

Jean Prouvé in Buc. And the forms as a result of the speed

PALABRAS CLAVE | PROUVÉ | BUC | ESTRUCTURA | MOVIMIENTO | VELOCIDAD

KEYWORDS | PROUVÉ | BUC | STRUCTURE | MOVEMENT | SPEED

| RESUMEN |

La estructura del movimiento tiene la intención de aproximar los procesos de generación y experimentación de la forma-estructura, desarrollados en los talleres de Jean Prouvé, como ejemplo de producción arquitectónica de la primera mitad del siglo XX, a la nueva visión de la realidad física del paradigma contemporáneo. A través de la obra de Jean Prouvé se desvelará una singular manera de identificación con la materia, y una puesta en práctica de modelos experimentales de producción, que derivan en un tipo de sistemas estructurales especialmente interesantes desde el punto de vista de la respuesta mecánica en relación al movimiento. El siguiente artículo introduce notas extraídas de uno de los primeros capítulos de la tesis doctoral del autor, en el que se desarrolla un análisis del contenido de las publicaciones en que aparecen los primeros trabajos relevantes de los talleres de Jean Prouvé.

| ABSTRACT |

The structure of the movement focuses on the process of generation and experimentation of the form-structure developed in Jean Prouvé's workshop, for example the architectural production developed in the first part of the 20th Century, and the new vision of the physical reality of the contemporary paradigm. Jean Prouvé's work reveals a singular way to identify with the material, as well as an application of the experimental production models, derived from structural systems especially interesting from the point of view of the mechanical response in relation to movement. The following article is based on the content of one of the chapters of a thesis in which an analysis of the texts of the first publication of Jean Prouvé's work is provided.

Jean Prouvé en Buc. Y las formas resultado de la velocidad*

DANIEL MARTÍNEZ DÍAZ** · Universidad Politécnica de Madrid, España · martinezdiazdaniel@gmail.com

Fecha de recepción 10/septiembre/2015 · Fecha de aceptación 13/diciembre/2015

INTRODUCCIÓN

“De muy joven, quería ser constructor de máquinas: me gustaba la mecánica, era un apasionado de la aviación, de todo tipo de máquinas, hasta el extremo de que también quería ser piloto de avión; más tarde lo fui...” (Prouvé, 2005, p. 12).

En el número 8 de agosto de 1935 de la revista *L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI*, probablemente el medio de difusión francés más importante de la cultura arquitectónica de aquel momento, se prestaba especial atención a un nuevo y vertiginoso desarrollo vinculado a la actualización de la forma en los diversos medios de transporte. Territorios como la aeronáutica, la hidrodinámica, la automoción, la locomoción, centraban en concreto el interés de este número al que nos referimos. Serían en estas primeras publicaciones de la década de los años 30, en paralelo a la visibilidad que adquiere la evolución de los medios de transporte, cuando comienzan a aparecer los primeros trabajos arquitectónicos relevantes de los talleres de Jean Prouvé (1901-1984).

La referencia inevitable al movimiento que sugieren estas nuevas formas resultado de la velocidad, contribuyen a una nueva percepción de la realidad, aventurada en paralelo por las vanguardias plásticas: podemos afirmar que vemos el mundo con ojos distintos anotaría Lázló Moholy-Nagy en *VISION IN MOTION* (Krauss, 2002, p. 127). Otras revoluciones técnicas como la fotografía, descubrieron al espectador y al investigador de la forma un nuevo orden del entorno físico. Gracias a la actualización técnica en medios tan diversos, se desvelaba por tanto una visión ampliada de la naturaleza de la materia, y ciencia y arte se enfrentan inevitablemente a un mundo en movimiento. Los nuevos medios de representación de la realidad así como las nuevas teorías físicas, contribuyen por tanto a la actualización de la expresión constructiva de un nuevo paradigma, en el sentido de T. S. Kuhn (Kuhn, 1971).

En las obras que Prouvé desarrolla en la década de los años 30, entre ellas el aeroclub Roland-Garros de Buc, se detectarán singulares tangencias con territorios tan próximos a Prouvé como el de la aviación, así como a una nueva

* Este artículo es resultado de la tesis doctoral que actualmente desarrolla el autor. Título de la tesis: La estructura del movimiento. Naturaleza de la forma en la obra de Jean Prouvé. Directores: Miguel Martínez Garrido (DPA-ETSAM) y Jaime Cervera Bravo (DEE-ETSAM).

** Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España. Investigador becario del grupo de investigación Geometrías de la Arquitectura Contemporánea, del Departamento de Proyectos Arquitectónicos (ETSAM-UPM).

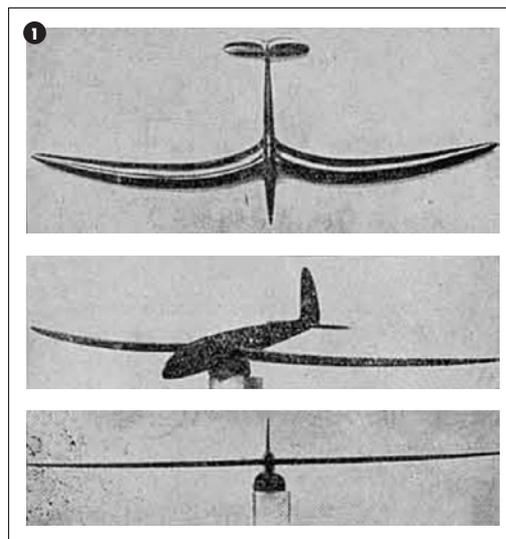
estética afín a los productos de la máquina. El contacto directo con la vanguardia artística y arquitectónica a la que Prouvé tendría acceso, propiciado entre otros por su participación en las grandes exposiciones del momento como la *Exposition Internationale des Arts Décoratifs et Industriels Modernes* de 1925 en París, sumado a su afición por la mecánica, provocan un cambio de rumbo del Prouvé herrero al Prouvé constructor. Alejado progresivamente del mundo *art nouveau* y *decó* heredado de su entorno formativo (herencia recibida de l'École de Nancy y de sus maestros de forja de París entre 1914 y 1917), en sus primeras obras arquitectónicas adopta la innovación material y técnica próxima al *esprit nouveau* sugerido por las corrientes emergentes. Se plantea como hipótesis de fondo, si el conocimiento y la experiencia intuitiva que manifiesta Prouvé de la naturaleza del material y la inauguración de un singular proceso creativo actualizado técnicamente, sitúan sus propuestas de los años 30 a la vanguardia técnica y plástica del momento.

FORMES ISSUES DE LA VITESSE / FORMAS RESULTADO DE LA VELOCIDAD

"Formas resultado de la velocidad". De este modo titula un artículo el arquitecto Georges-Henri Pingusson, redactor de la revista francesa *L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI*, concretamente en el número 8, "Evolution des transports", publicado en agosto de 1935, a propósito de una tirada dedicada a la actualidad de los diversos medios de transporte. Pingusson en aquel momento formaba parte del comité editor de la revista, responsable de la sección de arquitectura en el comité redactor. Recordemos a Prouvé cuando años más tarde reconociera la amistad que le unía con Pingusson, definiéndole como "un hombre excepcional" (Prouvé, 2005, p. 84).

