

## Propuestas Laminares del Concurso Internacional de Viviendas convocado por Eduardo Torroja en 1949

Pepa Cassinello

En el año 1949 Eduardo Torroja convocó un Concurso Internacional de industrialización de Viviendas. El objetivo era obtener ideas que pudieran ayudar a trazar el adecuado camino hacia su industrialización en España. El problema de escasez de viviendas se había agravado enormemente desde la finalización de la Guerra Civil española en 1939, y los sistemas tradicionales de construcción eran incapaces de responder a esta grave demanda.

Al concurso convocado por Eduardo Torroja se presentaron un total de 89 propuestas procedentes de 17 países: Alemania, África, Argentina, Austria, Bélgica, España, Estados Unidos, Francia, Finlandia, Holanda, India, Irlanda, Italia, Japón, Marruecos, Suecia, y Suiza. Este inédito legado de Eduardo Torroja ha sido objeto de la concesión de un Proyecto de Investigación I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación, que actualmente estoy desarrollando.

Una interesante parte de las propuestas presentadas por Alemania y Estados Unidos corresponden a soluciones laminares y/o abovedadas. Entre ellas la patente «*ballon formed concrete home*» del arquitecto Wallace Neff (USA), y la curiosa y desconocida propuesta presentada por Alfred Lucas (Berlín) en la que utiliza la patente Zeiss-Dywidag-System desarrollada en la década de los años 20 por la empresa alemana Dyckerhoff and Widmann (Diwidag), que construyó la primera estructura laminar esférica. (Franz Dischinger y Walther Bauersfeld).

### RAZÓN DE SER DEL CONCURSO

Tras la finalización de la Segunda Guerra Mundial, los países intervinientes tenían el mismo problema de escasez de viviendas que España sufría desde 1939. A nivel internacional se estaban buscando soluciones industrializadas que sustituyeran a los tradicionales y artesanales métodos de construcción, que eran incapaces de hacer frente a la enorme demanda de viviendas que era necesario construir de manera rápida y a bajo coste.

La solución era sin duda la industrialización, tal y como ya anunció muchos años antes Le Corbusier en su polémico libro «*Hacia una Nueva Arquitectura*» (Le Corbusier 1923), en el que denunció el hecho de que la Arquitectura de aquellos momentos no respondía a las necesidades que demandaba la nueva sociedad, no solo en cuanto se refería a los espacios habitables proyectados, sino también a los artesanales sistemas constructivos utilizados. Era necesario «*dar muerte a la artesanía*» e iniciar el camino hacia la industrialización para producir en las industrias multitud de elementos estructurales y constructivos. Un democrático camino en el cual sería posible fabricar más cantidad, más rápido, más económico y con más calidad, poniendo al servicio de todos los avances que la ciencia y la tecnología ofrecían a las nuevas industrias que era necesario crear. Había que trazar el adecuado camino hacia esa necesaria industrialización para llenar, la que Le Corbusier denominó «*Caja de elementos de Construcción*». Lamentable-

mente, y tal y como también predijo Le Corbusier, el camino sería largo porque ni la sociedad ni los arquitectos estaban todavía preparados para trazar un claro y rotundo camino hacia la industrialización con la que debía ser producida esa «Nueva Arquitectura». Antes tendrían que convencerse de ello. (Costa 1949)

Pero más lamentable es el hecho de que transcurridos 26 años desde esta importante demanda declamada por Le Corbusier, en España, por múltiples y poliédricas razones, la «Caja de Elementos de Construcción» estaba casi vacía, y lo que es peor todavía, una gran parte de la sociedad, del gobierno y de los propios arquitectos, todavía dudaban de la necesidad de abordar este camino, interpretando muchas veces, que la «industrialización» tiene el mismo significado que la «prefabricación», y que ambos conceptos no haría sino cuartar la «libertad» proyectual. (Gropius 1951)

Al igual que Le Corbusier, Eduardo Torroja sabía que el camino hacia la industrialización era necesario, y que pese a las circunstancias de España en aquellos momentos, donde reinaba la escasez de recursos económicos y materiales, había que acometerlo cuanto antes. Por otra parte, desde la finalización de la Segunda Guerra Mundial en el año 1945, los países intervinientes compartían con España esta misma y preocupante problemática. Era necesario producir un abundante número de viviendas en un tiempo record. Por esta razón, en muchos países los sistemas de industrialización experimentaron un gran desarrollo, y en 1949 existía ya un amplio abanico de alternativas que respondían a los recursos materiales, industriales, técnicos y políticos de cada país. Su experiencia, sin duda, podría servir, previo análisis y adaptación, para marcar el camino en España. Era necesario determinar *que* elementos eran los más apropiados para su industrialización y *como* fabricarlos para poder iniciar el camino de la modernización de la industria española.

