

Construcción del viaducto de La Chorrera (Panamá)

Construction of La Chorrera viaduct (Panama)

Fátima Otero Vieitez ^a, Juan Rodado López ^b, Ismael Barral Noya ^c, Arturo

Piedracoba Morandeira ^d

^a Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Grupo Puentes. Directora General Técnica. fotero@grupopuentes.com

^b Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Grupo Puentes. Director Técnico de Ingeniería. j.rodado@grupopuentes.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Puentes Infraestructuras Panamá. Gerente país. i.barral@grupopuentes.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Puentes Infraestructuras Panamá. Jefe de obra. arturo.p@grupopuentes.com

RESUMEN

El viaducto de Chorrera, de 1570 m de longitud, se encuentra dentro del corredor de Las Playas, proyecto consistente en la rehabilitación y ampliación de 5 km de la carretera Panamericana. La estructura, con 6 carriles, que alcanza un ancho de 26.50 m, permitirá, además, el tráfico local de vehículos por 4 carriles por debajo de la misma. El viaducto está compuesto por 41 vanos, de longitud media 43 m cada uno, con un tablero de canto constante de 3.50 m. Para ejecutar esta obra se empleó la combinación de una cimbra porticada y un carro de alas, sistema constructivo no empleado hasta la fecha en el país, por lo que implementar un sistema constructivo no conocido supuso un nuevo reto.

ABSTRACT

The 1570 m long Chorrera viaduct is located within the Las Playas corridor, a project consisting of the rehabilitation and widening of 5 km of the Pan-American Highway. The structure, with 6 lanes, which reaches a width of 26.50 m, will also allow local vehicle traffic on 4 lanes below it. The viaduct is made up of 41 spans, each with an average length of 43 m, with a constant depth deck of 3.50 m. To carry out this work, the combination of a gantry falsework and a wing traveller was used, a construction system not used to date in the country, so implementing an unknown construction system was a new challenge.

PALABRAS CLAVE: carro de alas, cimbra porticada, construcción de estructuras, hormigón.

KEYWORDS: wing traveller, gantry falsework, structures construction, concrete.

1. Antecedentes

En este artículo nos centraremos en la concepción del puente de Chorrera desde el punto de vista de la construcción y su posterior ejecución.

Este puente, abierto al tráfico en septiembre de 2024, vino a solucionar los graves problemas de circulación que existían en este tramo de la carretera Panamericana, puesto que es una de las vías principales de acceso a la

ciudad de Panamá, y los fines de semana recoge los desplazamientos a las playas más importantes del país, estimándose el impacto de esta vía en unos 2.5 millones de personas.

Aunque se adjudicó originalmente en 2017 con una concepción diferente, una serie de circunstancias provocó que se realizara un cambio de contrato en 2022, y un cambio de solución estructural que pasaremos a desarrollar.

La solución original constaba de 41 vanos de longitud máxima 43 m, arrojando una longitud total de 1756.5 m. El tablero constaba de 8 vigas prefabricadas de hormigón VT de canto 2.20 m con losa superior de hormigón in situ, disponiéndose juntas de dilatación cada 4 vanos. Las vigas apoyaban en dinteles de hormigón de ancho 26.5 m, longitud 2 m y canto variable entre 1.20 y 3.50 m mediante apoyos anclados de neopreno.

Las pilas disponían en cabeza de unos topes sísmicos, pero la holgura de dichos topes con el tablero era superior al desplazamiento previsto de los apoyos, por lo que, en realidad, los topes no estaban diseñados como mecanismo frente al sismo sino como elementos de seguridad.

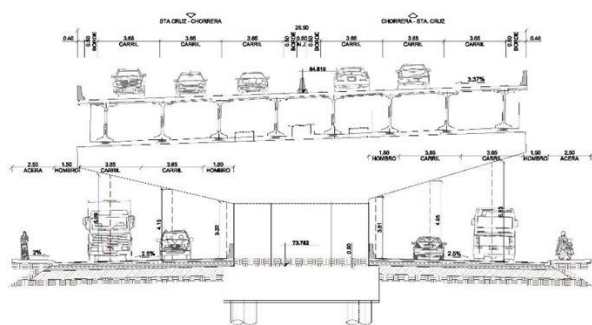


Figura 1. Sección transversal original.

