

# NUEVOS MEDIOS AUXILIARES EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES

Conferencia en las Jornadas Franco - Españolas de la Carretera,  
abril 1957, por VICENTE ROGLÁ ALTET, Ingeniero de Caminos.

Puntos singulares y de especial interés en la construcción de carreteras, son los puentes.

La mayor parte de los puentes que hoy se construyen son de hormigón; bien de hormigón normal, bien de hormigón pretensado.

Tanto en un caso como en otro, el problema constructivo que ofrece mayor dificultad es la colocación en obra de los elementos principales sustentadores del puente (arcos o vigas), ya se trate de verter hormigón *in situ*, ya de colocar en su posición definitiva las piezas prefabricadas que los constituyen.

Cuando el hormigón se vierte *in situ*, se requiere una cimbra. La cimbra es una estructura que presenta gran analogía con el propio elemento que se trata de construir, tanto analogía geométrica, puesto que sostiene el encofrado que da a aquél su forma definitiva, como analogía funcional, pues el elemento tiene la función de sustentar el puente y la cimbra es el soporte del peso conjunto del elemento y su encofrado, hasta que el hormigón adquiere resistencia propia.

Cuando los arcos o vigas principales de un puente están formados por piezas prefabricadas que pueden autosustentarse sin cimbra, todavía se necesita otro medio auxiliar que lleve estas piezas a su debida posición, salvando el vano existente.

Este medio auxiliar realiza una función dinámica, caracterizada por un movimiento del que sólo se condicionan las posiciones inicial y final de la pieza que ha de colocarse, mientras que las cimbras desempeñan una función estática y con condiciones geométricas muy estrictas.

De estos medios auxiliares, estáticos y dinámicos, voy a ocuparme brevemente, describiendo un nuevo sistema que presenta ventajas respecto a los usuales y que ha sido ampliamente experimentado.

Las primeras aplicaciones del nuevo sistema fueron cimbras, ya que fué ideado en su principio como cimbra de puentes en arco, caso muy frecuente en España por su peculiar orografía.

Surgió del propósito de lograr una estructura de cimbra íntegramente recuperable; constituida por piezas normalizadas de fácil transporte y montaje sencillo y rápido; que pudiera ceñirse a la forma de un arco cualquiera; que apoyase solamente en sus dos extremos o arranques, y que tuviese rigidez

suficiente para deslizarse mediante el movimiento conjunto de esa estructura, así como para trasladarla lateralmente (sin efectuar su desmontaje), a efectos de hormigonar sucesivamente los anillos de un tramo o las rebajadas longitudinales virtuales de una bóveda continua.

Estas condiciones sólo podían ser satisfechas por estructuras reticuladas constituidas por barras metálicas *standard*, pero había que excluir los tipos que juzdiéramos denominar bidimensionales, es decir, los que ocupan gran parte del área de la sección longitudinal del vano y se forman con múltiples retículas de piezas aisladamente débiles, como es el caso de las conocidas cimbras de tubos, puesto que requieren generalmente mayor número de apoyos, carecen de movilidad conjunta y son de lento montaje, salvo en arcos de escasa altura sobre el terreno y de pequeña luz.

Hubo que recurrir, por el contrario, a estructuras de tipo unidimensional, es decir, a verdaderos arcos metálicos, en perfecta concordancia con las características geométricas y funcionales de las cimbras que anteriormente se destacaron.

Para que esta estructura o cercha tuviese una estabilidad máxima con un número de barras mínimo, convenía que estuviese constituida por una sucesión de tetraedros, ya que el tetraedro en el espacio, como el triángulo en el plano, son figuras estrictamente indeformables, y una sucesión de tetraedros puede resistir esfuerzos en cualquier dirección. De este modo, el montaje de la cimbra podía realizarse en miénsula, partiendo de los dos arranques hasta unirse en clave, sin necesidad de vientos o tirantes.

Sin embargo, los tetraedros puros presentaban el inconveniente de su falta de simetría respecto al plano longitudinal vertical que contiene tanto la directriz de la cercha como las cargas principales actuantes, lo que se hubiera traducido en un alabeamiento de la directriz bajo la acción de estas cargas.

Por otra parte, la condición que nos impusimos de lograr una cercha adaptable a cualquier directriz, obligaba a que una de las barras de cada dos tetraedros consecutivos fuese normal al citado plano longitudinal de la cercha, para que el giro de este conjunto de dos tetraedros alrededor de dichas barras paralelas, a las que debían corresponder, como aristas opuestas,

barras telescópicas de longitud variable, permitiese la citada acomodación de directriz.

De este modo, la unidad estructural formada por estos dos tetraedros se convertía en una pirámide cuadrangular con una barra diagonal en su base, y, por tanto, bastaba materializar la segunda diagonal superabundante de dicha base, formando una cruz de San Andrés, para obviar la disimetría antes mencionada.

De esta forma, la estructura se convierte en una sucesión de pirámides cuadrangulares iguales unidas por un lado de su base, alrededor de cuyo lado común puede girar cada una respecto a la siguiente, mediante el cambio de longitud de las barras telescópicas que unen los vértices de cada dos pirámides consecutivas.

Para facilitar su transporte, la pirámide se descompone en tres piezas planas: dos triángulos iguales y una cruceta. Esta pieza, que asegura la indeformabilidad de la pirámide, constituye la materialización de su base.

Todas estas piezas están constituidas por angulares soldados en forma de cajón, dispositivo que resulta más económico en España que los tubos.

La unión entre cruceta y triángulos se realiza por cuatro tornillos.

En el vértice de la pirámide se disponen dos taladros independientes para recibir, mediante sendos bulones, las dos barras telescópicas que en él se articulan.

Estas barras telescópicas son también cajones de angulares en cuyo interior se aloja un husillo cuyo giro provoca los cambios de longitud de la pieza y que ha de resistir los esfuerzos de tracción de la barra, mientras que las compresiones se resisten por calzos sobrepuertos que ocultan y protegen el husillo.

El elemento estructural que se maneja en obra es la pirámide, provista en su vértice de una de tales barras telescópicas.

La unión entre dos elementos estructurales contiguos se realiza mediante tres bulones.

En el montaje de la estructura se avanza en ménsula, partiendo de los arranques, izando el elemento estructural mediante pequeñas grúas especiales que se sitúan en la última pirámide colocada y que avanzan un lugar tras cada izamiento; o bien aprovechando los cables-grúas o dispositivos análogos que con el objeto de hormigonar los arcos hayan sido instalados en la obra.

Cada una de estas grandes ménsulas puede girar en conjunto alrededor de los dos bulones que corresponden al lado de arranque de la base de su primera pirámide, bajo la acción de un gato hidráulico que se aplica al vértice de la misma, movimiento que facilita el cierre de clave.

La cercha montada tiene una sección triangular, está provista de tres cordones principales, dos superiores de longitud invariable y uno inferior cuyas barras son telescópicas.

Estos tres cordones tienen igual sección en este tipo de cimbra, por lo que la directriz está situada a una distancia, de la base de la pirámide, igual al tercio de su altura. Esto no supone mala utilización del material en los casos de puentes en arco, para los que fué ideada, ya que preponderan las compresiones, no sólo con la carga del hormigón totalmente vertido, sino también a lo largo del proceso de hormigonado cuando éste se estudia convenientemente.

La única fase del ciclo de utilización del sistema en la que preponderan las flexiones es la fase del montaje en ménsula, en la cual sólo actúa el peso propio de la estructura metálica.