Por esta razón Eduardo Torroja, que estaba al frente de la investigación española de la construcción, y contaba con un reconocido prestigio profesional a nivel internacional, decidió convocar un Concurso Internacional de Industrialización de viviendas. (Cassinello 2008)

La difusión de la convocatoria de este Concurso Internacional la realizó a través de la revista Informes de la Construcción del ITCC. *Concurso Internacional 1949: Con un premio de 100.000 pesetas para*

*premiar el mejor proyecto de organización encaminado a la industrialización de la construcción de viviendas en número capaz de alojar 50.000 familias españolas anualmente.* Eduardo Torroja difundió, con esta convocatoria, la mayor de las preocupaciones del Instituto: *Conseguir el progreso económico y social de España, poniendo la industria de la construcción a su servicio.* Eduardo Torroja dejó muy claro en las bases del concurso que se trataba de presentar propuestas para las específicas condiciones de mercado de España. Para ello, además de las bases generales, difundió un amplio dossier trilingüe (español, inglés y francés) en el que aportaba todos los datos que los concursantes debían conocer del mercado y la industria española, es decir, los pocos elementos con los que contaba nuestra «Caja de Elementos de Construcción», así como el tipo de habilidades, conocimientos y especialidades de los operarios, sus sueldos, los costes de la construcción española del momento, y claro está, los condicionantes físicos del territorio español.

#### PROPUESTAS PRESENTADAS

La gran repercusión internacional que tuvo este concurso, obligó al Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, dirigido por Eduardo Torroja, a retrasar el plazo de recepción de propuestas casi un año, y el fallo no se produjo hasta diciembre de 1952. Finalmente se presentaron 89 trabajos de 17 países diferentes; Alemania 27, España 18, Francia 7, Suiza 6, Italia 5, Bélgica 4, Estados Unidos 4, Austria 3, Holanda 3, Japón 3, y el resto de África, Irlanda, Marruecos, República Argentina, Suecia, India y Finlandia (Archivo IETcc 1949). En este amplio conjunto de propuestas internacionales existen planteamientos muy variados, que no solo muestran cual era el estado de la industrialización de la vivienda fuera de nuestras fronteras, sino también de los específicos elementos normalizados con los que contaba la industria, así como los medios auxiliares y maquinaria moderna disponibles en el mercado internacional más evolucionado. La llamada de Eduardo Torroja obtuvo respuesta. Había convocado al mundo a reflexionar sobre el específico problema de España ante la vivienda. La mayor parte de las propuestas presentadas corresponden a soluciones planteadas desde la propia industria, empresas constructoras y organis-

mos internacionales, que intentaron adaptar sus patentes y sistemas al caso de España, o que inventaron soluciones nuevas, o sencillamente presentaron sus ya experimentados sistemas de construcción industrializada. Entre ellas destacan, la patente americana de Wallace Neff consistente en un innovador sistema de encofrado inflado para la construcción de viviendas modulares abovedadas mediante láminas de hormigón armado proyectado, con la que ya se habían construido infinidad de viviendas en Estados Unidos, o las patentes de paneles alemanas, de muy diferentes materiales, presentadas por la Bremer Wirtschaft Wiederausbauengesellschaft M.B.H, Steinbrik, Krause, los internacionalmente conocidos elementos industrializados en hormigón armado desarrollados por el arquitecto sueco Hjalmar Granholm, así como los presentados por el belga A. Carrez, o la patente alemana «Hamburger Steineisendeken «de forjados industrializados presentados por Arthur E. Nyffeler, una alternativa a la primera patente sueca de «Ytong» de piezas prismáticas modulares ejecutadas con hormigón ligero (figura 2). Piezas de sencilla e ingeniosa producción en serie consistente en el corte de los elementos, a la medida deseada, mediante la utilización de finos alambres, y con la que se podía construir todos los elementos estructurales de una vivienda.

