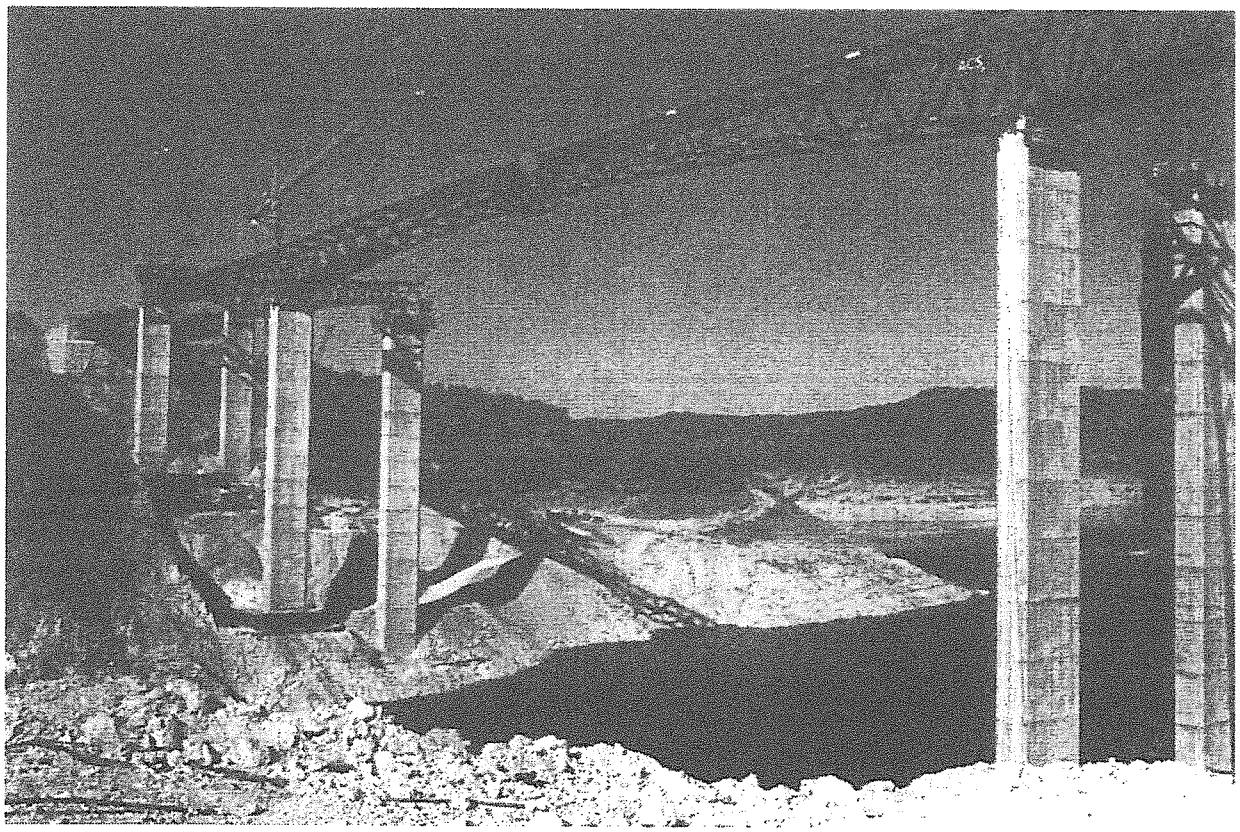
VIADUCTO DEL EMBALSE DE CONTRERAS
N-III, AUTOVÍA MADRID-VALENCIA

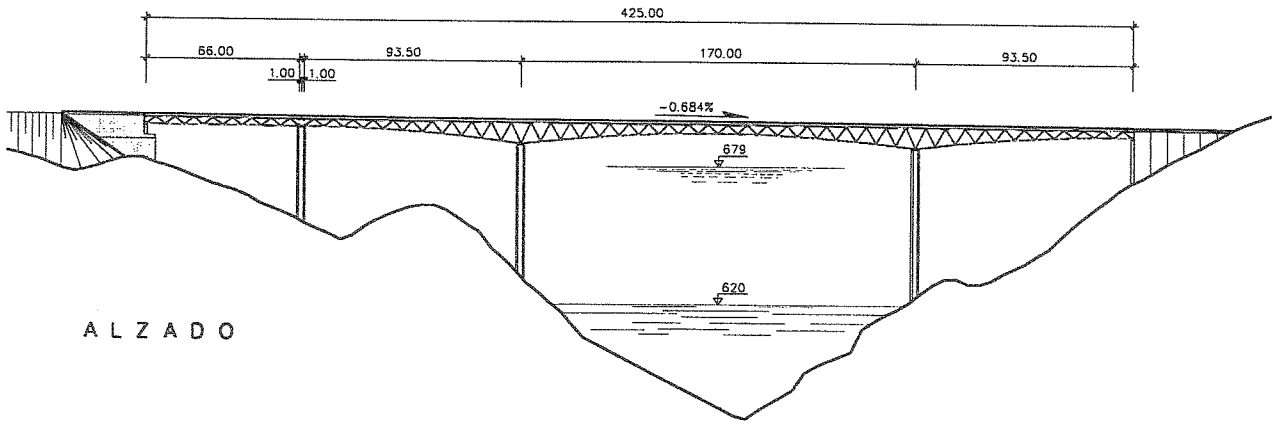
Ponente: Julio Martínez Calzón



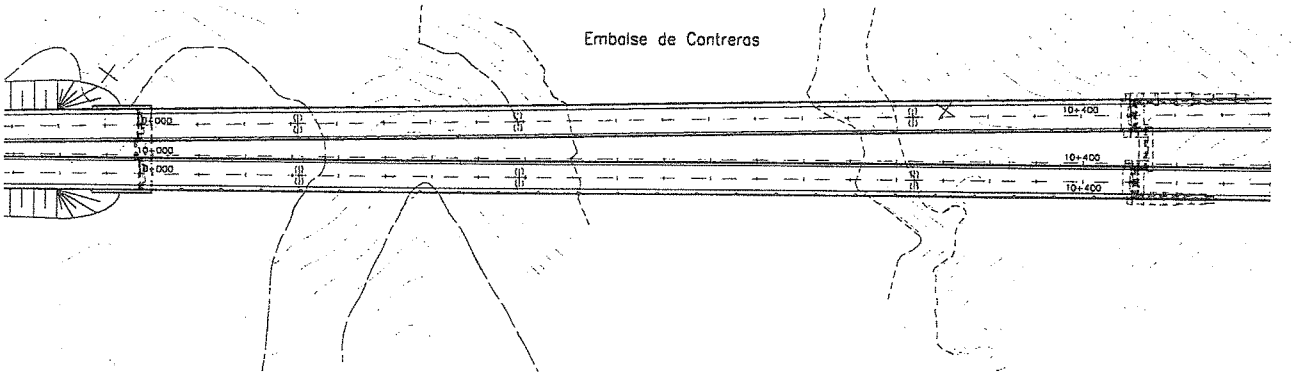
Autor del Proyecto	MC-2 ESTUDIO DE INGENIERÍA Julio Martínez Calzón Jorge Bernabeu Larena Juan Jesús Álvarez Andrés
Propietario	DEMARCACIÓN DEL MINISTERIO DE FOMENTO EN VALENCIA Tomás Prieto
Empresa Constructora	ACS
Consultor del Tramo	EUROESTUDIOS

El Viaducto del Embalse de Contreras se constituye mediante dos estructuras gemelas y separadas, con tableros en celosía mixta continua de tres tramos de canto variable de luces 93.5 – 170 – 93.5, y un vano de acompañamiento de 66 m también en celosía pero de canto constante, simplemente apoyado, que completa una longitud total de 426 m para cada calzada.

Las estructuras se cierran mediante dos enormes estribos de gran altura, pero que debido a las dimensiones del puente y, sobre todo, a la importante fuerza paisajística y formal del entorno, se combinan apropiadamente para formar un conjunto muy equilibrado y armónico.



