y la metodología que impregnó la fundación de la Bauhaus, al no partir de unos planteamientos formales previos, sino considerar la forma como resultado de un proceso de búsqueda.

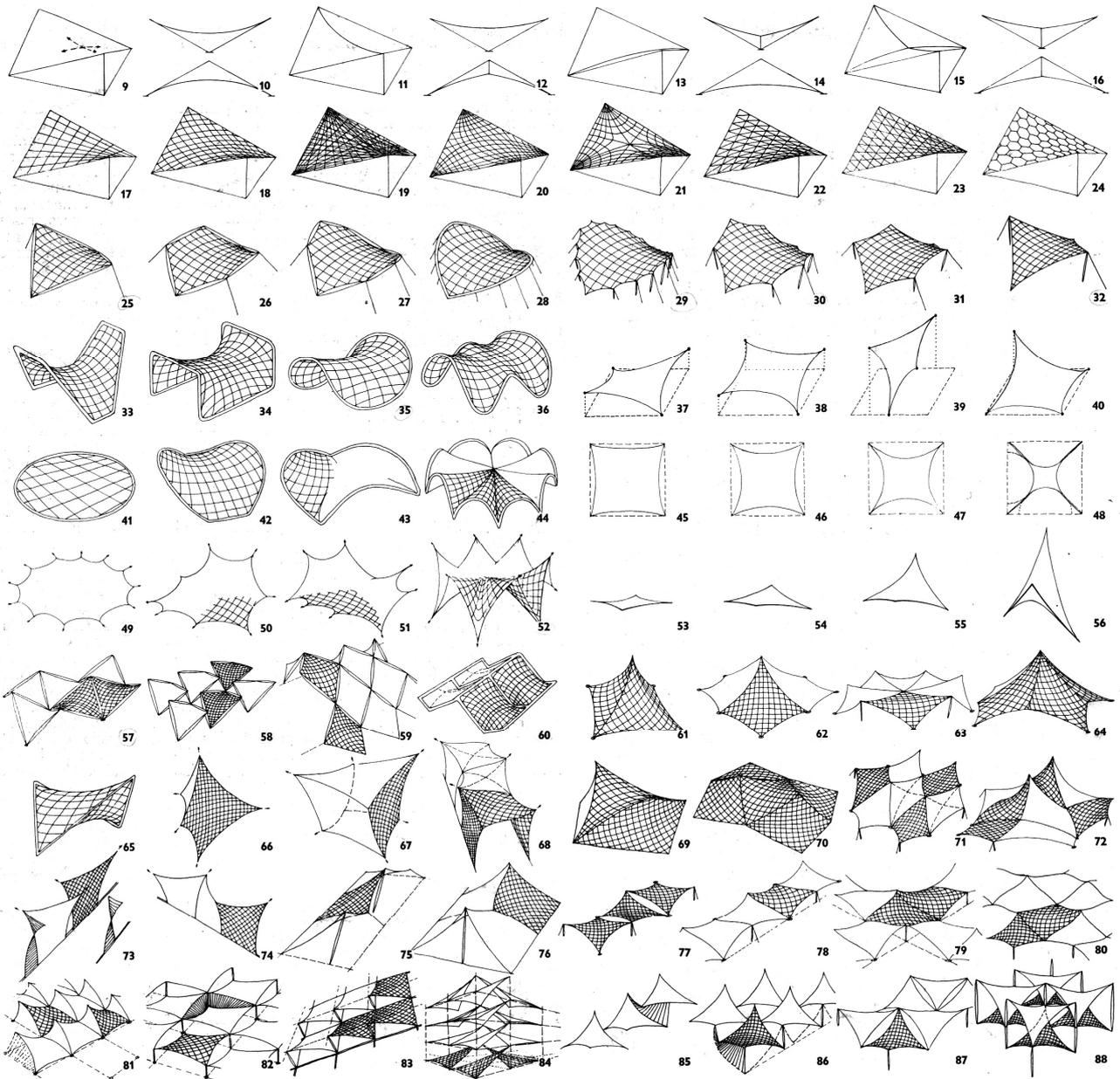


Fig. 14. Variaciones, adiciones y combinaciones de estructuras de redes con formas alabeadas. Sistematizaciones gráficas de Frei Otto.

Quizás uno de los denominadores comunes de estos dos modos de explorar la forma sea un principio que se puede percibir en las obras más reconocidas, independientemente de las tendencias estéticas u opciones lingüísticas, un principio de economía de expresión, que Joaquim Español<sup>11</sup> denomina el "*principio de parsimonia*", y que viene a recuperar la riqueza conceptual del conocido aforismo de Mies que nos planteaba ir a lo más por lo menos. Porque, a diferencia de lo que afirmaba Venturi, el "*menos es más*" no tiene porqué necesariamente deplorar la complejidad ni sugerir la exclusión, sino que, como dice Joaquim Español, "la expresión es fructífera si la redefinimos como un proceso, afirmando que es positivo cualquier movimiento que vaya de menos en los medios a más en los resultados"<sup>12</sup>, o como escribió Mies en 1923: "El efecto más grande en los medios más concisos". Esta "búsqueda de una máxima tensión formal y conceptual con un uso restringido de formas geométricas", podríamos afirmar con J. M. Montaner<sup>13</sup> que "no se refiere a una moda o nueva tendencia", sino que se puede reconocer como una de las señas de identidad de la arquitectura del siglo XX, y podríamos añadir con Joaquim Español que no sólo de este siglo.

