

Entramados de la Autarquía y el Desarrollo. Estructuras de celosía metálica en España entre 1940 y 1970

Rafael García García

Las estructuras de cubierta formadas por celosías trianguladas de acero fueron uno de los sistemas más empleados en construcciones industriales y utilitarias en España en las primeras décadas posteriores a la Guerra Civil. Si bien los entramados triangulares fueron también de amplio uso en todos los países, las particulares condiciones de carestía españolas en los años de la Autarquía, conllevaron soluciones de gran economía de material y, en ocasiones, de notable interés en cuanto a su adecuación e inventiva.

Tanto en las primeras décadas de posguerra como en el periodo del desarrollismo, se dio una interesante evolución que afectó a las técnicas empleadas y a los medios materiales disponibles. Fueron ejemplo de ello la sustitución del roblonado por la soldadura, la incorporación de los perfiles tubulares o los nuevos métodos de cálculo por ordenador.

El propósito de esta comunicación es traer a un primer plano una panorámica de casos y soluciones representativas, mostrando cómo, a pesar de la aparente simplicidad estructural del sistema triangulado, su sabia aplicación aportó aún destacables elementos de novedad y modernidad en las edificaciones.

El estudio finaliza con los primeros casos de introducción de sistemas triangulados estéreos en España a comienzos de los años 60.

NAVES CON DOBLE VERTIENTE

El tipo tradicional de cercha triangular metálica a dos aguas, continuó siendo desde los años 40 a los

60 la solución estándar y más económica para naves industriales y de almacenamiento de proporciones alargadas. En un principio sin demasiadas variaciones, se fueron repitiendo los tipos de triangulaciones ya establecidos desde las últimas décadas del XIX y consolidadas a comienzos del XX. Como viga aligerada de gran canto justo en su parte central, la cercha simétrica constituyó una solución óptima, siendo especialmente adecuada para una situación de escasez de acero. De los ejemplos accesibles a través de publicaciones, puede observarse que fueron aplicadas a un rango de luces aproximado entre 10 y 30 m.

En los diversos manuales de construcción y cálculo de estructuras de la época se indican los que se consideran principales tipos de triangulaciones interiores, lo cual sin embargo plantea ciertas interesantes divergencias respecto a las formas construidas. Como tipos principales se citan recurrentemente la inglesa, la belga, la Swan y las Polonceau simple y doble. De ellas se obtienen variantes en tamaño aumentando o reduciendo el número de marcos y para el tipo Swan, configuraciones más tupidas mediante la introducción de montantes verticales desde los vértices inferiores (Rodríguez-Avial 1946, 206). Es de comentar también que el ámbito anglosajón las denomina de forma diferente, más o menos con la siguiente equivalencia (figura 1): inglesa=Howe, belga=Pratt, Swan=Fink, Swan con montantes=en abanico (Fan). No obstante, no todo son concordancias ya que por ejemplo, el tipo Fan con montante central no tiene equivalente en ninguna Swan ortodoxa (que

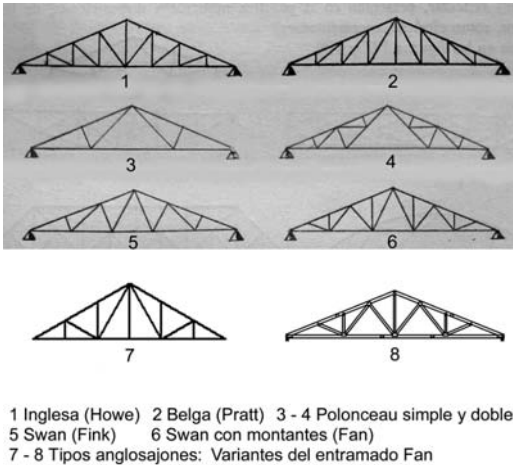


Figura 1
Denominaciones de cerchas triangulares (Rodríguez-Avial 1946: 205-206; ref. web 4)

excluye el pendolón) y el Modified Queen no existe entre nuestras denominaciones.

Con el anterior repertorio tipológico en mente, hemos encontrado ejemplos publicados de los tipos inglés, belga (con y sin pendolón central), Swan (siempre con montantes), Polonceau y además, otras dos configuraciones distintas no incluidas en esas categorías. Una es semejante a la Swan con pendolón central pero con diagonales centrales invertidas y de la que encontramos dos ejemplos (Anuncio 1965 a; AVPIOP 2012a, 866). Otra es un tipo semejante a la Polonceau, pero compuesta por algo parecido a dos Swan invertidas (Anuncio 1965 b).¹

