

Revista de OBRAS PUBLICAS

Año CXII

MARZO 1964

Núm. 2987

LOS PUENTES DE FABRICA DURANTE EL AÑO 1963

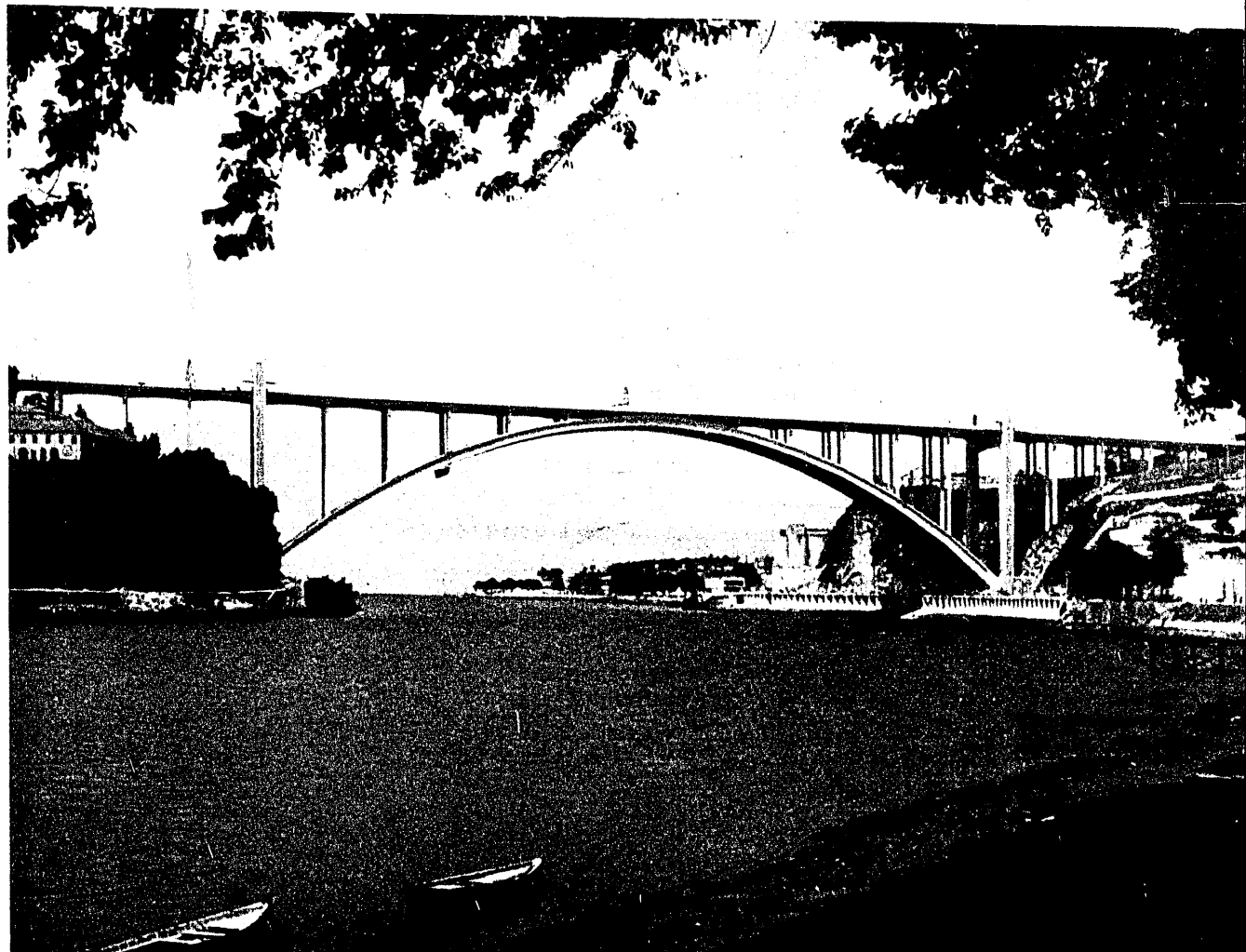
Por CARLOS FERNANDEZ CASADO
Ing. Dr. Profesor de Puentes de Fábrica E.T.S.I.C.C.P.

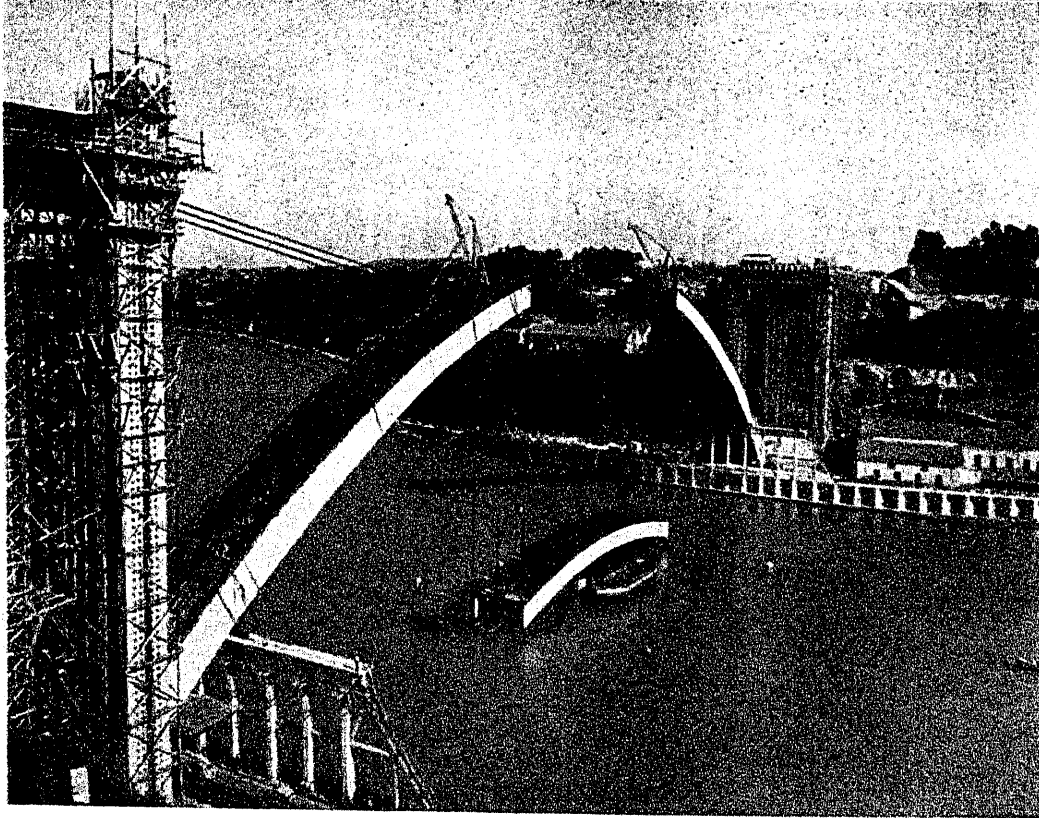
El profesor de Puentes de nuestra Escuela Superior Técnica continúa en este artículo la serie sucesiva sobre evolución anual de los puentes de fábrica.

Durante el año 1963 se ha batido por dos veces el récord de luz en puentes de arcos de fábrica, lo que supone además un avance en la luz máxima de puentes de hormigón armado y pretensado. La marca ha quedado en los 1 000 pies (304,8 m.), frente a los 1 280 del puente de Golden Gate, en los metálicos, y la futura de 1 298,40

Puente de La Arrábida sobre el Duero, en Oporto. Luz: 270 m.

