06

REVISTA EUROPEA DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA

REIA #05 / 2016
224 páginas
ISSN: 2340-9851
www.reia.es

Daniel Martínez Díaz
Universidad Politécnica de Madrid / martinezdiazdaniel@gmail.com

Forme d'égale résistence / Forma de resistencia equivalente: una estrategia de diseño de Jean Prouvé y del ingeniero natural / Forme d´égale résistence: a Jean Prouvé's and the natural engineer's design strategy

La estrategia de diseño *forme d'égale résistence*, heredada y aplicada por Jean Prouvé como transmisión de los principios de l´École de Nancy, supone un inicio natural a partir del cual traducir la voluntad de forma fluida del maestro de forja al trabajo de modelado y ensamblado del cerrajero. El compromiso de eficiencia material y energética asumido por Prouvé, aproxima sus propuestas estructurales a la trayectoria de una familia con la que Peter Rice le emparentara en su texto *Un ingeniero imagina*, la familia de los ingenieros naturales.

Resultado de una larga tradición, en la que la estructura se entiende como expresión principal de la forma arquitectónica, el planteamiento de Jean Prouvé encontraría en la obra de alguno de estos constructores-ingenieros referentes cercanos a su intuición material. Tratando de dar respuesta a las nuevas posibilidades de los *tiempos modernos*, inventores de un nuevo lenguaje constructivo, todos ellos continuadores de una renovada *conciencia de entrada común en un nuevo sistema de acción sobre la materia*[*].

The design strategy of "forme d'égale résistence", inherited and applied by Jean Prouvé as transfer of l'École de Nancy principles, means a natural beginning to translate forge master's will of fluid form into locksmith's work on modelling and assembly. Prouvé's commitment for material and energy efficiency brings his structural proposals to the path of a family related to him by Peter Rice's text, "An Engineer Imagines", the family of natural engineers.

As a result of a long tradition, where structure is understood as the main expression of architecture form, Jean Prouvé's approach would find close references to his material intuition in the works of some of these builder-engineers. Trying to give an answer to the new possibilities of modern times, creators of a new building language, all of them would get aware of their "common entrance into a new action system on matter".

*. FRANCASTEL, *Pierre. Arte y técnica en los siglos XIX y XX*. Madrid: Debate, 1990. 287 p. (Ed. or. Art et technique aux XIXe et XXe siècles. Paris: Editions de Minuit, 1956). ISBN: 84-7444-414-4. p. 24.

Prouvé / Viollet-le-Duc / Ingeniero / Natural / Forma / Estructura /// Prouvé, Viollet-le-Duc / Engineer / Natural / Forme / Structure

Fecha de envío: 15/10/2015| Fecha de aceptación: 08/11/2015

"Hasta finales del siglo XIX todas las grandes estructuras eran obra de ingenieros "naturales" (...) Prouvé y su trabajo son prueba de ello, él fue el último, o casi el último de una larga fila."[1] De esta manera se refiere Peter Rice al posicionamiento de Jean Prouvé ante el problema constructivo en su libro *Un ingeniero imagina*. Relacionando la obra de Prouvé con una familia de ingenieros que marcarían el necesario cambio de vocabulario formal del siglo XIX al XX. La trayectoria de Jean Prouvé, iniciada en los talleres de maestros de forja [2], *ferroniers d´art* respetados representantes del *art nouveau* francés, avanza en paralelo a un impulso del trabajo con acero que venían protagonizando, ya durante algunas décadas, un grupo de singulares constructores autores de grandes infraestructuras y de formalizar nuevos tipos edificatorios.

Dos trayectorias que acabarían uniéndose, una vez Jean Prouvé hacia mediados de los años 20, motivado por el *espíritu nuevo* que se desprende de las manifestaciones de vanguardia, abandonara un vocabulario consecuencia lógica de una formación y tradición *art nouveau* y *decó*: "Un buen día, tuve verdaderamente una iluminación: Me dije: se terminó. Hay que hacer otra cosa. Hace falta emplear los medios modernos. Entonces fue cuando pasé a la construcción, porque esencialmente me interesaba construir". [3] Las posibilidades ofrecidas por la actualización de los nuevos medios técnicos de transformación del metal serían el paso necesario para traducir la voluntad de forma fluida del Jean Prouvé herrero a un lenguaje constructivo propio de los nuevos tiempos.

La voluntad de forma natural del maestro de forja

Hacia principios de siglo XX, las grandes manifestaciones de las artes decorativas, como la celebrada en Paris en el año 1900, sería considerada respuesta de arquitectos y artistas frente a la audacia ingenieril con que se

1. RICE, Peter. *Un ingeniero imagina*. Madrid: Cinter, 2009. 229 p. (Tít. or. An Engineer Imagines. Londres: Elipsis, 1998). ISBN: 978-84-932270-5-0. p. 107.

2. En 1914, tras haber pasado por cursos de modelado en Nancy, su ciudad natal, inicia su formación como aprendiz en el centro de formación profesional del reputado maestro de forja Émile Robert, hasta el año 1917, y posteriormente, hasta 1919, en el taller del húngaro Adalbert Szabo, "una fuerza de la naturaleza", según Jean Prouvé.

3. SULZER,Peter. *Oeuvre complète=complete works*. Vol. 1. 1917-1933. Basel: Birkhäuser, 1999. ISBN: 3-7643-6002-X. p. 18. (Traducción del autor).

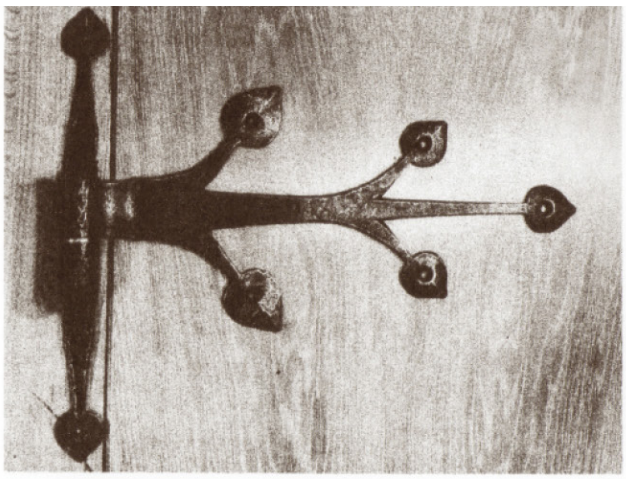

Fig. 1

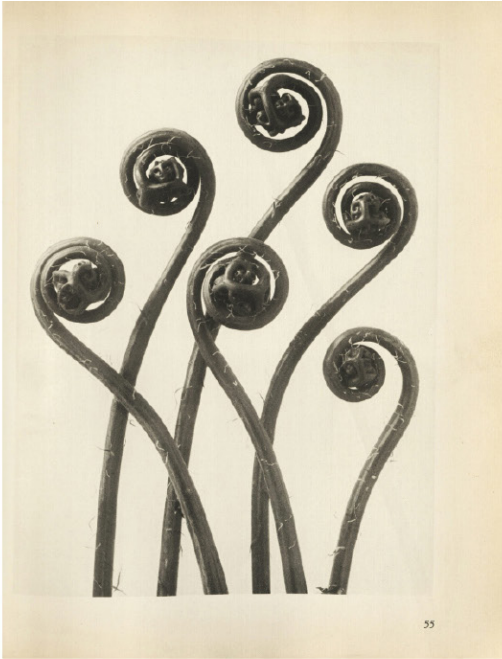

Fig. 3

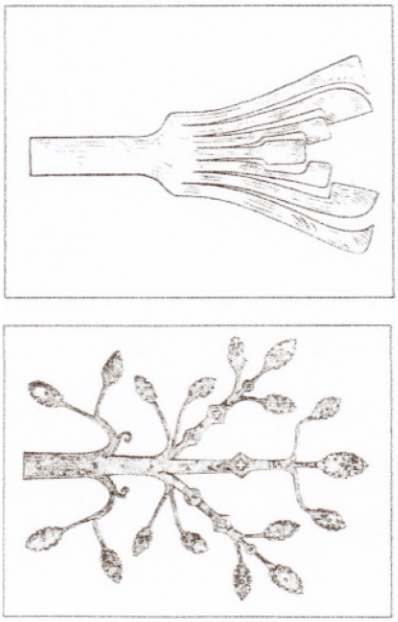

Fig. 2

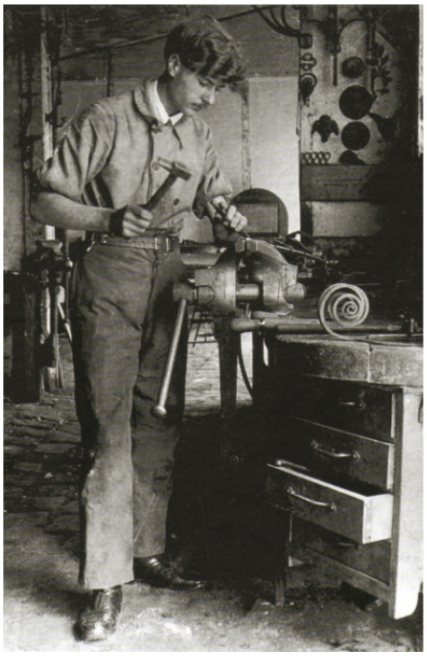

Fig. 4

Fig. 5

Fig.1. Herraje. En WOLF, Fridolin. *Elementos sencillos de forja*. Madrid: Paraninfo, 1991.