Efectuado el cierre de estas ménsulas con los bulones de los cordones superiores, se retiran los gatos hidráulicos de los arranques y queda la estructura convertida en arco triarticulado, que pasa a biarticulado cuando se coloca el cordón inferior telescópico de clave.

Es esta forma biarticulada la que conviene frecuentemente para iniciar el hormigonado, empotrándose la estructura, mediante los citados gatos, en el momento oportuno.

La expuesta constitución de la cimbra y las maniobras de montaje en ménsula con ayuda de plumas especiales, se aprecian claramente en la película cinematográfica en colores que se realizó con motivos experimentales y que se proyecta a continuación.

En este artículo y en sustitución de la película que entonces se proyectó, remitimos a los lectores a las fotografías núms. 1, 2, 3 y 4.

Las dimensiones teóricas de estas pirámides son  $1.40 \times 1.40$  m. de base y 1,35 m. de altura.

El peso del elemento completo que se iza es de 250 kilogramos.

La resistencia práctica a compresión de la estructura es de 95 toneladas.

El máximo momento flector, en régimen de flexión simple, es de 45 000 m. Kg. y el máximo esfuerzo cortante 25 toneladas.

\* \* \*

Estas pirámides primitivas y de pequeño tamaño se han empleado hasta la fecha en 21 obras, de las que voy a mostrar en fotografía algunos ejemplos característicos.

La fotografía núm. 5 corresponde al puente sobre el río Besós, en las inmediaciones de la ciudad de Barcelona.

El puente está soportado por 30 anillos triarticulados iguales, distribuidos en cinco tramos. Cada anillo tiene 32 m. de luz entre articulaciones, 4,50 metros de flecha, 1,30 m. de anchura y 0,80 m. de espesor constante.

La fotografía representa el hormigonado de un anillo.

No existía aquí problema de montaje, por ser la

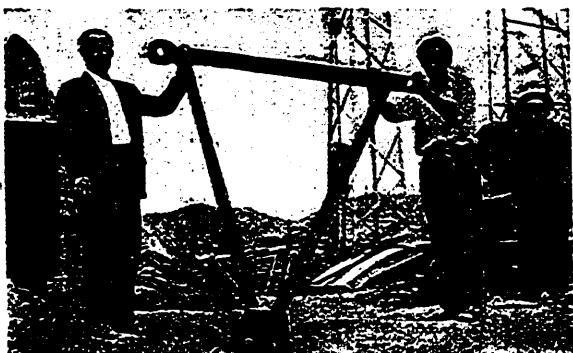


Foto núm. 1.

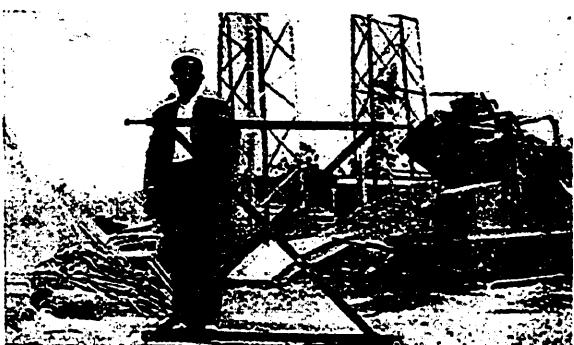


Foto núm. 2.

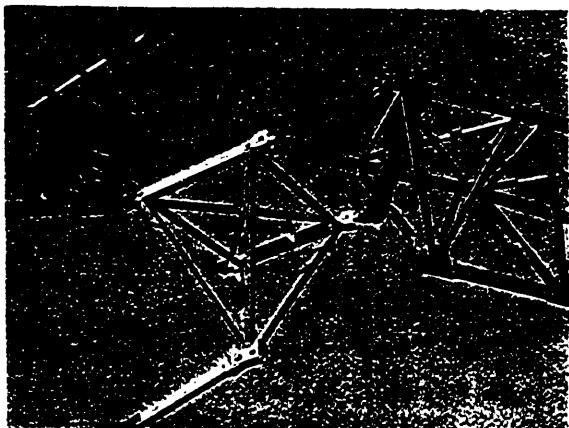


Foto núm. 3.

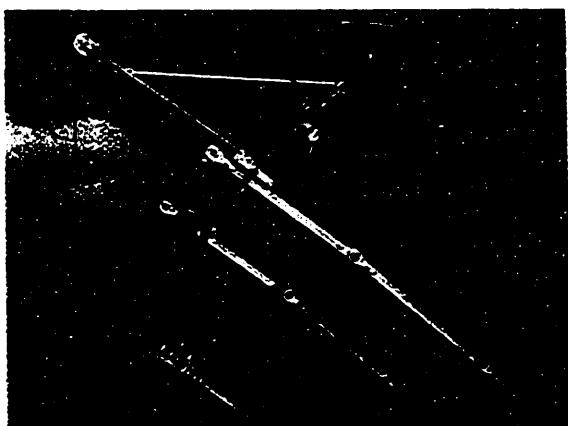


Foto núm. 4.

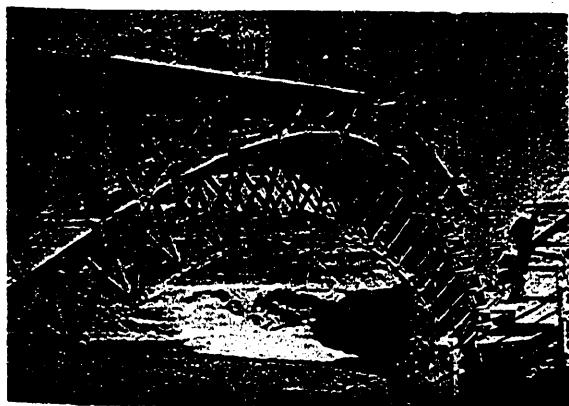


Foto núm. 5.



Foto núm. 6.

rasante baja y escaso el caudal del río en el verano. Pero hubo que realizar multitud de traslaciones laterales, ya que se empleaba una sola cimbra para hormigonar sucesivamente los 6 anillos de cada tramo.

Esta operación se realizaba en sólo cinco minutos, con el sencillo dispositivo que muestra la fotografía número 6.

Otro caso de múltiples traslaciones, pero con objeto de hormigonar una bóveda continua y oblicua, está representado en la fotografía núm. 7.

Se trata del puente sobre el río Segre, en las estribaciones de los Pirineos, próximo a Seo de Urgel (Lérida).

Bóveda única con 21° de oblicuidad, 28 m. de luz libre, 9,50 m. de anchura, 5,60 m. de flecha, 3,50 metros de espesor en arranques y 1,25 m. de espesor en clave.

La fotografía núm. 8 muestra el dispositivo para la traslación lateral oblicua de la cimbra.

La fotografía núm. 9 representa una obra de rasante elevada, en la cual se ponen de manifiesto las ventajas del rápido y sencillo montaje del sistema empleado.

Se trata del acueducto sobre el Barranco del Moro, en Mula (Murcia), sustentado por 4 arcos de 24 metros de luz, 7,10 m. de flecha, 2,70 m. de anchura, 1,10 m. de espesor en arranques y 0,55 m. en clave.

La fotografía núm. 10 muestra una fase del montaje.