Foto: J. Zagallo





Montaje de la zona central de la cimbra del puente de La Arrábida. Foto: J. Zagallo.

metros en el puente Narrow sobre el Hudson, ya que no se anuncia por ahora la iniciación de puente de fábrica que supere estos 1 000 pies conseguidos.

El primer puente de los dos aludidos es el de La Arrábida, sobre el Duero, en Oporto, con 270 m. de cuerda teórica, y el segundo es el de Gladesville, sobre el Parramatta, en Sydney. El récord anterior lo tenía el puente de Sandö, con 264 m.

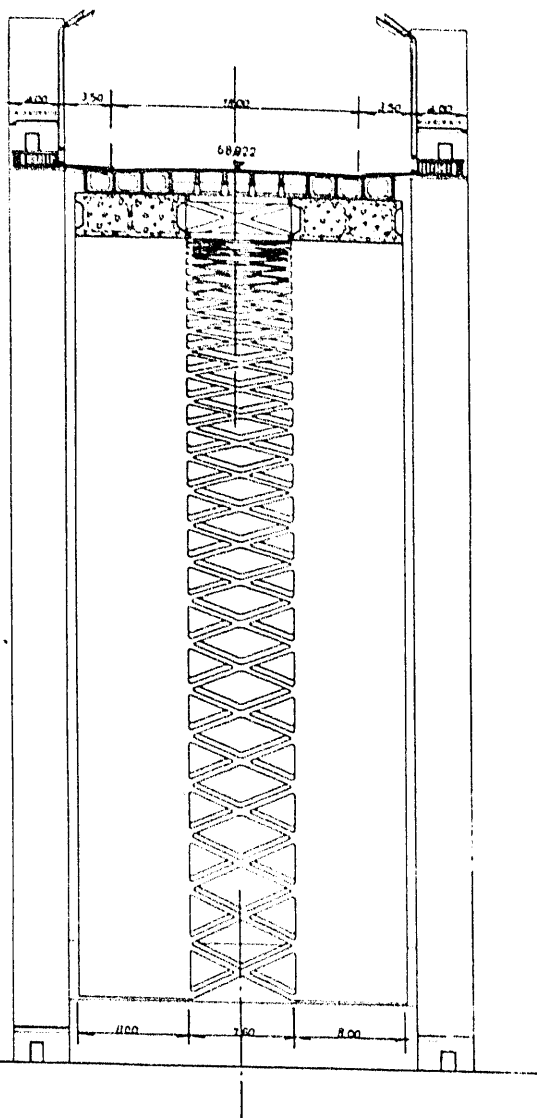
El puente de La Arrábida, abierto al público en julio de 1963, sirve a un tablero de $3,50 + 18,00 + 3,50$ m. Se organiza transversalmente en dos bóvedas gemelas de sección bicelular de 8,00 m. de ancho, distantes 7,60 m. entre sí, con canto variable desde 3,00 en clave hasta 5,10 en arranques. Se cimentaron directamente sobre la roca de las márgenes, después de sobrepasar las vías marginales, dejando una luz libre de 266,82 m.

El arco central queda entre dos viaductos de acompañamiento, que son tramos rectos de 21,10 m. de luz en cinco vanos de ambas orillas. La longitud total del tablero es de 493,20 m., siendo continuo de extremidad a extremidad, sin juntas.

El problema de los grandes arcos de fábrica está en la obra auxiliar de los mismos, es decir, en la cimbra. Como la construcción de apoyos intermedios tiene dificultad análoga en ésta y en la obra definitiva, la cimbra ha de ser una estructura en arco que salve la misma luz y con las garantías suficientes no sólo para su estabilidad, sino que también para su indeformabilidad en las condiciones intermedias de la obra. En el puente de La Arrábida se ha recurrido a un arco metálico de toda la luz, que se montó por voladizos atirantados desde ambas torres, cerrando el centro mediante un tramo completo de 78,00 m., llevado por flotación. Este arco, conjunto de tres anillos a 5,00 m. de separación entre ejes, se utilizó en tres posiciones: para hormigonar cada una de las bóvedas gemelas del puente y para su arriostramiento intermedio. El desplazamiento de una posición a otra se hizo con facilidad gracias a un sistema ingenioso de ripado, y el desmontaje se llevó a cabo recuperando en toda su



Cimbra y plan de hormigonado.



PUENTE DE LA ARRABIDA. — OPORTO

Ingeniero: EDGAR CARDOSO
 Constructor: JOSE ZAGALLO

Sección transversal del arco
 del puente de La Arrábida.



Fuente sobre el Parramata en Gladesville, Sydney. Luz 304,80
Construcción del primer anillo.

integridad la serie sucesiva de dovelas que integraban el mismo. Esta estructura espléndida de cuchillos metálicos en cajón soldado, empleada sin menoscabo de sus condiciones resistentes, estaría condenada al desguace, siendo una pérdida muy importante no sólo desde el punto de vista puramente crematístico. Afortunadamente, se tiene la seguridad de emplearla definitivamente en otro puente que salvará el mismo río aguas arriba de Oporto, sirviendo al tráfico ferroviario, al complementarse mediante tímpanos de retícula múltiple, que aumentarán su resistencia y darán enrase horizontal a su coronación.

En el puente de Gladesville, sobre el Parramata, se ha organizado la sección transversal en cuatro anillos que se han prefabricado en grandes dovelas de unos 6,00 m. de ancho (20'), con longitudes variando de 1,50 a 2,45, para no pasar de un peso máximo de 50 toneladas, que era la capacidad de los elevadores, ya que se llevaban por flotación.

El montaje de las dovelas se hacía sobre cimbra con 16 apoyos en el cauce, dejando un vano para navegación de 60 m. Las dovelas se fabricaban en moldes metálicos, a razón de cuatro por día, y se colocaban dejando juntas de 7,5 cm., que se rellenaban una vez todas en fila, verificándose el descimbramiento mediante gatos planos intercalados entre las dovelas donde se habían calculado las inflexiones de la elástica. Un cierto número de gatos se dejaron para rellenar posteriormente, compensando los acortamientos de retracción y fluencia.

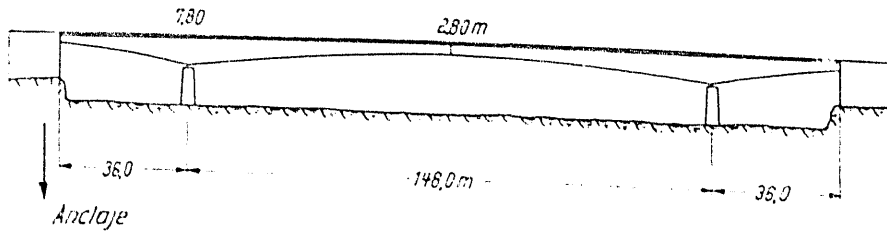
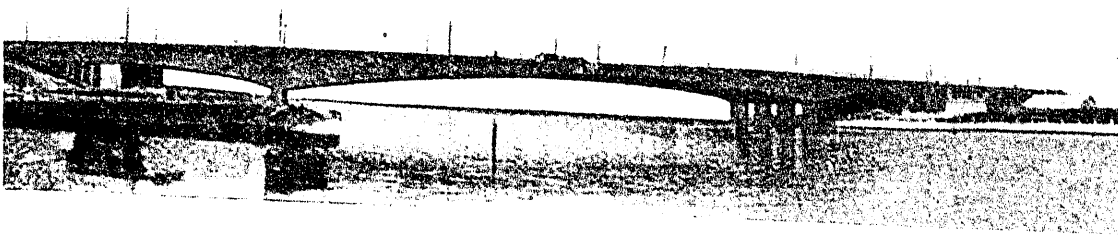
Los cuatro anillos se enlazaron entre sí rellenando con hormigón las juntas y pretensando los diafragmas transversales. El ancho total de plataforma es de 25,50 metros.