Fig. 2. Herraje. En WOLF, Fridolin. *Elementos sencillos de forja*. Madrid: Paraninfo, 1991.

Fig. 3. Brote de helecho. BLOSSFELDT, Karl. *Urformen der kunst*. Berlin: Wasmuth, 1928.

Fig. 4. Fotografía de Jean Prouvé en el taller de Émile Robert. *Jean Prouvé*. Paris: Somogy éditions d´art, 2012.

Fig. 5. Fotografía de Karl Blossfeldt. 1894. Col. Ann y Jürgen Wilde. Zürich.

alzó orgullosa la gran exposición de 1889 en París. [4] Pero no serían pocos los que denunciarían la aún carente actualización de los arquitectos a la hora de mostrar el producto de las nuevas técnicas: "el progreso de la metalurgia cogió de improviso a los arquitectos" [5]. Así se refiere Lucien Magne en un artículo de la época, editado en la *Revue des Arts Décoratifs*, a propósito del uso del acero hacia el 1900. En favor de composición de fachadas y la decoración, considera Magne que no se atendía suficientemente al problema de la resolución de la forma estructural y la actualización constructiva. La persistente rutina de ciertas formas históricas nada tenía que ver con las exigencias de un nuevo material como el acero:

> Sería en la resolución de construcciones utilitarias, donde el lujo no juega ningún papel, donde se determinará el esfuerzo de la construcción metálica por el empleo racional del metal. Buscando la sección y el perfil que desempeñen la mejor resistencia (...) sea por el laminado del acero, sea por el ensamblaje de chapas (...) se reconoce que las formas deberían variar acorde con los esfuerzos. [6]

En esta llamada de atención lanzada por Magne, entendiendo la forma como resultado necesariamente vinculado a la solicitación a la que se somete el material, se reconoce un principio fundamental para comprender la actitud frente al problema de la estructura adoptado por Jean Prouvé. En concreto con la estrategia de diseño de *forme d´égale résistence* (forma de resistencia equivalente), asumida por Prouvé por la herencia recibida de los fundamentos de l´École de Nancy, movimiento *art nouveau* que condiciona el ambiente cultural de su ciudad natal: "Para apoyar sus ideas, los artífices de l´École de Nancy indagaron cuál era la mejor fuente de inspiración y la encontraron en la contemplación de la naturaleza. Recuerdo que mi padre decía: "¿Ves cómo se une la espina al tallo de esta rosa? Y al hacerlo, abría la palma de su mano y recorría con un dedo su contorno: "Mira, como el pulgar a la mano. Todo está bien hecho, es sólido, son formas de resistencia equivalente y, a pesar de todo, son flexibles". Esto se me quedó para siempre". [7]

Una estrategia, la de *forma de resistencia equivalente*, que atiende a la variación continua de la sección según la variación de la ley de esfuerzos a que está sometido un determinado elemento o solución estructural. Jean Prouvé asume este principio de diseño a partir de una analogía con el mundo natural[8]. Consecuencia lógica del posicionamiento de la propia École de Nancy, colectivo a la búsqueda de una reconciliación de

---

4. MARREY, Bernard. *La ferronnerie dans l´architecture à Paris aux XIXe et XXe siècles*. Paris : Éditions du Linteau, 2014. ISBN : 978-2-910342-94-4. p.20. (Traducción del autor).

5. MAGNE, Lucien. *Le fer dans l'Art Moderne. Revue des Arts Décoratifs. 1900*. Paris. 1900. p. 352. (Traducción del autor).

6. Ibíd. p. 354.

7. PROUVÉ, Jean. *Conversaciones con Jean Prouvé*. Armelle Lavalou (ed.) Barcelona: GG, 2005. 96 p. (Tít. or. Jean Prouvé par lui-même. Paris: Editions du Linteau, 2001). ISBN: 84-252-1995-7 . p. 12.

8. Incluso si la analogía no es correcta en sí misma, hay algo: el enorme poder de una idea como incentivo". LE RICOLAIS, Robert. *Visiones y paradojas*. Madrid: Fundación Cultural del COAM, 1997.159 p. ISBN: 84-88496-20-6. p.125.

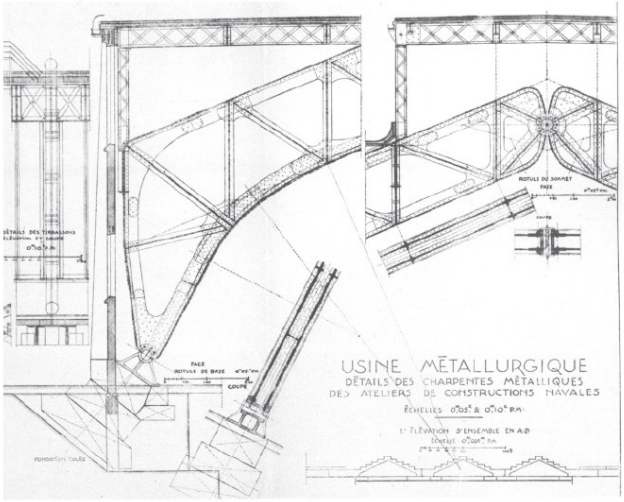

Fig. 6

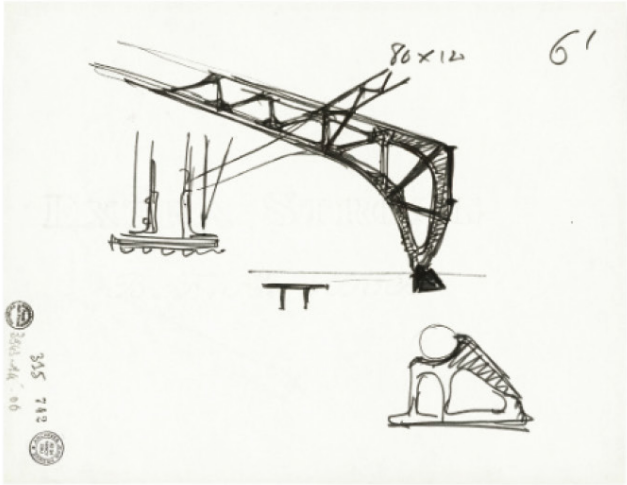

Fig. 7

Fig. 6. Detalle constructivo mercado de ganado de Lyon de Tony Garnier. 1950-1928. En: COHEN, Jean Louis. *Tony Garnier, da Roma a Lione.* Bolonia: CIPIA, 1984. Serie: Rassegna (17).

Fig. 7. Croquis preparatorio de Jean Prouvé para cursos del CNAM. 5 de noviembre de 1965. Centro Georges Pompidou. Bibliothèque Kandinsky.

Fig. 8. Dibujo comparativo de líneas de fuerza en estructuras óseas y metálicas (Karl Culmann). Virchow´s Archive.

Fig. 9. Silla desmontable en aluminio, 1953. En: SULZER,-Peter. *Oeuvre complète=complete works.* Vol.3. 1944-1954. Basel : Birkhäuser, 2005.

Fig. 10. Detalle de capitel de fundición de aluminio. Pabellón del Centenario del Aluminio. Jean Prouvé. 1953-2000. Fotografía del autor.

