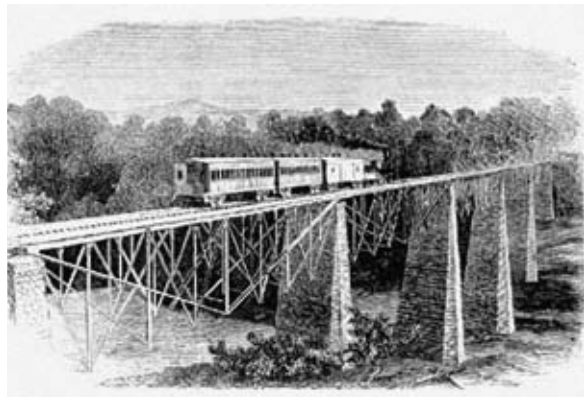


Al voltant de la biga d'Albert Fink

Robert Brufau i Niubó

2



1

L'enginyer alemany Albert Fink (1827-1897) fou un dels enginyers ferroviaris que construïren les grans línies de ferrocarril a mitjan segle XIX.

2 i 3

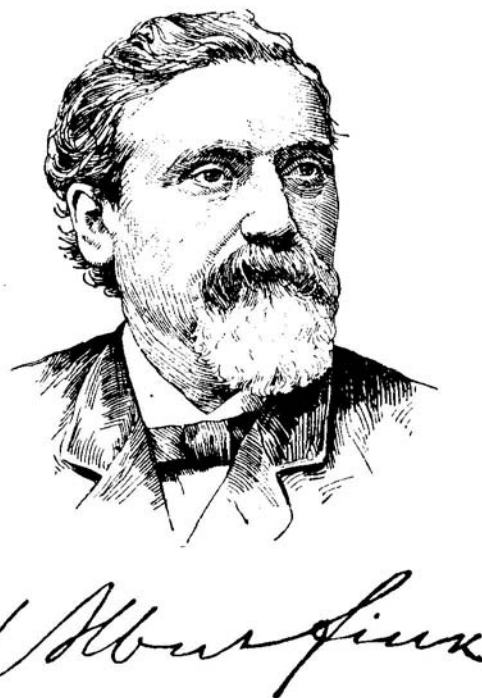
Al pont del Green River es va concretar (1857) la més genuïna de les bigues Fink. Només va estar dempeus durant dos anys, ja que va ser enderrocat durant la Guerra Civil dels Estats Units, per raons d'estratègia militar.

Poques bigues tenen darrere seu una història tan apassionant com la curiosa biga que va projectar l'enginyer Fink, a mitjan segle XIX.

Albert Fink (1827-1897) es va formar com a enginyer a Alemanya, però el 1849, tot just acabar els seus estudis a Darmstadt, va emigrar als Estats Units, on va arribar a ser un dels més importants constructors de línies de ferrocarril de l'època. L'any 1850 va inventar la *Fink truss* ("biga Fink"), una biga que es va mantenir en un cert anonimat, però que arribaria a tenir una certa importància en el desenvolupament futur dels plantejaments estructurals dels ponts i que, molts anys després, també es faria servir abundantment per a la construcció de cobertes d'edificis. Fink era el responsable de la línia L & N Railroad, que es desenvolupà entre Louisville i Nashville, amb una distància propera als 300 quilòmetres, al llarg de la qual s'hi van construir fins a 8 ponts amb el sistema Fink. El més cèlebre fou el pont del Green River, una autèntica obra mestra de l'enginyeria ferroviària, projectat pel mateix Fink l'any 1857 i aixecat per constructors i artesans de la ciutat propera de Munfordville. Els operaris que varen executar els pilars eren els tres membres d'una mateixa família local, els Key, que tardaren només dos anys a acabar la feina. El mateix temps que el pont va restar dempeus. Però anem per parts.

El pont del Green River tenia cinc arcs, amb una longitud propera als 300 metres i amb una altura màxima sobre el terra de 40 metres. Es basava en sis potents pilars de pedra, de secció variable, que s'aprimaven considerablement en arribar al pla superior, on s'hi recolzarien les armadures metàl·liques projectades per Albert Fink, que també en va dirigir les tasques de construcció. El pont esdevingué ràpidament un èxit, tant des del punt de vista ferroviari com per la seva importància en tant que solució estructural que podria obrir nombrosos camins de futur.

Però, malauradament, l'any 1861 va esclatar la Guerra Civil dels Estats Units i, per raons militars, la línia Louisville-Nashville, i més especialment el pont del Green River, es van convertir en una peça estratègica. La tardor d'aquest any, el general Sidney Johnston va ordenar al general de brigada Simon Bolivar Buckner que destruís el pont principal d'aquesta línia, l'esmentat del Green River, per evitar-ne una possible utilització militar per part de les tropes de la



About Albert Fink's Truss

Few trusses have a story behind them as riveting as the curious truss designed by engineer Albert Fink, in the mid 19th century.

Albert Fink (1827-1897) trained as an engineer in Germany, but in 1849, just after finishing his studies at Darmstadt, he emigrated to the United States, where he became one of the most important railroad builders of the time. In 1850 he invented the Fink Truss, a truss that remained in a state of anonymity, but that would later acquire considerable importance in the development of the structural considerations of bridges and that, many years later, would also be used abundantly for the construction of the roofs of buildings. Fink was responsible for the "L&N Railroad", which runs between Louisville and Nashville, with a distance close to 180 miles, along which up to 8 bridges were built with the Fink system. The most famous of these was the Green River Bridge, a sheer masterpiece of railroad engineering, designed by Fink himself in 1857 and erected by builders and craftsmen from the nearby town of Munfordville. The workers who built the piers were three members of the same local family, the Keys, who would take just two years to finish their work. The same amount of time that the bridge would remain standing. But let's take things one step at a time.

The Green River Bridge had five spans, with a length close to 300 metres, and a maximum height above land of 40 metres. It was based on six powerful stone piers, of variable section, that thinned considerably near the top where they would support the metallic trusswork designed by Albert Fink, who also directed the construction work. The bridge quickly became a great success, both from the railroad viewpoint and because of its importance as a structural solution that could open numerous paths in the future.