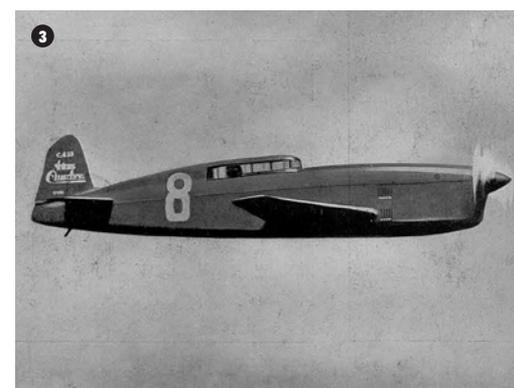
Al artículo acompañan emocionantes ejemplos de la vanguardia de los medios de transporte. Propuestas visionarias proyectadas por Norman Bel Geddes (1893-1958), como el *Air-liner* o el *Paquebote del futuro*, gigantescas arquitecturas en movimiento que, a pesar de su escala,

1. Modelo prototipo del planeador Béchereau. *L'architecture d'aujourd'hui*, N° 8, 1934, p. 52.
2. Velero de competición. *L'architecture d'aujourd'hui*, N° 8, 1934, p. 19.
3. Avión Caudron-Renault. En el momento de la publicación, récord del mundo de velocidad. *L'architecture d'aujourd'hui*, N° 8, 1934, p. 74.



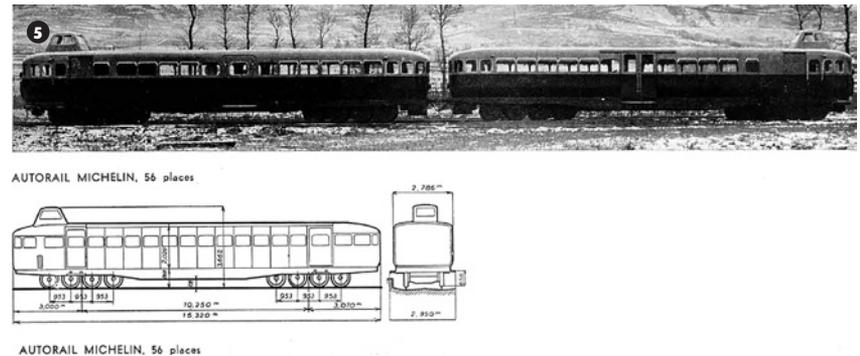
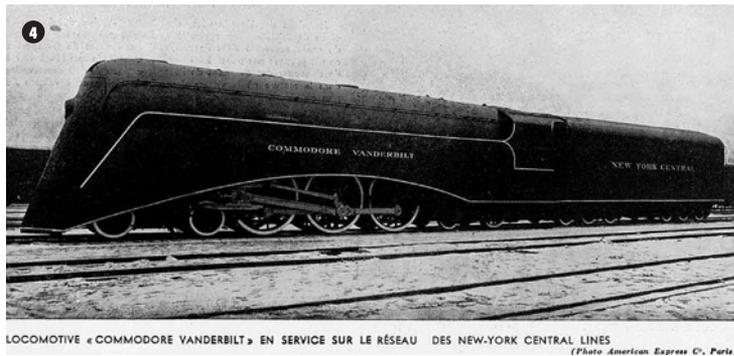
denotan la preocupación por la aplicación extensiva del diseño industrial entendido como agente de transformación social, y la necesidad de adecuación de la forma a los condicionantes del medio físico. Aparecen también prototipos experimentales del momento, como el modelo de planeador sin motor (FIGURA 1) ideado por el ingeniero aeronáutico francés Béchereau (1880-1970). Pionero en la innovación constructiva al igual que Prouvé y responsable de la idea de "monocoque" en aviación, sistema que ofrecía una forma aerodinámica de unas posibilidades inaccesibles hasta el momento. Se intuyen en las propuestas de Béchereau cualidades como la ligereza, la variación del perfil de acuerdo a la sollicitación, o la continuidad y correlación entre las partes que conforman el dispositivo, tan propias todas ellas de la arquitecturas de Prouvé.

En este número de la revista se publican además otros artículos ilustrados con singulares propuestas. Desde las últimas experiencias náuticas (FIGURA 2), tan eficientes en su diseño de casco como el *América*, a los récords de velocidad en aviación, como el aeroplano Caudron-Renault c.460 de 1934 (FIGURA 3). Este último uno de los seis prototipos construidos siguiendo el diseño de Marcel Riffard (1886-



1981), ejemplos de eficiencia resultado de su extraordinaria ligereza (motivada por su estructura de madera y reducido tamaño, apenas 7 metros de longitud) y logrado perfil aerodinámico. Locomotoras y automóviles aerodinámicos, los más evolucionados del momento, como el *Commodore Vanderbilt* de 1934, según diseño de Carl F. Kantola, primera locomotora a vapor de gran potencia con un diseño aerodinámico (FIGURA 4), ejemplo de adecuación de la forma con el objetivo de minimizar la demanda de energía. O bien los últimos auto-raíles fabricados por Michelin, como el tipo 20 de 56 plazas desarrollado a

4. Locomotora Commodore Vanderbilt. L'architecture d'aujourd'hui, N° 8, 1934, p. 60.
5. Auto-raíl Michelin modelo 20, 56 plazas. L'architecture d'aujourd'hui, N° 8, 1934, p. 65.
6. Fotografías de detalle del paquebote francés Normandie. L'architecture d'aujourd'hui, N° 8, 1934.



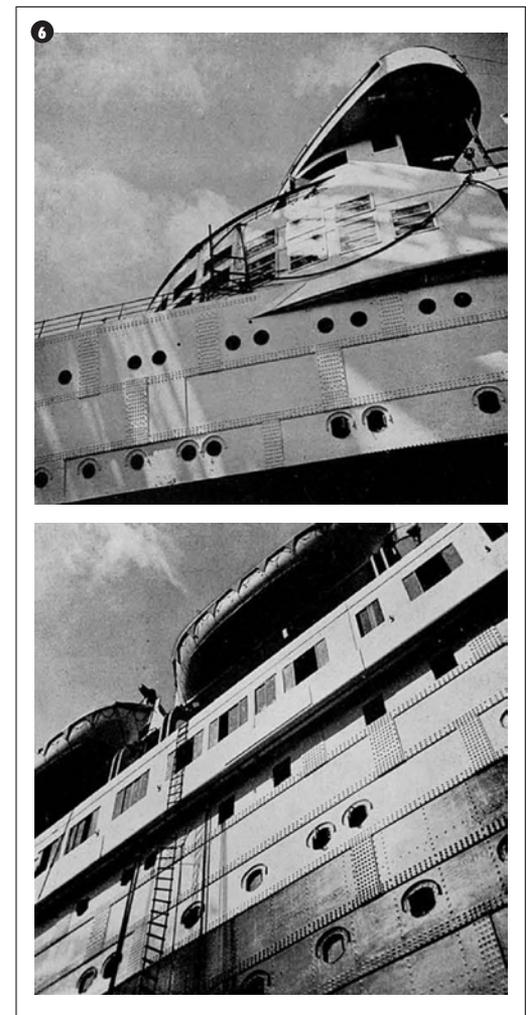
partir de 1934 (FIGURA 5), sistemático en su propuesta constructiva, con carrocerías análogas en dimensión y forma a los cerramientos estructurales modulados que Jean Prouvé produciría poco después en sus talleres.