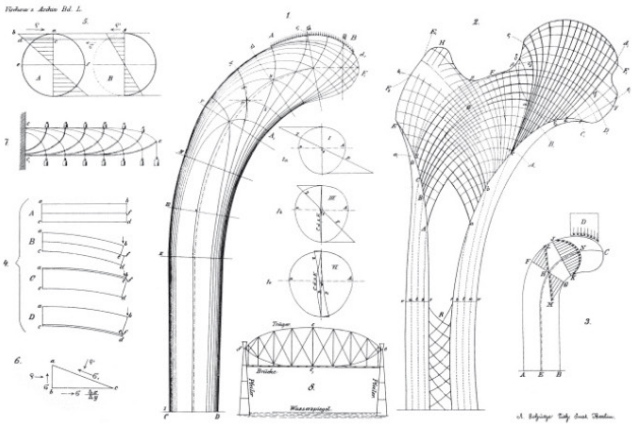

Fig. 8

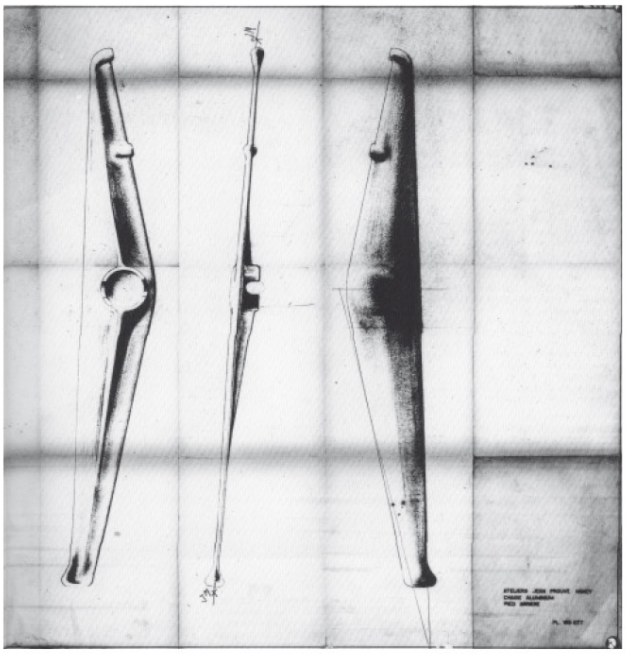

Fig. 9

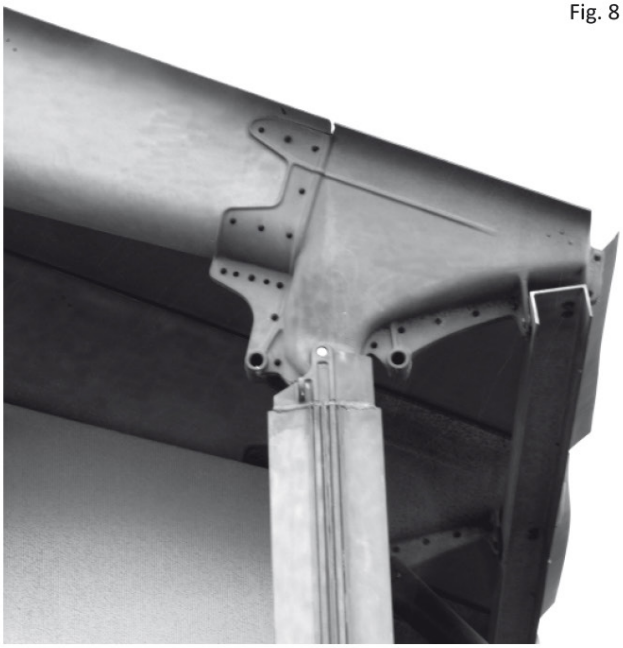

Fig. 10

las artes y los oficios con la industria, tomando como referencia constructiva los principios de la mecánica natural, y de manera recurrente las enseñanzas del mundo de la botánica. La transformación de un material fluido como es la masa de metal incandescente, dinámica, y la referencia figurativa y también constructiva de las formas naturales recurrentes en la obra de los maestros de forja, (Figs. 1 y 2), ambiente profesional en que se forma Prouvé (Fig.4), asumen con naturalidad esta estrategia de condicionar la cantidad y distribución variable del material de acuerdo a la solicitación mecánica y útil. [9]

A propósito de la conveniencia energética de aplicar este principio de forma, el propio Lucien Magne, en su artículo a propósito del uso del acero en los *tiempos modernos*, cita explícitamente esta estrategia refiriéndose a la labor de ingenieros que ponían a prueba el conocimiento del nuevo material:

> Constructor sagaz, preocupado por acordar los diversos elementos de construcción con los esfuerzos que soportan, buscará para la pieza metálica una forma de resistencia equivalente, y la solución artística será encontrada ¿No es este el sentimiento razonado de la forma en armonía con la resistencia de la materia, que sugiere lo griego en el admirable perfil del equino del capitel dórico? ¿No obedece al sentimiento análogo aquel que los constructores han imaginado para las vigas de puentes adoptando la forma curva, haciendo aparente la progresión de los esfuerzos (...)? [10] (Figs. 6 y 7).

Volviendo a la mecánica natural y a las leyes estructurales que subyacen, D´Arcy Thompson atribuiría la condición de forma al resultado de las tensiones a la que se somete una determinada estructura. Describe la forma como una suerte de diagrama, a través del cual es posible interpretar las solicitaciones a las que se encuentra sometida un elemento cualquiera: "La forma de cualquier porción de materia (...) y los cambios de la forma que se hacen patentes en sus movimientos y su crecimiento, pueden ser descritos en todos los casos semejantes como resultado de la acción de fuerzas. En este sentido la forma de un objeto es un "diagrama de fuerzas".[11] (Fig.8). El perfil resultante debe por tanto su configuración tanto a condiciones de la propia naturaleza material como a las solicitaciones mecánicas y del entorno. Y de acuerdo a esta respuesta de la propia física, en el caso de la naturaleza "modifica libremente sus formas y añade material allí donde es necesario (...) engrosa aquellas áreas sometidas a una tensión alta, refuerza los espacios comprendidos entre las regiones y mantiene finas como el papel las zonas que deben soportar

---

9. Los artífices de l´École de Nancy referenciaron su ideario constructivo a las soluciones observadas en la naturaleza. Y el principio de forma de resistencia equivalente es una consecuencia lógica de la analogía con la mecánica natural: "La naturaleza construye por necesidad, tal y como le dicta la distribución de materiales". (STEVENS, Peter. *Pautas y patrones en la naturaleza*. Barcelona: Salvat. 1986. 293 p. (Tt.or. *Patterns in Nature*. Boston: Little Brown and Company, 1974). ISBN: 84-345-8399-2. p. 7).

10. MAGNE, Lucien. *Le fer dans l'Art Moderne*. p. 356. (Traducción del autor).

11. THOMPSON, D'Arcy W. *Sobre el crecimiento y la forma*. Madrid: Akal, 2011, 336 p. (Tít.or. *On growth and form*, Cambridge University Press, 1961). ISBN: 978-84-460-3339-4. p. 27.

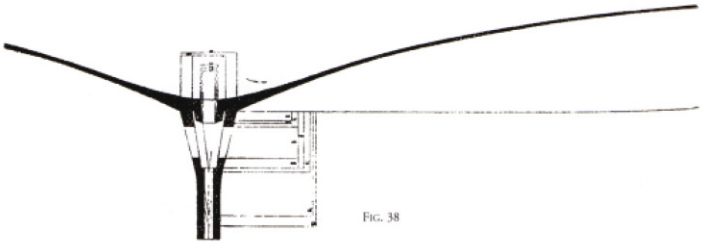

Fig. 38

Fig. 11
Fig. 12

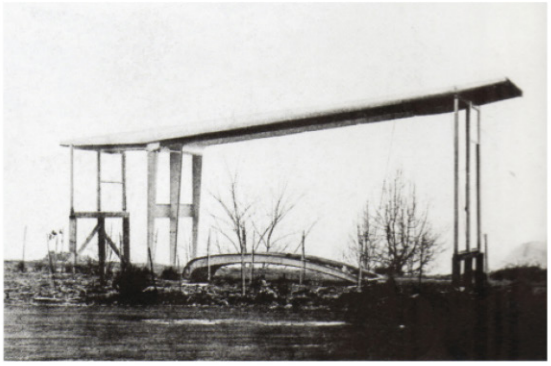

Fig. 13

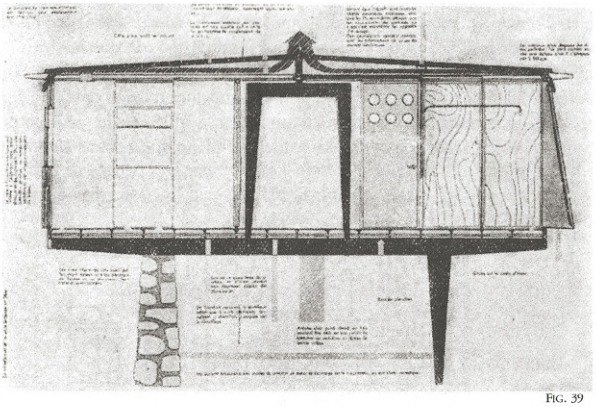

Fig. 39

*
**

Y he aquí el testimonio de Jean Prouvé, que representa de una manera tan elocuente al tipo del "constructor" –estatuto social– todavía no aceptado oficialmente, pero cuya dignidad reclama ya la época en que vivimos. Quiero decir con eso que Jean Prouvé es indiscutiblemente arquitecto e ingeniero. En realidad, ingeniero y constructor, pues todo cuanto él toca y concibe toma inmediatamente elegante forma plástica, al solucionar de manera tan brillante las cuestiones de resistencia y de fabricación. (Fig. 39).