Al concurso se presentaron algunas de las más importantes instituciones, organismos o empresas que estaban protagonizando la revolución industrial del sector. Entre ellas destacan, la *Societe Francaise de Constructions et Travaux Publics* que desde la finalización de la II Guerra Mundial estaba desarrollando muy diferentes planes y actuaciones encaminadas a conseguir la industrialización de viviendas, contando desde el inicio con las variadas patentes de Freyssinet de elementos de hormigón armado y pretensado, de los desarrollos de viviendas económicas de Le Corbusier, y de las patentes industrializadas de Jean Prouve, así como las que presentó al Concurso convocado por Eduardo Torroja, consistentes en la utilización de piezas huecas de hormigón aligerado, en cuyo interior se introducían las armaduras correspondientes a los pilares. Una solución similar a la ya utilizada en los años veinte por Frank Lloyd Wright (textile concrete blocks system) y por Le Corbusier, aunque con piezas de menor tamaño. Destaca así mismo la participación en el concurso de la empresa *Stone and Webster*, la mayor pionera en el desarrollo

de la industrialización norte americana, no solo en el sector de la construcción civil y arquitectónica sino en el de la mayor parte de su industria (espacial, atómica, aeronáutica,...), que sin duda, por su especial situación económica y emigración de técnicos europeos, lideraba en gran medida el mundo de la innovación y el progreso tecnológico. Entre otros muchos, el célebre arquitecto de origen chino I.M. Pei, trabajó en la *Stone and Webster* entre los años 1942 y 1945 desarrollando patentes de viviendas económicas prefabricadas con madera. También intervino en el concurso la experimentada empresa americana *Arthur Gales Company*, presentando una sencilla alternativa bajo el lema «*cualquiera puede construir su casa*». En las propuestas españolas existió un lógico denominador casi común. El desarrollo de nuevas patentes cerámicas industrializadas debido a la riqueza y economía que representaba la utilización de este material.

#### PROPUESTAS LAMINARES

Entre todas las propuestas presentadas al Concurso de 1949, existieron dos de especial interés que estaban basadas en el uso de estructuras laminares. Fueron las soluciones de viviendas aportadas por el arquitecto americano Wallace Neff y el arquitecto alemán Alfred Lucas.

En 1949 Wallace Neff (1895-1989) era ya un prestigioso arquitecto americano afincado en California, que no solo había construido lujosas viviendas para varias estrellas de Hollywood, hecho que le aportó una gran popularidad, sino que había contribuido a resolver el grave problema de la demanda de viviendas económicas surgido tras la Segunda Guerra Mundial, a través de su patente «*Airform Bubble House*». (Moses 2012)

Una de las originalidades y ventajas de esta patente era que, al contrario de la mayor parte de las que en aquellos momentos se estaban realizando a nivel internacional, no se trataba de un sistema industrializado de viviendas que necesitaría contar con una específica cadena de producción de elementos, sino que se trataba sencillamente de un nuevo sistema de construcción rápido y de bajo coste. La totalidad del espacio habitable de la vivienda quedaba definido por una pequeña cúpula ejecutada en hormigón armado, que arrancaba de la misma cota del suelo. De



Figura 1  
Bubble House. Wallace Neff (Archivo IETcc 1949)

ahí su denominación de «Vivienda Burbuja» (figura 1). Pero la originalidad de esta patente no se centraba únicamente en la utilización de un espacio habitable definido de esta manera, sino fundamentalmente en su sistema constructivo, que estaba basado en la utilización de globos inflables como encofrado.

En efecto, la cúpula de hormigón armado se ejecutaba «in situ» utilizando un ingenioso encofrado inflable, que fue fabricado por la empresa Goodyear Tire and Rubber Company. En primer lugar se realizaba la cimentación de hormigón armado, que consistía en un anillo circular. En este anillo se anclaba posteriormente un balón que era inflado mediante aire a presión controlada. Una vez inflado el balón, se procedía a la colocación de la armadura y posteriormente a proyectar gunita sobre toda su superficie



Figura 2  
Proceso de construcción. Bubble House (Archivo IETcc 1949)

(figura 2). Una vez endurecido el hormigón se desinflaba el balón y se retiraba. Un sistema de enorme rapidez de ejecución que además optimizaba la mano de obra necesaria, razones, que unidas a la poca cantidad de materiales utilizados, resultaba de bajo coste, y por ello un sistema muy adecuado para la construcción de viviendas económicas.