Pingusson describe en su artículo las nuevas formas resultantes en estos dominios técnicos, detectando en la vertiginosa evolución del transporte un oportuno campo de reflexión para la arquitectura. Destacará de estas nuevas propuestas la cualidad de su configuración formal como respuesta a unas condiciones impuestas por la propia física: “Formas que provienen del cálculo mismo y de mantener la coherencia profunda y constante de la obra [...] forma en la que nada es absolutamente libre, todo está sumido a leyes matemáticas o a verdaderos imperativos interiores [...] siendo en esta feliz síntesis del cálculo y del sentimiento donde reside la razón de la belleza de las formas obtenidas, haciendo realmente el ingeniero una obra de creador y constructor, es decir, de arquitecto” (Pingusson, 1935, p. 51).

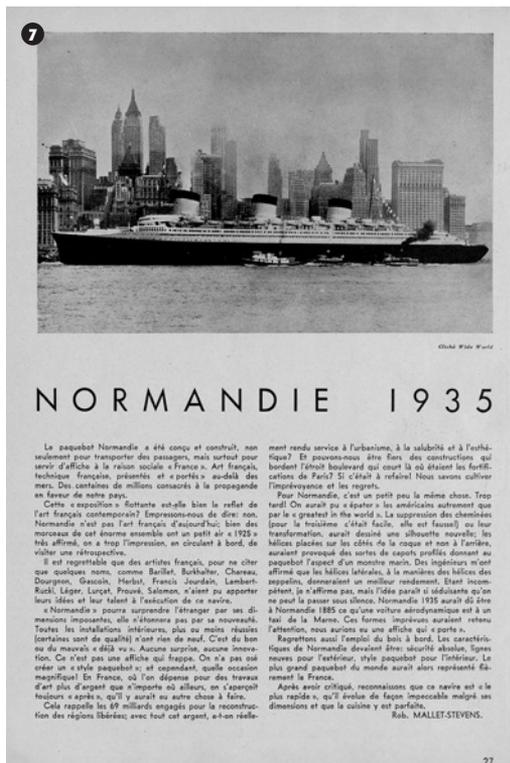
En paralelo al artículo de Pingusson, vinculados a la sección dedicada a la arquitectura naval, aparecen hitos de esta industria del transporte como el gran navío Normandie (1935) (FIGURA 6), trasatlántico emblemático francés, miembro ilustre de una familia de buques aludidos frecuentemente por los teóricos del estilo internacional (Le Corbusier, 1923). A pesar de las quejas de Robert Mallet-Stevens, uno de los arquitectos franceses más influyentes del

momento, motivadas según él por la falta de compromiso con la vanguardia, el Normandie, récord de velocidad en su momento, se convertiría en un acontecimiento mediático como uno de los emblemas en el campo de la hidrodinámica: “Es lamentable que artistas franceses, por citar algunos nombres, como Barillet, Burkhalter, Chareau, Dourgnon, Gascoin, Herbst, Francis Jourdain, Lambert-Rucki, Léger, Lurçat, Prouvé, Salomon, no hayan podido aportar sus ideas y su talento a la ejecución de este navío. Normandie podrá sorprender al extranjero por sus dimensiones imponentes, pero no por su novedad. Todas las instalaciones interiores nada tienen de nuevo (...) No se ha intentado crear un “estilo paquebote”, y sin embargo era una ocasión magnífica. El Normandie 1935 debería haber sido el Normandie 1885 de la misma manera que un automóvil aerodinámico lo es a un taxi de la Marne” (Mallet-Stevens, 1935, p. 27).

En su crítica al diseño del buque, Mallet-Stevens pone de manifiesto el alejamiento entre este referente de la náutica internacional con lo que considera la vanguardia tecnológica y formal (FIGURA 7). El Normandie se trataba quizás de un ejemplo de aquellas expresiones de “gigantismo”, al igual que su rival inglés el Queen Mary (FIGURA 8), propias de una era del vapor en que la gran escala de las máquinas ya de por sí se consideraba de forma generalizada símbolo de eficiencia, una “señal de progreso” (Mumford, 1992, p. 181). Unas estructuras aún distantes de los logros formales



7. Vista del Normandía con la ciudad de Nueva York de fondo. L'architecture d'aujourd'hui, N° 8, 1934, p. 27.
8. Paquebote británico Queen Mary en construcción. L'architecture d'aujourd'hui, N° 8, 1934, p. 44.



evolución formal y técnica que la situaba en la punta de lanza de los nuevos medios de transporte.

Consciente de la importancia que suponen estas industrias en su momento histórico, de este modo se refiere Prouvé al desfase con la construcción de la vivienda: “El avión, el automóvil (...) los trenes. Las máquinas, las presas, los puentes, nuestros pequeños veleros (...) ¿no hay acaso poesía creativa en un avión? Entonces, no veo por qué no se podrían tener casas que tuvieran el valor del avión. Es necesario beneficiarse de las ventajas industriales” (Clayssen, 1983, pp. 66-67). “Si mira bien y analiza el mundo actual (...) inmediatamente veo dos corrientes. La primera en ebullición, rápida, abundante, en crecimiento, dinámica: es la corriente científica. La segunda es lenta, encenagada, cubierta de malas hierbas. Está estancada (...) Admitamos que la arquitectura de nuestra época debe ser la emanación magistral de los métodos de transformación de la fábrica, que la pondrán de nuevo en armonía con las realizaciones científicas (...) Hemos roto la armonía con las producciones científicas” (Prouvé, 1971, p. 25).

En estas líneas se reconoce el posicionamiento de Prouvé del lado de la industria, consciente del retraso patente de la producción arquitectónica respecto al resto de objetos y medios que progresivamente se valen de los avances de la

ciencia para mejorar su rendimiento. Se entiende si consideramos su temprana vocación de piloto, su pasión por las máquinas y por la aeronáutica en particular, y el vínculo de Prouvé al oficio de transformación del metal, fundamentado en su aprendizaje en la forja. Una formación que en un principio parte de las técnicas tradicionales, pero que pronto se actualiza de la mano de las últimas técnicas de transformación del acero en frío. Desde muy pronto, como sostiene su colaborador Maurice Silvy, Prouvé adopta los nuevos medios de producción de su época: “Desde 1926, la soldadura eléctrica y la utilización de aceros especiales tales como el inox 18/8 fueron puestos en obra (...) Daría lugar a obras que son consideradas como los prototipos de una nueva arquitectura abierta a la industrialización” (Clayssen, 1983, p. 51).