Unfortunately, in 1861 the American Civil War broke out and, for military reasons, the Louisville-Nashville line, and especially the Green River Bridge, became a strategic point. In autumn of that year, General Sidney Johnston ordered General Brigadier Simon Bolivar Buckner to destroy the line's

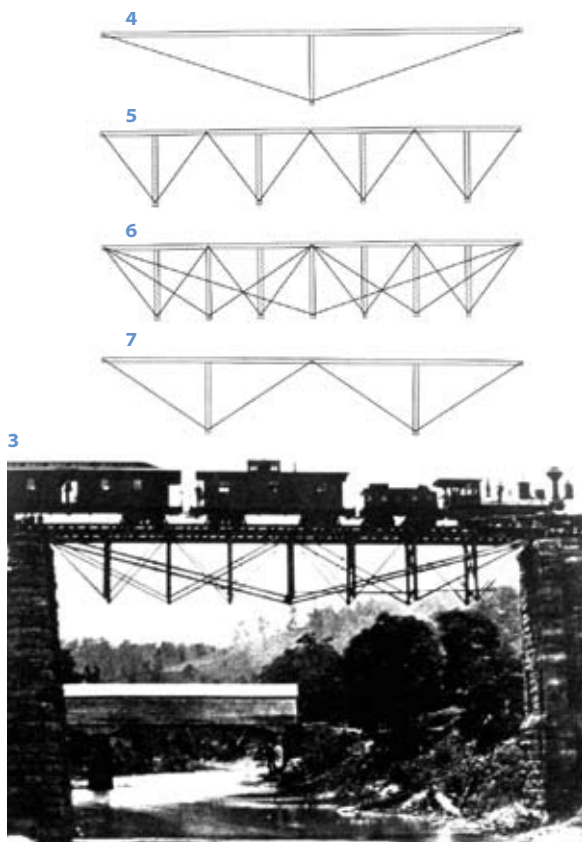
En torno a la viga de Albert Fink

Pocas vigas tienen detrás una historia tan apasionante como la curiosa viga que proyectó el ingeniero Fink, a mediados del siglo XIX.

Albert Fink (1827-1897) se formó como ingeniero en Alemania, pero en 1849, nada más terminar sus estudios en Darmstadt, emigró a los Estados Unidos, donde llegó a ser uno de los más importantes constructores de líneas de ferrocarril de la época. En el año 1850 inventó la *Fink truss* ("viga Fink"), una viga que se mantuvo en un cierto anonimato, pero que llegaría a tener una cierta importancia en el desarrollo futuro de los planteamientos estructurales de los puentes y que, muchos años después, también se utilizaría abundantemente para la construcción de cubiertas de edificios. Fink era el responsable de la línea L & N Railroad, que se desarrolló entre Louisville y Nashville, con una distancia próxima a los 300 kilómetros, a lo largo de la cual se construyeron hasta 8 puentes con el sistema Fink. El más cèlebre fue el puente del Green River, una auténtica obra maestra de la ingeniería ferroviaria, proyectado por el mismo Fink en 1857 y levantado por constructores y artesanos de la ciudad próxima de Munfordville. Los operarios que ejecutaron los pilares eran los tres miembros de una misma familia local, los Key, que tardaron sólo dos años en finalizar el trabajo. El mismo tiempo que el puente quedó en pie. Pero vayamos por partes.

El puente del Green River tenía cinco arcos, con una longitud próxima a los 300 metros y con una altura máxima sobre el suelo de 40 metros. Se basaba en seis potentes pilares de piedra, de sección variable, que se adelgazaban considerablemente al llegar al plano superior, donde se apoyarían las armaduras metálicas proyectadas por Albert Fink, que también dirigió las tareas de construcción. El puente se convirtió rápidamente en un éxito, tanto desde el punto de vista ferroviario como por su importancia en tanto que solución estructural que podría abrir numerosos caminos de futuro.

Pero, desgraciadamente, el año 1861 estalló la Guerra Civil de los Estados Unidos y, por razones militares, la línea Louisville-Nashville, y más especialmente el puente del Green River, se convirtieron en una pieza estratégica. En otoño de ese mismo año, el general Sidney Johnston ordenó al general de brigada Simon Bolivar Buckner que destruyera el puente principal de



4,5,6 i 7

L'armadura d'Albert Fink estava formada per una biga primària, dues de secundàries i quatre de terciàries, que definien una unitat completa.

8

Fink també va projectar algunes de les seves armadures perquè poguessin ser travessades pels ferrocarrils. Aquest és el cas de la biga del pont de l'estació de Zoarville (1868).

9

El pont de Hamden (1869) era una altra armadura de Fink, per a salvar una llum d'uns 25 metres, projectada amb una notable elegància.

8



9



Unió. Buckner i la seva família vivien molt a prop del pont i, com la majoria d'habitants de la zona, estava orgullós del que els seus conciudadans havien aixecat, i de la importància que el pont tenia per a tota la regió. Va enviar una curiosa, i potser desesperada, comunicació al general Johnston, que en essència es podria concretar així:

"General A. S. Johnston: Ho tinc tot preparat per a destruir el pont sobre el Green River, d'acord amb les seves ordres, però... a menys que la necessitat militar sigui realment gran, penso que la destrucció d'un treball tan fi ens podrà perjudicar molt políticament..."

El general Johnston, però, va ser inflexible i ordenà que s'acomplís la destrucció, que va tenir lloc immediatament. Curiosament, es va ordenar al mateix Fink que planifiqués els treballs de voladura, i als tres membres de la família Key, que durant dos anys havien aixecat l'obra tan esforçadament, que la duguessin a terme. Ho varen fer pràcticament en tres dies. Dinamitaren un dels pilars del costat sud, que, amb la seva caiguda, es va endur dos dels cinc trams d'armadura. En llegir aquesta crònica, no vaig poder sinó imaginar-me quins pensaments podien estar passant en aquells moments pel cap de tots plegats!

Els unionistes van reconstruir el pont, que es va reobrir l'any 1862. Tot i algunes manipulacions, sembla que encara és en peu, però ja no hi resta gran cosa de la primera construcció de Fink.

Però, que és el que fa que puguem dir que l'armadura d'Albert Fink és, certament, una peça tan singular? Des d'un punt de vista evolutiu de les formes de les armadures de gran llum, situant el problema en el moment històric de les construccions de les grans línies de ferrocarril, la biga Fink fou certament una novetat, tant per la seva lleugeresa com per la seva facilitat constructiva. Es basava en un conjunt de bigues molt elementals, amb el cordó superior horitzontal, que disposaven un muntant vertical al centre, per l'extrem inferior del qual s'hi feia córrer un tirant inferior amb un traçat geomètric trencat, que estintolava el muntant, el qual actuava, gràcies a aquest mecanisme de subtensió, com si fos un pilar virtual que no arribava al terra. Els mecanismes primaris, secundaris i terciaris s'enllaçaven en una única biga global. Suposant que cada tram tingués una llum entre pilars de 48 metres,

main bridge, the Green River Bridge, to prevent its possible military use by Union troops. Buckner and his family lived very near to the bridge, and like the majority of the area's inhabitants, he was proud of what his fellow citizens had built, and, aware of the importance that the Bridge had for the entire region. He sent a curious and perhaps desperate communication to General Johnston, which in essence said:

"...General A.S. Johnston: I have made arrangements to destroy the Green River Bridge in accordance with your orders, but... unless the military necessity is great, the destruction of so fine a work would injure us very much politically..."