Otra de las ventajas que presentaba este sistema de construcción y que influía directamente en el coste total de la vivienda era el hecho de que la calidad del encofrado inflable (balón) permitía se reutilización siendo posible construir un total de hasta 1000 viviendas con el mismo balón. (Head 2008). La superficie de una vivienda económica tipo era de unos 480 pies cuadrados (44,60 m<sup>2</sup>) y en la construcción de su envolvente (cúpula de hormigón armado) se empleaban tan solo dos días. Tal y como Wallace Neff señalaba, era posible construir 100 viviendas en tan solo 60 días y utilizando únicamente 4 encofrados inflables.

Con esta patente Wallace Neff construyó miles de viviendas en 50 países diferentes, entre ellos en; Estados Unidos, Egipto, Brasil, Portugal, Senegal, Cuba, India, Pakistan, Nicaragua, Angola, Venezuela... fundamentalmente durante la década de los años 40 y principios de los 50. En Estados Unidos fue donde más «Bubble houses» se construyeron, fundamentalmente en la zona de California. En 1941 la DHC «Defense Housing Corporation» financió la patente de Wallace Neff por considerarla de interés nacional. En 1942 construyó la llamada «Igloo Village» en Falls Church, Virginia que fue visitada por multitud de personas y empresas americanas interesadas en conocer esta nueva concepción de viviendas baratas y de tan rápida construcción. En 1944 la revista «Architectural Record» publicó esta patente de viviendas como una novedad Moderna que conjugaba la generación de innovadores espacios habitables y nuevas tecnologías. En el año 1945 Wallace Neff amplió su empresa y la denominó «Airform International Construction Company» (AICC) (Neff 1949) (figura 3).

Un referente de este sistema constructivo fue sin duda el desarrollado por en 1919 por el ingeniero inglés Frederick William Manchester, que patentó estructuras neumáticas para el uso militar de hospitales y otras construcciones temporales de campaña. Aunque no se trataba de estructuras permanentes ni se utilizaba hormigón armado sobre la superficie infla-



Figura 3  
Wallace Neff y Bubble Houses (Archivo IETcc 1949)

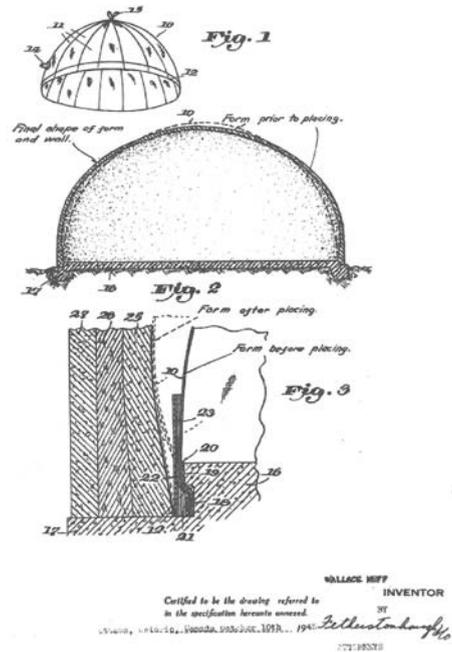


Figura 4  
Patente de Wallace Neff (Archivo IETcc 1949)

ble, sino que era esta la que definía el espacio habitable.

Wallace Neff dedicó gran parte de su vida profesional al desarrollo y perfeccionamiento de esta patente (figura 4), generando multitud de variables, no solo de tamaños y formas geométricas de sus cúpulas de hormigón armado, sino también de configuraciones constructivas. Con este fin realizó diversos ensayos experimentales para comprobar, no solo la estabilidad de la forma geométrica del balón inflable durante el proceso de construcción, sino también su adecuado comportamiento estructural bajo las cargas previstas. En muchos casos, dependiendo de las condiciones climáticas de cada zona, sobre la capa exterior de gunita (una vez endurecida/ 8 horas) proyectaba otra capa (máximo 1 centímetro de espesor) de material impermeable y/o aislante para incrementar la calidad de las condiciones de habitabilidad de la vivienda, y sobre esta capa ejecutaba una nueva capa de gunita para proteger la adicional capa aislante. La capa de material aislante también fue objeto de in-

vestigación por parte de Wallace Neff, que buscaba materiales que además de cumplir su función de aislar, pudiera ser proyectado sobre la primera capa de hormigón armado, ya que en caso contrario el sistema se hubiera encarecido y demandado un incremento de mano obra y especial cuidado con las juntas generadas entre la superficie de la cúpula y los huecos (ventanas y puertas) de la vivienda. El material que le resultó más ventajoso fue la espuma de lana de roca. (Head 2008).