Esta solución, aunque pueda pensarse que era la más adecuada, presentaba una serie de inconvenientes debido a la ubicación de este tramo de la carretera Panamericana. El tramo del corredor de Las Playas es un tramo urbano y, por tanto, es objeto de diversos cruces que conectan ambos sentidos y las vías perpendiculares. Tal como se ha comentado, esta vía es uno de los principales accesos a la capital del país y, además, es la vía de comunicación entre la ciudad y las playas del Pacífico. Esto provocaba grandes retenciones de tráfico y generaba, a la vez, inseguridad en la circulación.



Figura 2. Situación del tráfico en Corredor Las Playas.

Dentro del proyecto estaba previsto, además de la ejecución del puente en sí, la reordenación del tráfico local, que pasaría por debajo del puente con 2 carriles por sentido conectando las diversas vías.

Se inició la obra, pero la zona de servidumbre que se había contemplado era muy amplia, ya que no solo se limitaba a la sombra del puente, sino que era preciso un área mayor durante la construcción para el montaje de las vigas, la construcción de los dinteles, etc. Esto, conllevó sobrecostos en la expropiación de los terrenos de tal calibre que se paralizó el proyecto y al no llegar a cabo a un acuerdo, se hizo un traspaso de contrato de otra constructora a Puentes Infraestructuras Panamá.

Así pues, en el momento de reiniciarse los trabajos, se llevó a cabo un estudio completo de la situación para determinar que optimizaciones se podían llevar a cabo, tanto desde el punto de vista estructural, como de ejecución y plazos de la obra.

2. Proyecto modificado

Tras la supervisión del proyecto original, se optó por proponer un nuevo diseño que mantuviese las luces originales, habida cuenta que, en el momento de estudiar este proyecto, las pilas 21 a 33 estaban ejecutadas en mayor o menor grado.

Este nuevo tablero tiene sección cajón de hormigón postesado con puntales de hormigón prefabricados que permiten alcanzar

un ancho de tablero de 26.50 m. Los apoyos a disponer en la cabeza de las pilas (con la misma sección de fuste que el proyecto original, pero sin el dintel) son apoyos pendulares, diseñados tras un cálculo sísmico muy detallado. Esta propuesta tenía diversas ventajas respecto al proyecto original:

- Al definirse una propuesta de tablero continuo in situ, se eliminaban la gran mayoría de juntas de dilatación, redundando en mejoras en el mantenimiento y en el confort de los usuarios.
- La eliminación de los dinteles aumentaba muy considerablemente el galibo vertical en la zona de pilas.

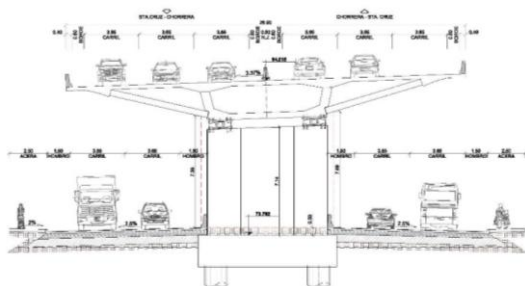


Figura 3. Sección transversal propuesta

- Se eliminaba el cimbrado preciso para la ejecución de los dinteles, y no se precisaban cortes de tráfico para la ubicación de las grúas de izado de las vigas. Durante las fases de montaje y desmontaje del cimbrado, la plataforma de trabajo precisa era algo inferior a la solución original, pero, durante el resto de las fases, el espacio necesario se redujo considerablemente.
- El peso total de la subestructura del tablero con sección cajón es similar, por lo que no se aumentaba la carga en cimentaciones y pilotes, pero al definirse un tablero continuo sobre apoyos pendulares, se conseguía reducir las fuerzas horizontales y las leyes de esfuerzos asociadas.
- Se reducía el número de apoyos, y se sustituían por apoyos de mejores prestaciones y comportamiento sísmico, que funcionan como aisladores-disipadores sísmicos, por lo que no era preciso ejecutar topes sísmicos en segunda

fase (mejorando el ritmo de trabajo); esto tiene claras ventajas desde el punto de vista de comportamiento ante un sismo, pues no es necesaria su reposición (al contrario que con lo que sucedería con apoyos de neopreno, aun con la disposición de topes sísmicos).