No obstante, el repertorio de variantes se amplía notablemente si consideramos también los ejemplos con tirantes peraltados o arqueados, así como las cerchas con canto en los apoyos y las de cordones superiores quebrados. Conjuntando tirante peraltado y cordón superior quebrado en los extremos está el singular ejemplo de Manufacturas Metálicas Madrileñas (Anuncio 1961) y con una prominente elevación en su parte central destacan las importantes cerchas de CAF (AVPIOP 2012b, 937). También podría destacarse aquí el caso de las cerchas de talleres de la Institución Sindical Virgen de la Merced de Barcelona, con su singular escalonamiento en shed para permitir iluminación en un plano vertical (Chinchilla y Calzada 1973). Por otra parte, como ejemplo de nuevos ti-

pos irrumpiendo ya a comienzos de los 70, puede mencionarse la nave de la cooperativa ALKARGO en Mungía, Vizcaya (figura 2), formada por dos ligeras celosías Warren inclinadas a modo de pares, unidas por un tirante con dos péndolas (Anuncio 1970).



Figura 2
Nave de cooperativa Alkargo (Anuncio 1970)

Considerando finalmente la cuestión de los materiales utilizados, aunque mayoritariamente se emplearán perfiles normales y ya en algún caso tubulares, puede citarse como intento de innovación el sistema Dexion fabricado por Cointra con licencia inglesa y en el que se utilizaban los perfiles propios del sistema. Estos no eran otros que los perfiles en L perforados estándar para estanterías pero que permitían realizar notables entramados con el uso exclusivo de tornillos de unión (Anuncio 1960).

LUZ DEL NORTE. SHEDS

Para espacios de trabajo extensos en dos direcciones con retículas de pilares en su interior, la solución estándar de cubrición siguió siendo la formación de dientes sierra (sheds) con lucernarios orientados predominantemente hacia el norte. En las soluciones metálicas que aquí consideramos, el esquema general del entramado de cubierta siguió una configuración prácticamente constante. En ella, el principal elemento resistente era una viga celosía de cordones paralelos (tipo Pratt) apoyada prácticamente siempre en los soportes más separados del rectángulo modular de la

planta. Típicamente, estas vigas Pratt se construyeron con recuadros sensiblemente cuadrados y de número oscilante entre cuatro y ocho. La misma celosía Pratt conformaba el plano del lucernario del diente de sierra, el cual podía ser totalmente vertical como en la fábrica Montesa de Esplugues de Llobregat (Anuncio 1964a), aunque con más frecuencia tenía una cierta inclinación con respecto a la horizontal.

Entre estas celosías se tendían los cuchillos triangulares de la shed, cubriendo luces que oscilaron, según los ejemplos encontrados, entre 7 y 12 m. La posición de los cuchillos se hacía coincidir generalmente con cada uno de los montantes de la viga Pratt, aunque en el caso particular de la factoría Barreiros de Villaverde se usaron disposiciones con cuchillos colocados cada dos montantes y también con cuchillos solo en los extremos de la viga (Anuncio 1963b). En este último caso los intervalos intermedios se resolvieron con celosías ligeras de cordones paralelos y canto reducido.

Cabe distinguir así mismo que entre los cuchillos hubo dos configuraciones básicas: el que podríamos describir como de tipo normal de cartabón y el de cercha invertida (figura 3). En este último caso fue solución casi obligada unir con un tirante horizontal el vértice invertido y la base de la viga Pratt contigua. Una excepción a dicha norma del tirante de enlace se

realizó en la fábrica textil García Planas de Sabadell (Casulleras 1945) prescindiéndose del mismo.

Análogamente a lo ocurrido con las cerchas triangulares normales, las subdivisiones internas de los cuchillos siguieron ciertas disposiciones típicas, aunque asimismo en ocasiones se aprecian desviaciones de dichas pautas.² En las soluciones diente de sierra se consiguió además aumentar la luz disponible mediante la unión de dos o más cuchillos con una barra superior horizontal para formar una única jácena, aumentando el vano sin soportes. Típicamente, lo más frecuente fueron las composiciones con dos cuchillos sucesivos —Textil Molins, Sabadell, 1954; Seat Zona Franca, Barcelona, 1953—, aunque en la nave terminada en 1961 en Getafe para el mantenimiento de los aviones Sabre (figura 4) se formaron jácenas de 40 m uniendo hasta cuatro cuchillos consecutivos (Rodríguez 1961). En ella, probablemente la solución shed con mayores vanos construida en España, las vigas Pratt tenían 15 recuadros y una luz de 53 m. Con ello se consiguió una nave de 106 x 90 m con un único soporte en su centro y accesos mediante grandes puertas correderas en tres de sus lados.