ALZADO



PLANTA

1. ESTRUCTURA DEL DINTEL

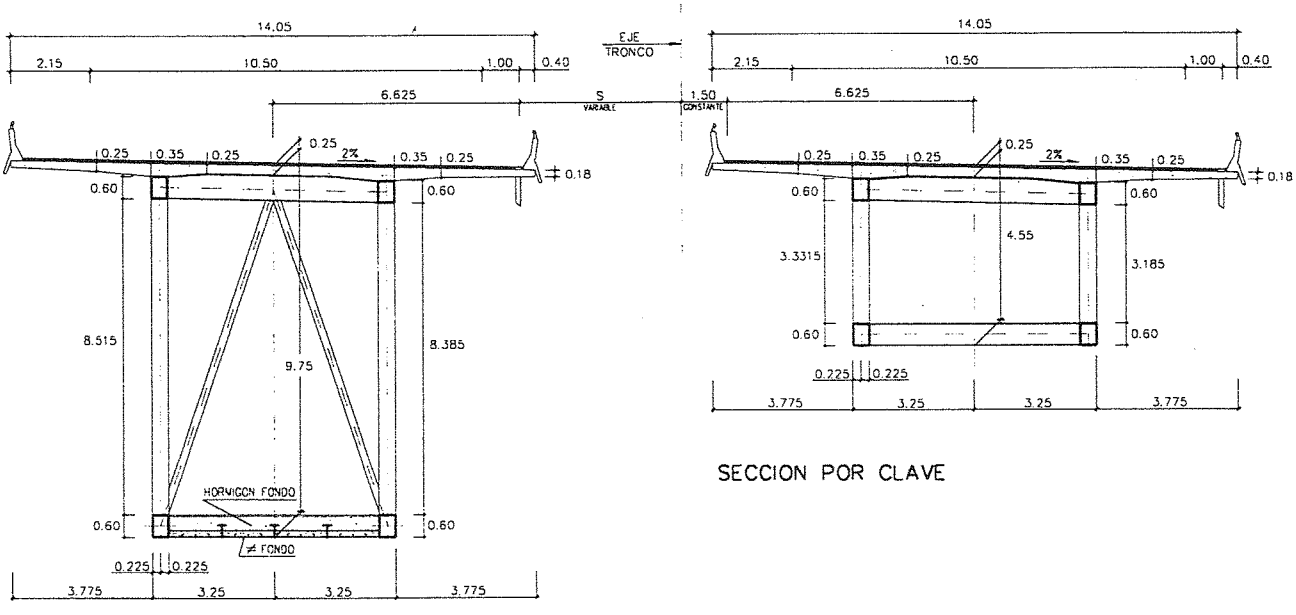
La tipología estructural de cada uno de los dos tableros separados del puente es la de celosías gemelas de doble acción mixta armada sobre pilas prismáticas de hormigón. Cada tablero está compuesto por dos grandes cuchillos de celosías tipo *Warren*, de canto

máximo total de 10 m sobre pilas principales, 4.80 m en clave y 4.00 m en arranques y vano de acompañamiento; estas dos celosías, separadas 6.05 m entre ejes y 45 cm de anchura cada una, soportan una losa de hormigón de espesor variable entre 35 cm en las zonas sobre dichas celosías, 25 cm en la mayor parte de su vano central y variable entre 25 y 18 cm en las dos zonas voladas con luces de 4 m, contados desde el eje de ambas celosías, y completándose así la anchura total requerida de 14.05 m para cada plataforma.

En las zonas próximas a las pilas principales, el espacio entre cordones inferiores de ambas celosías se maciza de hormigón con una losa de espesor variable entre 20 cm en las zonas más alejadas de dichas pilas principales y 55 cm en los ejes de las mismas.

Asimismo, ambas celosías se unen entre sí, además de por la losa del tablero y la losa de fondo, mediante perfiles transversales, dispuestos entre nudos homólogos superiores e inferiores de ambas celosías. Dichas celosías son de cantos ligeramente diferentes, de manera que, manteniendo el borde inferior horizontal, permiten que la losa se incline con el valor del peralte requerido 2%, lo que determina una diferencia de alturas constante de 12.1 cm entre ambas celosías.

El sistema antedicho se completa mediante ocho celosías transversales o mamparos en K para cada calzada, dispuestas en las líneas de apoyo de estribos y pila secundaria, y en los planos en V que incluyen las diagonales que atacan al nudo inferior de apoyo de las celosías en las pilas principales.