The General, however, was inflexible and ordered that the destruction go ahead, and it took place immediately. Curiously, the order was given to Fink himself to plan the blast and to the three Key family members, who had put two years of great effort into building it, to detonate the charges. They did it in practically three days. They dynamited one of the piers of the Southern side, which as it fell took with it two of the five sections of trusswork. When reading this chronicle I couldn't help but try to imagine what thoughts must have been passing through their minds at that moment!

The Unionists rebuilt the bridge, which reopened in 1862. Despite some alterations, it seems that it is still standing, although not much remains of Fink's original construction.

However, what is it that makes us able to say that the Fink Truss is, certainly, such a singular piece? From the evolutionary viewpoint of wide span trusswork, situating the problem within the historical context of the construction of the great railroads, Albert Fink's truss was certainly something new, due to both its lightness and its ease of construction. It was based on a set of very elementary beams with a horizontal top chord, with a vertical member in the centre, along whose lower edge a lower crosspiece ran, with a broken geometrical design, which supported the member which acted, thanks to this pretensioning mechanism, as if it were a virtual pillar that didn't reach the ground. The primary, secondary and ter-

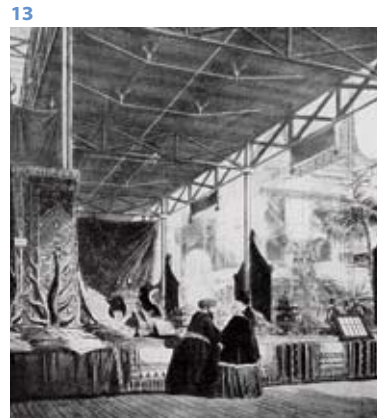
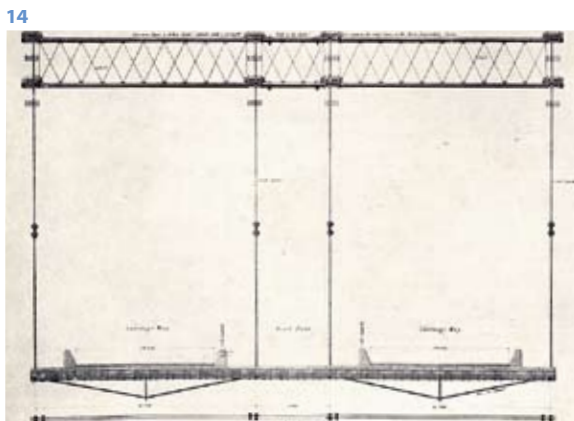
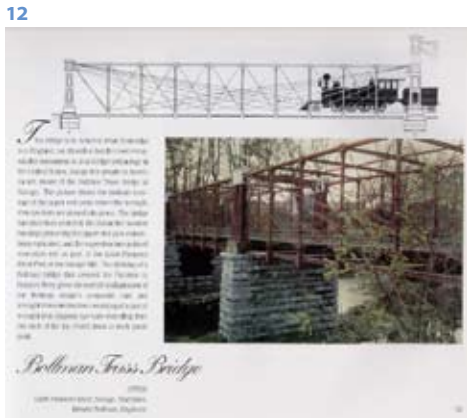
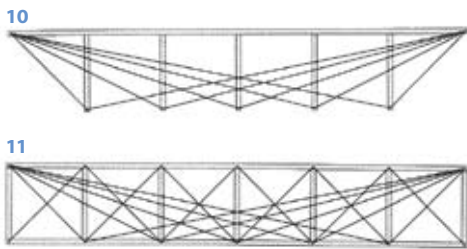
dicha línea, el mencionado del Green River, para evitar una posible utilización militar por parte de las tropas de la Unión. Buckner y su familia vivían muy cerca del puente y, como la mayoría de habitantes de la zona, estaba orgulloso de lo que sus conciudadanos habían levantado, y de la importancia que el puente tenía para toda la región. Envío una curiosa, y quizás desesperada, comunicación al general Johnston, que en esencia podría concretarse así:

"General A. S. Johnston: Lo tengo todo preparado para destruir el puente sobre el Green River, de acuerdo con sus órdenes, pero... a menos que la necesidad militar sea realmente notable, pienso que la destrucción de un trabajo tan fino podrá perjudicarnos mucho políticamente..."

El general Johnston, sin embargo, fue inflexible y ordenó que se cumpliera la destrucción, que tuvo lugar inmediatamente. Curiosamente, se ordenó al mismo Fink que planificara los trabajos de voladura, y a los tres miembros de la familia Key, que durante dos años habían levantado la obra tan esforzadamente, que la llevaran a cabo. Lo hicieron en prácticamente tres días. Dinamitaron uno de los pilares del lado sur, que, en su caída, se llevó dos de los cinco tramos de armadura. Al leer esta crónica, ¡no pude menos que imaginarme qué pensamientos podían estar pasando en aquellos momentos por la cabeza de todos ellos!

Los unionistas reconstruyeron el puente, que se reabrió en 1862. A pesar de algunas manipulaciones, parece que todavía está en pie, pero ya no se mantiene gran cosa de la primera construcción de Fink.

Sin embargo, ¿qué es lo que hace que podamos decir que la armadura de Albert Fink es, ciertamente, una pieza tan singular? Desde un punto de vista evolutivo de las formas de las armaduras de gran luz, situando el problema en el momento histórico de las construcciones de las grandes líneas de ferrocarril, la biga Fink fue ciertamente una novedad, tanto por su ligereza como por su facilidad constructiva. Se basaba en un conjunto de vigas muy elementales, con el cordón superior horizontal, que disponían un montante vertical en el centro, por cuyo extremo inferior se hacía correr un tirante inferior con un trazado geométrico quebrado, que apuntalaba el montante, el cual actuaba, gracias a este mecanismo de subtensión, como si fuera un pilar virtual que no llegaba al



10 i 11
Les armadures de Wendell Bollman representaven una evolució lògica de les armadures de Fink.

12
El pont de Savage Mill (1969), també de 25 metres de longitud, era una peça esplèndida que ajuntava, en una única estructura, els criteris de Bollman i els de la biga amb requadres "en X".