En las fotografías núms. 11 y 12 se aprecia una vista de conjunto y un detalle de los apoyos de la doble cimbra empleada en el puente sobre el Tormes, en Guijuelo (Salamanca). Sustenta el puente 12 bóvedas continuas de 22 m. de luz, 10 m. de flecha, 6 m. de anchura, 2 m. de espesor en arranques y 0,70 m. en clave.

Otro caso de bóveda continua, pero sobre un río caudaloso, se aprecia en la fotografía núm. 13, que corresponde al puente sobre el río Guadiana, en Badajoz (carretera de Madrid a Portugal). La obra se compone de 11 arcos de 35,80 m. de luz, 7,60 metros de flecha, 16 m. de anchura, 1,45 m. de espesor en arranques y 0,72 m. en clave.

Tipo muy distinto de obra, para el cual no fué realmente concebida esta pirámide pequeña, es el puente en tramo recto. Se han hecho, no obstante, algunas aplicaciones a este tipo de puente, como las que muestran las fotografías núms. 14 y 15, que representan un detalle de la cimbra y un aspecto del hormigonado del puente de Saint Bonnet, en Gap (Francia). Département des Hautes Alpes. Es un tramo de 40 m. de luz, sustentado por dos vigas de hormigón pretensado de 0,30 m. de espesor medio y 3 m. de canto. Se realizó la obra con pirámides españolas llevadas a Francia en régimen de importación temporal.

\* \* \*

Para ampliar las posibilidades del sistema a otras obras en que se requiriesen cimbras más resistentes, se construyó un tipo de pirámide semejante a la anterior, pero de mayores dimensiones. Esta pirámide tiene una base teórica de 2,50 X 2,50 m. y una altura de 3 m. El elemento estructural pesa 1.000 kilogramos y puede resistir los siguientes esfuerzos:

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| Compresión .....        | 170 Tn.    |
| Momento flector .....   | 155 m. Tn. |
| Esfuerzo cortante ..... | 50 Tn.     |

Con este tipo de pirámide se han realizado doce obras, de las que voy a mostrar, en fotografía, algunos ejemplos característicos.

La fotografía núm. 16 representa el refuerzo provisional de un antiguo puente en Andújar (Jaén), sobre el río Rumblar, para permitir el paso de la sobrecarga de un transformador de 100 Tn.

La fotografía núm. 17 representa la construcción de un puente sobre la presa de Cantillana (Sevilla). Consta de ocho tramos rectos de 15 m. de luz y dos tramos de 10 m., sustentados por cuatro vigas de 1,60 m. de altura y 0,30 m. de anchura.

La cimbra permitía el hormigonado simultáneo del semiancho del puente en tres tramos consecutivos. De ella pendía el encofrado. Se arrojó la cimbra en una margen, y mediante lanzamientos y traslaciones laterales, se pudo realizar la obra sin desarmar la cimbra.

En la foto 18 se muestra un puente muy inclinado, para transporte de carbón en la Factoría de Altos Hornos de Sagunto (Valencia).

Consta de dos tramos rectos de 28 m. de luz, con pila intermedia muy esbelta e incapaz de resistir flexiones, por lo que hubo que guardar estricta simetría en el montaje de las pirámides, hasta que se llegó al cierre del tramo inferior.

La foto núm. 19 representa el lanzamiento de una de las 16 vigas de hormigón pretensado de 28 Tn. de peso y 20 m. de luz, con las que se amplió el paso superior sobre el ferrocarril, en el Km. 16 de la carretera de Madrid a La Coruña. Este puente tiene 47° de oblicuidad, y la fotografía núm. 20 muestra el detalle del dispositivo de apoyo que permite la traslación, de la cimbra montada, en cualquier dirección. Se basa en el movimiento continuo de bolas de acero entre un perfil laminado y la base plana de un apoyo provisto de rótula. Las bolas que escapan al contacto pasan a un recinto superior y son reenviadas automáticamente a las zonas de apoyo donde son requeridas.

La fotografía núm. 21 representa las obras del puente de la Marmota, sobre el río Júcar (Albacete), que consta de un arco de 34 m. de luz, 3,60 metros de flecha, 8 m. de anchura, 1,15 m. de espesor en arranques y 0,70 m. en clave.

En la foto 22 se muestra el arco hormigonado del puente sobre el río Tormes, en Ledesma (Salamanca). Se trata de un arco muy robusto de hormi-

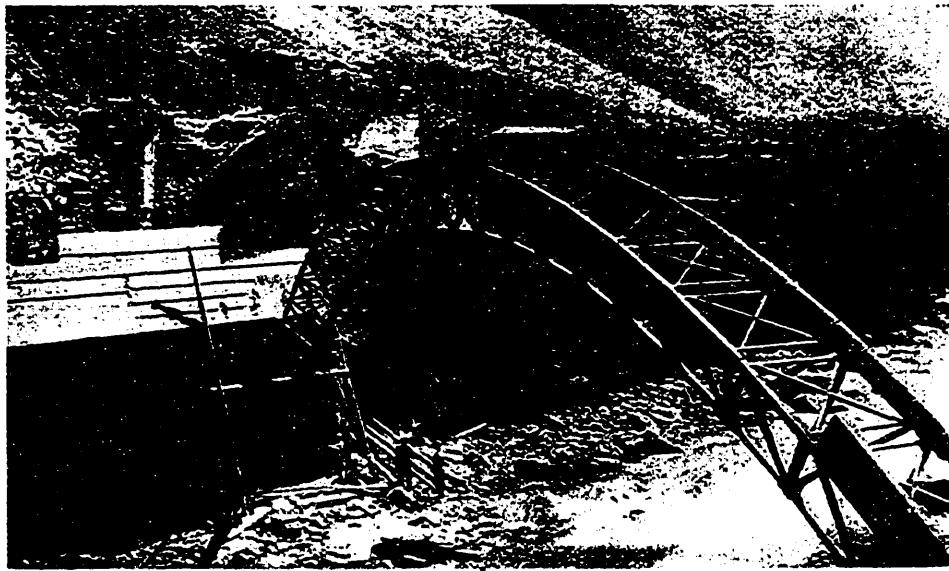


Foto núm. 7.

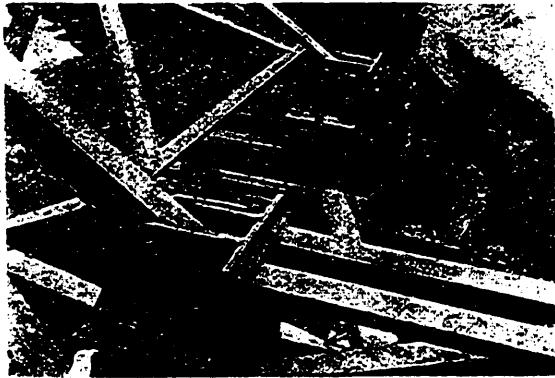


Foto núm. 8.



Foto núm. 9.



Foto núm. 10.



Foto núm. 11.

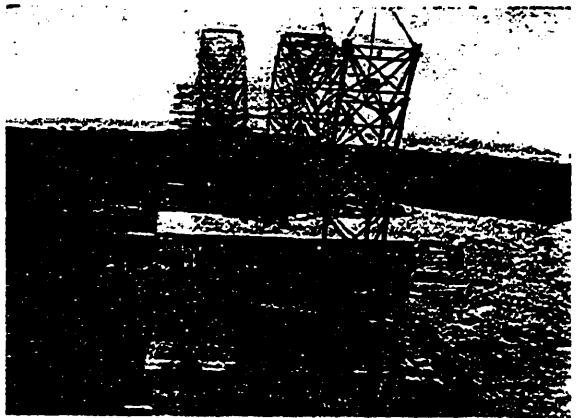


Foto núm. 12.