Todas las secciones de los elementos de los cordones principales superior e inferior de las celosías, tanto principales como del tramo de acompañamiento, están constituidas por cajones de 60 cm de canto y 45 cm de ancho, de sección constante a lo largo de su longitud, y que se unen entre sí a los nudos mediante parejas de cartelas ubicadas en ambos planos laterales, y que mantienen el ancho exterior de 45 cm indicado. Las diagonales presentan en todos los casos cantos de 40 cm manteniendo la anchura de 45 cm. De esta manera ambos planos laterales exteriores de cada celosía son totalmente continuos, y todas las variaciones de espesores de las chapas que constituyen las piezas se llevan a cabo hacia el interior del espacio de 45 cm existente entre tales planos.

2. LOSA DEL TABLERO

La losa del tablero es de hormigón armado, tanto en el comportamiento local transversal, trabajando como losa apoyada en los cajones de los cordones superiores de las dos celosías paralelas; como en el sentido longitudinal actuando como cabeza de compresión o tracción de las grandes piezas de celosías gemelas; como, finalmente, en un trabajo global de gran viga pared continua de la longitud total del puente, que permite –en conjunción con un trabajo vinculado a ambos sistemas de celosías: viga continua y viga isostática del vano de acompañamiento– transferir en la forma más adecuada las acciones transversales del puente hasta las pilas y estribos.

3. PILAS

La forma de estas pilas es la de fustes prismáticos verticales huecos, de sección constante de forma de octógono mixtilíneo semi-irregular en su superficie exterior y hueco interior rectangular. Exteriormente las dimensiones máximas son de 8 x 3.20 m e internamente 6.40 x 1.80 m, con lo cual los espesores son variables a lo largo del contorno entre 0.4 y 0.8 m. Dichos fustes se macizan en su parte superior, para recibir al sistema de apoyos definitivos y provisionales de montaje. En su parte inferior, en el contacto con las zapatas mantienen su forma.

3.1 Pilas principales

Recogen prácticamente la estructura del tramo principal continuo, resistiendo las acciones verticales y horizontales transferidas por el tablero.

En dirección longitudinal, se limita su desplazamiento en cabeza a un valor máximo de 15 cm, al disponerse topes extremos que coartan el movimiento longitudinal de la losa del tablero en ambos estribos. Las alturas de estas pilas están en un entorno de 70 m y el dimensionamiento básico de los prismas en segundo orden viene determinado fundamentalmente por los estados de construcción, en los cuales actúan en ambos sentidos como ménsulas libres, sin ningún tipo de coacción en cabeza.

El apoyo del tablero en estas pilas se efectúa mediante elementos fijos para los apoyos principales situados bajo las celosías, y apoyos de neopreno auxiliares, bajo el travesaño central ubicado en el interior de la losa de hormigón de fondo, para recoger estrictamente las acciones de desvío producidas por la losa inferior, sin tener que transferirlas a los apoyos exteriores principales.

3.2 Pilas secundarias

Dispuestas en la unión entre tramo principal y tramo de acompañamiento, su altura se sitúa en torno a los 42 m y al igual que en las principales, sus solicitaciones más desfavorables se presentan en las fases de ejecución, entre las cuales debe señalarse expresamente que ha de recibir a alturas desfasada 4.20 m el tramo principal y el tramo de acompañamiento en su fase inicial de soporte de paso del principal, situado 4.20 m por debajo de su posición definitiva. Todos los apoyos del tablero en esta pila son de tipo monodeslizantes.

4. ESTRIBOS

Los dos estribos, aunque con unos elementos de remate de caracteres semejantes, y en clara correlación con las pilas, para tratar de lograr una unificación visual realzadora del conjunto, presentan tipologías muy diferentes.

Por un lado, el estribo Madrid o estribo 1, debido a su ubicación en una zona de gran longitud del acceso situada en una zona sumergida por las aguas de la cota máxima de embalse, presenta la necesidad de incluir un gran relleno de escollera en orden a abaratar dicho acceso. Sobre este relleno se ubica el estribo propiamente dicho, de unos 20 m de altura total, que se forma mediante una solución del tipo de tierra armada, con muros flexibles de escamas y sobre dicha zona de tierra armada los cargaderos de reparto de las reacciones provocadas por los apoyos de los vanos laterales de acompañamiento.