BUC

Entre estos singulares ejemplos de evolución tecnológica que acompañan al artículo de Pingusson, aparecen las primeras publicaciones de numerosas arquitecturas igualmente vinculadas a los medios de transporte, tipos arquitectónicos emergentes relacionados con nuevas funciones. Aeropuertos, grandes hangares desarrollados a partir de estructuras singulares, ambiciosos desarrollos urbanos portuarios, estaciones de servicio. Y entre ellos se publican un primer conjunto de obras en las que Jean Prouvé figura como constructor. Unas realizaciones consideradas determinantes en la consolidación de su taller y de su posicionamiento como industrial vinculado a la arquitectura. En el número 9 de L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI, publicado en septiembre de 1936, dedicado a las nuevas experiencias arquitectónicas en materia de estaciones navales y aéreas, aparece un amplio reportaje firmado por Pierre Vago (FIGURA 9), redactor jefe de la revista, a propósito de la construcción del nuevo aeroclub Roland-Garros (1935-1936), emplazado en la localidad francesa de Buc, “verdaderamente la primera realización integral de un edificio realizado por los Ateliers Prouvé” (Coley, 1993, p. 24).

Tras recibir el encargo del piloto Mille Deutsch, Prouvé trabajaría en Buc junto a un equipo (Lods, Beaudouin y Bodiansky) con el que ya había desarrollado un importante trabajo de fabricación de cerramientos en la Citte de la Muette, en Dracy (1932-1939). Prouvé subrayaría la adhesión sin reservas de Lods a los valores de la industrialización, y de Beaudouin su capacidad para generar ideas, “un hombre superdotado para la ideación” (Prouvé, 2005, p. 28). En cualquier caso, se puede afirmar que estas obras le deben su naturaleza y su vanguardia material a la actualización técnica que en aquel momento ya dispone el taller de Prouvé: “Como documento previo arquitectónico no tuve en la mano más que un plano de la volumetría general del edificio” (Sulzer, 2000, p. 116).

ACTUALIZACIÓN DE LOS MEDIOS TÉCNICOS

En el momento de diseñar el aeroclub de Buc, Lods y Beaudouin estaban alineados con la apuesta del gobierno francés con el uso del hormigón como material protagonista en el intento de industrializar la construcción. Pero será la colaboración con Prouvé lo que les permite iniciarse en la industria del metal: “En aquella época estábamos en la etapa del hormigón montado en seco en obra. Fue posible ir más lejos gracias al trabajo realizado con Prouvé” (Sulzer, 2000, p. 122). Prouvé había sido consciente de que para abandonar un lenguaje heredado del siglo anterior era necesario evolucionar los procedimientos de fabricación. Los diferentes puestos de soldadura y las plegadoras ya formaban parte junto a otras máquinas-herramientas del equipamiento de su taller, disponiendo así de una tecnología nueva de producción: “había una constante necesidad de renovación del utillaje. Hacía falta el más avanzado posible, que proporcionaba una ventaja enorme: todos mis colaboradores lo apreciaban porque un utillaje moderno facilitaba mucho su trabajo (...) esto me permitía componer cosas diferentes a las que se realizaban” (Sulzer, 2000, p. 22).

Esta ventaja técnica posiciona las intervenciones en las que participa Prouvé en la vanguardia constructiva: “La construcción metálica marcó la ruptura entre la arquitectura clásica y la de las sociedades industriales (...) Lods, Beaudouin, gracias sobre todo a la intervención de Prouvé, en Buc, Clichy y la casa B.L.P.S., se adelantaron 30 años” (Clayssen, 1983, p. 39). En estas primeras obras, Prouvé está utilizando técnicas de plegado de chapa incluso antes que las usara la Citroën en sus modelos de automóviles ligeros. Será en el interés de Prouvé por la aeronáutica, más que en ningún otro territorio tecnológico del momento, donde encuentre un referente para la renovación constructiva aplicada a la arquitectura (Sulzer, 2011, p. 48).

PROCESO CREATIVO Y PRODUCTIVO EXPERIMENTAL

La escala de la obra y las particularidades del encargo en Buc, serían factores favorables para ensayar un nuevo método de producción industrial aplicado de manera integral a todo el edificio. A partir del aeroclub, los talleres de Prouvé afianzan un nuevo proceso creativo aplicado a la construcción. De este modo describe Prouvé el sistema de ideación y producción del aeroclub de Buc: “Era un sencillo paralelepípedo, pero había que construirlo extremadamente rápido, y hacer una demostración de arquitectura contemporánea. De tal manera, que partiendo de un croquis que yo hacía, iba directamente a taller. Se nos permitió hacer un prototipo de una parte del edificio en el taller, que Lods vino a ver. Tuvimos su aprobación total. Después de lo cual se dibujó de manera precisa haciendo falta diseñar todo el conjunto de la construcción, todo ello realizado en chapa de acero plegada” (Sulzer, 2000, p. 116).

En este proyecto quedan planteadas las bases de un sistema de trabajo que seguiría desarrollando durante el resto de su carrera. Tras unos primeros croquis intuitivos de Prouvé se pasa directamente a un objeto construido, prototipo

con el que realizar los ensayos necesarios, para después ser dibujado y producido definitivamente. Pero para que este sistema de trabajo funcionara, el propio Prouvé admite que es necesaria una sintonía entre todos los agentes que intervienen en el proceso, alejada de la idea de producción en cadena propia por ejemplo de las grandes factorías de automóviles: “Todos los participantes trabajaban en un mismo espacio, de manera que todos los colaboradores, ya fueran empleados, planificadores o trabajadores del metal, en todo momento estaban informados del estado en que se encontraba la producción. Lo característico del trabajo mismo consistía en un prodecer que, por así decirlo, se podía palpar con las manos, que preveía la sucesión dibujo, prototipo, dibujos de ejecución y elaboración del objeto. Las fases de la elaboración estaban de tal manera coordinadas entre sí que se hubiera podido pensar que eran el trabajo de una única persona” (Peters, 2006, p. 11). Una armonía total de pensamiento, como lo sintetizara Prouvé.