En las grandes instalaciones, especialmente en las de la industria de la automoción —Seat Zona Franca, ENASA Barajas, Barreiros Villaverde— se obtuvieron destacados espacios hipóstilos con sus casi interminables hileras regulares de soportes en ambas di-

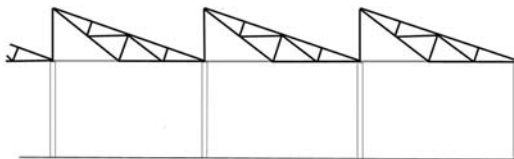


Figura 3
Cuchillos normales —imagen resaltada— y de cercha invertida (Enasa Barajas archivo INI; autor)

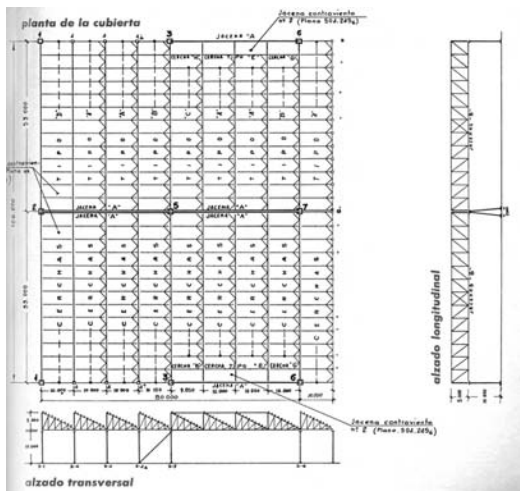


Figura 4
Nave en Getafe (Rodríguez 1961)

recciones. Estos entramados prácticamente desnudos contrastaron con los de otros tipos de industrias, especialmente las de tipo textil, en que mayores exigencias de aislamiento y control higrotérmico obligaron a disponer importantes falsos techos soportados por las celosías.

CORDONES PARALELOS

Los ejemplos del apartado anterior ponen de manifiesto la importancia fundamental de las jácenas de cordones paralelos como vigas maestras de los entramados. En virtud de ello, las vigas tipo Pratt (o a veces también Warren) se emplearon de forma eficaz, además de en los ejemplos shed ya descritos, en la cubrición de luces de cierta importancia soportando sobre ellos techumbres planas. Un ejemplo fueron las industrias Garsán en Coslada, Madrid, con luces de 12 m (Pico y Dosset 1963). En casos de fábricas extensas de una planta, con retículas de pilares interiores, dichas vigas crearon entramados ortogonales formando líneas estructurales en una dirección y de arriostramiento en otra, como en la factoría de CITESA, Málaga, con módulo estructural de 24 x 12 m (G^a de Castro y Mexia 1964). Esa misma idea fue extendida en algunos casos al tipo de fábricas de pisos, siendo un notable ejemplo el edificio de Reader's Digest de Madrid, con retícula de 7,20 x 7,20 m y canto de 0,90 m (Corrales y Molezún 1965). En los talleres y concesionario Renault de Madrid, carretera de Burgos (Yarzo 1961), se realizó sin embargo una solución híbrida de entramado ortogonal (11 x 22 m) y sheds, disponiendo los planos inclinados de éstas por encima de los cordones superiores de las jácenas. Dicha solución fue, por tanto, una singularidad, con sheds no tendidas entre las jácenas sino montadas sobre éstas.

En otras ocasiones las vigas de cordones paralelos destacaron por su capacidad portante como jácenas especialmente resistentes, siendo notable por ejemplo, la solución empleada en la nave de hornos de acero de Ensidesa para cubrir los tramos en que se tuvieron que suprimir dos soportes contiguos por razones funcionales (Ensidesa 1960). Para ello se construyeron jácenas Warren de 36 m de luz (figura 5). Soluciones especiales con motivo de eliminación funcional de soportes se realizaron también en la nave de montaje de Tablada en Sevilla para CASA

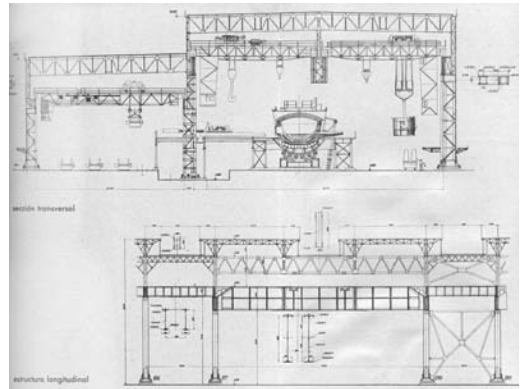


Figura 5
Hornos de acero en Ensidesa (Ensidesa 1960)

en la que, para lograr la total diafanidad en la zona de la entrada, se dispuso un potente embrochado de vigas de estas características (ref. web 1).