Debido al proceso constructivo de empuje y giro del sistema de celosías completas, dicho estribo debe presentar una doble disposición. Una inicial de apoyo del tablero a la cota –8.40 m por debajo de la cota superior de losa definitiva, y otra, final de apoyo del tablero en su posición final, a la cota –4.20 m.

El estribo lado Valencia (Estribo 2) es de tipo tradicional con aletas de altura variable paralela al eje del puente.

El frente de este estribo se compone de dos zonas, cada una de la anchura de cada plataforma, ligeramente adelantadas; y una zona central ligeramente retranqueada respecto a las dos anteriores. Estas últimas se completan con la inclusión de dos "pastillas" frontales, a modo de grandes pilastras adosadas a los frentes planos antedichos, que reciben directamente las cargas de los apoyos situados bajo las celosías, en forma semejante al caso del estribo opuesto. Las aletas se disponen en forma escalonada para irse acoplando a la rápida variación de cota del terreno, muy inclinado en esta zona.

Todo el sistema se dimensiona como cuerpo rígido espacial único, teniendo en consideración las zonas verdaderamente apoyadas en cada caso.

Asimismo, debido a que el estribo puede llegar a quedar inundado parcialmente, se han considerado las acciones de tipo hidrostático y unos desagües apropiados para reducir el mínimo tales cargas durante los vaciados rápidos que puedan darse en el embalse a lo largo del tiempo.

5. PROCESO CONSTRUCTIVO

En términos generales puede decirse que el método constructivo es del tipo de empuje y giro completos por semipuentes en el tramo continuo; completado por un montaje por doble elevación para el vano de acompañamiento.

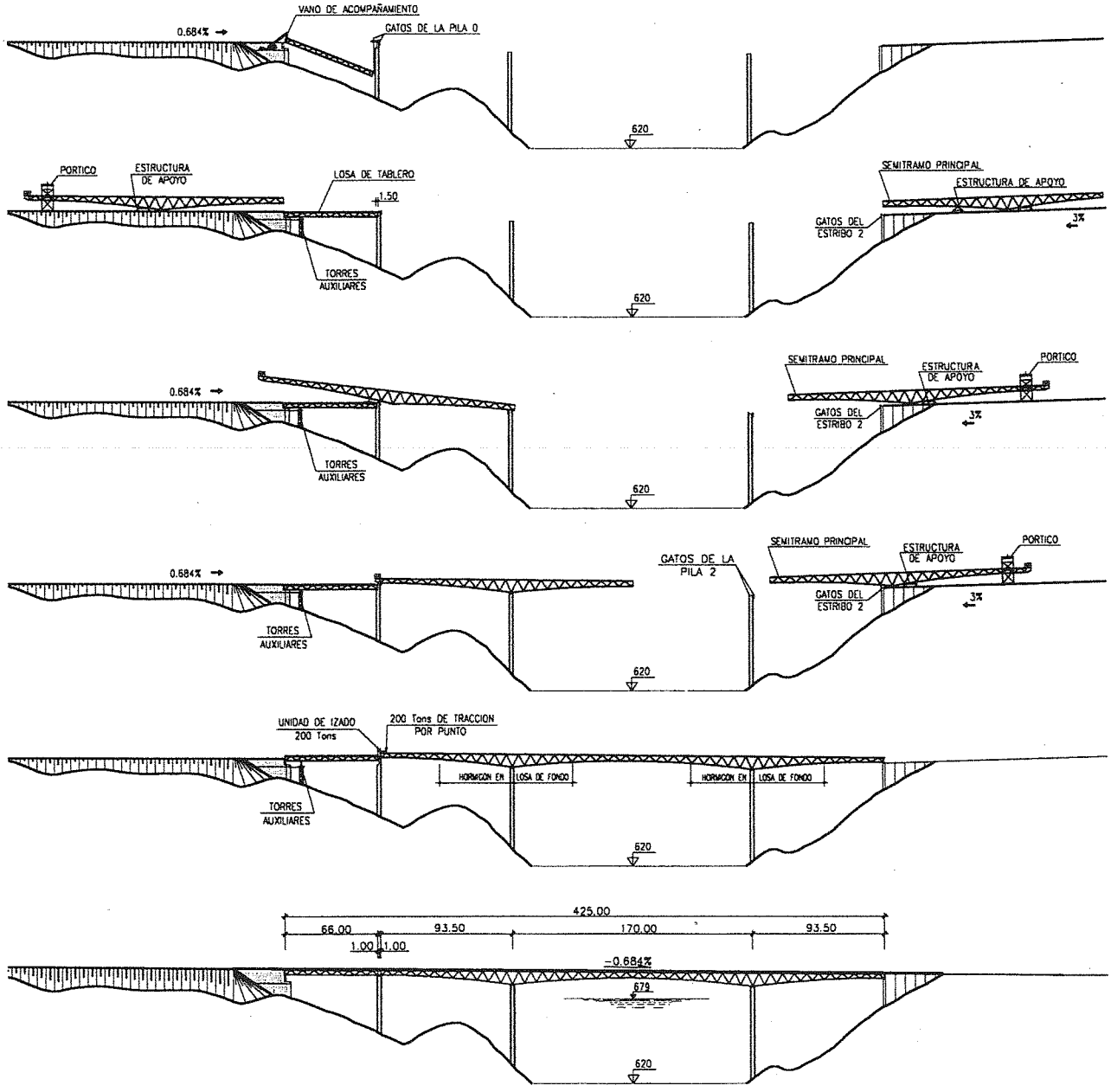
El proceso constructivo en sus diferentes fases, es el siguiente:

1. Cimentaciones de las pilas y estribos. Arranque de fustes de pilas.
2. Alzados de estribos hasta alcanzar la cota relativa de apoyo: -8.40 en E1, -4.20 en E2.
3. Ejecución de alzados de pilas principales hasta la coronación del fuste.
4. Ejecución del alzado de las pilas secundarias P0 con una división en su parte superior. En media pila, la correspondiente al vano principal, se alcanzará la cota de coronación; en la otra media, correspondiente al apoyo del vano de acompañamiento, se limita a efectuar el remate a la cota –4.20.
5. Ubicación de los elementos de elevación del vano cero en la pila P0 y en el estribo E1.
6. Posicionamiento y remate de la estructura metálica del vano cero de acompañamiento. Disposición inclinada entre las paredes extremas del estribo E1 y de la pila P0.
7. Elevación global del tramo metálico del vano cero, hasta la cota –8.40 respecto a la rasante. Posicionamiento de apoyos en pila y en torre auxiliar.
8. Realización de las losas del tablero de los vanos cero, a excepción de 1.50 m de la zona extrema de pila P0, para dar la apropiada continuidad global de la losa.
9. En paralelo con las actividades 5 a 8, montaje sobre terraplenes y rellenos de los estribos de las estructuras metálicas de los tramos principales sobre las pistas de rodadura.
10. Realización de análogas pistas de rodadura sobre los tramos cero.
11. Ejecución de la estructura de cada semitramo principal.
12. Colocación de colas traseras, contrapesos traseros de 170 t y montaje de un pórtico de retenida de elevación situado muy próximo al contrapeso extremo. Este pórtico, con sus sistemas de rodadura y un gato superior de tiro, presenta una doble misión:
    - Retener y controlar la acción del contrapeso extremo durante las fases de rodadura.
    - Regular con su tiro y la retirada gradual de contrapeso de la maniobra de giro.
13. Colocación de los gatos de control y de ajuste en los estribos.
14. Colocación de los sistemas de tiro en las pilas principales, así como de los sistemas auxiliares de arriostramiento lateral de la estructura al terreno.