- El tablero continuo de sección cajón permitía reducir las flechas verticales y las vibraciones respecto al tablero de vigas biapoyadas, con el consiguiente incremento del nivel de confort de los usuarios.
- La ejecución de este tablero con una cimbra porticada permitía que no fuese preciso el empleo continuo de grúas desde el terreno, por lo que se reducían sensiblemente los plazos en que eran precisos los desvíos de tráfico.
- Al no precisarse transportes de grandes dimensiones durante la ejecución, se podía trabajar en una ventana temporal mayor sin que el tráfico se viera afectado.

2.1. Geometría final del puente

Con todas estas ventajas, se aprobó un encaje del puente de 41 vanos, con distribución de luces de $32.25+43.0 \times 18+34.40+34.40+43.0 \times 19+32.25$, resultando una longitud total de 1756.50 m, en dos tramos continuos con una junta de dilatación central sobre la pila 20.

Realizándose una campaña geotécnica adicional, también se pudo optimizar la cimentación, de manera que el estribo 1 y las pilas P1 a P6 tenían cimentación directa, mientras que el resto de las pilas y el estribo 2, eran de cimentación profunda con, en general, 4 pilotes de diámetro 1500 mm.

El tablero se diseñó con un núcleo en sección cajón de canto constante 3.50 m y ancho inferior 8 m. Debido al ancho de la plataforma y con el fin de optimizar la sección, se diseñaron puntales de hormigón prefabricados que conectan el núcleo central con la losa superior que se ejecuta en una segunda fase, de esta manera, se llegaba a los 26.5 m de ancho de losa.

Los hastiales del núcleo son de 0.60 m de espesor y la losa inferior 0.30 m.

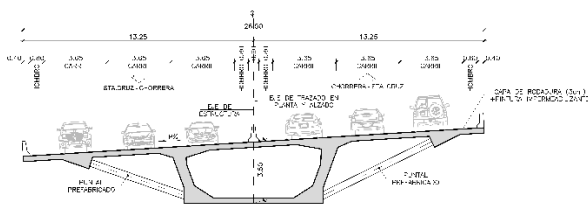


Figura 4. Sección tablero

Los estribos se diseñaron abiertos por delante de muros de tierra armada, con 4 soportes de 1.5 m de diámetro, y un cargadero de 1.5 m de canto.

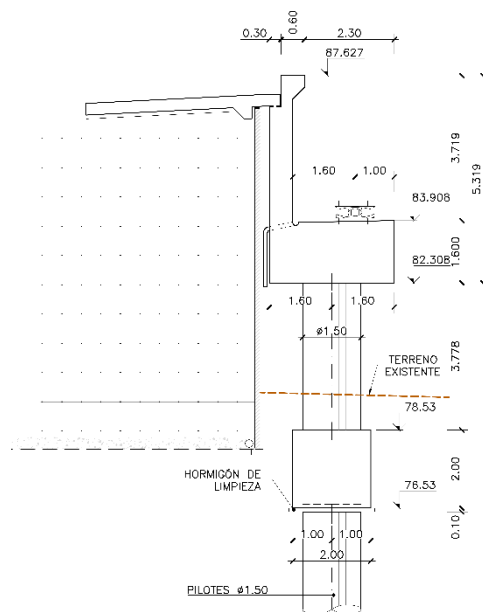


Figura 5. Estribo 1

Debido a que había, como se ha indicado, 13 pilas ya ejecutadas (sin dinteles), se decidió mantener la geometría existente. Por ello, las pilas eran de 8.0 x 2.0 m de sección hueca con paredes de 0.40 m y con una altura máxima de 13.10 m.

3. Ejecución del puente

El proceso constructivo de este puente se planeó con el fin de simplificar al máximo posible las ocupaciones al terreno, reducir las afecciones al

tráfico, y evidentemente, optimizar costes, tanto en materiales como en plazo.