Foto núm. 13.

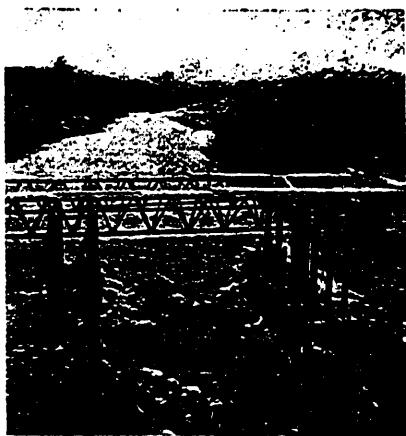


Foto núm. 14.



Foto núm. 15.



Foto núm. 16.

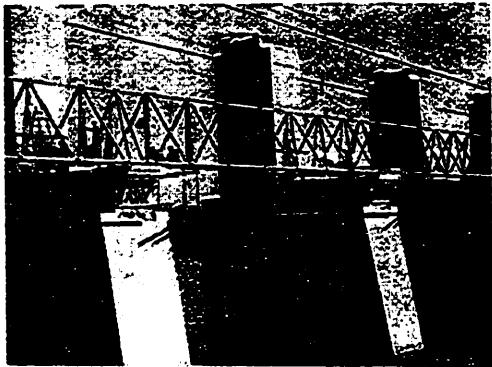


Foto núm. 17.

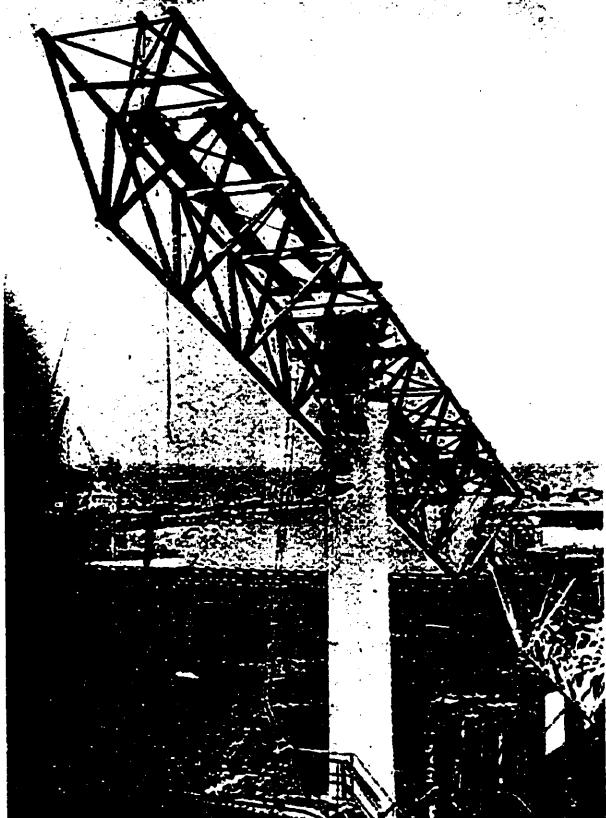


Foto núm. 18.



Foto núm. 19.



Foto núm. 21.



Foto núm. 20.

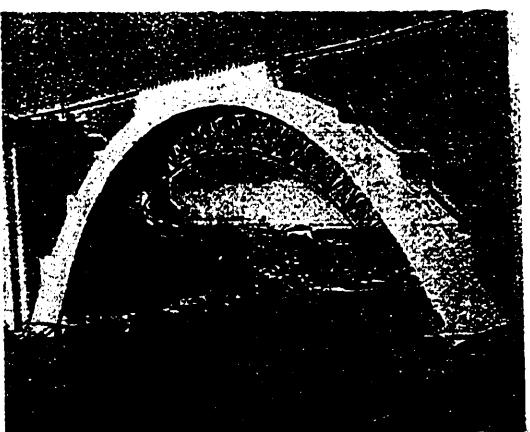


Foto núm. 22.

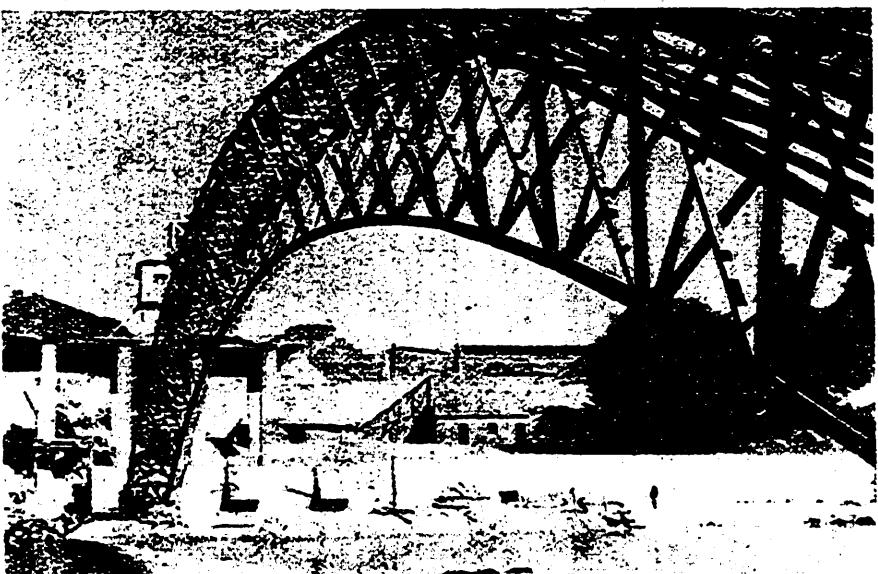


Foto númer. 23.



Foto númer. 24.



Foto númer. 25.



Foto númer. 26.

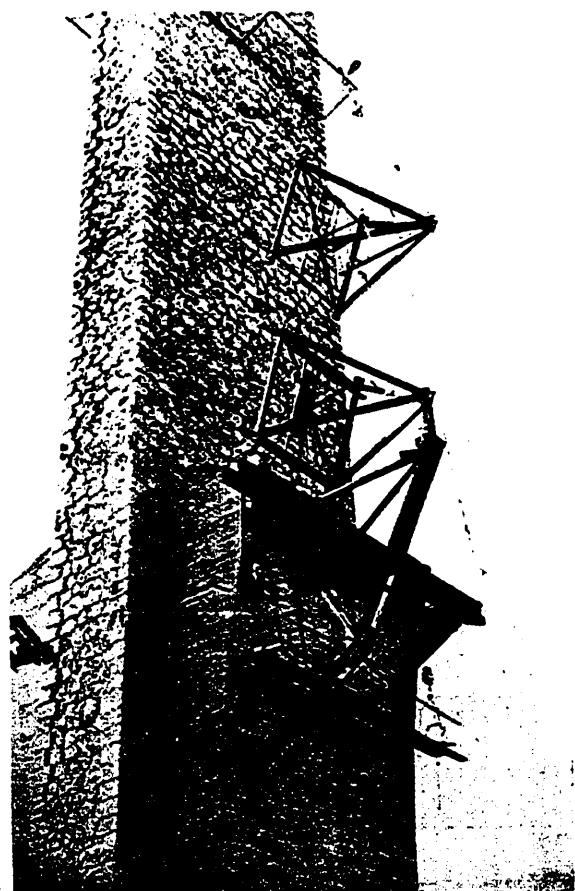


Foto númer. 27.

gón ciclopé de 49 m. de luz, 20,30 m. de flecha, 8 m. de anchura, 4 m. de espesor en arranques y 1,80 m. en clave.