Frente al concepto de arbitrariedad, que tan lejano aparece ya a estas alturas de nuestro discurso, Moneo propone el concepto de "formatividad", tal como lo plantea Luigi Pareyson, para englobar en él tanto la forma arbitraria como la forma sujeta a leyes<sup>14</sup>. Se trata de un concepto que intenta explicar la obra de arte desde su propia interioridad, centrando la atención en el proceso de su creación. La formatividad da cuenta del proceso de creación artística desde la simultaneidad entre invención y realización: "formar significa inventar la obra y al mismo tiempo el modo de hacerla"<sup>15</sup>. Así, el artista inventa no sólo la obra sino también su legalidad, debe obedecer a la coherencia interna de la misma obra que él está creando. "Si es cierto que el artista no triunfa si no hace la voluntad de la obra, no es menos cierto que esta voluntad la crea él mismo. [...] Hay, pues, una dialéctica entre la actividad del artista y la intencionalidad de la obra, entre la libre iniciativa de la persona y la teleología inmanente de la forma"<sup>16</sup>. La actividad artística aparece así a la vez como "libertad y necesidad, trabajo del artista y voluntad de la obra, aventura y determinación: en una palabra, tanteo y realización ordenada"<sup>17</sup>.

En esta dialéctica en la que la obra es a la vez la ley y el resultado de su aplicación, "*forma formata*" y "*forma formans*" al mismo tiempo, se concilian dos términos tan dispares como la arbitrariedad en la elección de los múltiples derroteros posibles que se presentan al artista frente a su obra al principio del proceso de su creación, y la causalidad que aparece una vez terminada la obra, cuando el artista ve cómo entre tanteos, vacilaciones y correcciones uno sólo ha sido camino efectivamente recorrido, "y la misma inmodificabilidad de la obra se le presenta como un signo de la univocidad de aquel recorrido"<sup>18</sup>. Dos puntos de vista distintos sobre una misma actividad: el punto de vista del artista frente a la obra que se propone realizar y el punto de vista de la obra concluida ya su ejecución. Ante "este desarrollo orgánico de la obra, indeterminado e imprevisible *a parte ante* y unívoco y necesario *a parte post*,"<sup>19</sup> experiencias y aportaciones como la de Frei Otto mantienen su vigencia y su pertinencia al debate siempre actual acerca de la relación entre forma y arquitectura.

---

<sup>1</sup> Una muestra de esta presencia en el debate contemporáneo del concepto de arbitrariedad en la arquitectura sería el documentado análisis realizado por José Rafael Moneo en su discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, fechado en Enero de 2005 y titulado "*Sobre el concepto de arbitrariedad en arquitectura*", así como el artículo de Luis Rojo de Castro "*De la coherencia a la contradicción, y de la contradicción a la paradoja, o qué hacer con la arbitrariedad en la arquitectura*", en *Arquitectura* nº 326, COAM. Madrid, 2003.

<sup>2</sup> Moneo, José Rafael: op. cit. pág. 34-35, y pág. 29-31.

<sup>3</sup> Moneo, José Rafael: op. cit. pág. 29 y 30.

<sup>4</sup> Para un conocimiento más exhaustivo de la experiencia y el pensamiento de Frei Otto, véase Juan María Songel: "*Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart. Una experiencia de metodología, investigación y sistematización en la búsqueda de la forma resistente*", tesis doctoral inédita, U.P.V. Valencia, 2005, y muy particularmente la entrevista mantenida con él, publicada en *Frei Otto. Conversación con Juan María Songel*. G. Gili. Barcelona, 2008.

<sup>5</sup> Colquhoun, Alan: "*La arquitectura moderna: una historia desapasionada*". G. Gili. Barcelona, 2005 (2002). Pág. 41.

<sup>6</sup> de Solà-Morales, Ignasi: "*Exploraciones para un tratado de composición*", en Fonatti, Franco: "*Principios elementales de la forma en arquitectura*". G. Gili. Barcelona, 1988 (1985). Pág. 7.

<sup>7</sup> Véase Klee, Paul: "*Das bildnerische Denken. Form- und Gestaltungslehre*". Schwabe. Basilea, 1990 (1956). Edición a cargo de Jürg Spiller.

<sup>8</sup> Véase Cooke, Catherine: "*Chernikhov. Fantasy and construction*". *Architectural Design Profile* 55. A.D. Volume 54. London, 9/10-1984.

<sup>9</sup> Véase en la citada tesis doctoral inédita del autor: "*Cap. IV. Frei Otto y la sistematización de la forma*". Pág. 167-194.

<sup>10</sup> Véase *Frei Otto. Conversación con Juan María Songel*. G. Gili. Barcelona, 2008. Pág. 28.

<sup>11</sup> Español, Joaquim: "*El orden frágil de la arquitectura*". Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona, 2001. Pág. 197-199.

<sup>12</sup> Español, Joaquim: op. cit. pág. 198.

---

<sup>13</sup> Montaner, J.M.: "Taxonomía de minimalismos", en Savi, V. Y Montaner, J.M.: "Less is more. Minimalismos en arquitectura y otras artes". COAC y ACTAR. Barcelona, 1996.

<sup>14</sup> Moneo, José Rafael: op. cit. pág. 55.

<sup>15</sup> Pareyson, Luigi: "Conversaciones de estética". Visor. Madrid, 1988 (1966). Pág. 31.

<sup>16</sup> Op. cit. pág. 30 y 33.

<sup>17</sup> Op. cit. pág. 31.

<sup>18</sup> Op. cit. pág. 32

<sup>19</sup> *Ibidem*.

Fuentes de las ilustraciones:

Archivo y publicaciones de Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart: Fig. 3, 4, 5, 12, 13, 14.

Cooke, Catherine: "*Chernikhov. Fantasy and construction*": Fig. 10, 11.

Klee, Paul: "*Das bildnerische Denken*": Fig. 8, 9.

Fotos del autor: Fig. 1, 2, 6, 7.