Esto llevó a plantear la ejecución del tablero de una manera nunca vista en Panamá, que era mediante el empleo combinado de una cimbra porticada, para la construcción del núcleo central de la sección vano a vano, y un carro de alas apoyado en dicho núcleo para completar la losa superior y puntales. Aunque el cimbrado al suelo allí es algo común, no lo es tanto en cuanto a capacidad estructural de la cimbra porticada, por lo que los propios componentes estructurales de la cimbra suponían un avance técnico muy importante en el país.

Como se era consciente de que la obra había generado inquietud en la población, puesto que llevaba años sin avances claros y generaba graves molestias en el tráfico diario, se decidió preparar un gemelo digital del proyecto, que, por un lado, permitiese realizar un mayor control de los trabajos, y por otro, mostrar tanto a la propiedad como a la sociedad panameña, qué se estaba haciendo y por qué, con la mayor transparencia posible.

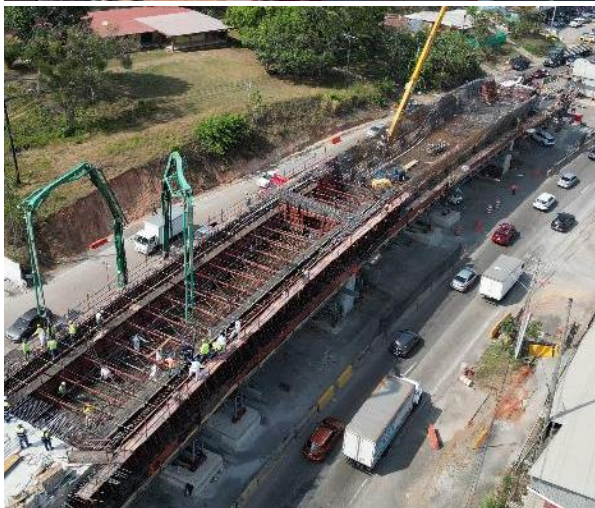
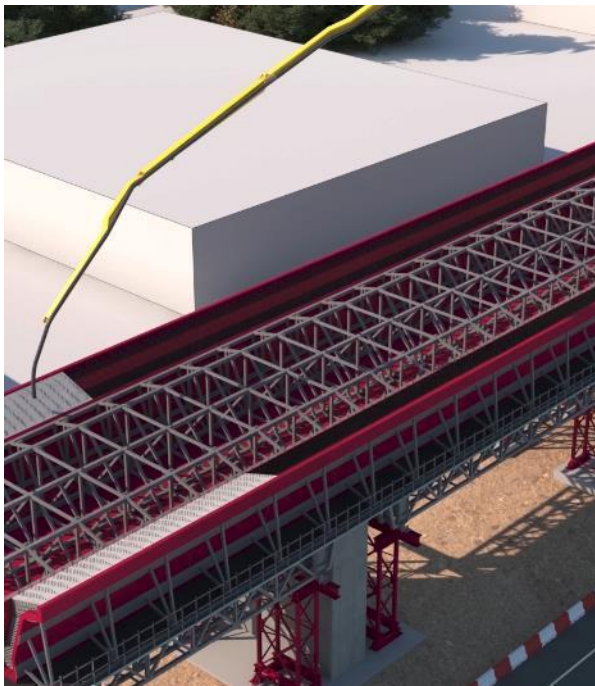


Figura 6. Gemelo digital vs la realidad

3.1. Ejecución de cimentaciones y pilas

Para la ejecución de los pilotes se emplearon en paralelo dos pilotadoras convencionales, que permitieron ejecutar 1 pilote de longitud media 35 m cada 2 días.

Las pilas, de altura máxima 13 m, se ejecutaron mediante trepas con encofrado metálico trabajando en todo momento con dos equipos en paralelo.



Figura 7. Ejecución de las pilas

Respecto a las pilas ya ejecutadas, la mayoría estaban sin coronar, pero en aquellas cuya última trepa estaba terminada, hubo que acometer trabajos de demolición en una cierta altura con el fin de adecuarse a las nuevas cotas de coronación.