Un puente terminado recientemente en Yugoslavia es el de Novisad (*), sobre el Danubio, con dos arcos de 211 m. y rebajamiento de 1/6,5, que son récord en puentes de tablero intermedio. Tienen tablero de 20,15 m. de ancho total, con carretera y ferrocarril simple vía. La cimbra se apoyó sobre un arco auxiliar de hormigón armado de 108 m. de luz, apoyado sobre pilotaje y relacionado con las pilas del puente mediante elementos horizontales que transmitían sus empujes. La capacidad de la cimbra fué únicamente para el 40 por 100 del peso propio del arco, para lo cual se hormigonaron éstos en tres etapas: losa inferior, losa superior y costados, regulando las cargas mediante gatos y uniéndolos los tres elementos por pretensado vertical a través de los costados.

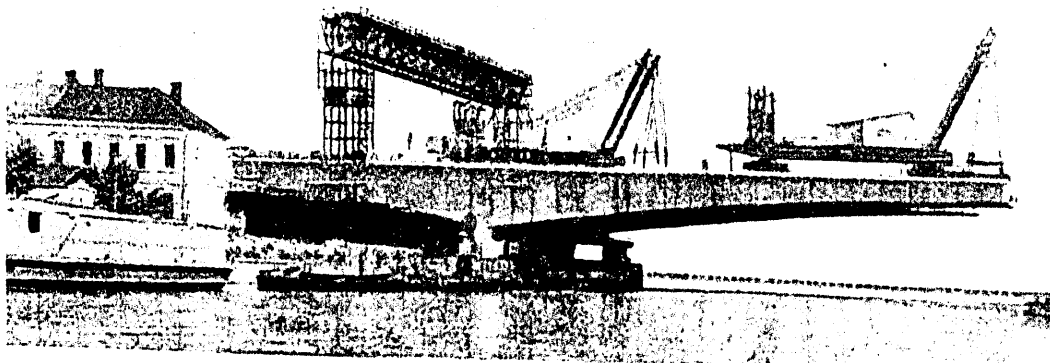
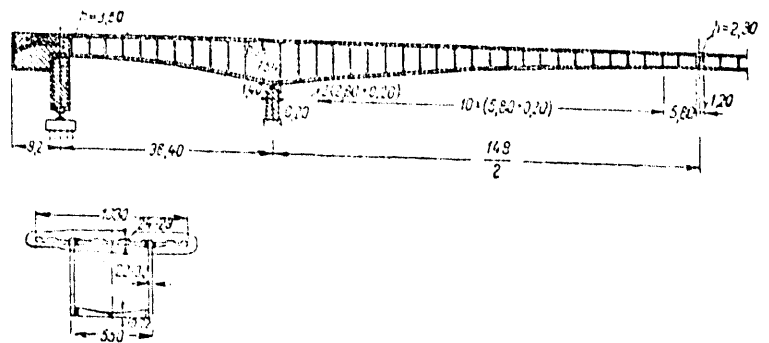
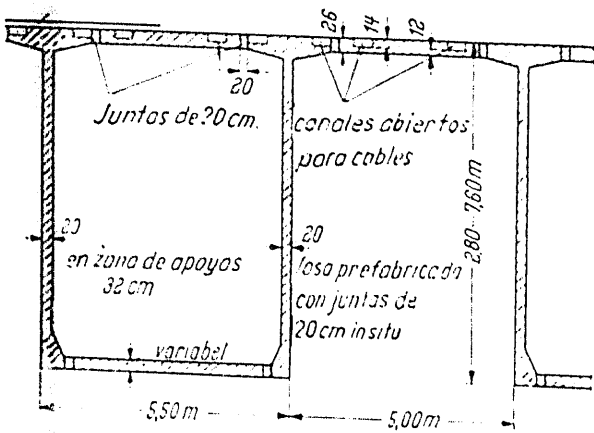
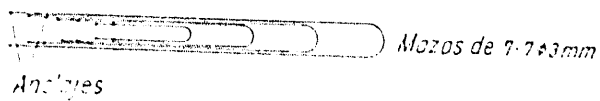
En hormigón pretensado la luz máxima sigue siendo la del puente de Maraibo (1962), que en realidad pertenece al tipo de puentes colgados, ya que los va-

(*) Este puente yugoslavo y el de Kranoholmski que describimos a continuación no son del año 1963, pero no teníamos noticias de su terminación hasta el presente.

PUENTE KRANOHOLMSKI (RUSIA)



Planta de la armadura



nos principales se consiguen mediante avances simétricos de tramos dobles con extremidades colgadas de las torres triangulares, tramos que sustentan otros intermedios por simple apoyo sobre ellos.

En puentes de tramo recto proriamente dicho se ha pasado desde los 148 metros del puente de Krauoholmski, sobre el Moscowa, en Rusia, a los 152,40 del puente sobre el Medway, en Inglaterra.

El primero de estos dos puentes, del cual teníamos noticia, pero no la seguridad de haberse construído, está en servicio desde el año 1961, siendo un exponente de la técnica soviética en puentes y en prefabricación de piezas pesadas. El tipo estructural es de tramos simétricos con dos voladizos, mitad del vano central, continuados en vanos laterales y anclados en grandes estribos de contrapeso. Las luces son de $36 + 148 + 36$ metros, y el dintel tiene altura variable desde 2,80 metros en el centro, hasta 7,80 sobre apoyos.

Transversalmente se organiza en cuatro vigas cajón de 5,50 metros de ancho, a separación de 5 metros, con voladizos laterales, que dan una anchura total de tablero de 42,10 metros.

Cada cajón se prefabrica en cuatro piezas, dos diafragmas de 20 centímetros de espesor, que terminan con ensanchamiento en "T" para cabeza superior una losa superior de 25 cm., que constituye el tablero, y una losa inferior de espesor variable aumentando desde el centro hasta apoyos. El enlace de los cuatro cajones se hace con otras tres piezas del tablero de 26 cm., y a ambos lados de los extremos existen sendos elementos volados.