La geometría cupular fue en algunos casos esférica pero en otros muchos respondía a secciones elípticas con mayor radio de curvatura en su parte superior que en la inferior. De esta manera conseguía mayor superficie habitable de máxima altura libre. El diámetro más usual en viviendas económicas fue de aproximadamente unos 7 metros.

Wallace Neff presentó esta patente de «Airform Bubble Houses» al Concurso Internacional de Viviendas convocado por Eduardo Torroja en el año 1949, aportando datos muy diversos (planos, fotogra-

fías, folletos de propaganda,...) de la extensa experiencia de su utilización en muy diferentes países para la construcción de viviendas económicas. En su carta de presentación, dirigida a Eduardo Torroja, manifestaba su seguridad de que su patente era el sistema más rápido y económico para construir viviendas en aquellos momentos.

My Ariform system of concrete construction is the most economical and faster method of building that can be found anywhere in the world today. Wallace Neff (6 marzo 1950)

A sí mismo, Wallace Neff comentaba que ignoraba si en España podrían fabricarse en aquellos momentos los encofrados inflables de nylon, que eran fundamentales para garantizar el éxito de la utilización de su patente. Este fue finalmente uno de los mayores problemas por los que la propuesta de Wallace Neff fue eliminada por el jurado del Concurso. En España no resultaba económica la fabricación de estos encofrados de nylon ni tampoco la adquisición de la patente de los que fabricaba la empresa americana Goodyear Tire and Rubber Company.

A diferencia de la propuesta laminar de Wallace Neff, basada en una patente muy experimentada, la propuesta del arquitecto alemán afincado en Berlín Alfred Lucas era una nueva patente que jamás había sido utilizada. Este arquitecto llevaba muchos años investigando sobre temas muy diversos relacionados con la vivienda, los materiales a emplear, la armonía de las proporciones del espacio habitable, la industrialización de estructuras portantes sencillas y otros temas en los que enlazaba ciencia, técnica y diseño arquitectónico. Muestra de esta variedad de temas y de su especial filosofía, no solo ante el problema de la vivienda, sino de la arquitectura en general, eran las publicaciones que había ya realizado en el año 1949, cuando se presentó al concurso convocado por Eduardo Torroja (Lucas 1943).

Uno de sus principales temas de investigación, y en el que basaba la patente que presento al Concurso del 49, era el análisis de los aspectos biológicos de los materiales de construcción y su influencia en el hombre. Sostenía que el problema de producir viviendas en gran número no era solamente cuestión técnico-constructiva sino también de higiene en defensa de la salud de sus futuros habitantes, tema que sin duda era compartido a nivel internacional. Sin

embargo, Alfred Lucas afirmaba en la memoria de su propuesta que: «Las reacciones intuitivas no se pueden engañar sobre el coeficiente de conductividad térmico verdadero u otras cuestiones técnicas aparentemente resueltas, y el sentir intuitivo rechaza las construcciones de hormigón como viviendas». Una afirmación que hizo que el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento dirigido por Eduardo Torroja, cuyo tema fundamental de investigación era precisamente el hormigón armado y pretensado, se interesara por conocer el alcance de las investigaciones en las que Alfred Lucas basaba esta increíble afirmación. (Lucas 1949)

Con fecha 2 febrero 1951 Alfred Lucas recibió una carta del IETcc solicitando más datos, no solo sobre su patente de estructura metálica presentada al Concurso, sino también sobre las investigaciones que había realizado sobre el hormigón. Con fecha 26 de febrero 1951, contesto a la petición del Instituto, comentando entre otros: «Según mis experiencias, los motivos de este rechazo hacia las viviendas de hormigón se encuentran en la esfera de la compensación de energía entre el hombre y la materia. La influencia (o el efecto) de los distintos materiales ha de ser determinada con instrumentos ultrasensibles. Estoy trabajando sobre este tema desde hace tiempo y espero poder publicar los resultados dentro de unos meses, pero debo decir que la meta no es excluir el hormigón, sino la de vencer los efectos negativos del hormigón sobre el hombre con medidas adecuadas facilitando la compensación de energía.» Archivo Eduardo Torroja IETcc.