Durante la ejecución de las pilas, se trabajó en paralelo en la tramitación de la consecución de los terrenos precisos para trabajar, en la retirada y reposición de pasarelas peatonales y en un estudio muy detallado del tráfico para poder trabajar con la mayor eficacia posible y con la menor perturbación para la población. Es comprensible pensar en que todas estas gestiones se deben hacer antes de comenzar una obra, pero en este caso, las circunstancias obligaron a que se hiciera todo simultáneamente.



Figura 8. Trabajos coordinados

3.2. Ejecución de los estribos

Los estribos de este puente son estribos abiertos, dispuestos delante de un muro de tierra armada que soporta las cargas de los terraplenes de acceso a la estructura.

Para la ejecución de los estribos, fue preciso el empleo de un cimbrado cuajado una vez que se ejecutaron las cimentaciones y los fustes de los estribos. Para la construcción de los fustes se empleó encofrado circular convencional.



Figura 9. Cimbra cuajada en estribo

3.3. Ejecución del tablero

Para la ejecución del tablero, se emplearon dos medios auxiliares de construcción distintos: una cimbra porticada de gran capacidad para la construcción del núcleo en sección cajón y un carro de alas para la colocación de los puntales y la ejecución de la losa superior de voladizos.

Empezando por la cimbra porticada, esta se componía de 10 cerchas en celosía colocadas en paralelo transversalmente, con longitudes de 20 m, de manera que apoyaban sobre la cimentación de las pilas y en zapatas provisionales situadas en centro de vano. El peso del núcleo en cada vano es aproximadamente de 1335 ton, de ahí que se optase por el gran número de celosías que se acabaron disponiendo.



Figura 10. Vista delantera cimbrado

La cimbra porticada permitía la construcción del núcleo central del cajón vano a vano, hormigonando en cada fase cuatro quintos de la longitud del vano en curso y un quinto del vano siguiente. Se componía de elementos suficientes para cubrir la longitud de cuatro vanos, de manera que cuando se estuviese hormigonando el tablero del vano “n”, en el vano “n-1” se estaría desmontando cuchillos y torres, en el “n+1” se estarían montando la ferralla y los encofrados laterales, y en el “n+2” se estaría montando el cimbrado y el encofrado de fondo. Esto permitió que los trabajos fuesen continuos, que no hubiera que parar ningún equipo esperando a que se terminase un montaje. Cada ciclo semanal de trabajo estaba perfectamente definido, cada uno de los equipos tenía fijado qué hacer cada día y en qué horario, con lo que todo funcionaba con una precisión industrial.

Este ciclo de trabajo, en cada vano, comprendía las siguientes tareas:

- Montaje de torres, cuchillos y encofrado de fondo.
- Montaje de encofrado exterior.
- Colocación de la ferralla y vainas de pretensado de la sección U del tablero premontados previamente en una zona cercana.
- Montaje del encofrado interior.
- Hormigonado de la sección U.
- Avance del encofrado interior al vano siguiente.
- Colocación del encofrado de techo de la losa sobre la U.

- Ferrallado de la losa entre hastiales de la U.
- Hormigonado de la losa.
- Tesado de la sección.
- Avance de encofrado de techo y exterior.
- Desmontaje del cimbrado.



Figura 11. Configuración de cimbra porticada

El sistema también se diseñó para que los elementos se pudiesen montar y desmontar fácilmente, mediante ripados, sacándose el material por el lateral, de manera que las grúas no precisasen mucho espacio para trabajar y los desvíos de tráfico para el trabajo de las grúas y los camiones fuesen mínimos. Para que la afección a la población fuese lo menos molesta posible, estas maniobras se realizaron en horario nocturno.