Su obra de la época de posguerra ofrece un testimonio decisivo.

115

Fig. 14

Fig. 11. Sección bóveda-cáscara para el proyecto de hospitales en Corrientes. Amancio Williams. 1951-1952. LE CORBUSIER. *El modulor II*. Madrid: Apóstrofe, 2005.

Fig. 12. Modelo de alambre metálico para el proyecto de hospitales en Corrientes. Amancio Williams. 1951-1952. En Archivo Amancio Williams. Claudio Williams, director.

Fig. 13. Modelo para estructura de escuela tipo. Jean Prouvé. 1947-1948. COLEY, Catherine. *Jean Prouvé*. Paris : Centre Georges Pompidou, 1993.

Fig. 14. Sección de la casa standar Meudon. Jean Prouvé. 1950-1952. LE CORBUSIER. *El modulor II*. Madrid : Apóstrofe, 2005.

tensiones bajas". [12] De forma análoga Jean Prouvé asume el principio eficiente de la forma de resistencia equivalente en el diseño de sus muebles: "Una silla se rompe siempre por la junta trasera, por el ángulo entre las patas y el asiento, razón por la que todos mis muebles tienen forma de resistencia equivalente. Una mecedora mía tiene secciones variables"[13]. (Figs. 9 y 10).

Cómo solventar sin embargo la falta de conocimiento técnico del material y del empleo de los diversos sistemas constructivos y posibilidades estructurales, se pregunta Magne. Si no se conocen las leyes de resistencia del material empleado, cómo llegar a las secciones precisas empleando la cantidad adecuada de material. Significativo que en este mismo artículo acabe refiriéndose a la figura del *constructor,* como aquel capaz de responder a partir del entendimiento de la naturaleza del material a través de la experiencia. Anota Le Corbusier, a propósito del cambio de rumbo adoptado por la arquitectura, producto de la incorporación de la máquina, atribuyendo igualmente a la figura del *constructor* la solución al problema del distanciamiento entre la posición del arquitecto y del ingeniero: "El siglo del maquinismo ha dado origen al constructor. Hay programas nuevos, una técnica nueva y medios nuevos que lo han alumbrado. Por todas partes, ahora, está manos a la obra".[14] El mismo Le Corbusier, en su libro El Modulor, a propósito de la sección de un sistema de casa tipo Meudon (1950-1952) de Jean Prouvé[15] definiría su trabajo de la siguiente forma:

> Y he aquí el testimonio de Jean Prouvé, que representa de una manera tan elocuente al tipo de "constructor" -estatuto social- todavía no aceptado oficialmente, pero cuya dignidad reclama ya la época en que vivimos. Quiero decir con esto que Jean Prouvé es indiscutiblemente arquitecto e ingeniero. En realidad, ingeniero y constructor, pues todo cuanto él toca y concibe toma inmediatamente elegante forma plástica, al solucionar de una manera tan brillante las cuestiones de resistencia y fabricación.[16] (Fig.14).

Las enseñanzas de Viollet-le-Duc y la arquitectura estructural

Llegados a este punto, recurrimos al arquitecto Eugène Viollet-le-Duc, como referencia teórica esencial que supone para la trayectoria de la construcción francesa, y por encontrar en su posicionamiento singulares resonancias en el planteamiento *forma-estructura* ensayado por

---

12. STEVENS, Peter. *Pautas y patrones en la naturaleza*. p. 85.

13. PROUVÉ, Jean. *Conversaciones con Jean Prouvé*. p. 26.

14. LE CORBUSIER. *L´Esprit nouveau*. Nº 25. 1924. Paris. En: GIEDION, Sigfried. *Espacio, tiempo y arquitectura. Origen y desarrollo de una nueva tradición*. Barcelona: Reverté, 2009. 857 p. (Tít. or: *Space, Time and Architecture: the growth of a new tradition*. Cambridge: Harvard University Press, 1941). ISBN: 978-84-291-2117-9. p. 235.

15. Junto a la estructura de Jean Prouvé, Le Corbusier curiosamente sitúa un dibujo de Amancio Williams relativo a las bóvedas-cáscara para los hospitales de Corrientes (1951-1952), de sección variable, mostrando la continuidad entre la cubierta y el elemento vertical. Se trata de un proyecto realizado en los mismos años que el proyecto de las casas Meudon. Amancio Williams, al igual que Prouvé, serían especialmente aficionados a la aeronáutica. Ambos fueron pilotos de avión.

16. LE CORBUSIER. *El Modulor 2*. Madrid: Apóstrofe, 2005. 344 p. (Tít. or: *Le Modulor II*. Boulougne-sur-Seine: Ed. L´Architecture d´aujourd´hui, 1955). ISBN: 978-84-455-0264-8. p. 115.

Prouvé. Como sostuviera Pierre Francastel, Viollet-le-Duc, atento a los cambios que acontecen con la aparición de la máquina, propondría una construcción directamente ligada a la aplicación de las nuevas técnicas[17], implicado en la tarea de acercar las posturas del artista y del industrial. Viollet-le-Duc toma como ejemplo de actualización a su tiempo histórico el planteamiento estructural y constructivo adoptado por los maestros laicos del XII y XIII francés. Adaptándose a unas nuevas condiciones sociales, surge un movimiento de la "emancipación intelectual de las clases trabajadoras de las ciudades, eminentemente democrático"[18], y tiene lugar un sistema formal fundamentalmente "flexible", principalmente motivado por las posibilidades materiales y la resolución estructural de un problema constructivo. Y precisamente como condición de adaptación al medio, una condición determinante sería la "aplicación juiciosa de material" [19], rompiendo con una tradición anterior y planteando un sistema novedoso: "Equilibrio del sistema constructivo por medio de resistencias activas opuestas a las fuerzas activas. La apariencia no es más que una consecuencia de la estructura y de las necesidades"[20].

Una evolución constructiva que responde a un cambio en los tiempos, pero también, sostiene Viollet-le-Duc, derivada de una singular intuición vinculada sobre todo a la experiencia material del maestro constructor. Una lógica instintiva y sutil, "la mirada de quienes ven, de quienes ven sin prejuicios". [21] La experiencia del constructor, que conoce directamente el comportamiento del material, prevé una forma para cada necesidad estructural. Si el capitel de una columna se ensancha, dice Viollet-le-Duc, es porque debe soportar más carga. Incluso si la geometría asociada a los órdenes varía o se desarrolla en una determinada dirección, se debe a una necesidad estructural o funcional, de acuerdo a la naturaleza misma de la materia: "Los perfiles y los ornamentos están tallados de modo que ayudan a la inteligencia del dispositivo. Perfiles que cumplen con precisión una función útil". La noción de necesidad no solo responde por tanto a una cuestión mecánica, sino también a un compromiso con la economía de materia y a su correcto uso, supliendo la carencia material del momento histórico, como apunta Viollet-le-Duc, con ciencia teórica e imaginación. Toda intención de forma queda por tanto correlacionada:

> Es imposible separar la forma de la arquitectura del siglo XIII de su estructura. Cualquier elemento de dicha arquitectura es consecuencia de una necesidad de la estructura, del mismo modo que en el género vegetal (...) No existe ningún fenómeno que no sea el producto de una necesidad orgánica.[22]

---

17. FRANCASTEL, Pierre. *Arte y Técnica en los siglos XIX y XX*. p. 85.
18. VIOLLET-LE-DUC, Eugène. *Conversaciones sobre la arquitectura*. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. 2007. 2 v. (Tít. or. *Entretiens sur l´Architecture*. Paris : Morel et Cie, 1863). ISBN: 978-84-89882-34-8. p. 344.
19. Ibíd. p. 345.
20. Ibíd. p. 264.
21. Ibíd. p. 283.
22. Ibíd. p. 284.