13
L'any 1851, Joseph Paxton ja havia utilitzat l'armadura simple de Fink, amb dos muntants verticals, per a fer algunes corretges del sostre del Crystal Palace, de Londres.

14
Per a construir la plataforma inferior del pont de Caernarvonshire (1867) es varen utilitzar armadures simples de Fink, amb un únic muntant central.

15
Al Kibble Palace (Glasgow, 1870) també s'hi troben algunes bigues Fink, emplaçades de manera puntual a la coberta de l'hivernacle.

realment la biga Fink es podria considerar com una biga contínua de vuit trams de 6 metres cadascun, cosa que justificaria la seva notable finor.

Un pas evolutiu d'aquesta primera armadura de Fink el va dur a terme el mateix enginyer d'origen alemany, quan va projectar el pont de l'estació de Zoarville, l'any 1868, tot introduint a cada cara lateral del pont un cordó inferior que recollia el pes del tren a través del forjat de base, cosa que, a la vegada, feia possible "tancar" la secció transversal i creava una mena de biga calaix sumament lleugera. El plantejament estructural teòric era el mateix que al pont del Green River, però la imatge resultant n'era ben diferent. Aquest pont està actualment fora de servei, però ha quedat com una relíquia de l'enginyeria ferroviària de l'època i ha estat traslladat al turístic Camp Tuscazoar. Del mateix tipus era el pont de Hamden, a Nova Jersey, destruït ara farà uns trenta anys per l'impacte d'un vehicle a gran velocitat.

En quina direcció va evolucionar l'armadura de Fink? Sembla que l'enginyer va aplicar les seves bigues per a fer sostres i cobertes d'edificis, però no va tenir un seguiment fructífer. Va ser un altre enginyer ferroviari, Wendell Bollman, qui va projectar i construir l'any 1869 un pont a Savage Mill (Maryland) que fou una evolució conceptual de la biga Fink. Es tractava d'una elegant peça de 25 metres de llum que, desafortunadament, no va tenir cap més continuïtat, ja que la construcció ferroviària es va adreçar més aviat cap a solucions més convencionals, com les que es derivaven de les armadures de Howe, Pratt o Warren. I l'armadura de Fink va quedar pràcticament oblidada.

La unitat primària de la *Fink truss*, constituïda per un únic muntant vertical central, va ser emprada a la mateixa època a Europa, on n'aparegueren alguns usos al Crystal Palace, de Joseph Paxton (1851); en concret, per a definir les corretges d'algunes zones, com a l'àrea dedicada a Turquia, que es mostra en una fotografia, on, curiosament, hi apareix la biga Fink, per primera vegada amb dos muntants. També es té constància de la presència de bigues amb la forma simple de Fink en un pont a Caernarvonshire (País de Gal·les) o al Kibble Palace, de Glasgow (Escòcia). Aquestes darreres referències se situen al final de la dècada de 1860.

ary mechanisms connected into a single, global beam. Supposing that each section had a span between piers of 48 metres, really the Fink truss could be considered as a continuous truss of eight sections of 6 metres each, which would justify its notable slenderness.

An evolutionary step of this first Fink trusswork was taken by the German himself when he designed the Zoarville Station Bridge in 1868, introducing on each side of the bridge a lower chord that supported the weight of the train through the base slab, which at the same time made it possible to "close" the transversal section, creating a kind of extremely light box truss. The theoretical structural proposal was the same as the Green River Bridge, but the resulting image was very different. This bridge is currently out of service, but it has been kept as a relic of the railroad engineering of the era, and was transferred to the Camp Tuscazoar tourist site. Another bridge of the same type was the Hamden Bridge, in New Jersey, destroyed some thirty years ago due to the impact of a vehicle at great speed.

In what direction did Fink's trusswork evolve? It seems that the engineer applied his trusses to make ceilings and roofs for buildings, but there was no very productive continuity. It was another railroad engineer, Wendell Bollman, who in 1869 designed and constructed a Bridge for Savage Mill (Maryland), which was a conceptual evolution of the Fink Truss. It was an elegant piece with a span of 25 metres that, unfortunately, did not see further continuity, because railroad construction moved towards more conventional solutions, such as those derived from the Howe, Pratt or Warren trusses. And Fink's trusswork ended up practically forgotten.

The primary unit of the Fink Truss, constituted by a single central upright, was used at around the same time in Europe, where some uses appeared in Joseph Paxton's Crystal Palace (1851), specifically to define the purlins of some areas, such as the area dedicated to Turkey which is shown in a photograph, where curiously, the Fink truss, for the first time, appears with two uprights. There are also records of the presence of trusses with the simple Fink form in a bridge in Caernarvonshire (Wales) and at

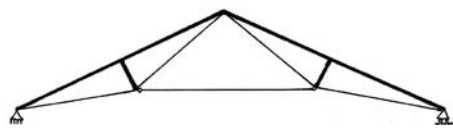
suelo. Los mecanismos primarios, secundarios y terciarios se enlazaban en una única viga global. Suponiendo que cada tramo tuviera una luz entre pilares de 48 metros, realmente la viga Fink se podría considerar como una viga continua de ocho tramos de 6 metros cada uno, cosa que justificaría su notable finura.

Un paso evolutivo de esta primera armadura de Fink lo llevó a cabo el mismo ingeniero de origen alemán, cuando proyectó el puente de la estación de Zoarville, en 1868, introduciendo en cada cara lateral del puente un cordón inferior que recogía el peso del tren a través del forjado de base, cosa que, a la vez, hacía posible "cerrar" la sección transversal y creaba una especie de viga cajón sumamente ligera. El planteamiento estructural teórico era el mismo que en el puente del Green River, pero la imagen resultante era bien diferente. Este puente está actualmente fuera de servicio, pero ha quedado como una reliquia de la ingeniería ferroviaria de la época y ha sido trasladado al turístico Camp Tuscazoar. Del mismo tipo era el puente de Hamden, en Nueva Jersey, destruido hará ahora unos treinta años por el impacto de un vehículo a gran velocidad.

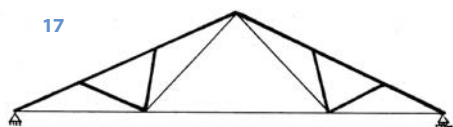
¿En qué dirección evolucionó la armadura de Fink? Parece que el ingeniero aplicó sus vigas a la realización de techos y cubiertas de edificios, pero no tuvo una fructífera continuación. Fue otro ingeniero ferroviario, Wendell Bollman, quien proyectó y construyó en 1869 un puente en Savage Mill (Maryland) que fue una evolución conceptual de la viga Fink. Se trataba de una elegante pieza de 25 metros de luz que, desdichadamente, ya no tuvo ninguna otra continuidad, puesto que la construcción ferroviaria se dirigió más bien hacia soluciones más convencionales, como las que se derivaban de las armaduras de Howe, Pratt o Warren. Y la armadura de Fink quedó prácticamente olvidada.