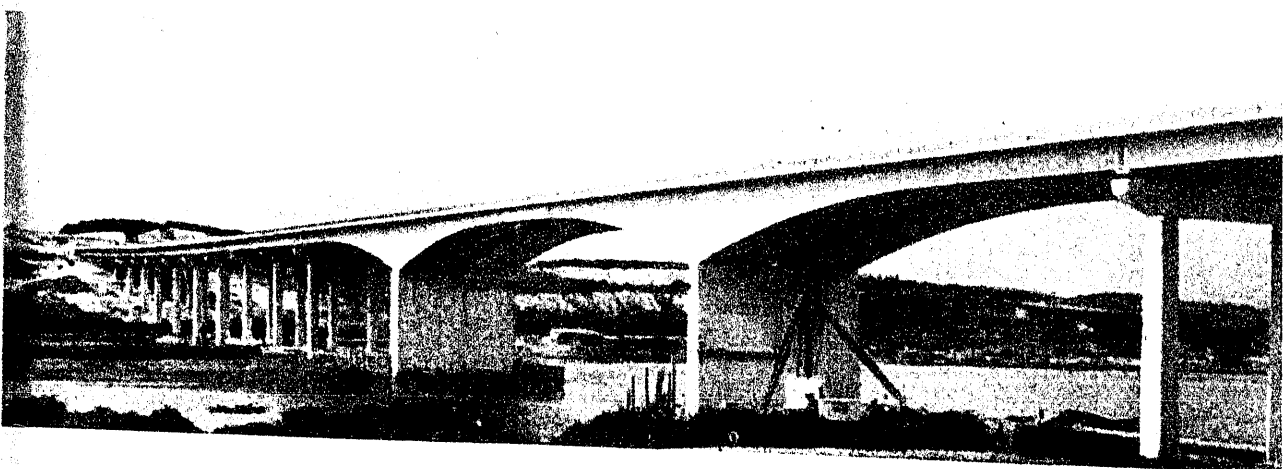
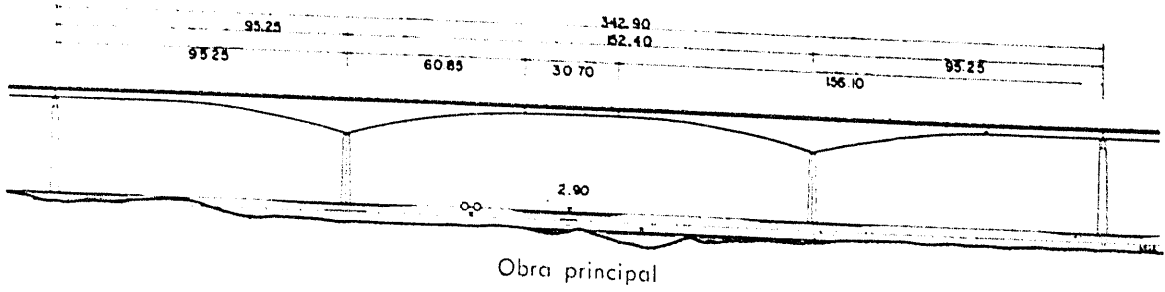
El puente se construyó por voladizos sucesivos, pero en lugar de progresar mediante moldeo "in situ", avanzando con los encofrados, que es lo habitual en este sistema, puesto a punto por Finsterwalder con la empresa Dywidag, se avanza por dovelas prefabricadas que se van cosiendo, mediante los cables de pretensado, a las anteriormente montadas. Estas dovelas tenían longitudes desde 3 a 6 metros, con peso hasta 160 toneladas. Se montaban a la orilla del río, junto al puente, enlazando las cuatro piezas del cajón sobre una bancada preparada, vaciando el terreno con la forma exacta del intradós del cajón. Las dovelas se llevaban por flotación sobre barezas hasta debajo del voladizo ya construído, elevándolas mediante potentes grúas, que permitían sostenerlas adosadas contra las anteriores mientras se realizaba el rejuntado entre ambas y el pretensado, que las enlazaba definitivamente. Este pretensado se hacía mediante cables tipo Korowkin, con mazos de 7×7 , alambres de 3 mm. (fuerza útil: 35 Tn.), dispuestos en forma de horquilla, que revolvían en la dovela, yendo a anclarse en uno de los contrapesos extremos. El ritmo de avance en los voladizos fué de 0,58 m. l. de puente cada día, lo que suponía transportar y terminar de colocar una dovela cada cuatro días. Las cantidades de materiales por metro cuadrado fueron como media para los tres vanos: 1,18 m.³ de hormigón, 86 Kg. de acero pretensado y 203 Kg. de acero normal.

El puente de Medway está constituído por una obra principal de tres vanos: $95,25 + 152,40 + 95,25$, que salva el cauce normal del río, y sendos viaductos para el desagüe máximo, que son tramos continuos con vanos desde 41,15 a 30,50 metros. La longitud total es de 1.000 metros aproximadamente. Sirve a una calzada de $2 \times 17,30$ m. para tres vías en cada dirección, dos pistas de bicicletas y aceras extremas.

La obra principal está constituída por dos tramos avanzando en ménsula dentro del vano central hasta definir una luz de 30,40, que se salva mediante tramo sim-

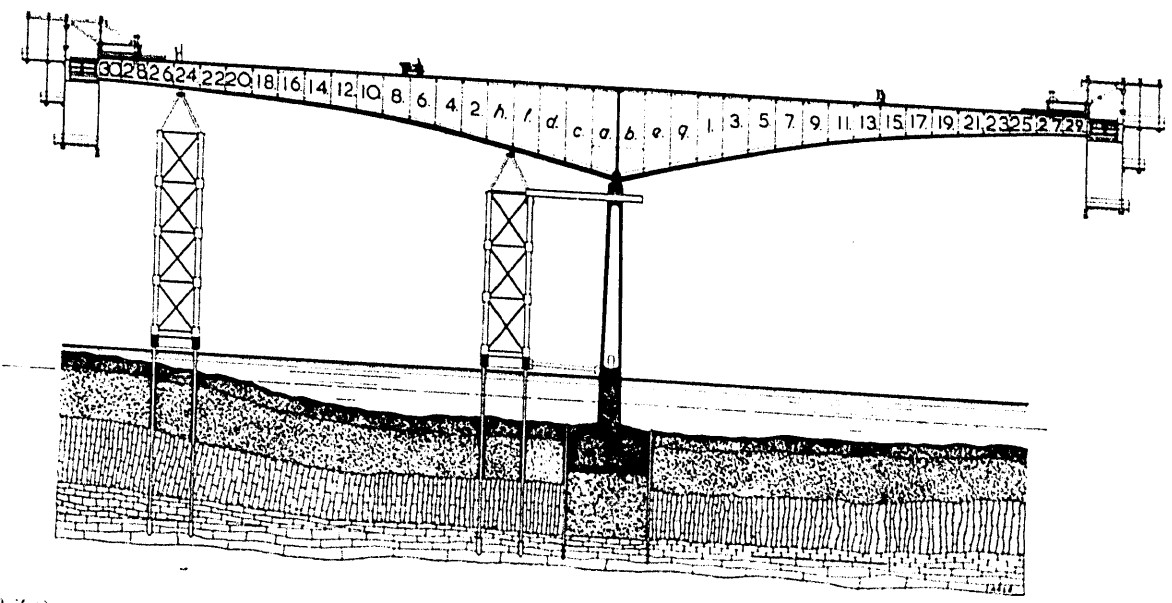
PUENTE SOBRE EL MEDWAY EN LA AUTOPISTA M2, INGLATERRA

Ingenieros: FREENAN, FOX & PINERS
 Constructores: J. L. KIER, CHRISTIANI & NIELSEN



Vista general del puente. Foto: Concrete & C E.

Proceso constructivo del tramo central.



plemente apoyado sobre las ménsulas. Los tramos con ménsula se construyeron por voladizos sucesivos, arrancando hacia ambos lados desde las pilas centrales y utilizando pilares metálicos auxiliares que se iban trasladando en el vano de 95,25. Las ménsulas se ejecutaron como voladizos puros, utilizando el mismo sistema Dywidag con avances cada 10' (3,05 metros), pero el tramo central que sobre ellos apoya y todos los dinteles de los viaductos de acceso se prefabricaron por vigas enteras en taller de obra, y se lanzaron longitudinalmente, utilizando un tramo metálico auxiliar.

Los tramos principales se organizan transversalmente en dos cajones gemelos tricelulares con altura variando desde 2,74 en extremos a 10,82 sobre apoyos centrales. El tramo intermedio, que consta de cuatro vigas cajón en cada mitad, tiene también intradós curvo, disminuyendo hasta 2,30 en el centro. El puente se abrió al tráfico en mayo del pasado año.

El puente de Bendorf, en construcción, sobre el Rin, será el récord de luz libre en puentes pretensados, pues aunque el de Maracaibo tiene tramos de 235 m. entre ejes, la luz libre que les corresponde es de 200 m. a nivel de zócalo de cimientos.