No obstante, ninguna de estas soluciones se aproxima en dimensiones a las que fueron con mucho las mayores jácenas construidas en la época: las correspondientes a sendos hangares prácticamente iguales en Barajas y Torrejón de Ardoz, ambos en Madrid y terminados en 1950 el de Barajas (figura 6), y algo antes el de Torrejón; los dos según proyecto de Eduardo Torroja (A.S.H. 1952) y construidos por Omes. Ambas estaban formadas por una solución continua de 181 m dividida en dos tramos, cada uno de ellos de 90,5 m con canto de 9 m, y subdivisiones

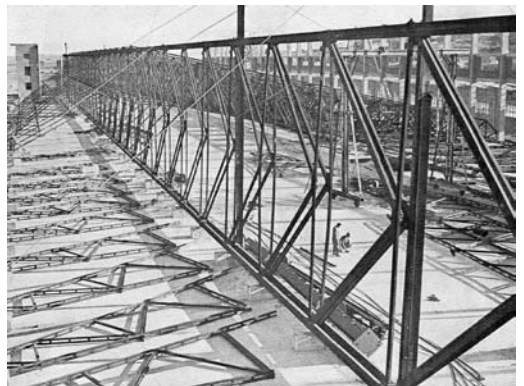


Figura 6
Montaje de jácena en K en Barajas (Hangar 1949)

en forma de K a fin de reducir las longitudes de pandeo. Tenían un espesor doble formado por dos mitades simétricas y se realizaron mediante soldadura con perfiles dobles en U.

ADAPTABILIDAD

Además de su capacidad para cubrir grandes luces, las soluciones de jácenas trianguladas de acero fueron también especialmente idóneas por su adaptabilidad a las pendientes y gálibos demandados en diferentes ocasiones. El mismo ejemplo anterior de los hangares de Torrejón y Barajas se completó con series de 33 grandes cerchas iguales perpendiculares a las vigas maestras y adaptadas en su canto variable a las pendientes y alturas libres exigidas. Constan de una parte con doble apoyo de 35,70 m de luz y otra en voladizo de 11,30 m y su triangulación fue de doble celosía, es decir, con diagonales que se cruzan en la línea media entre cabezas para acortar la longitud de pandeo.

Algo más tarde, en un segundo hangar en Barajas se realizó una cubierta metálica formada por ocho grandes cerchas agrupadas de dos en dos para reducir efectos de pandeo (Cuidós 1960). Estas cerchas, así mismo construidas con dobles perfiles en U y soldadura, formaban voladizos de 34 m en uno de sus lados, mientras que la parte «de cola», de 14,80 m, se estabilizaba con soportes a tracción en el extremo (figura 7). Sus dos partes, de perfil triangular afilado hacia los extremos, se unían con un canto de 9 m sobre el apoyo. Aunque éste parece haber sido el mayor vuelo conseguido con este tipo de vigas en España, merece también mencionarse por su carácter adelan-



Figura 7
Hangar con cerchas en voladizo, Barajas (Cuidós 1960)

tado la solución de la tribuna del estadio de fútbol de Les Corts en Barcelona terminada en 1945 según diseño de Torroja (Fernández 1999). Con 25,30 m de vuelo en ella era también de interés el hecho de anclarse directamente en el pórtico de hormigón del graderío sin prolongar por detrás ningún contrarresto o contrapeso, como solía ser habitual. Su curioso perfil ligeramente curvado era nuevamente una muestra de la adecuación de las celosías a las condiciones de pendientes, alturas libres y naturalmente, cantos resistentes.

De estas configuraciones especialmente adaptadas a casos concretos sería también ejemplo de gran interés, aunque algo posterior, la solución de gran viga celosía vista de 20 m de luz del gimnasio del colegio Maravillas de Madrid construido por Alejandro de la Sota en 1962. Su particularidad estribó en su forma singular, con el cordón superior recto y el inferior arqueado, el cual servía además de suelo de una serie de aulas suspendidas (Sota 2007). Si bien con un carácter más modesto, serían así mismo ejemplos de celosías merecedoras de comentario, las de una almazara construida en Cazorla en la que resolvían tanto la cubrición interior como un porche exterior (Alamán, Fernández y Ruiz 1969), las del cobertizo de Butano S.A en Escombreras, con pronunciadas viseras descendentes en sus extremos y recogidas en la colección fotográfica Martínez Blaya (ref. web 2) y, especialmente destacables por su disposición en planta, las del taller oficial Pegaso Galasa en Cabral, Vigo, de 1966 (Bar 1968). Dicho taller tenía por

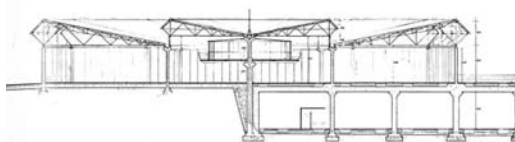


Figura 8
Taller Pegaso Galasa, Vigo (Bar 1968, 35)

planta un dodecágono regular inscrito en una circunferencia de radio 50 m y sus cerchas formaban dos anillos escalonados para permitir un lucernario en la zona interior (figura 8). Así mismo especiales fueron, por otra parte, las cerchas de la sala de generadores de la central hidroeléctrica del Salto de Silvón, Asturias, con su singular depresión hacia el centro, originada para ofrecer sustentación de una cubierta con faldones en V (Elorza y Álvarez 1962).