La unidad primaria de la *Fink truss*, constituïda por un únic muntant vertical central, fue utilizada en la misma época en Europa, donde aparecieron algunos usos en el Crystal Palace, de Joseph Paxton (1851); en concreto, para definir las correas de algunas zonas, como el área dedicada a Turquía, que se muestra en una fotografía donde, curiosamente, aparece la viga Fink, por primera vez con dos muntants. También se tiene constancia de la presencia de vigas con la forma simple de Fink en un puente en Caernarvonshire (País de Gales) o en el Kibble

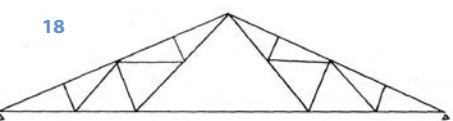
16



17



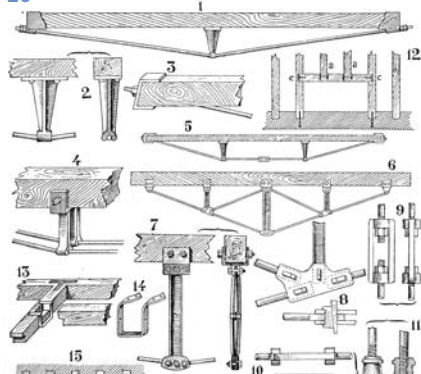
18



19



20



16, 17 i 18

Tres alçats de biga Polonceau, que reproduïen els traçats de les primeres obres cobertes amb aquesta armadura (entre 1841 i 1859).

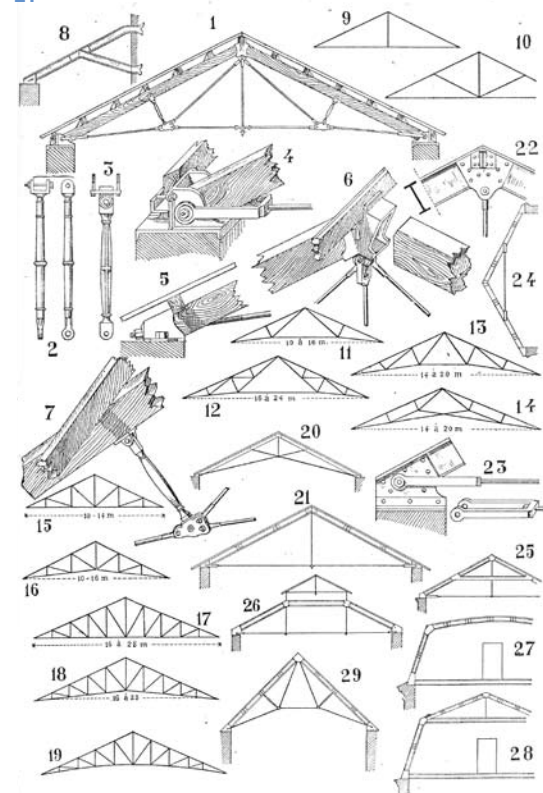
19

Detall de la coberta d'una nau a Le Chardonnet (Saumur), on s'hi poden apreciar els mecanismes per a un possible postestat de les armadures traccionades.

20 i 21

Fragments del *Tratado de arquitectura y construcción modernas*, de Marcelino Bordoy (començament del segle XX).

21



És prou sorprenent que al Crystal Palace es fes servir aquesta armadura, just un any després que Fink l'hagués patentada per als Estats Units. Això fa pensar que Paxton no devia tenir coneixença del que era una biga subtesada i que el seu disseny fou, probablement, intuïtiu.

Però encara resulta més sorprenent el que va ocórrer a França al llarg de la dècada de 1840, quan B. C. Polonceau (1813-1859), també enginyer ferroviari, va dissenyar la seva armadura, actualment coneguda com a biga Polonceau. Quan expliquem aquesta peça a les nostres classes d'estructures sempre la descrivim i l'assimilem a la combinació de dues bigues Fink simples que s'oposen, tot inclinant el seu cordó superior, fins a trobar-se i definir una unió articulada pel carener, sistema que es complementa amb un tirant inferior que evita que l'encavallada es pugui obrir, lliscant sobre un dels dos extrems. Explicat així, semblaria que la biga Polonceau és una extensió lògica de la biga Fink simple. Però el cert és que Polonceau va presentar la seva biga abans que Fink fes el mateix amb la seva als Estats Units.

Curiosament, a molts tractats, especialment nord-americans i britànics, la biga Polonceau és considerada com una variant de la biga Fink. Fins i tot sovint és identificada com a "biga Fink". Sembla com si no es volgués reconèixer que una de les armadures més interessants de la història de les encavallades lleugeres tingués l'autoria d'un enginyer francès, però el cert és que Polonceau va registrar la seva biga nou anys abans que es patentés la *Fink truss*. Resta el dubte de si Fink n'era coneixedor, d'aquesta situació.

En una excel·lent publicació del començament del segle XX, l'editor barceloní Marcelino Bordoy va recollir, amb criteris de modernitat, totes les tècniques constructives aplicades fins en aquell moment. Mostro dues pàgines d'aquesta publicació, on s'hi poden veure les aplicacions amb les bigues Fink i Polonceau.

Per aquells temps, però, l'armadura simple de Fink d'un únic muntant era identificada com a "biga king invertida", mentre que la que en tenia dos ho era com a "biga queen invertida", en clara referència a les primitives bigues king i queen, en què el cordó horitzontal era sempre l'inferior, que estava traccionat, igual que el muntant, mentre que el cordó trencat superior estava comprimit.

the Kibble Palace in Glasgow. These latter references are from the late 1860s.

It is quite surprising that this trusswork was used at the Crystal Palace, just a year after it had been patented by Fink in the United States. It makes one think that Paxton probably must have had no knowledge of what a pretensioned truss was and that his design was, probably, intuitive.

But even more surprising is what happened in France during the 1840s, when another railroad engineer, B. C. Polonceau (1813-1859) designed his trusswork, known today as the Polonceau truss. When we explain this truss in our structures classes we always describe it as similar to the combination of two simple Fink trusses that oppose each other inclining their upper chord to the point where they meet, defining an articulated joint at the ridge, complementing the system with a lower stringer that avoids the truss opening by sliding on one of the two ends. Thus explained it would seem that the Polonceau truss is a logical extension of the simple Fink truss. But the fact is that Polonceau presented his truss before Fink did the same with his own in the United States.