Salvará el Rin a 8 Km. al norte de Coblenza, dando paso a la autopista Colonia-Francofurt por Montabaur-Westerbald. Tiene una longitud de 1 030 m., correspondiéndole a la zona de puente propiamente dicha una longitud de 524,50, que se descompone en siete vanos de 43 + 44,25 + 71 + 208 + 71 + 44,25 + 43. El ancho es el normal de puentes de autopistas, con dos calzadas de 7,50 m., mediana de 3, aceras de 1,72 y 3,14 m., dos fajas de circulación lenta de 2,50 m. y cuatro fajas de separación de 0,75. En total 30,86 m., que se materializan en tablero cortado por el eje a todo lo largo del puente.

Cada uno de los dos dinteles adosados se organiza en viga cajón única con altura variable desde 4,40 m., en sección central hasta 10 m. sobre los apoyos. Los diafragmas verticales están separados 6,35 m. entre caras internas, y tienen 30 cm. de espesor. La armadura de pretensado es de barras de 32 mm., sistema Dywidag, con resistencia 80/105. El hormigón tipo B.450, con 350 Kg./m.³, trabaja a una tensión máxima de 130 Kg./cm.².

Los pilares centrales son solidarios del dintel, formándose así dos unidades T, asimétricas, enlazadas por articulación deslizante en el centro. Tienen un espesor de 2,80 m., y perfil trapezoidal a partir del fondo de la viga. Se han cimentado en el terreno firme mediante cajones de aire comprimido hasta 11 m. de profundidad.

La zona principal del puente está en construcción por las Empresas Dyckerhoff & Widmann y Grün & Bilfinger. La zona de avenidas la construye Wayss & Freytag. El proyecto de la totalidad es de U. Finsterwalder. El presupuesto es de 21 millones D. M.

Se construye por voladizos sucesivos a partir de las pilas centrales por secciones de 3,50 m., según el sistema Dywidag, sólo el vano central, los restantes se han construido directamente sobre cimbra. Actualmente se ha terminado uno de los voladizos, es decir, medio vano central, faltando el otro medio, al cual se ha trasladado el mismo andamio. El puente quedará en servicio dentro del año actual.

Las posibilidades constructivas de los viaductos urbanos las tenemos en realizaciones como la de la arteria elevada de Shibuya en Tokio, con vanos de luz variable desde 37 hasta 81 m., construída por voladizos sucesivos sin estorbar el tráfico congestionado de la ciudad; la del viaducto de acceso al puente sobre el Tajo, en Lisboa, con vanos de 70 metros a gran altura, construída por análogo sistema, sin

PUENTE DE BENDORF SOBRE EL RIN

FINSTERWALDER-DYWIDAG. — Luz máxima 208 m.

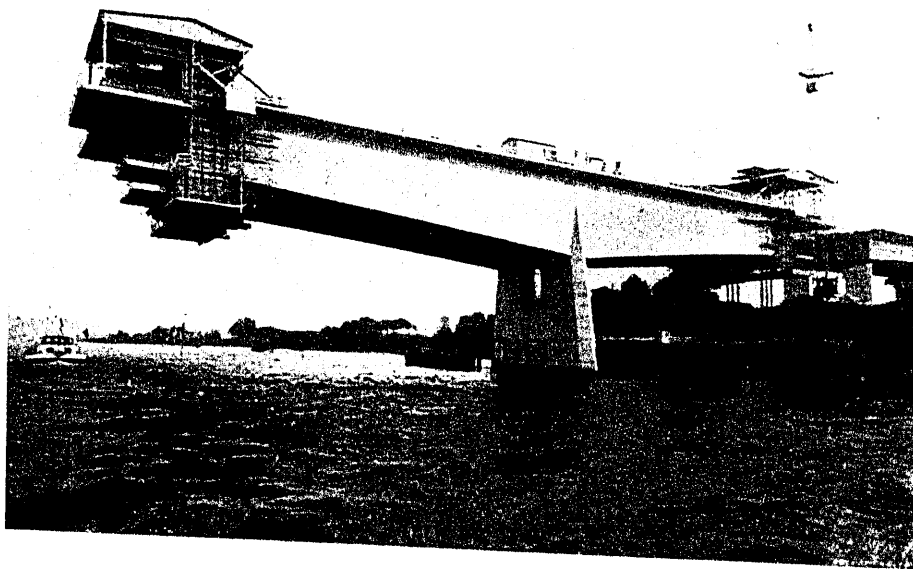
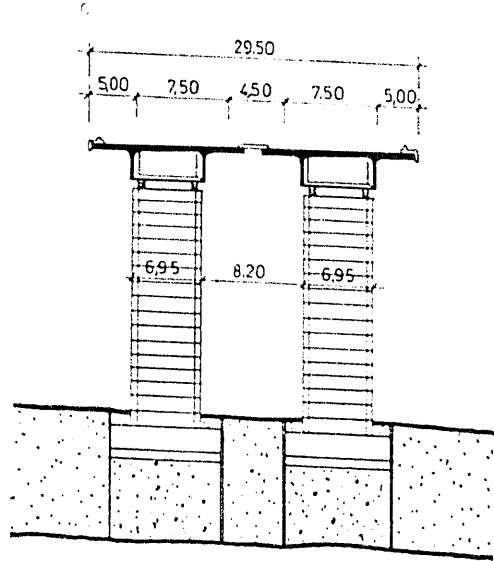
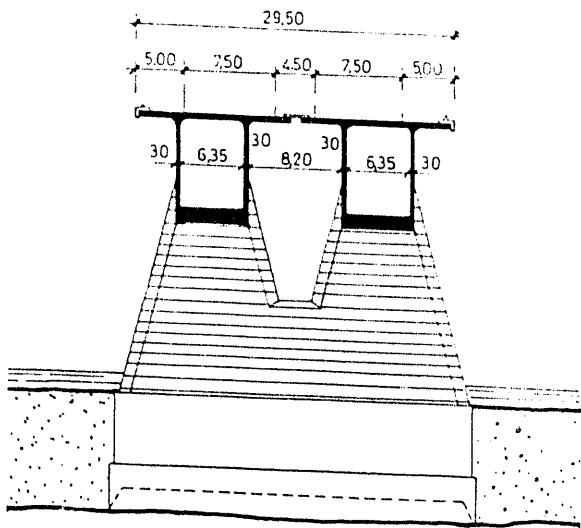
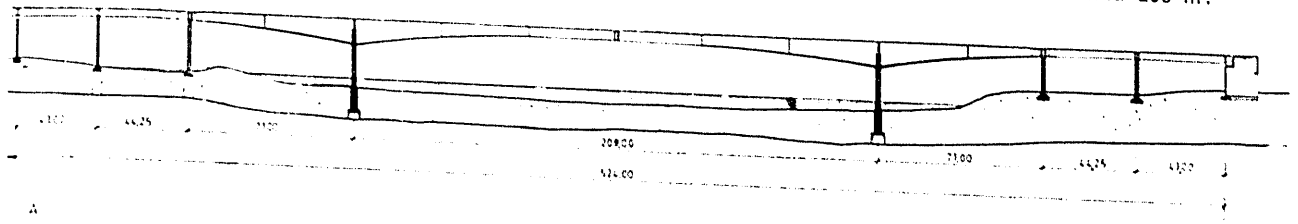
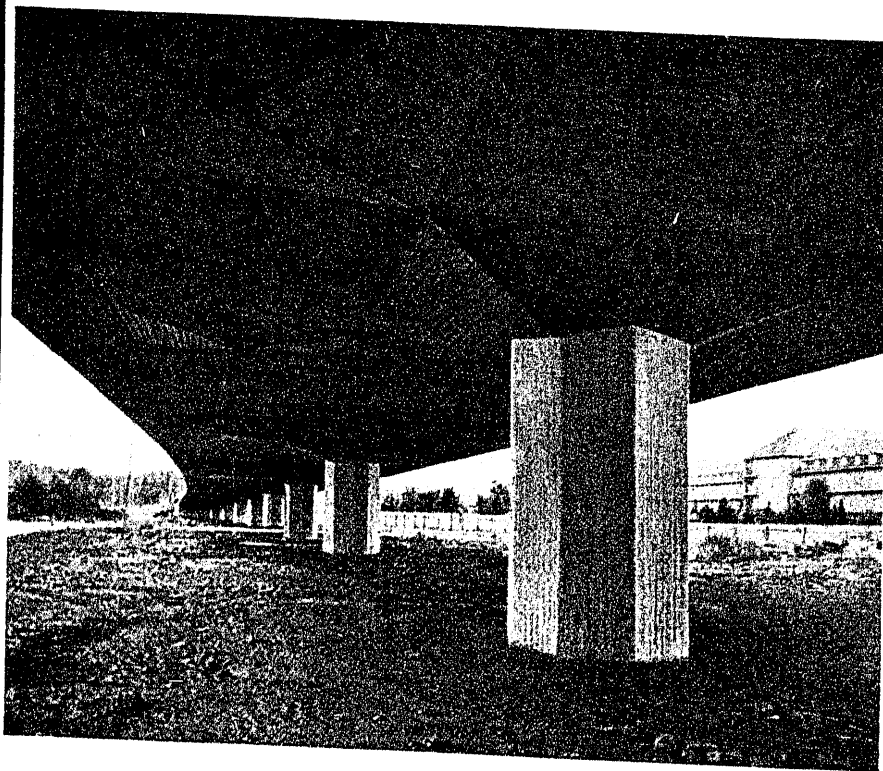