Como forma de adaptación podría también considerarse la transformación de celosías en estructuras porticadas, es decir, con las jácenas unidas rígidamente a sus soportes extremos.³ De ello, un singular ejemplo fue la patente SIEBAU adoptada por la empresa constructora BRYCSA de Barcelona, con cerchas a dos aguas, triangulaciones Warren y soportes de alma llena de sección variable. Según la publicidad editada (Anuncio 1964b), su luces podían llegar a los 25 m. No obstante, ejemplos más puros de pórticos en celosía, en cuanto que también los soportes eran continuación de las triangulaciones, se construyeron en los comedores de la Babcock & Wilcox de Sestao, Vizcaya, en 1963 (Libano 1969) y, de forma muy destacada, en la estructura superior del Pabellón de Cristal de la Feria del Campo de Madrid en 1965 (Cánovas y Casqueiro 2008). Superando a todos los anteriores, con sus 75 m de ancho total y 127,5 de longitud, dicho pabellón es el ejemplo más notable de cubrición con cerchas porticadas en España por nosotros conocido (figura 9).

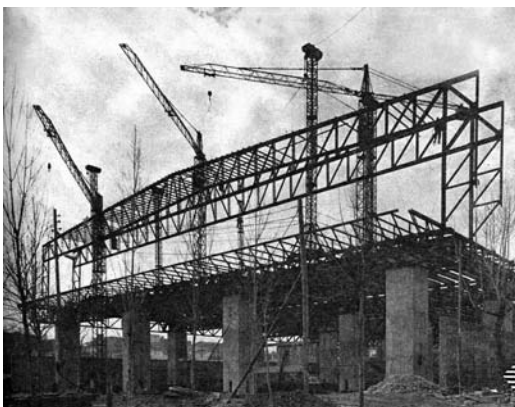


Figura 9
Pabellón de Cristal, Madrid (Anuncio 1968)

FORMAS ESPACIALES

La aparición de las primeras soluciones de entramados no contenidos íntegramente en un plano no parece producirse, a tenor de los ejemplos encontrados, hasta comienzos de los años 60. En ello jugó un papel importante el hecho de comenzar a disponer de perfiles de sección tubular circular, aunque también se realizaron experiencias previas con perfiles laminados tradicionales. Otro elemento importante para su plena consolidación fue la existencia de las nuevas herramientas de cálculo que proporcionaron los ordenadores, y que permitieron el análisis de estructuras con elevado número de barras, dispuestas además en múltiples direcciones. No obstante, es probable que algunos de los entramados estéreos iniciales todavía se analizaran con medios tradicionales, sin recurrir inicialmente al poco accesible uso de ordenadores.

Uno de los primeros ejemplos publicados con entramado espacial es la gasolinera de la calle María de Molina número 21 de Madrid, cuya marquesina estaba formada por «elementos piramidales triangulares en voladizo definidos por dos caras en cerchas y la superior de arriostramientos paralelos» (Capote y Serrano-Súñer 1963, 22). Trazada sobre planta trapezoidal con un vuelo de 11 m y sustentada en soportes en V y tirantes traseros, tenía la particularidad de estar enteramente realizada con perfiles normales en L y en T (figura 10). Por su coincidencia temática y estructural puede compararse con la marquesina de la gasolinera construida en la calle Pi y Molist de Barcelona pero construida aproximadamente cuatro años más tarde, y en la que sus cerchas son esta vez ya de perfi-



Figura 10
Gasolinera en calle María de Molina, Madrid (Capote y Serrano-Súñer 1963)

les tubulares (Puig 1967). De ella destaca su planta circular de 20 metros de diámetro sustentada por ocho cerchas radiales también de sección triangular, cuyos ocho tubos inferiores se continuaban hacia abajo formando el soporte base central (figura 11).⁴

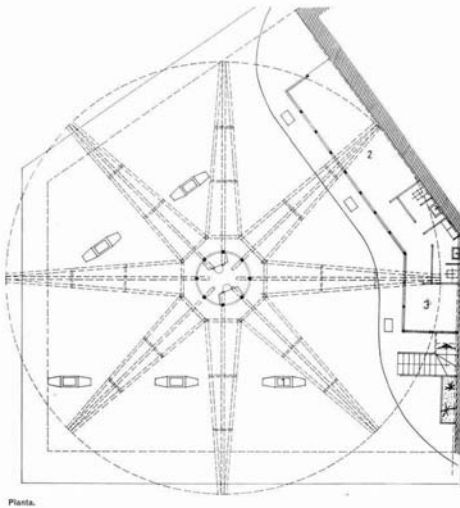


Figura 11
Gasolinera, calle Pi y Molist, Barcelona (Puig 1967)