Curiously, in many treatises, especially American and British ones, the Polonceau truss is considered as a variant of the Fink truss. It is even often identified as a "Fink truss". It is as though nobody wants to acknowledge that one of the most interesting trusses in the history of light trusswork was created by a French engineer, but the fact is that Polonceau registered his truss nine years before the Fink Truss was patented. The doubt remains as to whether Fink was aware of this situation.

In an excellent early 20th century publication, Barcelona editor Marcelino Bordoy, using criteria of modernity, brought together all the construction techniques applied up to that moment. I am showing two pages from this publication, where applications using the Fink and Polonceau trusses can be seen.

At that time, however, the simple trusswork of Fink with a single member was identified as the "inverted King truss", while that which had two was known as the "inverted Queen truss", in clear reference to the early

Palace, de Glasgow (Escòcia). Estas últimas referencias se sitúan al final de la década de 1860.

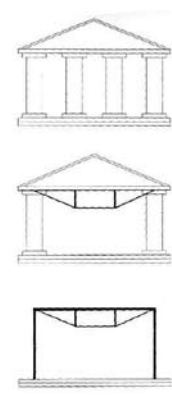
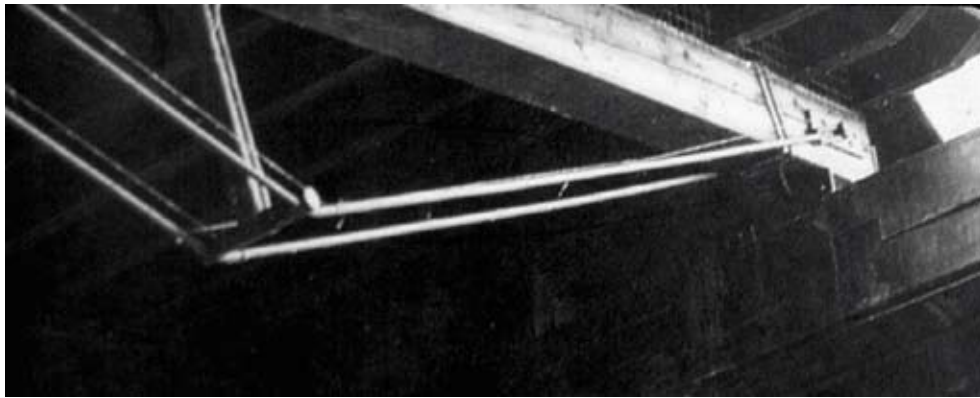
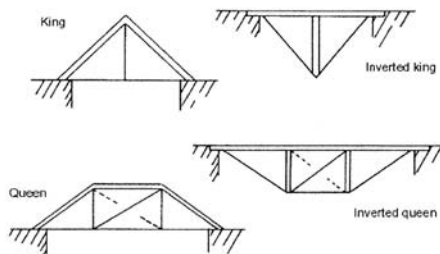
Es bastante sorprendente que en el Crystal Palace se utilizara esta armadura, justo un año después de que Fink la hubiera patentado para los Estados Unidos. Eso da pie a pensar que Paxton no debió tener conocimiento de lo que era una viga subtesada y que su diseño fue, probablemente, intuitivo.

Pero todavía resulta más sorprendente lo que ocurrió en Francia a lo largo de la década de 1840, cuando B. C. Polonceau (1813-1859), también ingeniero ferroviario, diseñó su armadura, actualmente conocida como viga Polonceau. Cuando explicamos esta pieza en nuestras clases de estructuras siempre la describimos y la asimilamos a la combinación de dos vigas Fink simples que se oponen, inclinando su cordón superior, hasta encontrarse y definir una unión articulada por el caballete, sistema que se complementa con un tirante inferior que evita que el andamio se pueda abrir desliziándose sobre uno de los dos extremos. Explicado así, parecería que la viga Polonceau es una extensión lógica de la viga Fink simple. Pero lo cierto es que Polonceau presentó su viga antes de que Fink hiciera lo propio con la suya en los Estados Unidos.

Curiosamente, en muchos tratados, especialmente norteamericanos y británicos, la viga Polonceau es considerada como una variante de la viga Fink. Incluso a menudo es identificada como "viga Fink". Parece como si no se quisiera reconocer que una de las armaduras más interesantes de la historia de las cerchas ligeras tuviera la autoría de un ingeniero francés, pero lo cierto es que Polonceau registró su viga nueve años antes de que se patentara la *Fink truss*. Queda la duda de si Fink era conocedor de dicha situación.

En una excelente publicación de principios del siglo XX, el editor barcelonés Marcelino Bordoy recogió, con criterios de modernidad, todas las técnicas constructivas aplicadas hasta aquel momento. Muestro dos páginas de esta publicación, donde pueden verse las aplicaciones con las vigas Fink y Polonceau.

Por aquellos tiempos, sin embargo, la armadura simple de Fink de un único montante era identificada como "viga king invertida", mientras que la que tenía dos lo era como "viga queen invertida", en clara referencia a las primitivas



Les bigues king i queen invertides coincidien amb les bigues Fink d'un i de dos muntants, respectivament.

Carlo Scarpa va utilitzar, als voltants del 1970, el mecanisme de Fink per a reforçar unes antigues bigues de fusta del Castelvecchio de Verona.

Reforç localitzat d'unes bigues de formigó armat, a l'Escola Industrial de Barcelona.

Esquema de Robert Le Ricolais per a explicar la transició d'una estructura clàssica fins a esdevenir una estructura moderna.

Quan estava acabant els meus estudis, vaig conèixer la intervenció de Carlo Scarpa al Castelvecchio, de Verona. Em va cridar molt l'atenció el criteri amb què havia fet la rehabilitació d'unes potents bigues de fusta, que es devien trobar en precàries condicions. La idea de reforçar-les subtesant dos tensors inferiors disposats geomètricament, i amb un muntant central vertical, em va semblar una solució genial de la qual es podria treure profit en situacions semblants.