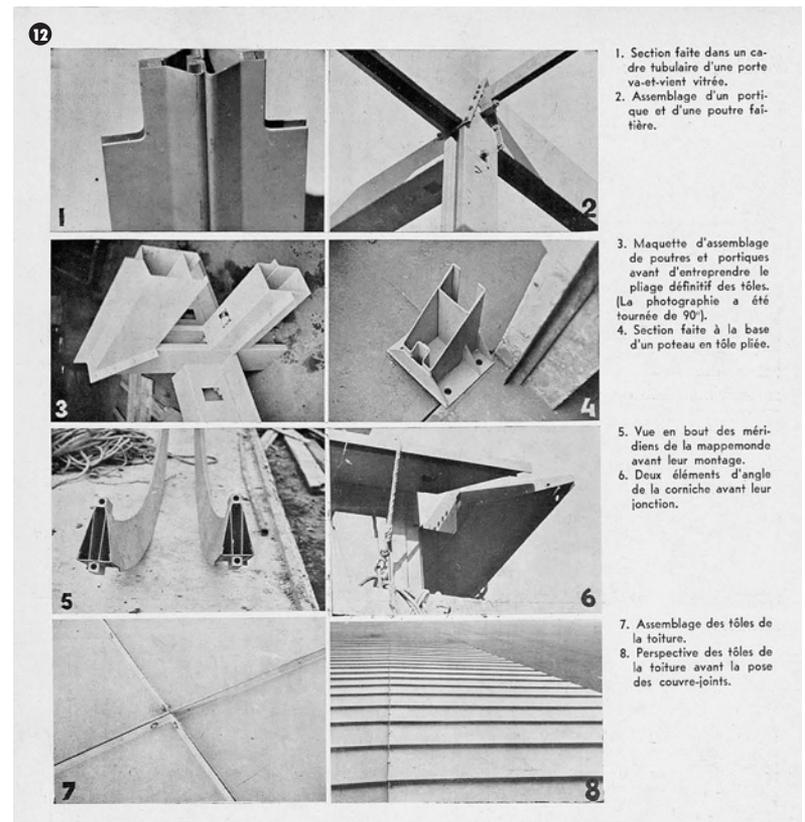
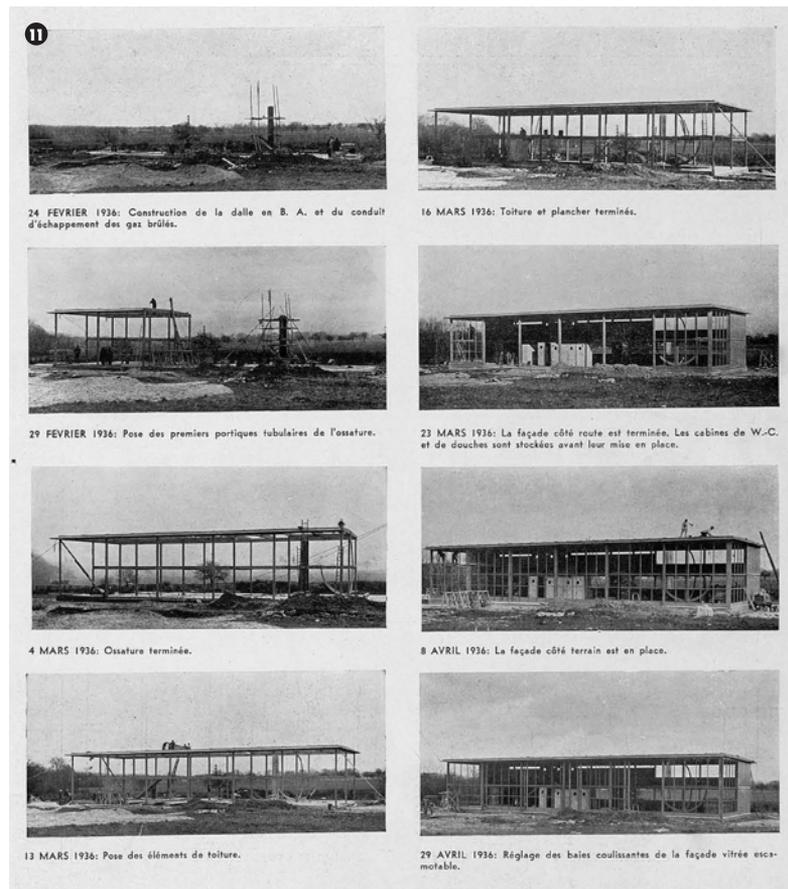
Buc es una obra singular por varios motivos en la trayectoria de Prouvé, pero entre otros por inaugurar un sistema de trabajo vinculado al objeto arquitectónico, concebido de forma integral en taller, que explora una manera de trabajar en la que se hace indispensable la labor de equipo.

RESISTENCIA Y LIGEREZA: EL PLIEGUE

La elección del material con el que construir Buc es determinante. Se realiza de forma integral con chapa metálica, material con el que está perfectamente familiarizado. El trabajo con chapa desviaría la trayectoria del herrero que trabajara el material caliente y fluido, hacia el trabajo de conformación del acero en frío, labor de cerrajero en la que todo es diseñado y producido en taller para finalmente ensamblarse en la obra.

Pero al trabajar con chapa metálica, al igual que en los ejemplos de la automoción o la aeronáutica que acompañan este artículo, es

11. Aeroclub Roland-Garros fotografiado durante diversas fases de montaje, desde el 24 de febrero de 1936 hasta el 29 de abril de 1936. *L'architecture d'aujourd'hui*, Nº 9, 1936, p. 89.
12. Detalles de elementos estructurales y de cerramiento del aeroclub Roland-Garros, fotografías correspondientes a la fase de montaje. *L'architecture d'aujourd'hui*, Nº 9, 1936, p. 90.



necesario emplear recursos como el plegado del material para lograr la resistencia adecuada. Esta estrategia, la del pliegue, dará lugar a dispositivos constructivos estructuralmente eficientes y ligeros: “empleamos por entonces la técnica de la chapa plegada; no por oposición al acero laminado, sino por liberar peso, para obtener una plástica diferente, y sobre todo, por obtener unos perfiles bien adaptados. Todo ello en 50 toneladas de chapa de acero” (Prouvé, 1999, p. 22).

Un planteamiento de búsqueda de la adecuación precisa de la cantidad de material y de la energía empleada, que da lugar a lo que Prouvé denomina “perfiles bien adaptados”. Para ello se fija como objetivo la economía de medios, resultando una considerable

precisión y ligereza del conjunto, que posibilita dar respuesta optimizada a las exigencias del encargo: rápido en su montaje, como se muestra en las imágenes en proceso de construcción (FIGURA 11) y actualizado en sus métodos técnicos: “La ligereza necesaria para la puesta en obra se transmite al objeto acabado, que le confiere una suerte de perfección lógica” (Abram, 2012, p. 306). Una condición, la de la ligereza, y una consecuencia lógica, la de la movilidad, ambas necesarias para hacer de esta estructura un dispositivo eficiente. En este sentido, tanto por la justa cantidad de materia empleada, como por el control de la energía para su producción y montaje, se aproxima el posicionamiento de Prouvé a lo que pudiéramos entender por “estructura mínima” (Roland, 1973, p. 3).

El modelado con chapa de acero plegada lleva a Prouvé a diseñar elementos estructurales huecos, obteniendo la inercia necesaria en la pieza a partir de la correcta disposición y distancia entre las masas de material. Jean Prouvé da un paso significativo hacia delante cuando consigue idear y producir un sistema estructural realizado enteramente en sus talleres a partir de este principio constructivo. Mediante chapas de 30/10 mm para los elementos estructurales principales, 15/10 para los cerramientos exteriores y delgadas chapas de 10/15 mm para particiones interiores, todas las piezas son diseñadas de forma experimental, sin precedentes en la obra de Prouvé (FIGURA 12). Mientras que la industria disponía de perfiles normalizadas para un fin estructural, Prouvé diseña la forma de los elementos de acuerdo

a cada necesidad específica del edificio: “No hubo un solo perfil laminado estándar en la obra, empleados tan habitualmente en aquella época. No fue tanto por una cuestión de principios, como por la posibilidad de hacer que me ofrecían mis máquinas. Hubo que inventarlo todo, y lo hicimos con audacia” (Clayssen, 1983, p. 117).