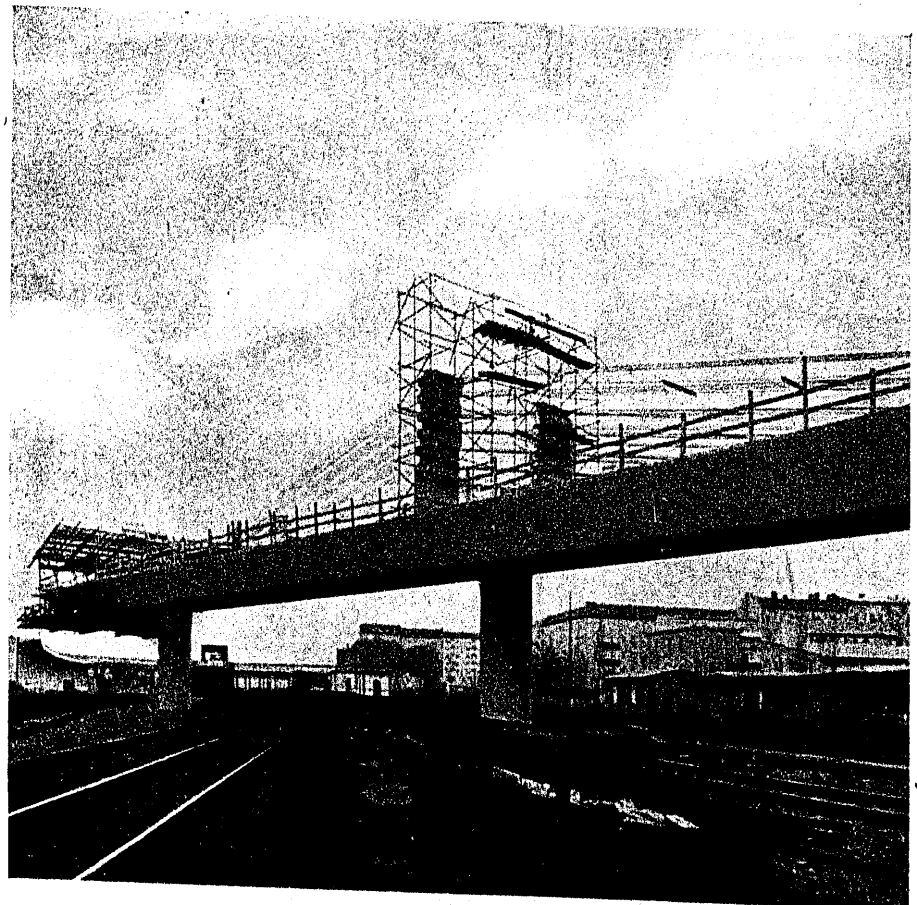
Foto: Stiebel Archivo Dywidag

MARZO 1964

PUENTES CONSTRUIDOS POR VOLADIZOS SUCESIVOS



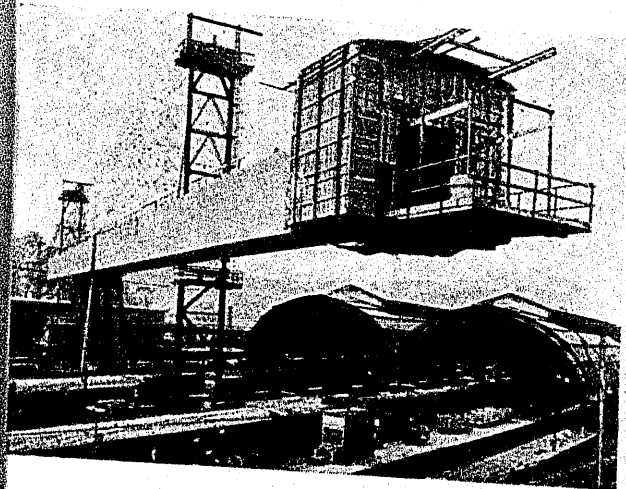
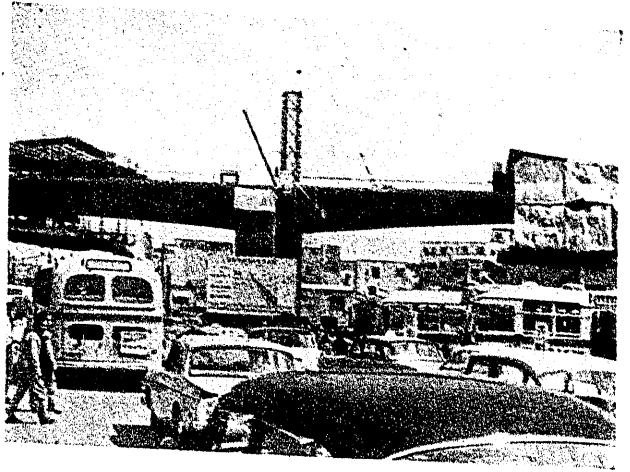
VIADUCTO STADTFELDDAMM HANNOVER
Construcción de hormigón.
Luzes, 30 m ; ancho, 20,5 m ; largo, 439 m.
DYCKERHOFF & WIDMANN



Viaducto del Westend en el
camino de ronda de Berlín.
Luz máxima, 38 m.