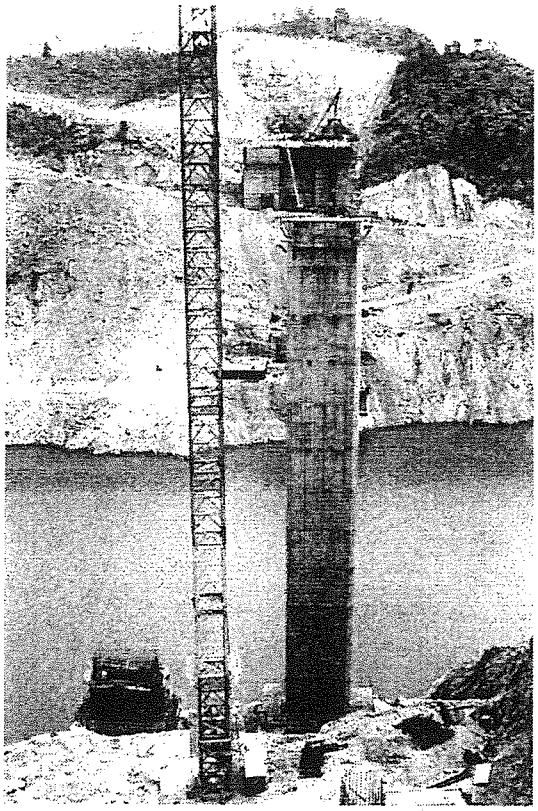
15. Inicio del proceso de rodadura sobre patines de cada semitramo principal completo hasta un punto próximo al borde del estribo.
16. Cambio del sistema de gatos a la disposición en cuaterna durante la fase de giro.
17. Continuación del proceso de rodadura hasta el momento en que el extremo de avance frontal del semitramo se sitúa por encima de los apoyos provisionales de gatos.
18. Inicio del proceso de giro del semitramo principal mediante tiro del gato del pórtico de rodadura. Se alcanza primero el contacto estricto del frente del semitramo con los gatos de la pila principal, pero se continúa la acción de giro mediante sucesivos tiros del gato del pórtico y descargas del contrapeso extremo, hasta alcanzar una reacción suficiente en los apoyos frontales de recepción. Cambio del apoyo fijo en patines a gatos.
19. Segunda fase de rodadura con la pieza inclinada hasta alcanzar el extremo de la zona recta de apoyo en pila.
20. Descarga de los gatos dorsales y transferencia de su carga a los frontales, provocando solicitaciones excéntricas sobre pila principal.
21. Rodadura y paso de la zona recta de apoyo sobre la línea de gatos dorsales de pila principal. Nueva puesta en carga de los gatos dorsales, provisionalmente descargados.
22. Finalización de la rodadura sobre la totalidad de los gatos de la pila principal.
23. Posicionamiento y ajuste de la estructura del semitramo sobre los apoyos de la pila principal y bloqueo del tramo sobre el apoyo en pila P0.
24. Si el semitramo es inicial, aquí culmina el montaje del mismo.
    Si el semitramo es final, se lleva a cabo el soldeo de unión entre semitramos terminando el montaje del tramo principal de celosía.
25. Preparación del sistema de elevación del tramo cero desde la posición de rodadura anterior, hasta su posición final 4.20 m más arriba.
26. Elevación del tramo de acompañamiento; retirada de los apoyos y colocación de los fustes metálicos de apoyo. Retirada del sistema de elevación y fijación provisional del tramo cero a la estructura del tramo principal.
27. En paralelo con las fases 25 y 26, preparación y control de los elementos de encofrado perdido y armaduras de la losa inferior que permitirán construir la losa de fondo en el tramo principal.
28. Hormigonado de la losa de fondo.
29. Colocación de los carros de ejecución de los voladizos de la losa del tablero. La zona central del mismo, entre vigas de celosía, se realiza sobre chapa plegada.
    En paralelo se completan los remates de los estribos y las coronaciones de pilas.

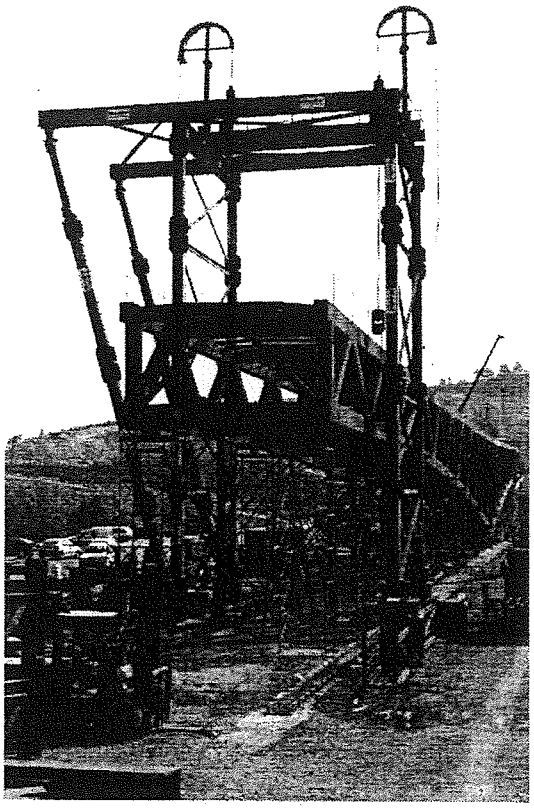
30. Hormigonado del tablero en su etapa primera, que alcanza la zona central del vano principal, en sucesivas puestas de los carros desde el centro.
31. Traslado de los carros hasta los extremos del tramo principal y ejecución en trozos sucesivos desde dicho extremo hasta el final de la zona no hormigonada en la etapa primera. El primero de estos trozos de la segunda etapa de la zona del lado Madrid incluye la realización de la zona de continuidad entre tramos cero y principal.
32. Alcanzada la zona de contacto entre ambas etapas de hormigonado, queda totalmente completa la estructura y se procede a la realización de acabados, pavimento y barreras.
33. Prueba de carga, que determinará los niveles finales de fisuración de la losa.