Les opcions per a utilitzar les bigues Fink en reforç estructural són nombroses. La possibilitat de posttesar-les ajuda a controlar i, fins i tot, a neutralitzar una baixada de càrregues no suportable per part de la biga existent, com podria ser la d'un pilar sobre una biga d'estintolament, intentant situar el muntant vertical just per sota del pilar superior. Ho vaig experimentar, amb un excel·lent resultat, en el reforç d'unes velles bigues de formigó armat de l'Escola Industrial de Barcelona (de Rafael Guastavino) a les quals se'ls havia d'augmentar sensiblement la capacitat de càrrega. Quan Fink va patentar la seva armadura, l'any 1850, ja havia avançat que el cordó superior podia ser metàl·lic o de fusta. En aquells anys encara no existia el formigó armat i, per tant, podem suposar que, si l'hagués conegut, Fink també l'hauria incorporat a les opcions de la seva patent com a cordó superior.

El gran enginyer francès Robert Le Ricolais (1894-1977), ja instal·lat des de feia alguns anys a Pennsilvània, va reflexionar, als voltants de 1968, sobre les estructures de la família de les bigues Fink (tot i que les agrupava sota la denominació de "bigues queen"), fent una anàlisi fascinant al respecte:

"(...) Pot ser que ara sapiguem moltes coses. Aprenem i analitzem, però poques vegades descobrim coses tan meravelloses com la 'biga queen' (invertida). (...) Les bigues king i queen anul·len la curvatura de les encavallades, tot substituint-la per un cordó superior comprimit i unes barres inferiors tesades... I, enmig de tot, les columnes suspeses en l'aire... És un empeny gloriós, crear pilars virtuals que es descarregaran sobre cables o barres subtesades... Arribem, així, a la convicció que els nostres antecessors eren molt més enginyosos en l'art de l'estructura. Ningú no va saber el seu nom, però, fos qui fos qui hagués tingut aquesta idea¹, havia d'haver estat una persona terrible-

King and Queen trusses, where the horizontal chord was always the lower one, which was tensioned, as was the member, while the upper broken chord was compressed.

When I was finishing my degree I saw the intervention by Carlo Scarpa at the Castelvecchio in Verona. I was particularly impressed by the way in which he had carried out the rehabilitation of some big wooden trusses that must have been found in a precarious state. The idea of reinforcing them by pretensioning the two lower tensors arranged geometrically and a central vertical member, struck me as a fantastic solution which could be used well in similar situations.

The options for using Fink trusses in structural reinforcement are numerous. The possibility of posttensioning them helps to control, and even, to neutralise, a load not supportable for the existing truss, such as that of a pillar on support beam, trying to situate the vertical post just under the upper pillar. I experimented with it, with excellent results, in the reinforcement of some old reinforced concrete beams at the Industrial School of Barcelona (by Rafael Guastavino) which needed to bear a perceptible increase in load. When Fink patented his truss, in 1850, he had already advised that the upper chord could be metallic or wooden. In those years, reinforced concrete did not yet exist, and therefore, we can suppose that if he had been familiar with it, he would have also incorporated it into his options as an upper chord.

The great French engineer Robert Le Ricolais (1894-1977), who had already lived in Pennsylvania for some years, reflected, in around 1968, on the structures of the family of Fink trusses (even though he grouped them under the name Queen Trusses), and produced a fascinating analysis with respect to them:

"[...] It may be that now we know many things. We learn and we analyse, but rarely do we discover such marvellous things as the (inverted) "Queen truss" [...] The King and Queen trusses cancel the curvature of the trusses, substituting it with a compressed upper chord and tensed lower bars... And in the midst of everything, the columns suspended in the air [...] It is a glorious task to create virtual pillars that will unload onto cables or pretensioned bars [...] We thus reach

vigas king y queen, en las que el cordón horizontal era siempre el inferior, que estaba traccionado, al igual que el montante, mientras que el cordón quebrado superior estaba comprimido.

Cuando estaba terminando mis estudios, conocí la intervención de Carlo Scarpa en el Castelvecchio, de Verona. Me llamó mucho la atención el criterio con el que había efectuado la rehabilitación de unas potentes vigas de madera, que debían hallarse en precarias condiciones. La idea de reforzarlas subtesando dos tensores inferiores dispuestos geométricamente, y con un montante central vertical, me pareció una solución genial, de la cual podría sacarse provecho en situaciones parecidas.

Las opciones para utilizar las vigas Fink en refuerzo estructural son numerosas. La posibilidad de postensarlas ayuda a controlar e, incluso, a neutralizar un descenso de cargas no soportable por parte de la viga existente, como podría ser la de un pilar sobre una viga de apuntalamiento, intentando situar el montante vertical justo por debajo del pilar superior. Lo experimenté, con un excelente resultado, en el refuerzo de unas viejas vigas de hormigón armado de la Escuela Industrial de Barcelona (de Rafael Guastavino) a las que había que aumentar sensiblemente la capacidad de carga. Cuando Fink patentó su armadura, en 1850, ya había avanzado que el cordón superior podía ser metálico o de madera. En aquellos años no existía todavía el hormigón armado y, por lo tanto, podemos suponer que, si lo hubiera conocido, Fink también lo hubiera incorporado a las opciones de su patente como cordón superior.

El gran ingeniero francés Robert Le Ricolais (1894-1977), ya instalado desde hacía algunos años en Pensilvania, reflexionó, alrededor de 1968, sobre las estructuras de la familia de las vigas Fink (aunque las agrupaba bajo la denominación de "vigas queen"), haciendo un análisis fascinante al respecto:

"(...) Puede ser que ahora sepamos muchas cosas. Aprendemos y analizamos, pero pocas veces descubrimos cosas tan maravillosas como la 'viga queen' (invertida). (...) Las vigas king y queen anulan la curvatura de los andamios, sustituyéndola por un cordón superior comprimido y unas barras inferiores tensadas. (...) Y, en mitad de todo ello, las columnas suspendidas en el aire. (...) Es un empeño glorioso,

29



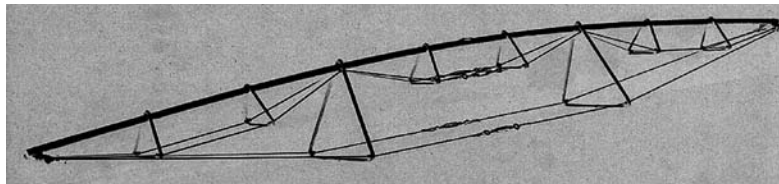
26 i 27

Armatures Polyten, proposades per Le Ricolais a partir de l'observació de les armatures subtensades de Fink.