CONTINUIDAD Y CORRELACIÓN

El trabajo con chapa de acero plegada para lograr la resistencia y rigidez necesaria, hacen que en este tipo de construcción la relación entre piezas sea un problema sustancial. Una situación análoga a la definición de la superficie de un avión, donde las piezas han de estar perfectamente relacionadas y ensambladas, correlacionadas entre sí y con la estructura portante para dar estabilidad al objeto acabado.

Si atendemos a los dibujos del aeroclub, especialmente a los planos y croquis de proceso que se conservan en los Archives Départementales de Meurthe-et-Moselle de Nancy (ADMM, 2013), se comprueba cómo el diseño perseguido por Prouvé responde precisamente a una búsqueda de la continuidad de la forma. El trazo que define los contornos de la estructura se “amplía” a los cerramientos y a la cubierta del edificio, gesto extendido por toda la superficie. Incluso se registran dibujos de proceso en los que cubierta y cerramiento se disponen en una solución de solape muy similar a la superficie exterior de un avión. El mismo Prouvé, refiriéndose a la elección de la técnica de plegado de chapa de acero, define la continuidad como la cuestión más importante a tener en cuenta para la colaboración del conjunto: “El problema de este tipo de construcción es asegurar la continuidad entre las piezas. (...) Las secciones de cada elemento corresponden a las necesidades de ensamblaje. De esta manera, cada parte de la arquitectura toma su sentido, su forma, correspondiente a la organización del conjunto” (Clayssen, 1983, p. 42).

Aparece la idea orgánica de unidad como correlación entre los diferentes elementos. La resistencia y la rigidez del edificio se obtienen por la necesaria colaboración estructural de las partes. Pero la forma de diseñar cada elemento, a partir del plegado de la chapa de acero, hace de la unión entre las piezas un problema a resolver determinante para alcanzar el éxito de la estructura: “era un ensamblaje delicado, pues tanto vigas como soportes eran huecos, y había que encontrar la manera de reconstituir la continuidad entre ambos” (Sulzer, 2000, p. 117). A diferencia de una estructura realizada con perfilera normalizada de acero, donde las juntas se pueden resolver con soldadura quedando asegurada la transmisión de cargas, un conjunto estructural resuelto con chapa plegada no puede contar solamente con soldaduras superficiales. Jean Prouvé contaría con el trabajo mecánico de pasadores metálicos que unen los elementos huecos de chapa, para conectarlos y hacerlos trabajar en conjunto. Se comprueba en las imágenes del proceso de construcción cómo se consigue la necesaria continuidad de la que habla Prouvé entre soportes y vigas, adecuando el diseño a la necesidad de conexión mecánica y a las posibilidades de la producción: “es todo un sistema constructivo, y no solamente los elementos, los que deben ser repensados. La fragilidad de los componentes debe desaparecer en la complejidad de su interacción para formar un conjunto perfectamente rígido y coherente” (Clayssen, 1983, p. 39). Reconocemos en esta estructura un sentido de organización de las partes que se repetirá en la obra y patentes sucesivas de Prouvé, en las que forma y sistemas de construcción adoptan una subrayable coherencia interna (“organizar en relación al verbo griego *ergon*, que significa trabajar. Raíz a su vez de la palabra *energía*, que literalmente significa trabajar dentro”) (Bohm, 2009, p. 131).

Aprovechando la conexión entre elementos y la geometría hueca de los perfiles, como apunta Franz Graf en su artículo “La chapa plegada: un paradigma constructivo” (Graf, 2011), la estructura planteada por Prouvé en Buc tiene una condición “sinérgica”, asumiendo varias

funciones a la vez. Así describe Jean Prouvé la prestación de este dispositivo: “El vacío interior del perfil en U, tenía un principio pensado de forma muy precisa, que era procurar las vainas para la circulación de todos los fluidos, que atravesaban este vacío vertical, pasando de una altura a otra del conjunto” (Sulzer, 2000, p. 120).

Análogo al funcionamiento de un tallo, resistente desde el punto de vista estructural y complejo en su sección, a través del interior es posible comunicar los flujos de fluidos, como llama Prouvé al aire caliente y al resto de instalaciones que ascienden a través de los soportes. Sería esta forma de entender los elementos constructivos como “vectores de energía” (Graf, 2011, p. 64), una “auténtica innovación en aquel momento”, apunta Prouvé (Sulzer, 2000, p. 120). La dinámica de estos flujos, si cabe, refuerza aquella idea de Prouvé de entender el edificio como un todo, en el que cada elemento colabora y asume una función específica. Principio de correlación de partes, que mucho tiene que ver con la naturaleza del funcionamiento de la forma orgánica.

ENSAMBLAJE

Si bien, como decíamos, la transmisión de cargas entre elementos estructurales es una necesidad mecánica que hace de la continuidad una condición indispensable, aprovechada como vemos desde el punto de vista funcional, en este tipo de experimento constructivo, en el que cada elemento es conformado mediante el plegado, la resolución del ensamblaje se convierte en un problema prioritario: “En lo que a mí concierne, tenía pánico a la junta: un edificio que se mueve, que se dilata en verano, que se contrae en invierno. En aquel momento no se podían utilizar los admirables materiales plásticos de hoy. Se hacían las juntas con cemento y cuando el edificio entraba en carga y en uso, la junta filtraba. Yo decía: las juntas, no se necesita más” (Sulzer, 2000, p. 122). En Buc quedará resuelta sin problemas

de filtraciones. Se asume el movimiento que garantiza el equilibrio de la estructura, y la junta entre elementos de cerramiento se proyecta a la parte exterior de la misma. Para ello quedaba previsto el espacio necesario en el plegado de los elementos estructurales para recibir los paneles exteriores de cerramiento y solidarizarlos a los mismos. De esta manera las grandes superficies de chapa doble exteriores colaboran a la estabilidad del conjunto. Se dispone por tanto en el cerramiento de una suerte de “vigas” de fachada plegando estratégicamente los paneles de 4,50 x 2,25 metros, de soporte a soporte vertical, que además de asegurar una correcta solución estanca, colaboran a resistir el empuje horizontal.

CURVATURA Y AUTODISEÑO

Las amplias dimensiones de la chapa de estos cerramientos exteriores ocurren además a la curvatura de la superficie para evitar abombamientos (FIGURA 9). En ese sentido, y refiriéndonos tanto al cerramiento vertical como a la cubierta del edificio, la curvatura descrita por los paneles colabora a su propia rigidez. La cubierta, al igual que la fachada, constituiría un elemento mecánicamente activo, entendida como un conjunto estructural compuesto por elementos plegados de chapa. Tanto en el proceso de diseño de la cubierta como del resto de elementos estructurales, es posible comprobar en los croquis realizados en taller (ADMM, 2013) cómo todos ellos responden a la estrategia de diseño denominada por Prouvé *forme d'égale résistance* (Prouvé, 2005, p. 12), traducido como forma de resistencia equivalente (variación de la sección y perfil del elemento de acuerdo a la variación de las sollicitaciones estructurales).