La bóveda continua se descompuso en dos anillos virtuales, que se hormigonaron sucesivamente mediante la traslación lateral de la cimbra.

La foto 23 se refiere al puente del Cubo, sobre el Pisuerga, en la ciudad de Valladolid. Su tramo central está soportado por un arco de 65 m. de luz libre y 10 m. de flecha, dividido en cuatro anillos de 1,50 m. de anchura, 2,50 m. de espesor en arranques y 1,60 m. en clave.

Los cuatro anillos se hormigonaron sucesivamente con la misma cimbra. En la foto 24 se aprecia el detalle de los aparatos de apoyo y traslación de la cimbra, y en la 25 se puede observar el gato especial de avance continuo que utilizamos en las traslaciones. Posee dos cabezas, que alternativamente quedan retenidas en los taladros del perfil laminado o avanzan por la rotación del husillo que las une. Cuando en una margen se ha avanzado un taladro, se espera a un igual avance en la opuesta, para proseguir la operación, lográndose así la uniformidad de los dos recorridos.

En la foto 26 se aprecia la colocación de la pirámide de clave en la cimbra del puente sobre el embalse de Entrepeñas (Guadalajara). Esta clave se hallaba a 46 m. de altura sobre las aguas. Consta el puente de dos tramos en arco, cada uno formado por dos anillos, de 45 m. de luz, 22,50 m. de flecha, 1,20 m. de anchura, 2,10 m. de espesor en arranques y 0,90 m. en clave.

En la foto 27, que corresponde a la colocación de la segunda pirámide, se detalla el dispositivo de apoyo de la cimbra.

Por último, pueden observarse las distintas fases del montaje de una cimbra en la película en cuadros que se proyecta a continuación, amablemente facilitada por la inspección de la obra.

Se trata del puente sobre el río Júcar, próximo a la ciudad de Cuenca, y que se compone de un solo arco de 56 m. de luz libre, 8,52 m. de flecha, 8,50 metros de anchura, 2,50 m. de espesor en arranques y 1,50 m. en clave. Se hormigonó la bóveda en tres anillos virtuales.

En sustitución de la película que entonces se proyectó, remitimos al lector a las fotografías núms. 28, 29 y 30.

\* \* \*

Me resta hablar, finalmente, del perfeccionamiento introducido en este sistema de cimbras, con el objeto de conseguir, con un pequeño número de piezas normalizadas, formas resistentes de las más variadas características.

No sólo se evita, con esta nueva estructura, la necesidad de disponer de distintos tipos de pirámide, según la importancia de los esfuerzos que han de soportar, sino que permite combinar entre sí las pie-

zas, a modo de "meccano", para muy diversas aplicaciones.

En la foto 31 aparecen las distintas piezas de la estructura: un triángulo, una semicruceta, una pletina, un perfil en U, una pequeña placa, un bulón hueco y tornillería.

Con dos triángulos y dos semicrucetas se compone una pirámide análoga a la considerada anteriormente. Con dos pletinas y dos piezas en U se forma un cordón inferior de longitud variable. La variación de su longitud se obtiene por el desplazamiento relativo entre tales piezas, que se fijan una a otra mediante seis tornillos, introducidos en taladros que se eligen dentro de la serie que poseen dichas piezas. El intervalo entre taladros es de 80 mm., pero si la parte compuesta de pletinas se invierte, resulta de ello un desplazamiento de 40 mm. Es decir, que puede lograrse la longitud deseada con un error de  $\pm$  20 mm., que es suficiente al objeto de adaptación a una dada linea media.

Estas pirámides van provistas de doble cordón, uno por triángulo, y los cordones consecutivos de cada triángulo se fijan mediante un bulón único, que es hueco y de acero especial.

El elemento que se maneja en obra es el conjunto de pirámide con los dos cordones inferiores de uno de sus triángulos.

Este elemento pesa 650 Kg. Las dimensiones teóricas de la pirámide son: 1,40  $\times$  1,40 m. de base y 1,60 m. de altura.

La estructura correspondiente a una sucesión simple de estos elementos tiene el aspecto de la fotografía 32. En ella se aprecia que, a diferencia del tipo anterior, éste posee dos cordones inferiores de igual sección que los superiores, de modo que la directriz pasa por el punto medio de la altura de la pirámide.

Las características resistentes de la estructura simple son:

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| Compresión .....        | 300 Tn.    |
| Momento flector .....   | 240 m. Tn. |
| Esfuerzo cortante ..... | 43 Tn.     |

Montada esta estructura, con procedimiento análogo al antes descrito, se le pueden agregar lateralmente triángulos provistos de un cordón inferior. En la fotografía núm. 33 se aprecia el resultado de una adición de triángulos, que duplica las cualidades resistentes sin alterar la posición de la directriz.

En caso de tramos rectos de escasa luz que han de soportar fuertes cargas, es decir, cuando se requiere incrementar la resistencia al esfuerzo cortante pero no al momento flector, conviene la disposición estructural de la foto núm. 34, que representa una sucesión simple de pirámides en la cual se han constituido los cordones inferiores por triángulos invertidos. Los cordones presentan la misma resistencia anterior, pero las diagonales de la pirámide se han duplicado y, por consiguiente, también se duplica la resistencia al esfuerzo cortante.



Foto núm. 28.



Foto núm. 29.

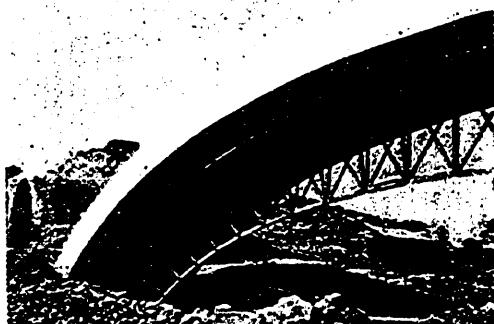


Foto núm. 30.

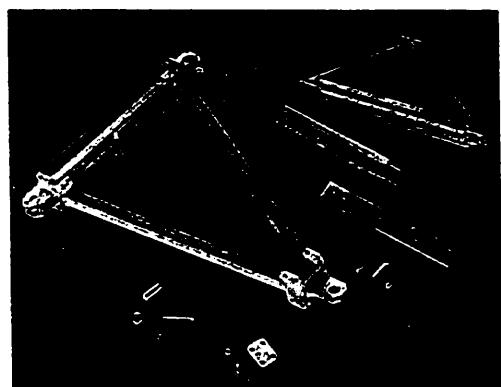


Foto núm. 31.