En su propuesta, indudablemente Alfred Lucas no utilizaba elementos de hormigón armado sino algunas de las patentes de estructuras metálicas de la empresa alemana Dyckerhoff and Widman (Zeiss-Dywidag) que fue una de las más relevantes protagonistas de muchas de las innovaciones alcanzadas por arquitectura y la ingeniería de la más temprana Modernidad, generalmente ligada al nacimiento y desarrollo de las grandes cubiertas de hormigón armado y las internacionalmente admiradas «*Thin Concrete Shells*». (Cassinello, Schlaich, Torroja 2010)

La propuesta de Alfred Lucas se basaba en el diseño de un módulo estructural capaz de generar multitud de tipos de agrupamientos de bloques de viviendas y/o viviendas unifamiliares. Se trataba de un anillo metálico formado por un anillo principal y 6 segmentos circulares que lo intersecaban todos ellos

prefabricados en chapa metálica de 3 mm de espesor con uniones atornilladas. (figuras 5 y 6)

Su intención era la optimización de la cantidad de material a emplear en la construcción de la vivienda, así como la de contar con un módulo estructural de fácil producción industrial y montaje en obra, que

ofreciera multitud de posibilidades de agrupación para generar espacios habitables muy diferentes. La idea de posibles apilamientos y macla de viviendas, según comenta en su memoria del proyecto, la obtuvo del panal de abeja, aunque contrariamente a este, el espacio habitable se genera con un módulo plano que adquiere volumen a base de intersectar o unir en secuencia continua varios anillos tanto en el mismo plano como en vertical, construyendo bloques de viviendas cuyos forjados, también prefabricados en chapa metálica, se colocan anclados a la estructura de los anillos. (Lucas 1949)

En el caso de generar cañones corridos a modo de bóvedas cilíndricas, el edificio quedaría levantado del suelo y la parte inferior de los anillos, oculta en una cámara ventilada, garantizaría la no aparición de esfuerzos horizontales no absorbidos por el propio anillo. Para la solución constructiva de las cubiertas adoptaba dos tipos, uno consistente también en la utilización de paneles mixtos de chapas metálicas curvas adaptadas a la curvatura del anillo, y la posterior colocación de falsos techos, y otra consistente en la ejecución de una losa de «hormigón armado», que para evitar que se produjeran efectos negativos, según su curiosa teoría, ocultaba también con diferentes tipos de falsos techos de otros materiales.

Indudablemente estos anillos de chapa metálica necesitaban ser arriostrados por otros elementos para garantizar su rigidez y adecuada absorción de cargas, que por la multitud de tipos de geometrías y maclas

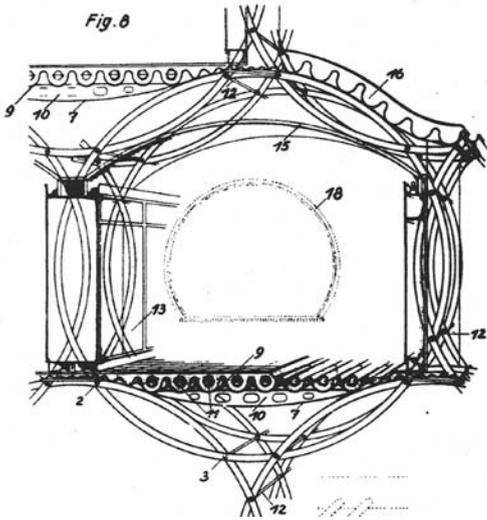


Figura 5  
Anillo estructural Alfred Lucas (Archivo IETcc 1949)

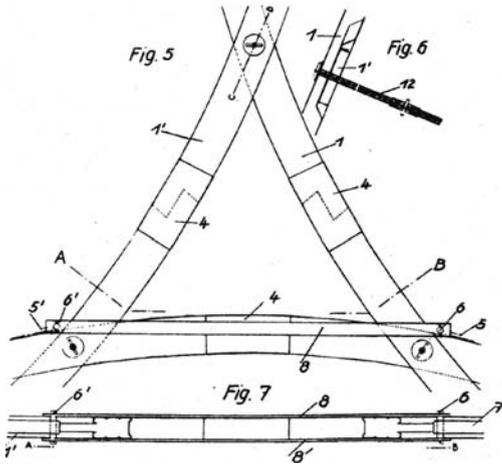


Figura 6  
Detalle anillo estructural. Alfred Lucas (Archivo IETcc 1949)