En la descripción de esta cubierta, Jean Prouvé introduce además una estrategia que desarrollará más adelante con mayor intensidad (estructuras proyectadas a mediados de los años 50), pero que ya aparece en estas primeras piezas experimentales. Se trata del recurso

del autodiseño, entendido como una libertad otorgada al comportamiento del material, en este caso la chapa de acero, para configurar su perfil de acuerdo a las sollicitaciones, mejorando incluso su capacidad resistente. De esta manera describe Prouvé cómo las chapas de cerramiento de cubierta de Buc tienden a autodiseñar su perfil, mejorando su respuesta estructural: “La cubierta constituía una viga horizontal (...) Piezas de 1,10 x 4,50 metros, ligeramente cóncavas, cuya chapa se tendía y normalizaba su forma, del mismo modo que lo hace una tela. Su sola puesta en obra la rigidizaba” (Sulzer, 2000, pp. 117,118). En esta actitud se reconoce en Prouvé una suerte de honestidad frente a la naturaleza de la materia y del sistema constructivo con el que trabajar: “una ética que valora tanto la conformación de un material como su deformación, tanto natural como la técnica” (Bayón, 2011, p. 54).

INTUICIÓN ESTRUCTURAL VS CÁLCULO

Estos recursos formales que hacen de un elemento estructural un dispositivo más eficiente, en Prouvé se deben principalmente a la experiencia basada en el trabajo directo con el metal y la intuición que adquiere de su comportamiento físico.

En la investigación realizada sobre la documentación gráfica original de Buc (ADMM, 2013), se descubre entre los múltiples planos de obra y croquis de proceso un cálculo estructural gráfico y numérico de un soporte tipo de chapa plegada. En este cálculo la forma específica del soporte de Buc se hace corresponder a los valores de perfiles normalizados IPN (se entiende que por la falta de tablas de cálculo asociadas a estructuras de chapa plegada). Es razonable la hipótesis de que estos cálculos sean del ingeniero aeronáutico Bodiansky. Confirma que Prouvé asumiría en estas primeras obras unos procedimientos de cálculo estructural experimental, combinando tablas de cálculo normalizadas tipo con procedimientos que llegaban de tecnologías como la aeronáutica.

La construcción en los talleres de un modelo a escala real confirmaría, previo a la puesta en obra, el funcionamiento estructural del sistema. A este proceso se suma el conocimiento empírico del material de Prouvé, experiencia acumulada tras dos décadas de formación en las técnicas metalúrgicas. “En el fondo, todo funcionó bien. La estructura era rígida, y hay que decir que no nos equivocamos en nuestros cálculos de resistencia (...) Creemos que las oficinas de control actuales no aceptarían una solución como esta. Sin embargo, nosotros la experimentamos y funcionó muy bien” (Sulzer, 2000, p. 122).

De la documentación consultada en los archivos, correspondiente a varios proyectos de ejecución realizados por Prouvé, se han registrado muy pocos cálculos estructurales. Este es uno de los ejemplos más evidentes. No por ello Prouvé deja de confiar cálculos teóricos de sus estructuras a sus ingenieros colaboradores, a pesar de que los “inicios de cada proyecto se vincularan más bien a su capacidad intuitiva estructural y formal”, una hipótesis contrastada por el autor en conversaciones mantenidas con Louis Fruitet y Léon Pétroff, ambos ingenieros colaboradores de Jean Prouvé (Fruitet, Pétroff, 2013). “En esta época”, sostiene Prouvé refiriéndose a las experiencias desarrolladas con Lods, Beaudouin y Bodiansky, “no calculaba los esfuerzos, sino que se verificaban. Hoy calculo chapa plegada con fórmulas americanas” (Prouvé, 2005, p. 16).

FORMA RESULTADO DE LA VELOCIDAD / FORMAS DE RESISTENCIA EQUIVALENTE

Una vez recorrido el aeroclub de Buc de la mano de Prouvé, y retomando el artículo “Formas resultado de la velocidad” de G. H. Pingusson, quedan patentes muchos vínculos entre ambos territorios constructivos. En el artículo se proponía el entendimiento de las formas descritas por los últimos ejemplos del transporte como aquellas “que provienen del cálculo mismo y de mantener la coherencia

profunda y constante de la obra (...) forma en la que nada es absolutamente libre, todo está sumido a leyes matemáticas o a verdaderos imperativos interiores". Y el mismo Jean Prouvé se referiría a las formas derivadas de los nuevos medios mecánicos como resultado honesto de la técnica que subyace en su proceso de diseño y formación: "Piezas de fundición, creadas para la aeronáutica o para los automóviles revelan la técnica con la que fueron fabricadas; secciones variables, formas de resistencia equivalente, alabeos. Son la expresión misma de las posibilidades que ofrecía el proceso técnico" (Prouvé, 2005, p. 36). Introduce Prouvé el concepto de forma de resistencia equivalente (*forme d'égale résistance*) asociada a los medios de transporte, estrategia de diseño por la cual la variación del perfil se asocia a la variación de la ley de esfuerzos, estableciendo además soluciones de continuidad entre los diversos elementos que definen la estructura. Un principio heredado por Prouvé de los representantes de l'École de Nancy, estrechamente vinculado a la comprensión de la mecánica natural y aplicado en sus propias propuestas arquitectónicas (Prouvé, 2005, p. 12).

Desde un punto de vista estructural, tanto las obras de Jean Prouvé como las descritas por Pingusson, definen la forma como solución mecánica eficiente. Tanto las máquinas de transporte aquí expuestas, como las construcciones que progresivamente irán produciendo los talleres de Prouvé, son diseños cuya configuración geométrica y material responden a la acción de un campo de fuerzas determinado, "órganos sensibles" a las sollicitaciones externas (Schwenk, 1988, p. 60).

Sirva como puente, lanzado entre las formas **resultado de la velocidad** y la teoría de diseño aplicada por Prouvé, una cita de Georges Combet, extraída de su texto *ESTHÉTIQUE ET ÉCONOMIE* (Combet, 1954). Descripción la de Combet que podría responder tanto al perfil característico que define el diseño de un aeroplano o un navío, como a los sistemas que

atienden al concepto de *forme d'égale résistance* y de estructura mínima, estrategias de diseño ensayadas en estas primeras arquitecturas experimentales como Buc, y preámbulo de toda una familia de formas construidas en los talleres de Prouvé:

"Apreciamos la economía de materia en ciertas obras industriales. Materialización de cálculos de resistencia, estas obras son determinadas como el viento talla y cincela las dunas y la nieve, y parecen diseñadas por las fuerzas exteriores que las solicitan. Para apreciar esta conformidad y que la obra del ingeniero nos parezca adecuada, todavía hace falta que tengamos una noción física de los esfuerzos a los que está sometida la materia. (...) Podemos hacernos una suerte de 'representación muscular'. El cálculo económico de estas obras toma así una significación estética (...) Jamás dejemos de hacer patente el trabajo de la materia" (Combet, 1954, p. 9).