No obstante, el verdadero inicio de las jácenas estéreas parece haber venido de la solución para elementos menores de tipo viguetas y jácenas secundarias. Parece decisiva la aparición de la patente CENO⁵ (ref. web 3) presentada en Madrid en su forma inicial en 1952 y referida a viguetas metálicas de celosía de sección triangular, con la disposición típica de dos cordones superiores y uno inferior, y constituidas por redondos normales de construcción unidos mediante soldadura autógena. Elementos con esta patente fueron usados, por ejemplo, como vigas

secundarias en el segundo hangar de Barajas antes descrito (Cuidós 1960) o incluso en elementos de primer orden, como los arcos de un nuevo hangar coetáneo del anterior en Cuatro Vientos en Madrid. En el artículo en que se describe dicho hangar (Serrano 1960) se menciona también el sistema Resol, basado en redondos electrosoldados.

En todo caso, parece que dichas soluciones menores inspiraron las sucesivas experiencias con jácenas estéreas, ya de tubo mayoritariamente, puesto que gran parte de ellas se basaron en la disposición triangular antes descrita. En realidad, en al menos uno de los ejemplos ya mencionados se incluyeron soluciones de vigas estéreas, como es el caso del concesionario oficial Pegaso de Vigo de 1966, el cual contó además con un precedente del mismo autor, el arquitecto Luis Bar Boo, aunque de dimensiones más reducidas, en el mercado de Gondomar. No obstante, una de las mayores cubiertas del periodo con vigas de sección triangular con tres cordones paralelos, la correspondiente al concesionario Seat Castellana en Madrid, aún estaba formada por perfiles laminados normales. Con luces de 35 m cubriendo la totalidad del vano de la nave de talleres, en ella era singular además, su disposición invertida con los dos cordones en la parte inferior. De ellos se suspendían las vigas longitudinales, también triangulares, pero en cambio formadas por tubos, y constituyendo voladizos a ambos lados. Esta particular solución de vigas «pértiga» colgadas tenía, junto con la sección triangular de las jácenas principales, un marcado reflejo en los alzados de la nave (figura 12). Según sus autores se cumplía así la intención de realizar «un taller con la suficiente dignidad para estar situado al borde



Figura 12
Talleres Seat, Madrid (Ortiz-Echagüe et al. 1964)

de la principal vía de Madrid. Y finalmente una silueta personal, inconfundible» (Ortiz-Echagüe et al. 1964, 36).

El paso a estructuras verdaderamente estereas y ya diferentes a las realizadas con jácenas, fue dado en España de forma en realidad bastante temprana en las cubiertas de las naves de ensayos del Instituto Eduardo Torroja de Madrid. Terminadas en 1952 con diseño del mismo Torroja y Florencio del Pozo, fueron concebidas como una serie de bóvedas cilíndricas reticuladas transversales a la nave, cubriendo luces de 15 m. Sus barras se construyeron con perfiles I normales de 80 mm siendo un nuevo ejemplo de uso preliminar de perfiles laminados. Para otras configuraciones abovedadas reflejadas en publicaciones tendríamos que esperar en realidad bastante tiempo, y solo ya en 1975 encontramos un modesto pero interesante ejemplo en la cúpula de las bodegas Ignacio Marín de Cariñena con una cúpula troncocónica de 20 m de diámetro, cuyos cálculos fueron realizados por el arquitecto técnico Manuel de las Casas Rementería (López 1975).

Ambos ejemplos corresponden al tipo de estructuras estereas de una sola capa, es decir las de menor complejidad, encontrándose los primeros ejemplos de entramados con espesor de dos capas en soluciones de losas espaciales trianguladas. La primera referencia de este tipo fue construida por los ingenieros Pablo Bueno y José Calavera siguiendo un diseño del arquitecto Vicente Candela como cubierta de la capilla del Instituto de Enseñanza Media «El Brocense» de Cáceres (Bueno y Calavera 1962). Para ello se siguió el sistema de malla de octaedros que llenan el espacio, cubriendo un espacio de 24 x 17 m. La solución se realizó con tubos todos de igual longitud de 1,113 m creando un canto de losa de 0,964 m que, como caso singular, además estaba empotrada en su contorno en un zuncho de hormigón (figura 13). Para esta experiencia pionera no pudieron encontrarse esferas metálicas para los nudos, por lo que se tuvieron que realizar con casquillos de tubo.