Un posicionamiento a propósito de los nuevos planteamientos constructivos góticos, que mucho tienen que ver con el posicionamiento de Jean Prouvé a propósito del valor de la forma estructural:

> Todas las obras maestras de la arquitectura tocan nuestro espíritu por la revelación de su estructura, generadora de forma. Consciente o inconscientemente, la emoción que se siente al enfrentarse a las construcciones realizadas por hombres desde el pasado ciertamente es técnica.[23]

El propio Viollet-le-Duc, refiriéndose a su propio momento histórico, señalaría la industria como la herramienta necesaria para marcar un cambio de rumbo. El estilo, dice, ha huido del arte y se ha ido a refugiar en la industria. A partir de la progresiva incorporación de los productos de la máquina en la construcción, y más propiamente la utilización de los nuevos materiales como el acero en la resolución de estructuras, "estos productos de la máquina constituirán en cierta forma un medio natural". Señalaría Prouvé: "Nuestra época es indiscutiblemente la de la industrialización. La difusión justifica la industria. Debe ser puesta a disposición de la mayoría, y no reservada como en tiempos pasados a unos privilegiados, los cuales encontraron en el artesanado lo mejor de una producción en la que es necesario un conocimiento total de los materiales y sus procesos de transformación". [24] No sería hasta la primera mitad del siglo XIX que "los hombres toman conciencia de su entrada común en un nuevo sistema de acción sobre la materia".[25] La noción de lo que es o no bello se desplaza en favor de la utilidad de lo construido, traducción adecuada de unas nuevas técnicas a la forma de nuevos retos funcionales. Las nuevas posibilidades mecánicas encontraron por sí mismas su vía de expresión: "La industria camina hacia delante, explora lo desconocido, conquista las formas (...) No es en el estudio de los pintores donde se está preparando la revolución tan vaticinada y tan deseada. Es en las fábricas". [26] Una familia de constructores, descritos por Giedion como aquellos que "desempeñaron para los arquitectos el papel de exploradores", serían los que se lanzarían a adaptar los nuevos recursos y asumir el riesgo de experimentar con los mismos, "adentrándose en caminos inexplorados". [27]

---

23. PROUVÉ, Jean. Tradition structurale. Catálogo *Structures nouvelles en architecture*. Paris : CNAM, 1965. En: ARCHIERI, Jean-François, LEVASSEUR, Jean-Pierre. *Prouvé : cours du CNAM. 1957-1970 : essai de reconstritution du cours à partir des archives Jean Prouvé*. Liege : Pierre Mardaga, 1990. 310 p. ISBN: 2-87009-434-5. p. 228. (Traducción del autor).

24. PROUVÉ, Jean. Hoja manuscrita preparatoria para el acto de presentación del curso CNAM de 1965. Fondos de Archivo Centro Georges Pompidou. Biblioteca Kandinsky. Paris. (Traducción del autor).

25. FRANCASTEL, Pierre. *Arte y técnica en los siglos XIX y XX*. p. 24.

26. A propósito de un artículo de Octave Mirbeau, publicado en *Le Figaro* en 1889. Véase GIEDION, Sigfried. *Espacio, tiempo y arquitectura*. p. 233.

27. GIEDION, Sigfried. *Espacio, tiempo y arquitectura*. p. 231-232.

Prouvé y los ingenieros naturales

Si bien la intención de Jean Prouvé sería realizar estudios de ingeniería, atraído por la construcción sobre todo en su relación con la mecánica[28], finalmente se inicia como apuntábamos a través de la forja, artesano aprendiz de maestros *art nouveau*, movimiento que hundía sus raíces en la tradición de la transformación del hierro[29]. Pero su pasión por la mecánica aeronáutica, y la búsqueda de respuestas en las nuevas técnicas de transformación, finalmente le hacen converger con una nueva conciencia estética, imagen manifiesta de la experimentación formal y estructural desarrollada durante el siglo XIX y principios del XX, cuya confianza en la estructura como principal expresión arquitectónica quizás sea lo que mejor la define, siguiendo una tradición que comprobamos se remonta siglos atrás siguiendo los planteamientos de Viollet-le-Duc. De esta manera se refiere Prouvé a la relación entre su idea de arquitectura y el papel de la estructura: "Nunca tuve la impresión, ideando una estructura, de poner a punto una técnica al servicio de la arquitectura. Tuve la convicción de que un estudio de estructura es un estudio arquitectónico. En mi opinión, indisociable". [30]

Encontraremos en los cursos del CNAM de Jean Prouvé, etapa docente comprendida entre 1957 y 1970 tras la pérdida de su *máquina-herramienta* (Maxéville), clases teóricas dedicadas a infraestructuras y estructuras arquitectónicas, tales como puentes, viaductos, grandes mercados, estaciones de transporte, todos ellos testigos de una evolución constructiva que condicionaría toda una época, incluida su propia trayectoria.[31] Encuentra Prouvé en estas obras de la ingeniería un adecuado referente para hablar de la forma estructural y de las técnicas asociadas a los usos. Anotar como ejemplos, referencias a propósito de los grandes puentes de París, bien conocidos por Prouvé, como el *Pont des Arts,* primer puente metálico construido en la ciudad, del cual apunta en su cuaderno de notas el alumno: "Nada superfluo, como todas las cosas bellas"[32], probablemente anotación tomada a partir de los propios comentarios de Prouvé

---

28. "A los 16 años tuve que dejar los estudios (...) en lo más profundo de mi pensamiento tenía la idea de hacerme ingeniero, de hacerme constructor, y en ese momento yo pensaba en "máquinas" porque me encantaba la mecánica, me encantaba la aviación y me imaginaba siendo constructor de aviones" (Jean Prouvé). Véase: SULZER, Peter. "Años de forja: del taller a la fábrica". En: *AV Monografías. 149. Jean Prouvé 1901-1984*. Madrid: Arquitectura Viva, 2011. p. 38.

29. "El artesano es aquel capaz de componer una obra y de ejecutarla en su totalidad, y de este modo sentir la alegría de creador" (Émile Robert, maestro de Jean Prouvé. Citado en *Art et Industrie,* revista de principios de siglo XX, donde habitualmente también escribía Victor Prouvé). Véase: COLEY, Catherine. *Jean Prouvé*. Paris: Centre Georges Pompidou, 1993. 69 p. ISBN : 285850668X. P. 15. (Traducción del autor).

30. PROUVÉ, Jean. L´avenir des structrues. *Recherche et Architecture*. 1973. núm.16. p. 15. (Traducción del autor).

31. "Si miramos las cosas un poco desde arriba y sin prejuicios tendremos que reconocer que las carreras del arquitecto y del ingeniero civil tienden a confundirse, tal y como ocurría antaño (...) Si razonamos un poco pronto nos daremos cuenta de que los intereses de ambas corporaciones quedarán satisfechos mediante su unión puesto que, en el fondo, el nombre poco importa". Véase: VIOLLET-LE-DUC, Eugène. *Conversaciones sobre la arquitectura*. p. 74.

32. ARCHIERI, Jean-François, LEVASSEUR, Jean-Pierre. *Prouvé: Cours du CNAM, 1957-1970*. p. 288. (Traducción del autor).

Fig. 15. y 16. Viaducto sobre el Viaur. P.J. Bodin. 1902. BNF.

Fig. 17. Selección de soluciones estructurales. Jean Prouvé. En orden descendente: Laboratorios IRSID (1947); escuela en Flavigny (1946); escuela estándar (1952); oficina de turismo Shell (1952-1953); grupos escolares en Villejuif (1956-1957); pabellón de bebidas centro mineromedicinal en Cachat, Évian (1956-1957). Dibujos realizados a la misma escala. Por el autor.