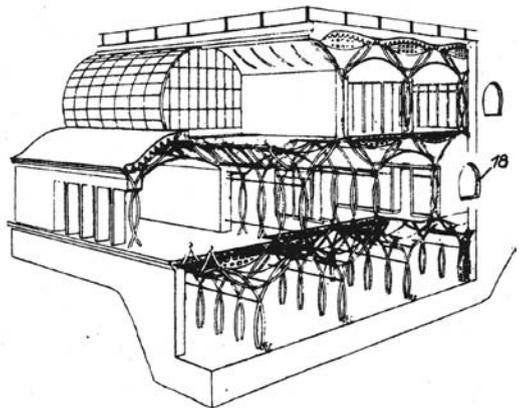


Figura 7  
Propuesta de bloque de viviendas. Alfred Lucas (Archivo IETcc 1949)

que Alfred Lucas contemplaba, demandaban soluciones también muy diversas, que no es posible recoger aquí brevemente (figura 7). El hecho de que el anillo principal estuviera intersecado por 6 segmentos circulares formando husos en todo su perímetro le confería un incremento de rigidez al anillo principal absolutamente necesario pero dudosamente suficiente según tamaños empleados y tipo de macla de viviendas.

Alfred Lucas consciente de la muy limitada capacidad portante de sus anillos de chapa metálica, así como de las dificultades que en aquellos momentos representaba su fabricación, aunque presento su patente, decidió presentar también una modificación consistente en utilizar algunas de las patentes desarrolladas por la empresa alemana Dyckerhoff and Widman (Zeiss-Dywidag). Proponía el uso de la patente de vigas metálicas curvas para la fabricación de sus anillos y la opción de construir viviendas unifamiliares siguiendo el mismo proceso constructivo y patente de la famosa cúpula laminar de Jena (Kurrer 2008).

La propuesta de Alfred Lucas, además de los problemas de su patente, pese a la adaptación realizada por parte del concursante, con patentes de Dyckerhoff and Widman, no era una propuesta ni económica ni racional para construir viviendas en España en las condiciones demandadas en las bases del Concurso del 49. Por estas razones fue lógicamente eliminada por el jurado del concurso del 49, pese al interés suscitado por su originalidad y controversia sobre sus especiales opiniones sobre el efecto del hormigón armado sobre el hombre.

Otra de las patentes abovedadas presentada al Concurso del 49, pero no con el uso de vivienda sino de almacén o casetas de oficinas a pie de obra, fue una variante de la conocida como Ctesiphonte surgida en los años 40 en Inglaterra para servir de habitaciones dormitorio de campaña durante la Segunda Guerra Mundial. Se trataba de un cañón corrido de sección catenaria invertida de superficie ondulada, hecho que le confería mayor rigidez a la superficie laminar de hormigón armado, que con luces de vano libres de 6 metros se ejecutaba con espesores de 3,5 cm. Sin duda, se trataba de un espesor suficiente en exceso, si recordamos las estructuras laminares realizadas en la década de los años 50 por Félix Candela, que como Los Manantiales de Xochimilco, con 30 m de diámetro de vano libre tan solo contaban con 4 cm

de espesor. (Cassinello 2010). En los años 50 algunos arquitectos españoles utilizaron este sistema para construir algunos grupos de viviendas económicas, entre ellos: Alejandro de la Sota y Rafael de la Hoz (De la Hoz 1962)