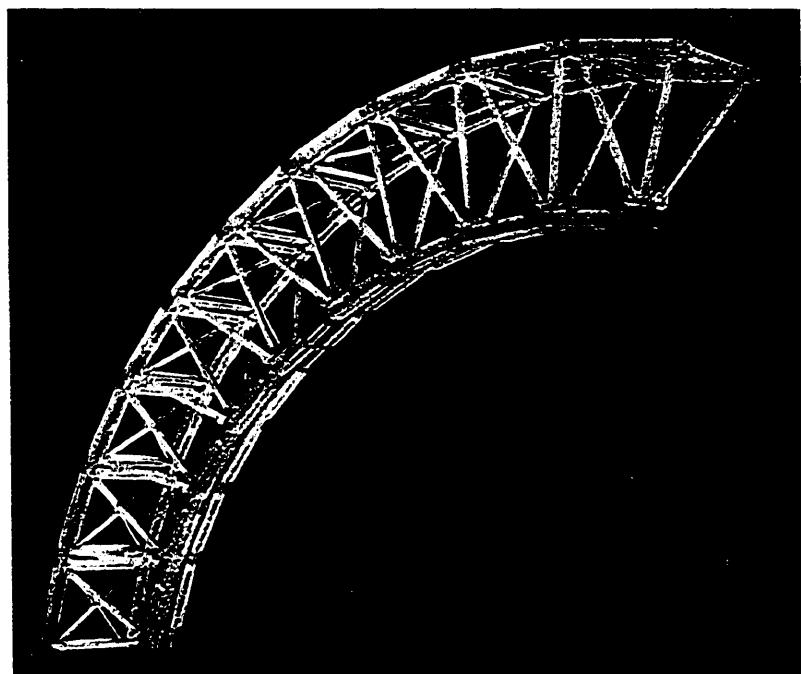


Foto núm. 32.

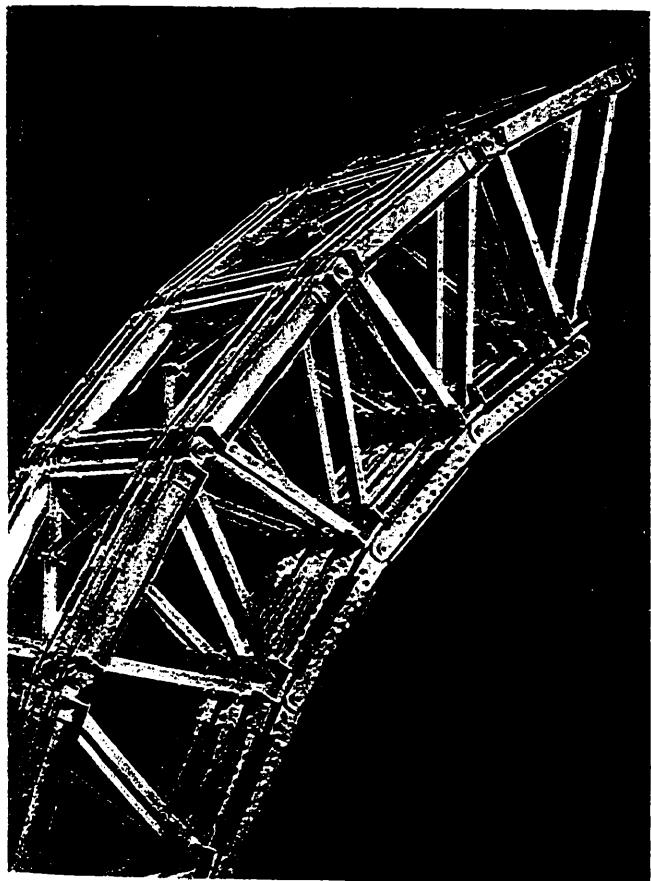


Foto núm. 33.

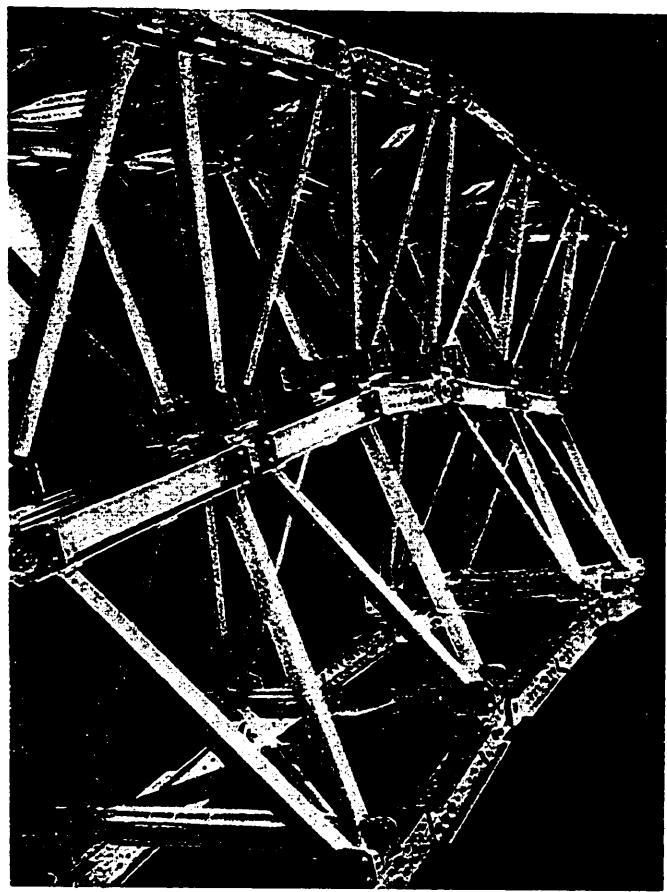


Foto núm. 35.

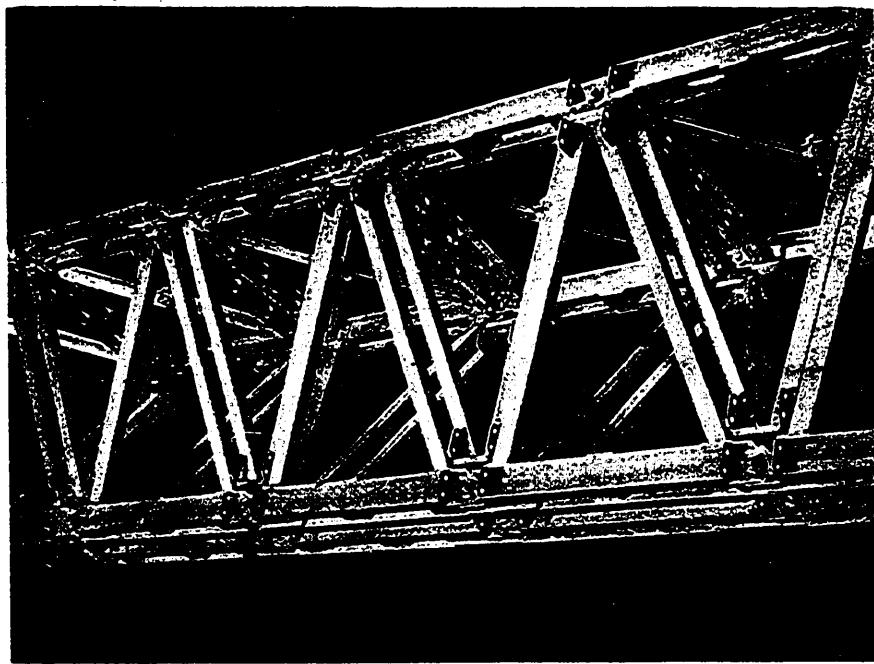


Foto núm. 34.

Las citadas adiciones e inversiones pueden realizarse parcialmente, o sea en las zonas que requieren un aumento de resistencia.

Otra adición, ésta en dirección vertical, se aprecia en la fotografía núm. 35, mientras que las 36 y 37 muestran diversas combinaciones estructurales.