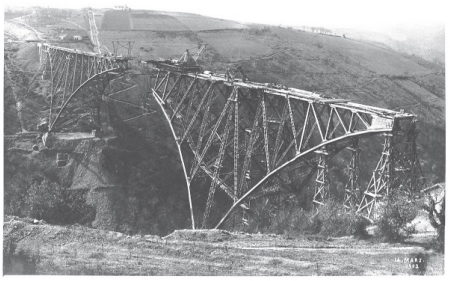

Fig. 15

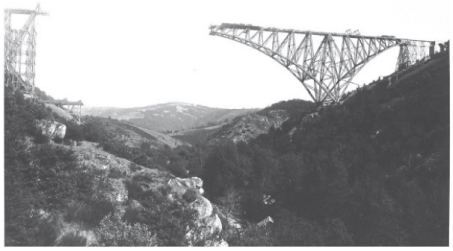

Fig. 16

Fig. 17

en clase. Los puentes del Carrousel, o el de Alexandre III serían diversos ejemplos comentados por Prouvé en el CNAM. O cómo el puente de Guerre, en Bailey, anota el alumno es "levantado en media jornada"[33] , introduciendo a la justa cantidad de materia empleada el principio de control de la energía precisa para su montaje. Un posicionamiento que acerca la postura de Prouvé a lo que pudiéramos entender por "estructura mínima".[34] O la incorporación de grandes estructuras de encuentros articulados como el mercado de ganado de Tony Garnier en Lyon. Obras que asumieron en su momento un riesgo experimental notable como el Viaducto del Viaur (Figs. 15 y 16), infraestructura ferroviaria construida entre los años 1985 y 1902. Se acompañan en este texto imágenes del proceso de obra, describiendo esta estructura entre otras cualidades la condición de continuidad entre las partes, el recurso de curvatura como mecanismo de forma eficiente, nudos constructivos resueltos igualmente a partir de una solución de continuidad. Resuenan en estas decisiones, a partir de otro vocabulario constructivo, los planteamientos de Prouvé, que progresivamente confía en sus soluciones estructurales una mayor colaboración estructural entre los elementos que componen los sistemas (Fig.17).

Retomando la cita con que se abre el artículo, Peter Rice no duda en calificar a Jean Prouvé de ingeniero natural como continuador en el siglo XX de una tradición que se afianzó décadas antes. Y uno de los atributos

33. Ibíd. p. 288.

34. "Aquellas estructuras que, cumpliendo con todas las necesidades que presentan los varios problemas constructivos de una obra real, necesitan la mínima cantidad de energía de construcción para su realización. La energía de construcción incluye la cantidad de material empleado y el trabajo". Definición de estructura mínima por Conrad Roland. Véase: ROLAND, Conrad. *Frei Otto: estructuras. Estudios y trabajos sobre la construcción ligera*. Barcelona: Gustavo Gili, 1973. 172 p. ISBN:84-252-0772-X. p. 3.

que asocia a Prouvé con esta familia de constructores es el conocimiento preciso de los materiales y de los procesos constructivos, dotados estos personajes de una singular "inteligencia instintiva y física".[35] Una condición, la de la intuición mecánica, que se deriva de la experiencia adquirida sobre un medio material y su técnica asociada[36]. En el caso de Prouvé proviene de su formación en talleres de forja, modelando el metal fluido. Experiencia adquirida previa que reconocieran personajes como Eugène Freyssinet, referente de Prouvé en sus cursos teóricos, desvelándose en sus inicios un singular paralelismo con la biografía de Prouvé, ambos formados en un ambiente en contacto directo con diferentes oficios artesanos. Así se refiere Freyssinet al "paisaje" de su infancia:

> Artesanos universales, estos hombres se han fabricado una civilización caracterizada por un afán extremo de simplificación de las formas y de economía de medios. El artesano que, al sufrir por su vida, sabe que pagará sus torpezas con más miseria, adquiere un sentido de la materia que no podrá enseñarse nunca en ninguna escuela.(...) Estos hombres han sido mis primeros y más eficaces educadores, aquellos cuya impronta me ha marcado con mayor fuerza. Gracias a ellos fui, a mis veinte años, un artesano completo (...) Esta ciencia ha sido la base más sólida de mi formación técnica. (...) Para mí existen solo dos fuentes de información: la percepción directa de los hechos y la intuición (...) es preciso, por supuesto, que la intuición esté controlada por la experiencia.[37]

Una formación en la que Freyssinet pone de manifiesto el valor de la experiencia directa de las técnicas empleadas. Como sostuviera Víctor Prouvé a propósito del acceso de Jean en el centro de aprendizaje profesional del maestro de forja Robert: "El fracaso de muchos es no tener más que una vaga idea de los oficios (...) Sus conocimientos no harán más que darle autoridad. Sabrá mejor qué es lo que hace"[38]. Prouvé evolucionará la faceta de artesano-herrero que trabaja la masa de metal incandescente, en la de cerrajero que modela y ensambla el metal en frío, y progresivamente la naturaleza de su proceso creativo y de sus encargos terminará por reunir en una misma persona la condición de diseñador y de constructor. Encontramos casos singularmente parecidos como el de Pier Luigi Nervi, diseñador y constructor como Prouvé, personaje al que dedicaría también su atención docente. Dos posicionamientos, los de Prouvé y Nervi, que reconocen en su práctica el valor de la intuición sobre el comportamiento de la materia. Apuntaría Nervi a propósito del proceso creativo:

---

35. RICE, Peter. *Un ingeniero imagina*. p. 107.

36. "Todos los hombres que han nacido artistas poseen su arte por medio de la intuición, pero el cálculo y la experiencia sirven para demostrar que dicha intuición es justa". Véase: VIOLLET-LE-DUC, Eugène. *Conversaciones sobre la arquitectura*. p. 144.

37. FREYSSINET, Eugène. "Mi vida: Nacimiento del hormigón pretensado. Herencia". En: RUI-WAMBA MARTIJA, Javier. *Eugène Freyssinet. Un ingeniero revolucionario*. Madrid: Fundación Esteyco, 2003. 156 p. ISBN: 84-921092-9-7. p.20 -23.

38. Carta de Victor Prouvé a Marie Duhamel, madre de Jean Prouvé, escrita en 1917, año en que comienza su formación en el centro de aprendizaje de Émile Robert. Véase: OTTER, Blandine, PERRIN, Jérôme. « Jean Prouvé, ferronier d'art ». *Jean Prouvé*. Paris: Somogy éditions d'art, 2012. 407 p. ISBN: 978-2-7572-0563-1. p. 160-161. (Traducción del autor).

Fig. 18. Dibujo preparatorio de Jean Prouvé para cursos del CNAM. Viaducto de Corso Francia. Roma. P.L.Nervi. Centro Georges Pompidou. Bibliothèque Kandinsky.

Fig. 19. Esquema para encofrado para el vertido de las pilastras del Viaducto de Corso Francia. Roma. P.L.Nervi. En PICA, Agnoldomenico. *Pier Luigi Nervi*. Barcelona: Gustavo Gili, 1969.

Fig. 20. Dibujos preparatorios de Jean Prouvé para cursos del CNAM. Proceso de montaje de la pilastra del Palacio del Trabajo de Turin de P.L.Nervi. Centro Georges Pompidou. Bibliothèque Kandinsky.

Fig. 21. Alzado y planta de pilastra tipo del Palacio del Trabajo de Turin. DESIDERI, Paolo. *Pier Luigi Nervi*. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.

Fig. 22. Proceso de montaje de la estructura del Palacio Alpexpo, en Grenoble. Jean Prouvé. FRUITET, Louis. "Le Palais de la Foire de Grenoble(France)". *Acier*. 1968. núm. 11.

Fig 23. Diagrama de momentos. Palacio Alpexpo, en Grenoble. Jean Prouvé. FRUITET, Louis. "Le Palais de la Foire de Grenoble(France)". *Acier*. 1968. núm. 11.