Los mismos ingenieros siguieron siendo en años posteriores pioneros de este tipo de estructuras en España aumentando progresivamente los vanos a cubrir. Para la nueva fábrica Mahou de Madrid (figura 14) cubrieron dos naves gemelas de 27 x 25 m usando el tipo de malla de pirámides cuadrangulares unidas por tetraedros, aunque ya con nudos esféricos (Buzón, Bueno y Calavera 1965, 100). Dos años más

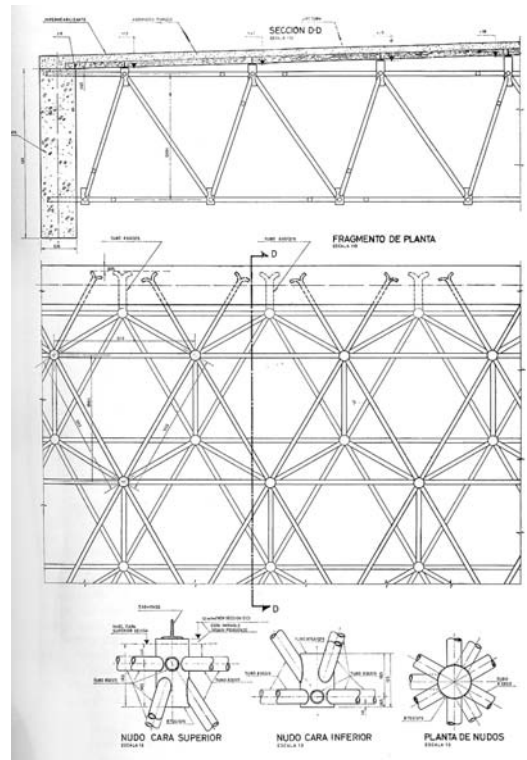


Figura 13
Entramado estéreo, instituto en Cáceres. Detalles (Bueno y Calavera 1962)

tarde, sus autores describieron con detalle una nueva estructura del mismo tipo que la anterior para la misma factoría, pero para una nave de 47 x 56 m (Buzón, Bueno y Calavera 1965). Construida por OTEP S.L., su canto fue de 2,20 m. No obstante, dichas medidas fueron superadas en la cancha cubierta de la antigua Ciudad Deportiva del Real Madrid en el Paseo de la Castellana con 50 x 70 m, también por los mismos autores (Margarit 1972, 44-45). Finalmente, y aunque estos ejemplos son los más documentados, Joan Margarit (1972) menciona y ofrece algunas fotografías de otros entramados semejantes también de interés, como un pabellón en la Feria del Campo de Madrid realizado ya con el sistema de nudos roscados Mero, pero sin citar su autor, una gasolinera en Oviedo del arquitecto Álvaro Castelao y una interesante fábrica en Rubí, Barcelona, realizada en 1969 por el arquitecto Francisco Rius.⁶



Figura 14
Entramado estéreo, fábrica Mahou, Madrid (Buzón, Bueno y Calavera 1965)

NOTAS

1. Dentro del tipo inglés ordinario y en su forma más simple con solo dos tornapuntas, merecen al menos un comentario las realizadas para la fábrica Piher de Badalona, notables por sus prominentes pendientes del 100% abarcando luces de 10 m. Los peraltados perfiles permitieron grandes cámaras aislantes limitadas por falsos techos.
2. Entre las variantes singulares puede citarse por ejemplo, la disposición correspondiente a la patente «Houx Frères», de Ladeux, Bélgica con cuchillos en vuelo de gran ligereza y difundida en España bajo licencia por Rodríguez Vergara Ingenieros (Anuncio 1963a). Con ella se realizaron las cubiertas del Cenim de Madrid (1963).
3. Excluimos aquí los celebrados comedores Seat de Barcelona contruidos con pórticos de celosía de 12,8 m, al estar realizados con duraluminio.
4. La gasolinera de Madrid ha sido sustituida por una estructura nueva, mientras que la de Barcelona permanece oculta tras un revestimiento envolvente que conserva su forma.
5. Sus autores fueron los alemanes Ernst Cvikl y Otmar Nerath, cuyas iniciales, comenzando por los apellidos, forman el nombre CENO.
6. Joan Margarit abre su libro sobre las mallas espaciales (1972) con la siguiente dedicación: «A Ignacio Álvarez Castela, Pablo Bueno y José Calatrava y Florencio del Pozo, cuyos estudios y realizaciones tanto han contribuido al desarrollo de las estructuras espaciales».