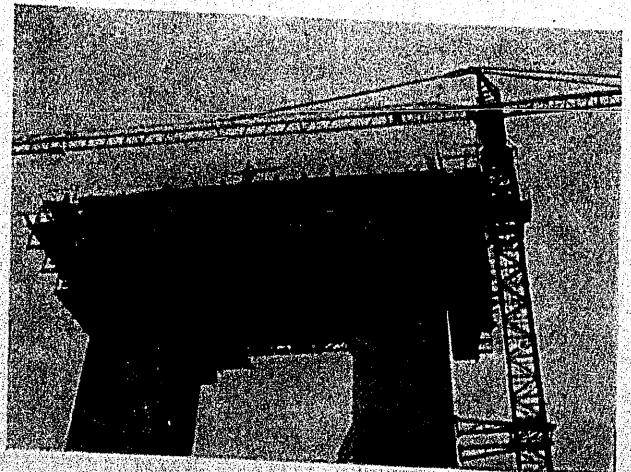
Foto: Archivo Dywidag

Viaducto urbano de Shibuya (Tokio).
Luces: 45-81-45-37-39-46 m.
Ancho: 16,5 m.
Dywidag por Sumitomo Construction
Co. Ltd. y Kajima Construction Co.
Ltd. Tokio.

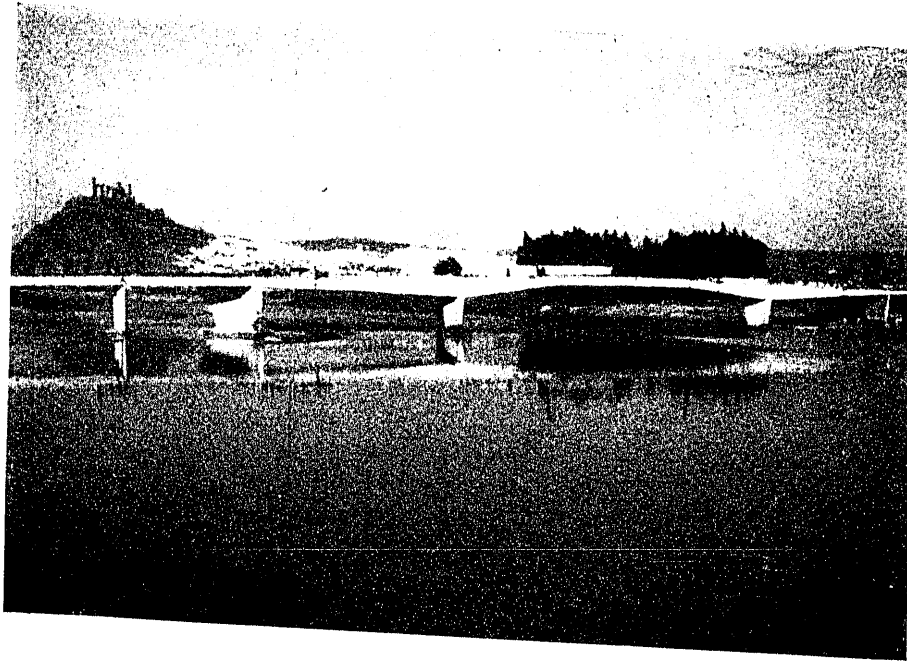
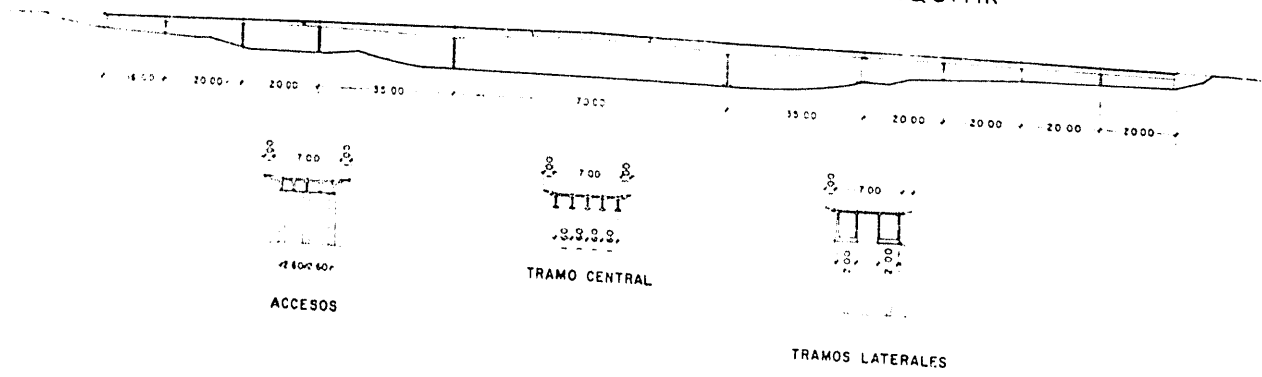


Puente para transporte de correo,
Hogen (Westfal) construido por
Dywidag. Luces: 2×90 m.

Viaducto de acceso al puente sobre
el Tajo en Lisboa. Luces: 70 m.