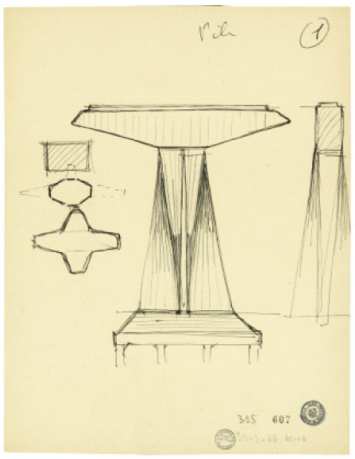

Fig. 18

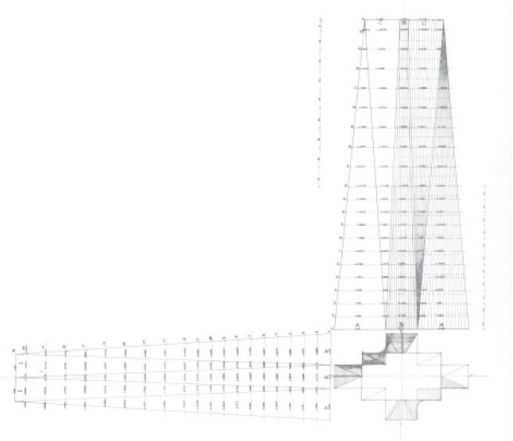

Fig. 19

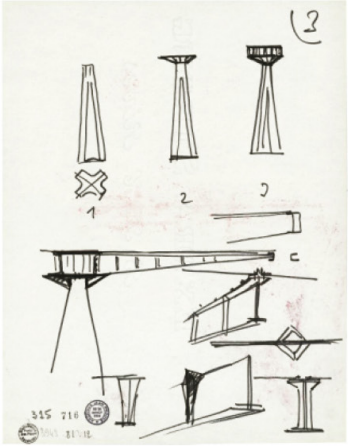

Fig. 20

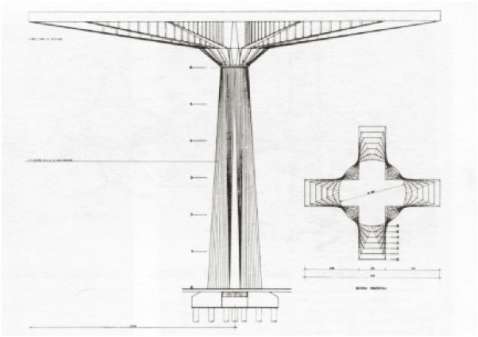

Fig. 21

Fig. 22

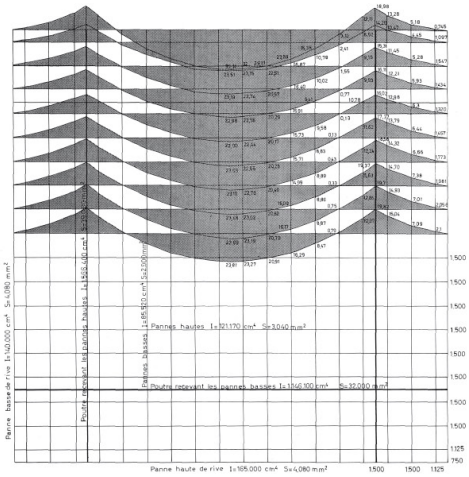

Fig. 23

> La fase formativa de un diseño, durante la cual quedan definidas sus principales características y sus cualidades y defectos, al igual que las características de un organismo están definidas en su fase de formación, no se sirven de la teoría estructural, y ha de depender de la simplificación intuitiva y sintética.[39]

Respondería igualmente la obra de Nervi a una estrategia estructural eficiente respecto de las solicitaciones a las que dar respuesta formal, confirmada, al igual que haría Prouvé, a partir de un proceso creativo de experimentación directa con modelos reales, en la que se reconoce igualmente el principio de *forma de resistencia equivalente*. Así se refiere Nervi a su proyecto del Estadio de Florencia, construido en 1929: "Las variaciones en la sección de las vigas principales están dictadas por la ley que gobierna la variación de momentos".[40]

Acompañamos el texto con algunos dibujos de Prouvé a propósito de la geometría y proceso de montaje de las pilastras del Palacio del Trabajo de Turín (Figs. 20 y 21) y del viaducto de Corso Francia, en Roma, (Figs.18 y 19) y a continuación la estructura de grandes luces del Alpexpo de Grenoble (Fig.22), ideada en su totalidad por Prouvé junto con su hijo Claude Prouvé, arquitecto, asistidos por Serge Binotto, y la colaboración singular del ingeniero estructural Louis Fruitet. Sistema estructural en el que Fruitet reconocería una singular eficiencia: "El reparto de momentos, obtenido mediante cálculo exacto, es muy próximo a un reparto ideal". [41] (Fig.23)

En los dibujos analíticos de Prouvé a propósito del sistema ideado y construido por Nervi para Turín, se reconoce la intención de comunicar una solución de transición continua entre las diferentes variaciones de sección. Las diversas partes que conforman el sistema colaboran estructuralmente, adaptando el perfil de los elementos a la ley de esfuerzos y al proceso constructivo:"Nervi dibuja básicamente una planta con los cortes sucesivos correspondientes a los seis vertidos del hormigonado. Igual que se dibuja el plano de un barco: por secciones (...) Se podría decir que la forma queda definida por las secciones transversales descritas en planta y que el alzado describe la ley que las organiza".[42]

Otro referente para Jean Prouvé sería la obra de Robert Maillart. Se recogen dibujos de Prouvé preparatorios para la clase a propósito del ingeniero en los cursos del CNAM, describiendo ejemplo el perfil del puente Salginatobel. (Figs. 24 y 25) Señalan los autores del libro del CNAM, alumnos ambos de Prouvé, la importancia que dedicaba a la obra de Maillart en sus cursos:

---

39. CIMET, David. "Nervi y la creación artística". *Cuadernos de arquitectura*. 1964. núm. 15. 1964. p.4.

40. Ibíd. p. 8.

41. FRUITET, Louis. "Le Palais de la Foire de Grenoble (France)". *Acier*. 1968. núm.11. p. 472. (Traducción del autor).

42. CRESPO CABILLO, Isabel. "Control gráfico de formas y superficies de transición". Director: Joan Font Comas. Universidad Politécnica de Cataluña. 2005. p. 216.

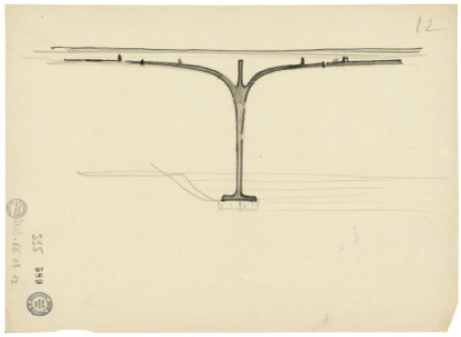

Fig. 24

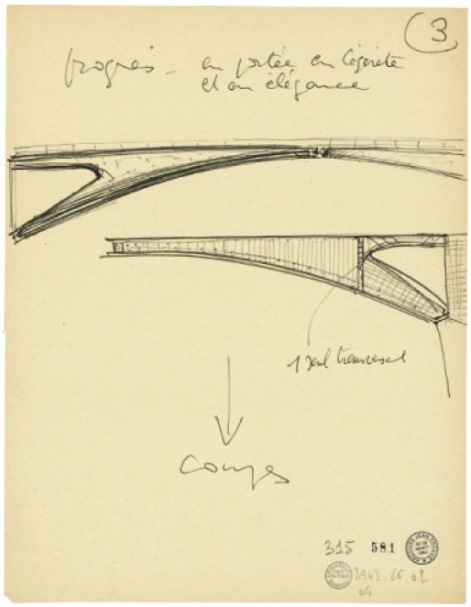

Fig. 25

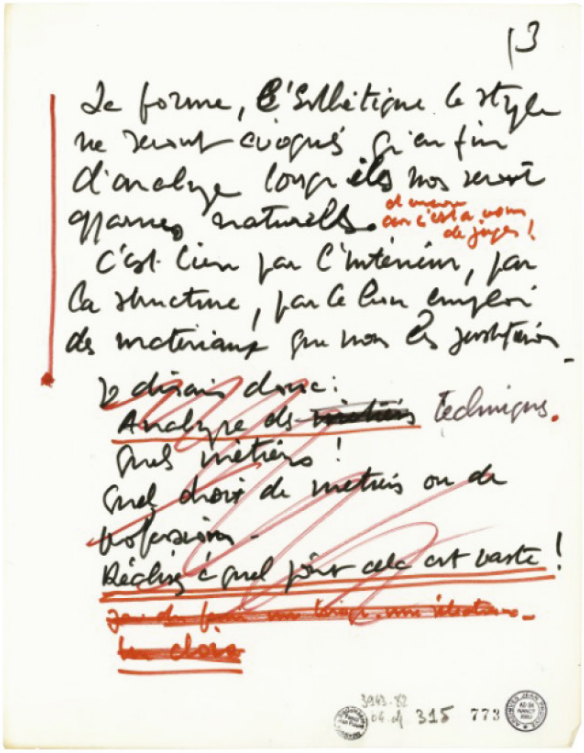

Fig. 26

Fig. 24. y 25. Dibujos preparatorios de Jean Prouvé para cursos del CNAM. Propuesta de viaducto y puente Salginatobel de Robert Maillart. Centro Georges Pompidou. Bibliothèque Kandinsky.

Fig. 26. Hoja manuscrita de Jean Prouvé. Documento preparatorio del acto de presentación del curso del CNAM de 1965. Centro Georges Pompidou. Bibliothèque Kandinsky.