CONCLUSIONES

Tanto en el aeroclub de Buc, como en las primeras obras desarrolladas en los años 30, Prouvé demuestra que está a la vanguardia de los materiales y procesos más avanzados del momento, en paralelo a las manifestaciones técnicas de los medios de transporte más evolucionados. Las **formas resultado de la velocidad**, como las denominara su amigo Pingusson, están emparentadas con las primeras experiencias arquitectónicas integrales de Prouvé, tanto por la definición de la forma estructural, en la que una suerte de variaciones continuas favorece la eficiencia de la sección, como en el rigor aplicado a los encuentros y ensamblajes entre las partes. En un momento en el que la industrialización aplicada a la arquitectura es deficitaria, Prouvé se lanza a generar un sistema creativo de producción a partir de la chapa de acero, situando sus propuestas entre las manifestaciones arquitectónicas más actualizadas.

Las formas estructurales de Prouvé se entienden mejor teniendo en cuenta su reconocida pasión por el mundo de la aviación. Y por otro lado cualificadas por una constante preocupación por actualizar en sus talleres los medios técnicos de transformación del material. El control preciso de la materia y de la energía necesaria para llevar a cabo la producción y el montaje, acercan los planteamientos de forma experimental de Prouvé a lo que se entiende por "estructuras mínimas": aquellas que emplean la mínima cantidad de energía para su construcción, incluyendo economía de material y de trabajo. Las estructuras desarrolladas por Prouvé, podrían tener sus cimientos en los principios de diseño aquí expuestos, pero también son producto de un singular proceso empírico, experimental. En Buc se inaugura un método creativo asociado a la producción arquitectónica industrializada, un proceso de diseño y de fabricación que constituye la base de funcionamiento de la máquina-herramienta de Prouvé: su taller.

Adelantándose a la industria del automóvil, y produciéndose "tangencias" entre su trabajo y la trayectoria trazada por la tecnología aeronáutica, Prouvé sitúa a Buc, de manera silenciosa y discreta, a la vanguardia técnica del momento. Quedarán impresos en este aeroclub una serie de principios que se seguirán desarrollando en sus diversos proyectos y colaboraciones. Nociones como la variación continua de la sección asociada a las necesidades mecánicas (*forme d'égale résistance*), la estrategia de la curvatura y del plegado para alcanzar la resistencia necesaria, el autodiseño del material como aprovechamiento eficiente de sus posibilidades mecánicas, la razón de ligereza y de movilidad, la búsqueda de coherencia interna del objeto construido siguiendo el principio de correlación de las partes. Todos ellos principios de diseño que nos sugieren una razón de contemporaneidad en la obra de Prouvé, y que asocian su pensamiento constructivo a una forma "natural" de dar respuesta al diseño arquitectónico.

REFERENCIAS

- Abram, J. (2012). *Légèreté et mobilité. Jean Prouvé.* (pp. 306-307). Paris: Somogy éditions d'art.
- Archives départementales de Meurthe-et-Moselle. Nancy (ADMM-Nancy). Trabajo de investigación del autor en los archivos originales gráficos de Jean Prouvé. Junio de 2013.
- Bayón, M. (2011). *Primeras arquitecturas: Buc y Clichy.* En N. Foster y L. Fernández-Galiano (Eds.), *Jean Prouvé. 1901-1984. AV Monografías, (149), 50-57.* Madrid: Arquitectura Viva.
- Bohm, D. (2009). *Sobre la Creatividad.* Barcelona: Kairós.
- Clayssen, D. (1983). *Jean Prouvé, l'idée constructive.* Paris: Bordas.
- Coley, C. (1993). *Jean Prouvé.* Paris: Centre Georges Pompidou.
- Combet, G. (1954). *Esthétique et économie. Habitation: revue trimestrielle de la section romande de l'Association Suisse pour l'Habitat, (26), 9-17.*
- Fruitet, L. Ingeniero colaborador de Jean Prouvé. Memoria de conversación mantenida con el autor en París. Junio de 2013
- Graf, F. (2011). *La chapa plegada: un paradigma constructivo.* En N. Foster y L. Fernández-Galiano (Eds.), *Jean Prouvé. 1901-1984. AV Monografías, (149), 60-59.* Madrid: Arquitectura Viva.
- Kuhn, T.S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas.* México: Fondo de Cultura Económica.
- Krauss, R. (1971). *Lo fotográfico. Por una teoría de los desplazamientos.* Barcelona: Gustavo Gili.
- Le Corbusier (1923). *Vers une architecture.* Paris: Éditions Crès. Collection de L'Esprit Nouveau.
- Mallet-Stevens, R. (1935). *Normandie 1935. L'architecture d'aujourd'hui, (8), 27.*
- Morel-Journel, G. (2007). *Marcel Lods. Jean Prouvé. The poetics of the technical object.* (págs. 148-149). Weil am Rhein: Vitra Design Museum.
- Mumford, L. (1992). *Técnica y Civilización.* Madrid: Alianza Universidad.
- Peters, N. (2006). *Jean Prouvé. 1901-1984. La dinámica de la creación.* Bonn: Taschen.
- Pétroff, L. Ingeniero colaborador de Jean Prouvé. Memoria de la conversación mantenida con el autor en París. Junio de 2013.
- Pingusson, G.H. (1935). *Formes issues de la vitesse. L'architecture d'aujourd'hui, (8), 50-55.*
- Prouvé, J. (1971). *Jean Prouvé, une architecture par l'industrie.* En B. Huber y J.C. Steinegger (Comps.). Zurich: Artemis.
- Prouvé, J. (1999). *Il faut des maisons usinées.* (Conferencia de J. Prouvé. Nancy 1946). Paris: Messene.
- Prouvé, J. (2005). *Conversaciones con Jean Prouvé.* Lavalou, A (Eds). Barcelona: Gustavo Gili. (Obra original publicada en 2001).
- Roland, C. (1973). *Frei Otto: estructuras. Estudios y trabajos sobre la construcción ligera.* Barcelona: Gustavo Gili.
- Schwenk, T. (1988). *El caos sensible.* Madrid: R. Steiner.
- Sulzer, P. (2000). *Jean Prouvé. Oeuvre Complète / Complete Works. 2 Vol.* Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture.
- Sulzer, P. (2011). *Años de forja: del taller a la fábrica.* En N. Foster y L. Fernández-Galiano (Eds.), *Jean Prouvé. 1901-1984. AV Monografías, (149), 34-49.* Madrid: Arquitectura Viva.
- Vago, P. (1936). *Pavillon du club d'aviation Roland-Garros a Buc. L'architecture d'aujourd'hui, (9), 86-91.*