El número de adiciones verticales puede ser muy elevado, y uniendo esta posibilidad a las de adiciones laterales e inversiones, resulta una variedad prácticamente ilimitada de resistencias y características funcionales.

Este nuevo tipo de estructura es de realización

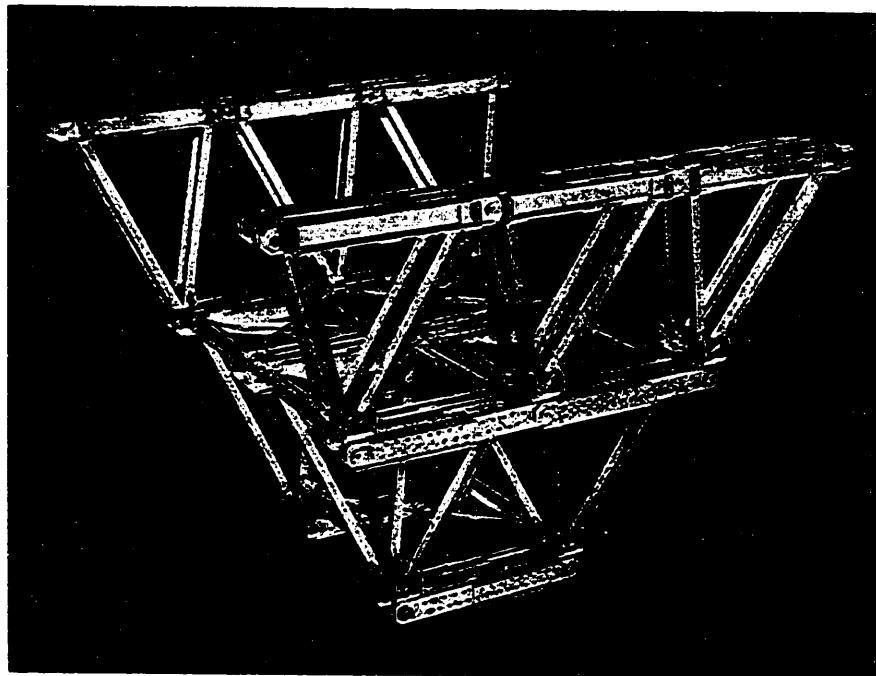


Foto núm. 36.

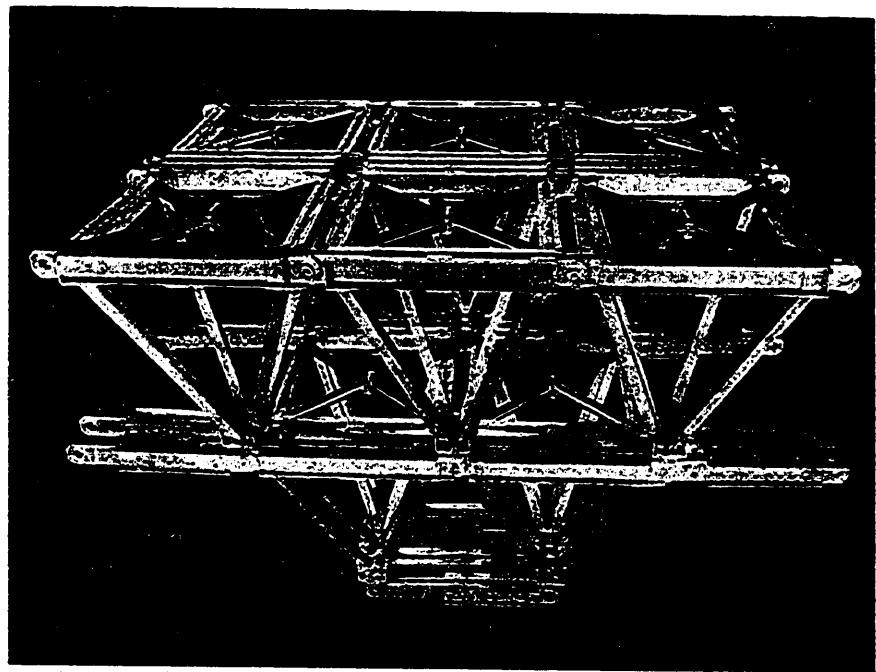


Foto núm. 37.

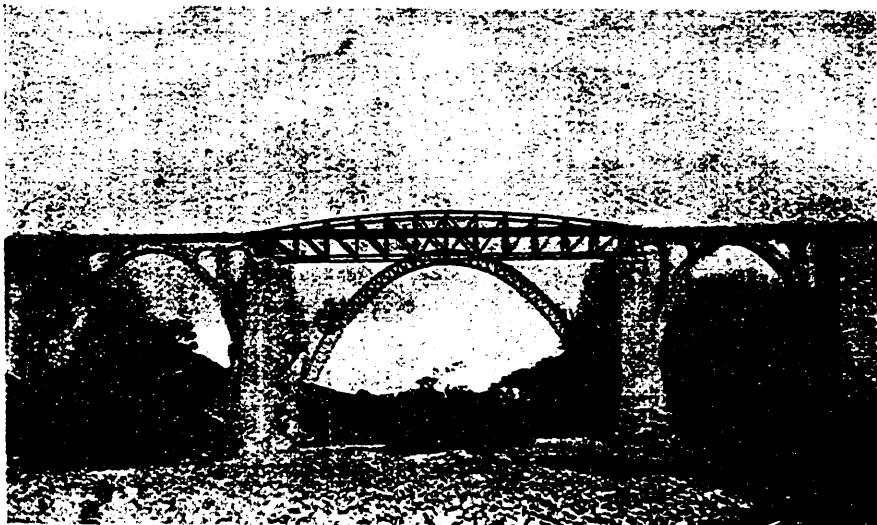


Foto númer. 38.



Foto númer. 39.



Foto númer. 40.



Foto númer. 41.



Foto númer. 42.

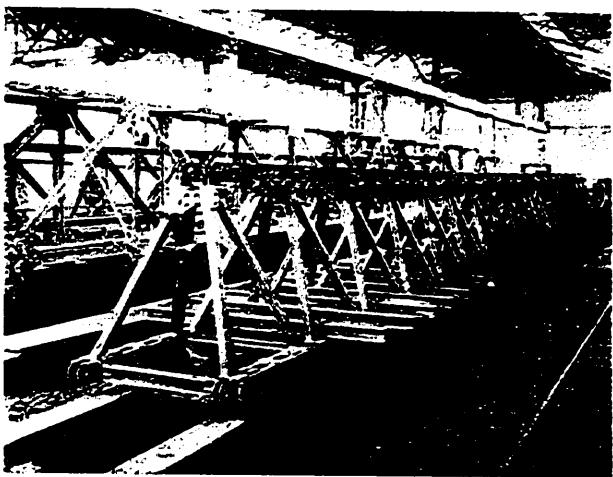


Foto númer. 43.

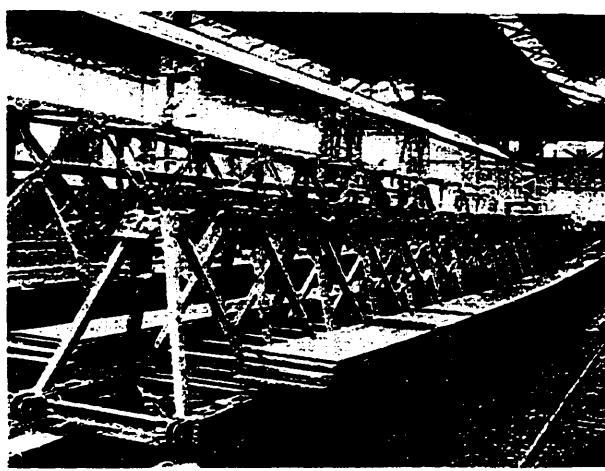


Foto númer. 44.