> Los puentes en hormigón armado construidos por Robert Maillart ocupan un lugar importante en el espíritu de Jean Prouvé, se deduce que por la importancia que le otorgaba en su curso, como por la comunión de pensamiento que existe entre estos dos hombres, como por la ambigüedad que entraña el análisis de las obras de ambos.[43]

Archieri y Levasseur anotan la condición singular de unidad constructiva entre el tablero superior y los soportes que sustentan uno de los ejemplos de puentes más célebres descritos por Prouvé. La estabilidad y la economía material del puente se deben entre otras cosas a la unidad y variación precisa que describe la forma estructural. Haciendo una sutil analogía entre el uso del hormigón como materia colada en un molde, asimilado a la fundición [44] , resonando el oficio del trabajo con la masa incandescente y fluida de metal con el que está familiarizado el maestro de forja con la forma igualmente fluida que supone el trabajo con hormigón de estos importantes constructores. Sugiere Max Bill a propósito de Maillart la manera en que los elementos que componen sus obras

43. ARCHIERI, Jean-François, LEVASSEUR, *Jean-Pierre. Prouvé: Cours du CNAM, 1957-1970*. p. 290. (Traducción del autor).

44. Ibíd. p. 292.

establecen una solución de continuidad con otras, evitando inflexiones de forma susceptibles de concentrar tensiones: "Construcción concebida como una unidad, y construida en lo posible en esta dirección, pues es la única manera de llegar a una construcción clara y a una utilización casi total de la materia."[45]

Si observamos los dibujos de Prouvé a propósito de las estructuras de Maillart, y además recorremos las notas tomadas por sus alumnos, comprobamos cómo asocia igualmente a estas obras el principio de *forma de resistencia equivalente*, pues queda patente cómo la sección cambia en función de los esfuerzos en cada entorno de la estructura, variando tanto el perfil como la geometría de los cortes transversales de los elementos constructivos, poniendo a trabajar, como sostuviera Max Bill, la mayor parte posible de materia.

A modo de conclusiones, en esta incursión en el dominio de lo que Rice denominaba ingeniero natural, se aproximan el entendimiento del material por parte del artesano y las experiencias estructurales y formales resultado de las nuevas técnicas, propuestas por una familia de constructores, que tomaron una singular y necesaria conciencia del problema constructivo en un momento de profundos cambios. En ellos como en el posicionamiento de Jean Prouvé, se reconoce un especial compromiso con la forma que deviene de las propiedades de la materia con la que trabajar y de la solución estructural adoptada, a la búsqueda de la más eficiente. Es más, de todos ellos, incluidos los artesanos, considerando de fondo el pensamiento constructivo de Viollet-le-Duc, se desprende el principio clásico de identificación de forma y estructura, y el diseño es entendido como resultante natural de diversas solicitaciones, tanto mecánicas como dimensionales y de uso.

La estrategia de diseño de *forma de resistencia equivalente*, resume una actitud adoptada por Jean Prouvé, herencia en su caso por analogía con el mundo de la mecánica natural, y que conecta su pensamiento constructivo y estructural con las experiencias de estos exploradores de la forma a los que aludía Peter Rice. El propio Jean Prouvé, cuya voluntad de forma se fundamenta en una larga experiencia de la transformación directa del metal, encontraría en la geometría fluida y eficiente de estos singulares ejemplos estructurales, un motivo para transmitir a la materia aquello que entendiera por la forma más natural con que dar respuesta a un problema constructivo.

"La forma, la estética, el estilo, serán evocados a fin de analizarlos, apareciéndonos como naturales. Es por el interior, por la estructura, por el buen empleo de los materiales, que los justificaremos". [46] (Fig.26).

---

45. BILL, Max. *Robert Maillart*. Zurich: Gisberger, 1955. p. 19.

46. PROUVÉ, Jean. Hoja manuscrita preparatoria para el acto de presentación de curso del CNAM. 1965. Archivo Centro Georges Pompidou. Biblioteca Kandinsky. Paris. (Traducción del autor).

Referencias bibliográficas

ARCHIERI, Jean-François, LEVASSEUR, Jean-Pierre. *Prouvé : cours du CNAM. 1957-1970 : essai de reconstritution du cours à partir des archives Jean Prouvé*. Liege : Pierre Mardaga, 1990. 310 p. ISBN: 2-87009-434-5

BILL, Max. *Robert Maillart*. 2º ed. Zurich: Gisberger, 1955. 184 p.

CIMET, David. "Nervi y la creación artística". *Cuadernos de arquitectura*. 1964. núm. 15. 1964.

COLEY, Catherine. *Jean Prouvé*. Paris: Centre Georges Pompidou, 1993. 69 p. ISBN : 285850668X.

CRESPO CABILLO, Isabel. "Control gráfico de formas y superficies de transición". Director: Joan Font Comas. Universidad Politécnica de Cataluña. 2005.

FRANCASTEL, Pierre. *Arte y técnica en los siglos XIX y XX*. Madrid: Debate, 1990. 287 p. (Ed. or. *Art et technique aux XIXe et XXe siècles*. Paris: Editions de Minuit, 1956). ISBN: 84-7444-414-4.

FRUITET, Louis. "Le Palais de la Foire de Grenoble (France)". *Acier*. 1968. núm.11.

GIEDION, Sigfried. *Espacio, tiempo y arquitectura. Origen y desarrollo de una nueva tradición*. Barcelona: Reverté, 2009. 857 p. (Tít. or: *Space, Time and Architecture: the growth of a new tradition*. Cambridge: Harvard University Press, 1941). ISBN: 978-84-291-2117-9.

LE CORBUSIER. *El Modulor 2*. Madrid: Apóstrofe, 2005. 344 p. (Tít. or: *Le Modulor II*. Boulougne-sur-Seine: Ed. L´Architecture d´aujourd´hui, 1955). ISBN: 978-84-455-0264-8.

LE RICOLAIS, Robert. *Visiones y paradojas*. Madrid: Fundación Cultural del COAM, 1997.159 p. ISBN: 84-88496-20-6.

MAGNE, Lucien. Le fer dans l´Art Moderne. *Revue des Arts Décoratifs.1900*. Paris. 1900.

MARREY, Bernard. *La ferronnerie dans l´architecture à Paris aux XIXe et XXe siècles*. Paris : Éditions du Linteau, 2014. ISBN : 978-2-910342-94-4.

OTTER, Blandine, PERRIN, Jérôme. « Jean Prouvé, ferronier d´art ». *Jean Prouvé*. Paris: Somogy éditions d´art, 2012. 407 p. ISBN: 978-2-7572-0563-1.

PROUVÉ, Jean. *Conversaciones con Jean Prouvé*. Armelle Lavalou (ed.) Barcelona: GG, 2005. 96 p. (Tít. or. Jean Prouvé par lui-même. Paris: Editions du Linteau, 2001). ISBN: 84-252-1995-7 .

RICE, Peter. *Un ingeniero imagina*. Madrid: Cinter, 2009. 229 p. (Tít. or. *An Engineer Imagines*. Londres: Elipsis, 1998). ISBN: 978-84-932270-5-0

ROLAND, Conrad. *Frei Otto: estructuras. Estudios y trabajos sobre la construcción ligera*. Barcelona: Gustavo Gili, 1973. 172 p.

ISBN:84-252-0772-X.

RUI-WAMBA MARTIJA, Javier. *Eugène Freyssinet. Un ingeniero revolucionario*. Madrid: Fundación Esteyco, 2003. 156 p. ISBN: 84-921092-9-7.

STEVENS, Peter. *Pautas y patrones en la naturaleza*. Barcelona: Salvat. 1986. 293 p. (Tít.or. *Patterns in Nature*. Boston: Little Brown and Company, 1974). ISBN: 84-345-8399-2.

SULZER,Peter. *Oeuvre complète=complete works*. Vol.1. 1917-1933. Basel : Birkhäuser, 1999. ISBN: 3-7643-6002-X.

SULZER, Peter. "Años de forja: del taller a la fábrica". En: *AV Monografías. 149. Jean Prouvé 1901-1984*. Madrid: Arquitectura Viva, 2011.

THOMPSON, D´Arcy W. *Sobre el crecimiento y la forma*. Madrid: Akal, 2011, 336 p. (Tít.or. *On growth and form*, Cambridge University Press, 1961). ISBN: 978-84-460-3339-4.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène. *Conversaciones sobre la arquitectura*. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. 2007. 2 v. (Tít. or. *Entretiens sur l´Architecture*. Paris : Morel et Cie, 1863). ISBN : 978-84-89882-34-8.