LISTA DE REFERENCIAS

- Anuncio. 1960. «Dexion». *Arquitectura*, 20.
- Anuncio. 1961. «Vicente Alonso. Construcciones metálicas». *Arquitectura*, 33.
- Anuncio. 1963a. «Houx Frères». *Arquitectura*, 49.
- Anuncio. 1964a. «Durisol». *Cuadernos de Arquitectura*, 57.
- Anuncio. 1964b. «Siebau». *Cuadernos de Arquitectura*, 58.
- Anuncio. 1965a. «Rocalla». *Hogar y Arquitectura*, 61.
- Anuncio. 1965b. «Vitroterm». Cubierta Imprenta Banco Hispano Americano en Madrid. *Cuadernos de Arquitectura*, 59.
- Anuncio. 1968. «Mecasa». *Hogar y Arquitectura*, 75.
- Anuncio. 1970. «Vitrofib TEL». *Hogar y Arquitectura*, 86.
- APVIOP. 2012a. «La Basconia». *Patrimonio Industrial en el País Vasco*. Vitoria 2: 863-67.
- APVIOP. 2012b. «Construcción y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF)». *Patrimonio Industrial en el País Vasco*. Vitoria 2: 933-39.
- A,S,H. 1952. 545-5-18). «Hangar metálico en Barajas». *Informes de la Construcción*, 38.
- Bar Boo, L. 1968. «Taller oficial Pegaso. Galasa. Cabral. Vigo». *Arquitectura*, 117: 34-35.
- Bueno, P. y J. Calavera. 1962. «Cubierta de estructura metálica tridimensional». *Temas de Arquitectura*, 7: 25-33.
- Buzón, R.; P. Bueno y J. Calavera. 1965. «Cubierta metálica espacial en Madrid». *Informes de la Construcción*, 175: 99-111.
- Cánovas, A. y F. Casqueiro (eds.) 2008. *Pabellón de Cristal. Cabrero, Labiano, Ruiz*. Madrid.
- Capote, J. P. y J. Serrano-Súñer. 1963. «Estación de servicio en María de Molina. Madrid». *Arquitectura*, 54: 22-23.
- Casulleras Forteza, S. 1945. «Edificio industrial García Planas, de Sabadell». *Cuadernos de Arquitectura*, 3: 34-37.
- Chinchilla, P. y M. A. Calzada. 1973. «Institución sindical «Virgen de la Merced», en Barcelona». *Hogar y Arquitectura*, 104: 2-16.
- Corrales, J. A. y R. Vázquez Molezún. 1965. «Proyecto de edificio Selecciones del «Reader's Digest»». *Temas de Arquitectura*, 34: 34-49.
- Cuidós, V. 1960. «Hangar en voladizo. Aeropuerto de Barajas. Madrid». *Informes de la Construcción*, 118.
- Elorza, J. J. y Álvarez Castela, I. 1962. «Saltos de Arenas de Cabrales y Silvón». *Arquitectura*, 47: 23-26.
- Ensidesa. 1960. «Construcciones metálicas». *Informes de la Construcción*, 117.
- Fernández Ordóñez, J. A. 1999. *Eduardo Torroja: ingeniero*. Madrid: Pronaos.
- Gª de Castro, R. y R. Mexia. 1964. «Factoría de C.I.T.E.S.A». *Informes de la Construcción*, 166: 49-54.
- Hangar. 1949. «Un nuevo hangar de grandes dimensiones en el aeropuerto de Barajas». *Obras*, 68: 97-102.
- Libano, A. 1969. «Comedores en la fábrica de «Babcock & Wilcox», (1963)». *Nueva Forma*, 36: 9-11.

- López, S. 1975. «Bodega de vinos en Cariñena». *Arquitectura*, 194: 122-124.
- Margarit, J. 1972. *Las mallas espaciales en arquitectura*. Barcelona.
- Ortiz-Echagüe, C. et al. 1964. «Edificio Seat de Madrid». *Arquitectura*, 61: 36-38.
- Pico, J. L. y F. Dosset. 1963. «Industrias Garsan - Coslada». *Arquitectura*, 55: 9-11.
- Puig Torné, J. 1967. «Estación de servicio Pi y Molist-Barcelona». *Cuadernos de Arquitectura*, 64: 44.
- Ref. web 1. <http://blog.aergenium.es/2009/01/la-historia-de-la-factoria-de-tablada.html>
- Ref. web 2. <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?MET-HOD=DENTROCARPETASFOTOS&sit=c,373,m,139,serv,Carmesi,ofscarpeta,0&idc=8&idtm=550&id=27918>
- Ref. web 3. <http://m.patentados.com/invento/mejoras-fabricacion-vigas-trianguulares-celosia-soldadas-autogena.html>
- Ref. web 4. <http://www.docstoc.com/docs/7967580/KTI-11x17-Truss-Types-Chartcdr>
- Rodríguez Borlado, R. 1961. «Hangar metálico». *Informes de la Construcción*, 128.
- Rodríguez-Avial Azcúnaga, F. (1948). *Construcciones metálicas*. Madrid.
- Serrano Sala, J. 1960. «Una cubierta de encaje metálico para un hangar en Cuatro Vientos». *Obras*, 92: 20-21.
- Sota, A. de la. 2007. *Gimnasio Maravillas*. Madrid.
- Yarzo Orcóyen, F.J. 1961. «Nuevo edificio para la S.A.E. de Automóviles Renault». *Temas de Arquitectura*, 33: 23-48.