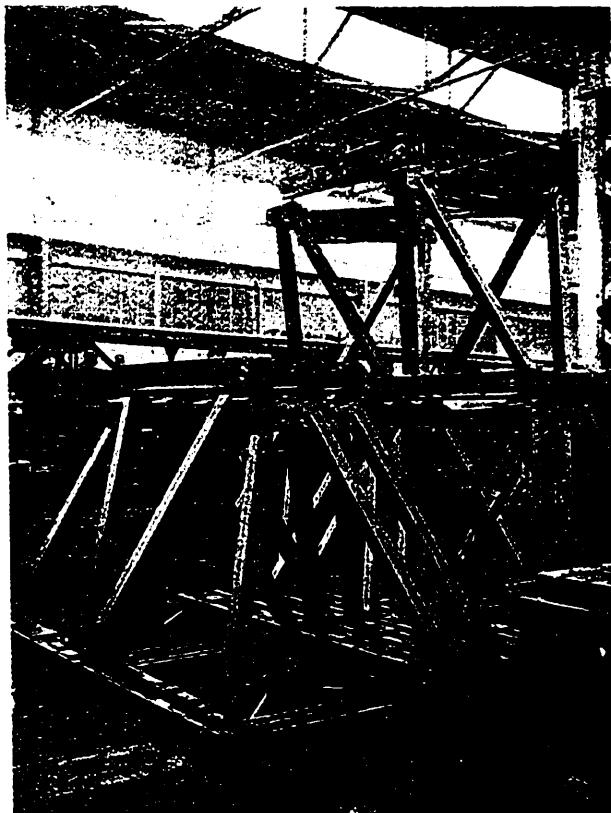


Foto númer. 45.

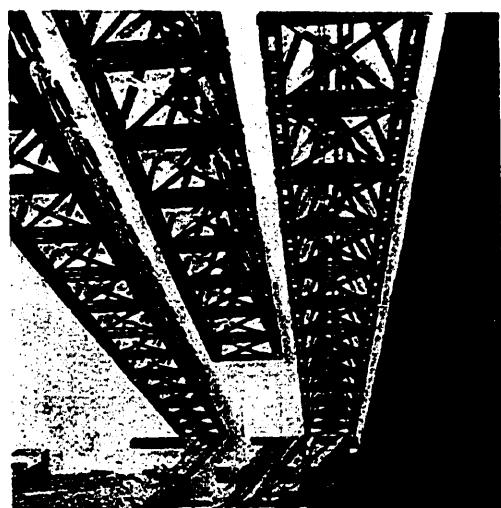


Foto númer. 47.

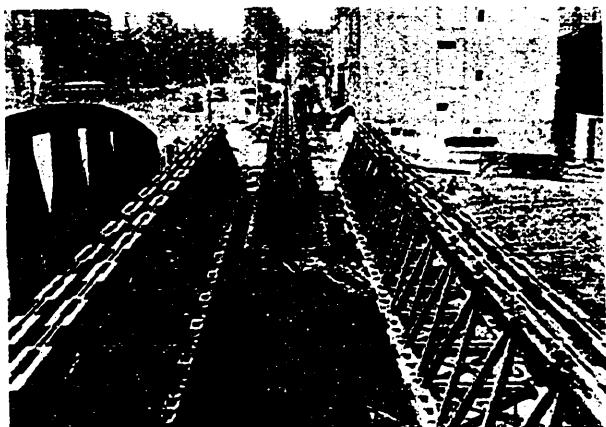


Figura 48.



Figura 50.

muy reciente, y sólo se ha utilizado o se está empleando en cuatro obras, tres españolas y una francesa.

Las fotos núms. 38, 39 y 40 corresponden a dos vistas de conjunto y a un detalle del desmontaje del arco central del puente de Murtigas, que sustituirá al tramo metálico actual, en el ferrocarril de Zafra a Huelva (Huelva). El arco tiene 43 m. de luz, 17,87 metros de flecha y una anchura variable desde 5,15 hasta 3,80 m., siendo el espesor en arranques de 2,29 metros y el de clave de 1,25 m.

La foto núm. 41 muestra la cimbra de otra sustitución de puente en la misma línea ferroviaria. Tiene este puente, sobre el río Odiel, cinco tramos con arco de 40 m. de luz, 20 m. de flecha, 5 m. de anchura, 2,90 m. de espesor en arranques y 1 m. en clave.

La fotografía núm. 42 corresponde a un tercer puente que se sustituye, denominado de Tres Fuentes. Está formado por dos arcos de iguales características que las del Odiel.

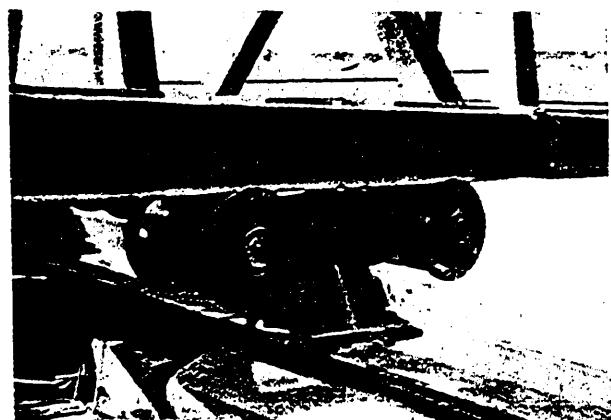


Figura 49.

Para la obra que se está realizando actualmente en París, se construyeron los elementos estructurales en los talleres Seibert, de Homburg (Sarre). Las fotos núms. 43 y 44 muestran dos fases de las pruebas realizadas en estos talleres, viga descargada formada por 19 pirámides y con una sobrecarga de 60 toneladas, con la que se produjo una flecha elástica total de 75 mm.

En la fotografía núm. 45, obtenida en los mismos talleres Seibert, puede observarse una muestra de las adiciones laterales y verticales, así como de las inversiones de que se ha hablado.

Por último, las fotografías núms. 46 a 50 muestran aspectos actuales de las obras del puente R.N. 310, sobre el canal de Saint Denis, en París.

Se trata de ampliar el puente metálico existente, a cuyo efecto, en una primera fase de los trabajos se situarán, a cada lado del mismo, tres vigas de hormigón armado de 25 m. de luz y 3 Tn. de peso medio p. m. l.

En la segunda fase se sustituirá el tramo metálico por cuatro vigas de hormigón armado de iguales características, mientras se da paso al tráfico por las ampliaciones laterales.

Para realizar esta obra se lanza una cimbra metálica por viga, desde una margen, y se cuelga de dicha cimbra, por medio de péndolas, el encofrado sobre el cual se vierte *in situ* el hormigón.

\* \* \*

Hemos visto la aplicación de las estructuras tetraédricas a los problemas estáticos y dinámicos de la construcción de puentes.

Estas estructuras tienen también otras aplicaciones a la Ingeniería, pero no hay espacio para su exposición, ni es ésta la ocasión adecuada para su comentario.