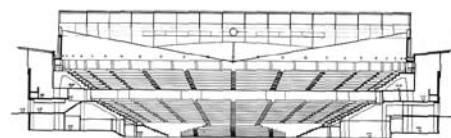
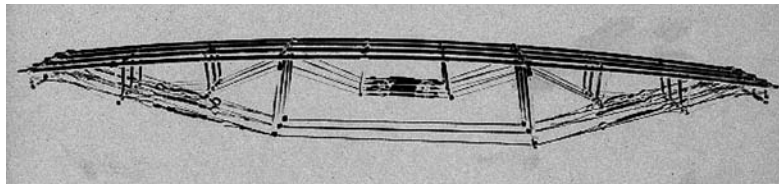
28 i 29

L'estructura del Pavelló Olímpic de Badalona (1992) es podria considerar deutora tant de Fink com de Le Ricolais.

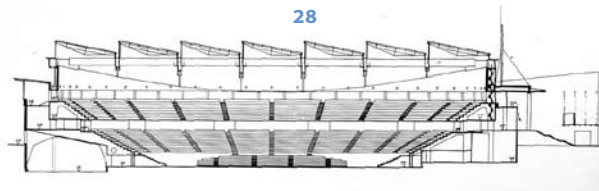
26



27



28



ment intuïtiva. Cada cop que faig servir aquest sistema, penso en l'alegria que ell' va tenir en construir-lo i provar-lo, i en adonar-se que satisfesia les seves expectatives. (...) La seva bellesa i simplicitat rau en la composició i en el difícil art d'agafar un 'u més u' i fer-ne quelcom que sigui més gran que dos."

De Le Ricolais és el suggeridor esquema per a explicar la transició d'una elemental estructura clàssica a una elemental estructura moderna, tot oferint la mateixa funció resistent, amb diferents materials i amb una lleugeresa molt més gran. Es tracta d'un expressiu esquema, que permet entendre fàcilment la seva reflexió sobre les "columnes suspeses en l'aire".

No és estrany que Le Ricolais proposés algunes estructures de gran llum basades en aquest principi. Les anomenà "bigues Polyten" i amb elles s'haurien pogut cobrir grans llums. A la primera d'elles, les "columnes suspeses" serien substituïdes per triangles verticals.

La influència que el sistema estructural d'Albert Fink, matitzat i redefinit per Le Ricolais, ha tingut en el desenvolupament de l'arquitectura posterior de grans llums ha estat considerable. Només cal fer un tomb per Londres per a adonar-se que moltes de les noves estructures d'alta tecnologia que s'hi estan construint en aquests darrers anys en són deutors. Ja el mateix Frei Otto les va fer servir per a resoldre alguns problemes locals de les seves cobertes de l'àrea esportiva del Múnic olímpic. També, entre nosaltres, es pot incloure dins aquest grup la potent coberta del Pavelló Olímpic de Badalona (E. Bonell i F. Rius, 1992), en què el mecanisme es va plantejar tridimensionalment, subtesant tant la biga central longitudinal, de 105 metres de longitud, com les sis grans bigues transversals, amb longituds variables d'entre 60 i 75 metres. ♦

Robert Brufau

the conviction, that our predecessors were much more ingenious in the art of structure. Nobody knew his name, but whoever it was that had that idea, must have been a terribly intuitive person. Every time that I use this system I think about the joy that "he" had when he built and tested it, as well as when he realised that it fulfilled his expectations [...] Its beauty and simplicity lie in its composition and in the difficult art of taking "one plus one" and making something that is greater than two [...]"

Le Ricolais offered the thought-provoking diagram for explaining the transition of a classical elementary structure to a modern elementary structure, offering the same resistant function, with different materials and in a much lighter form. It is an expressive diagram that allows easy understanding of his reflection on "columns suspended in the air". It is no surprise that Le Ricolais proposed some large-span structures based on this principle. He called them "Polyten Trusses" and large spans could have been covered with them. In the first of them the "suspended columns" would be substituted with vertical triangles.

The influence that Albert Fink's structural system, qualified and redefined by Le Ricolais, has had on the development of later large-span architecture has been considerable. One only has to take a stroll around London to realise that many of the new high-technology structures built in recent years are indebted to it. Frei Otto himself used it to resolve some local problems with his roofs at the Munich Olympics Sports Area. Among ourselves too, we can include in this group the large roof of the Olympic Pavilion in Badalona (E. Bonell and F. Rius, 1992), where the mechanism was proposed in three-dimensional form, pre-tensioning the central lengthwise truss measuring 105 metres long, as well as the 6 large transversal trusses, with variable lengths of between 60 and 75 metres. ♦

Robert Brufau

Translated by Debbie Smirthwaite

crear pilares virtuales que se descargarán sobre cables o barras subtensadas. (...) Llegamos, así, a la convicción de que nuestros antecesores eran mucho más ingeniosos en el arte de la estructura. Nadie supo su nombre; sin embargo, fuera quien fuera quien hubiera tenido esta idea, tenía que haber sido una persona enormemente intuitiva. Cada vez que utilizo este sistema, pienso en la alegría que tuvo él mismo al construirlo y probarlo, y al darse cuenta de que satisfacía sus expectativas. (...) Su belleza y simplicidad residen en la composición y en el difícil arte de partir de un 'uno más uno' y hacer algo que sea mayor que dos."

De Le Ricolais es el sugerente esquema para explicar la transición de una elemental estructura clásica a una elemental estructura moderna, ofreciendo la misma función resistente, con diferentes materiales y con una ligereza mucho mayor. Se trata de un expresivo esquema, que permite entender fácilmente su reflexión sobre las "columnas suspendidas en el aire". No es extraño que Le Ricolais propusiera algunas estructuras de gran luz basadas en este principio. Las nombró "vigas Polyten" y con ellas se habrían podido cubrir grandes luces. En la primera de ellas, las "columnas suspendidas" serían sustituidas por triángulos verticales.

La influencia que el sistema estructural de Albert Fink, matizado y redefinido por Le Ricolais, ha tenido en el desarrollo de la arquitectura posterior de grandes luces ha sido considerable. Sólo hay que dar un paseo por Londres para darse cuenta de que muchas de las nuevas estructuras de alta tecnología que se están construyendo en estos últimos años le son deudoras. Ya el mismo Frei Otto las utilizó para resolver algunos problemas locales de sus cubiertas del área deportiva del Múnic olímpico. También, entre nosotros, puede incluirse dentro de este grupo la potente cubierta del Pabellón Olímpico de Badalona (E. Bonell y F. Rius, 1992), en la que el mecanismo se planteó de forma tridimensional, subtesando tanto la viga central longitudinal, de 105 metros de longitud, como las 6 grandes vigas transversales, con longitudes variables de entre 60 y 75 metros. ♦

Robert Brufau

Traducido por Esteve Comes i Bergua