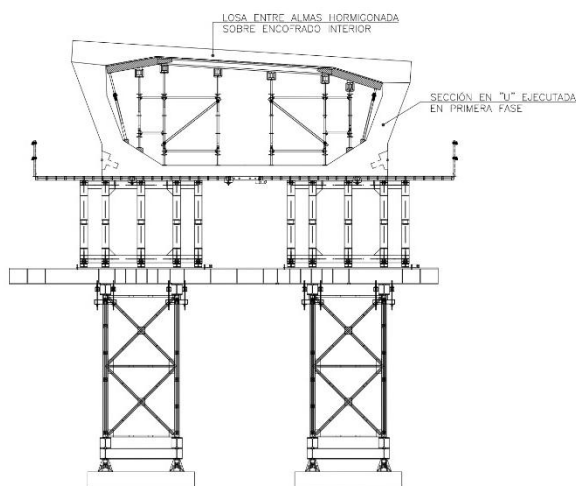


Figura 12. Ejecución del núcleo de tablero

Cuando ya se habían ejecutado tres vanos, se comenzó a montar el carro de alas, de

manera que no hubiera en ningún momento solape entre ambos equipos.

El carro de alas es un medio auxiliar de construcción diseñado para el montaje de los puntales y, también, como encofrado para la losa de los voladizos del tablero.

Tiene una configuración tal que permite ejecutar tramos de 12 m de tablero, dejando paso a los camiones y el personal a través de él, dando continuidad a los trabajos en el tablero que se están realizando por delante de este equipo.



Figura 13. Carro de alas

La coordinación entre los diferentes equipos de trabajo permitió que se ejecutase un vano por semana con la cimbra porticada y un tramo de 12 m con el carro de alas cada día alterno.

Durante la obra se produjeron en el país dos huelgas generales que obligaron a parar las obras durante días e, incluso, debido a la repercusión que este proyecto suponía en el país, cada vez que había algún tipo de protesta popular, independientemente del sector, los manifestantes trasladaban sus protestas a la ubicación del proyecto, de manera que cuando hubo manifestaciones de paramédicos, bomberos o mineros, estos montaron piquetes en la obra, paralizando todos los trabajos.

Hubo que compensar todas estas paradas, por lo que se tuvieron que gestionarse los tajos trabajando los 7 días de la semana y con hormigonados nocturnos.

Con todo, los trabajos ejecutados por Grupo Puentes comenzaron en septiembre de 2022 y el 3 de septiembre de 2024 se abrió el puente al tráfico, aunque la obra continuaba con la construcción de dos enlaces que permitirían el cambio de sentido, o retornos, y la ampliación de la vía existente, para alojar los 3 carriles por sentido hasta una longitud total de 7.5 km.

3.4. Pasos superiores de retorno

Los retornos son dos pasos superiores con planta curva y dos vanos de 26,367 m de luz cada uno, de 9.90 m de ancho. El tablero está formado por una sección cajón de hormigón postesado hormigonada in situ en dos fases, en primer lugar, la sección U del cajón y en segundo lugar sobre dicha sección, con una prelosa en celosía colaborante, la losa de compresión. Se decidió ejecutar estos pasos con cimbra porticada, dejando paso sobre la calzada inferior, de manera que la ejecución no limitase aún más el tráfico en la zona.



Figura 14. Retorno

4. Conclusiones y agradecimientos

Este puente se pudo poner en servicio en menos de dos años, gracias a un engranaje perfecto, con una coordinación milimétrica entre los equipos, tanto materiales como humanos. También supuso un gran esfuerzo para todos, porque se

consiguieron recuperar todas las semanas en que hubo paradas por huelgas, protestas, piquetes...

Aunque existía un compromiso por parte de la empresa para cumplir con los plazos marcados, y la propiedad estaba comprometida en ayudar para que se cumpliesen, la historia de la ingeniería en el país estaba en contra, no se había logrado terminar un puente de estas dimensiones en un plazo como el marcado. Pero se logró.

Por esto, se debe agradecer a todos aquellos que aportaron su grano de arena en conseguirlo:

- Constructora: Puentes Infraestructuras Panamá
- Dirección de obra: Ministerio de Obras Públicas y de Transporte de Panamá, división de Obras Especiales.
- Supervisión: Unidad ejecutora del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).
- Proyecto constructivo y asistencia técnica a obra: Pondio Ingenieros.
- Asesoría geotecnia: Tomás Murillo
- Especialistas de pretensado: VSL
- Suministro de apoyos: Maurer