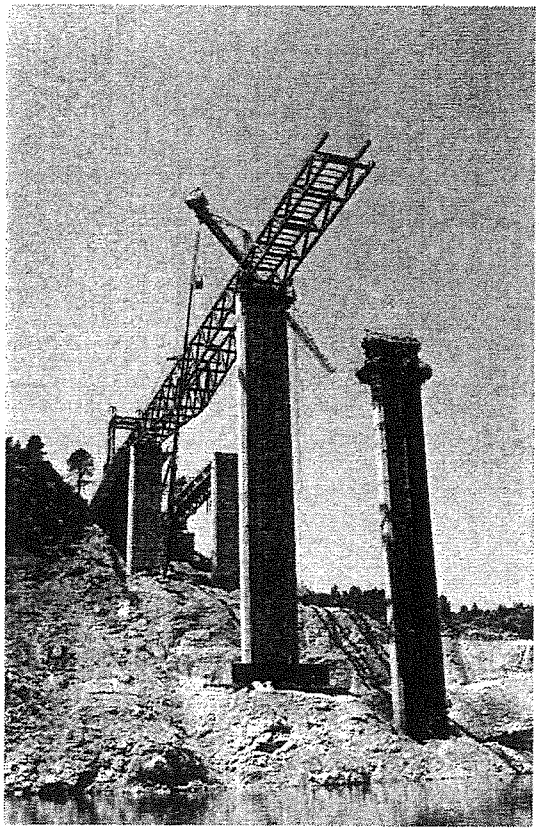
Fin de la obra

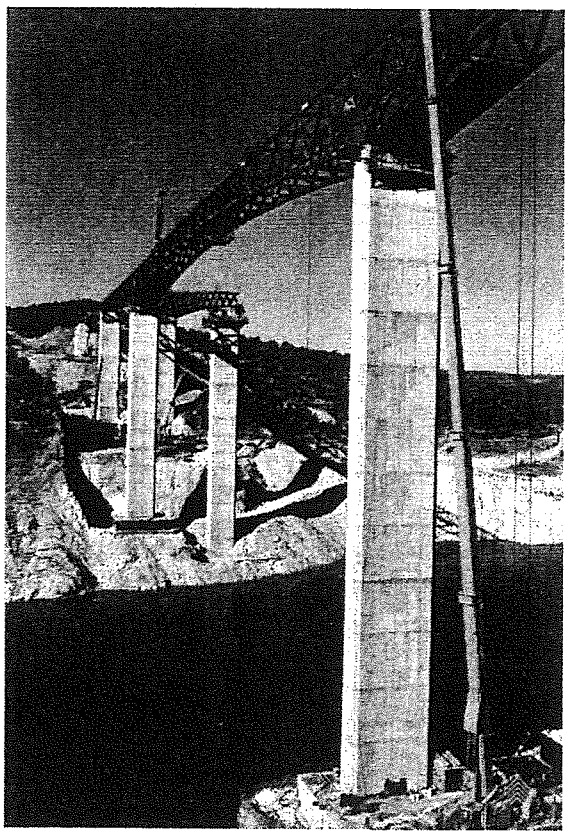


Proceso Constructivo









Diferentes aspectos del proceso constructivo