En el contexto internacional, tras la Segunda Guerra Mundial, cuando todos los países buscaban la difícil solución de construir un gran número de viviendas económicas, surgieron algunos ejemplos de estructuras laminares o abovedadas que se hicieron muy populares. Una fue sin duda la ya comentada patente de Wallace Neff, presentada al Concurso del 49, pero ese mismo año el gran maestro de la arquitectura Moderna Louis I. Kahn, que desde los años 30 realizó diversos estudios sobre viviendas económicas, trabajó con la Housing Survey Committee de Israel para construir un total de 50.000 viviendas económicas en las que utilizó diferentes patentes, fundamentalmente de paneles de hormigón armado prefabricados, pero también utilizó formas geométricas abovedadas. Las viviendas abovedadas estaban basadas en la patente de Precast Vacuum Concrete Method desarrollada por el suizo Karl Pauli Billner. La solución de vivienda estaba basada en una bóveda de hormigón armado de sección parabólica fragmentada en módulos. Otra importante aportación a la vivienda laminar o aboveda fueron sin duda la Dymaxion House de Ricard Buckminster Fuller ejecutada con elementos de chapa metálica industrializados. (Foster 2010)

En cualquier caso, la geometría aboveda y uso de láminas para definir el espacio habitable de viviendas económicas tras la Segunda Guerra Mundial, tuvo escasa representación en comparación con los demás tipos de viviendas industrializadas que se desarrollaron a nivel internacional en todos los países tanto de Europa como de América. Por ello, también fueron escasas las propuestas laminares presentadas al Concurso del 49.

#### LISTA DE REFERENCIAS

- Archivo IETcc 1949. Archivo Eduardo Torroja del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid: CSIC.
- Belloli, A. 1989. «Wallace Neff, 1895-1982». *The Romance of Regional Architecture*. Huntington Library.
- Cassinello, P. 2008. «Eduardo Torroja y la industrializa-

- ción de la machina á habiter 1949-1961. *Revista Informes de la Construcción* vol.60, nº512, pp. 5-18. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Cassinello, P. 2010. *Félix Candela. Centenario/Centenary*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid y Fundación Juanelo Turriano.
- Cassinello, P.; M. Schlaich y J. A. Torroja. 2010. «From thin concrete shell to the 21st century's lightweight structures». *Revista Informes de la Construcción*. Vol 62, nº 519.
- Costa, L. 1949. «Razones de la Nueva Arquitectura». *Revista: Informes de la Construcción nº 12 julio 1949*. Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento, CSIC.
- Curtis, W.1987. *Modern Architecture Since 1900* (2nd ed.). Prentice-Hall. pp. 309-316.
- De la Hoz, R. 1962. «La vivienda social». *Arquitectura*, nº 39.
- Foster, N. 2010. «Buckminster Fuller». *AV, Monografías nº 143*. Ivorypress and Arquitectura Viva.
- Gropius, W. 1951. «Architecture in a Scientific World». *The Builders* nº 5680, N.J.
- Head, J. 2008. *No Nails, No Lumber: The Bubble houses of Wallace Neff*. Princeton Architectural Press.
- Joedicke, J. 1962. *Les Structures en Volles et Coques*. Vincent Fréal et cie éditeurs Paris (ed.) pp. 14
- Le Corbusier 1923. «Hacia una Nueva Arquitectura». *Architectural Press* 1998. ISBN-10: 075064138X. Artículos originales aparecidos en la revista *L'Esprit Nouveau* en 1923 bajo el título «Vers une Architecture».
- Lucas, A. 1943 - 1949. Entre las publicaciones de Alfred Lucas destacaban: *Der hören Mensch, Vom Klang der Welt, Harmonikale Studien y Lehrbuch der Hatmonik*.
- Lucas, A. 1949. *Memoria de la propuesta presentada al Concurso Internacional de Industrialización de viviendas*. Convocada por Eduardo Torroja en 1949 desde el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento y cartas de archivo IETcc.
- McCarter, R. 2004. *Louis I. Kahn*. Phaidon Press Ltd.
- Moses, N. 2012. *No hammer, no nails: The bubble houses of Wallace Neff*. Princeton Architectural Press
- Neff, W. 1949. *Memoria de la propuesta presentada al Concurso Internacional de Industrialización de viviendas*. Convocada por Eduardo Torroja en 1949 desde el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Patente «Airform Bubble Houses» de Wallace Neff.
- Neff, W. 1964. *Architecture of Southern California: A Selection of Photographs, Plans, and Scale Details from the Work of Wallace Neff*. Rand McNally (ed.), 1st edition (1964).
- Kurrer, K. 2008. «The History of the Theory of Structures». *Ernst and Sohn Verlag für Architektur und Technische*. (pp. 547-554)

Huerta, Santiago y Fabián López Ulloa (eds.). 2013. Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 9-12 de octubre de 2013. Madrid: Instituto Juan de Herrera.