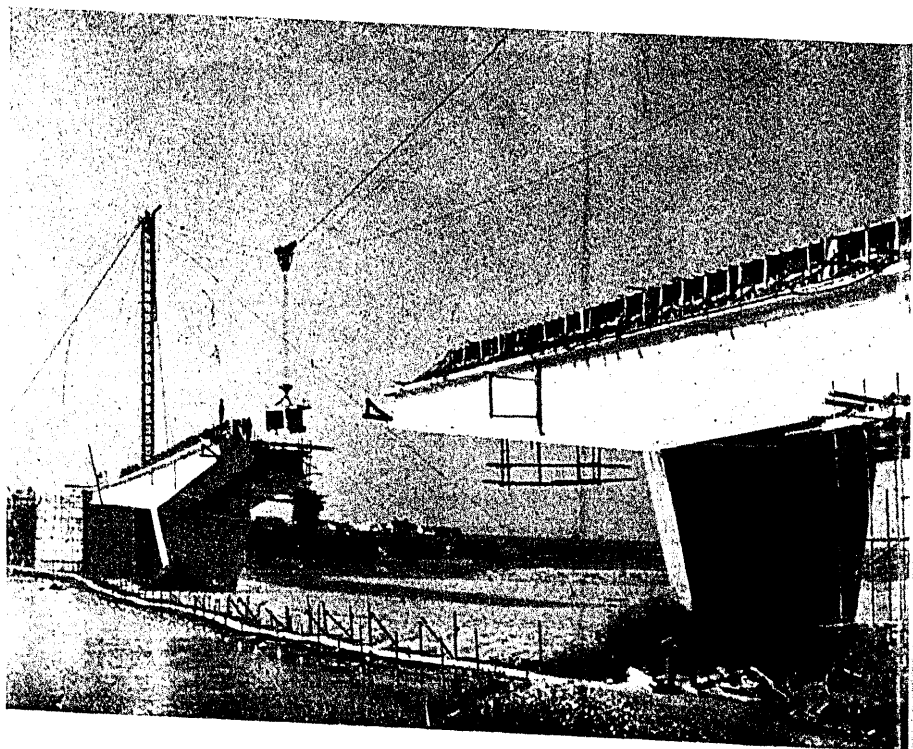


PUENTE DE ALMODOVAR SOBRE EL GUADALQUIVIR

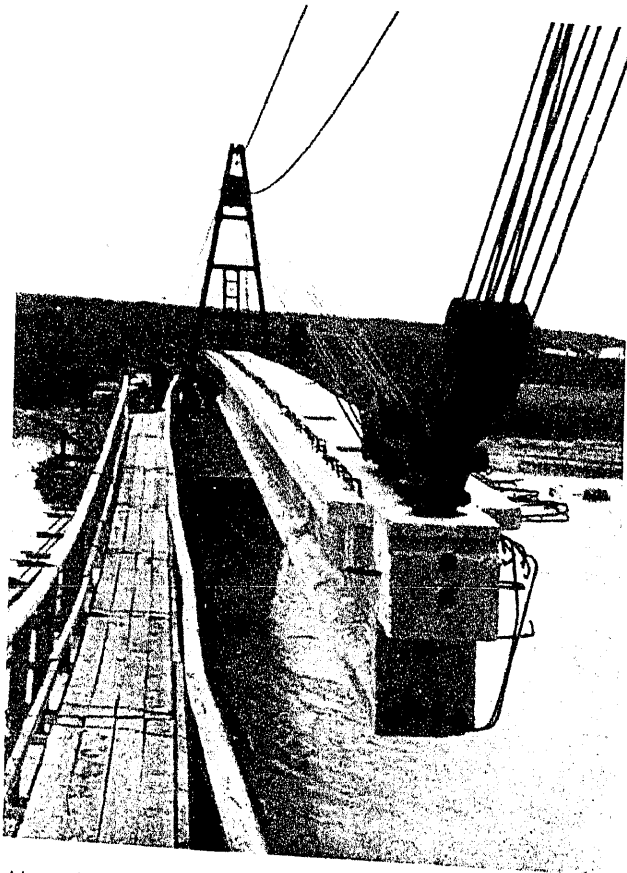


Vista general del puente

Montaje de los voladizos por dovelas.



necesidad de expropiaciones. También es interesante el caso de la pasarela para transporte del correo, pasando por encima de las vías de la estación de Hagen (Alemania) con dos vanos de 90 m., construídos en voladizo. La transparencia de las soluciones pretensadas destaca en puentes como el de Westend, en la autopista periférica de Berlín, con vanos de luz variable hasta 38 metros, y pilares cilíndricos de 2,50 metros, o en el viaducto de Stadtfeldamm, de Hannover, con luces de 30 metros y ancho de plataforma de 20,50.



Montaje de las vigas centrales (Puente de Almodóvar).

En España hay actualmente en construcción un gran número de puentes pretensados, la mayoría de ellos de tramos simplemente apoyados, construídos por prefabricación de vigas con montaje por lanzamiento longitudinal y puente metálico auxiliar, con hípodas y cables, y excepcionalmente mediante elevación por el costado, colgados de mecanismos situados en las cabezas de pilas. Al primer sistema pertenece el puente del río Tinto, en San Juan del Puerto, de tres tramos de 35 metros de luz, con proyecto nuestro. Por el último sistema se ha construído el de Alarza, sobre el Tajo, inundado por el embalse de Valdecañas, con proyecto de Martínez Santonja.

En tramo compensado con voladizos se ha terminado el puente "Eduardo Torroja", sobre el río Alhama, en Corella, con una luz útil de 50 m., prolongado en voladizos de 10 m. por cada lado. Se organiza en dos vigas en cajón triangular

enlazadas por el forjado superior, que es de hormigón armado normal. En el número anterior de la Revista se publicó un artículo sobre este puente.

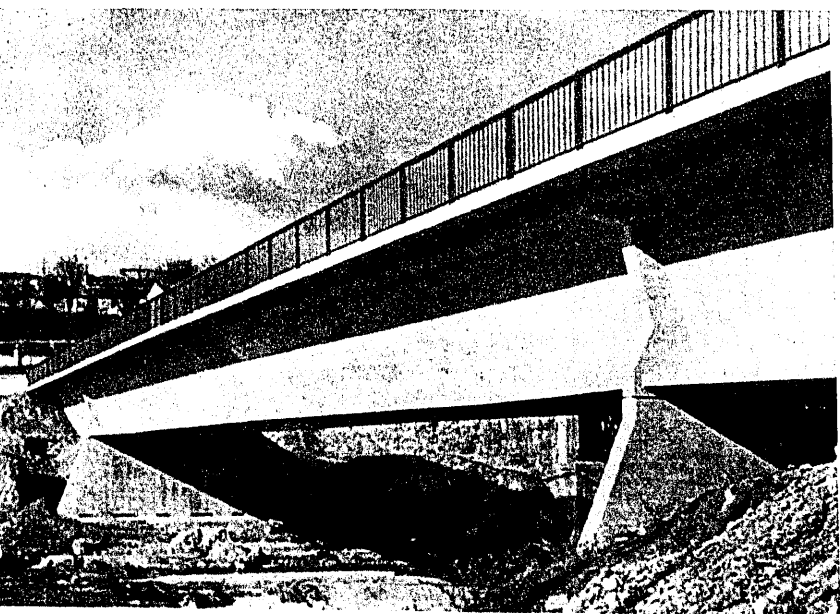
Otro puente que se cerró en este año, aunque no está todavía en servicio, es el de Almodóvar, sobre el Guadalquivir, con una obra principal de tres vanos: $35 + 70 + 35$ m., flanqueada por tramos de acceso de 20 m. a ambos lados. La obra principal se organiza estructuralmente en dos tramos que salvan los vanos laterales de 35 m. y avanzan otros 20 dentro del central, en ménsulas que soportan un tramo simple independiente de 30 metros.

Los tramos laterales constan de dos vigas cajón con altura variable desde 1,20 a 3,25 m., habiéndose construido "in situ" los vanos laterales sobre andamio, pero por prefabricación, tanto las ménsulas del interno como el tramo central, simplemente apoyado sobre ellas. En la construcción de aquéllas hemos utilizado el sistema de avance en voladizo por dovelas prefabricadas. Es la primera vez que aplicamos el procedimiento, pero este puente era el tercero del Guadalquivir en que proyectábamos solución análoga, y ya en el año 1958 lo habíamos previsto en el proyecto del puente Zaza, en Cuba, con solución estructural de pórtico simple de estribos en célula triangular. Este proyecto ganó el premio al mejor proyecto en el concurso internacional correspondiente, pero no se construyó por existir otro proyecto que mejoraba el plazo, condición fundamental en dicho concurso.

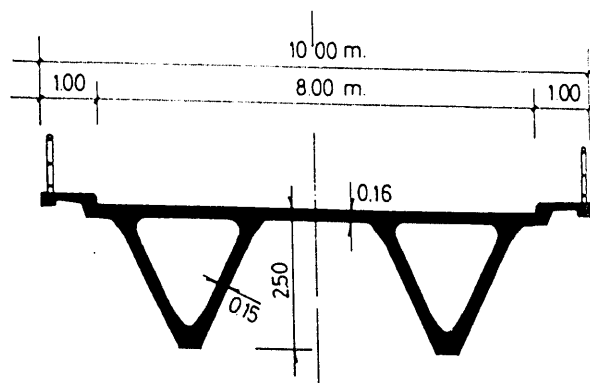
Las dovelas del puente de Almodóvar pesaban 7 Tn. como máximo, llevándose al sitio por blondín, y cosiéndose a las anteriores mediante pretensado Dywidag. Para el montaje de las vigas, de 30 m., del tramo central se utilizó el procedimiento de bípodes y cables.

En el puente de Kranoholmski que se construyó también como ya hemos visto por dovelas en voladizo, éstas llegaron a pesar 160 toneladas.

En puentes de hormigón armado normal está en construcción el puente sobre el Ebro, en Zaragoza, con dos arcos de 65 m. Durante el año se terminaron los dos puentes de la Riera de Rubí, en el pueblo de este nombre, dentro de la serie de reconstrucciones correspondientes a la trágica riada de la zona del Vallés. La estructura longitudinal es una T, con los extremos apoyados salvando dos luces de 21,50 metros.



Puente Eduardo Torroja
sobre el río Alhama, en Corella.



Sección transversal