

# **APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES EN ARGENTINA**

**M.Sc. Ing. Civil Carlos F. Gerbaudo**  
**Av. Valparaíso 3132 PA (CP: 5016) Córdoba (Cba)**  
**Tel: 0351-4647571 / Móvil: 0351 156 616141**  
[ingroup@ingroup-op.com.ar](mailto:ingroup@ingroup-op.com.ar)

## **Resumen**

En el presente trabajo se describe la utilización de tecnología avanzada en la construcción de recientes puentes en Argentina, y las posibilidades de implementación de estos conocimientos técnicos en futuros proyectos que requieran la utilización de métodos constructivos, equipos y materiales especiales.

En primer término se presenta el proyecto del Puente sobre el Río Colastiné que demandó la utilización de tecnología moderna en la construcción de puentes, tales como prefabricación de dovelas de hormigón de sección cajón, sistemas múltiples de pretensado, sistema de lanzamiento del tablero mediante gatos hidráulicos asistidos por computador, sistema de apoyos especiales provistos con deslizadores y juntas de dilatación de tipo modular.

En segundo lugar, se describen los aspectos relevantes del proyecto del “Nuevo Puente Atirantado sobre el Río Cuarto”, que incluye la utilización de sistemas mixtos de prefabricación de hormigón y estructuras metálicas, fabricados en taller y ensamblados in situ, técnicas especiales de montaje mediante sistemas de cables y gatos hidráulicos, y utilización de obenques de acero pretensado de última generación.

Finalmente, se plantean posibles soluciones técnicas para futuros proyectos de puentes de medianas luces, mediante sistemas de estructuras mixtas de hormigón y acero, y técnicas especiales de montaje mediante sistemas combinados de grúas y mecanismos de cables accionados por dispositivos hidráulicos.

## **1. Introducción**

En el presente trabajo se describe la utilización de tecnología avanzada en la construcción de recientes puentes en Argentina, y las posibilidades de implementación de estos conocimientos técnicos en futuros proyectos que requieran la utilización de métodos constructivos, equipos y materiales especiales.

En primer término se presentan los aspectos avanzados en el diseño y aplicación de técnicas especiales en la construcción del “Puente Lanzado sobre el Río Colastiné”, en segundo lugar se exponen los aspectos relevantes técnicos y constructivos utilizados en el “Nuevo Puente Atirantado sobre el Río Cuarto” y finalmente, se plantean posibles soluciones técnicas para futuros proyectos de puentes de medianas y grandes luces que se podrían ejecutar en Argentina.

## **2. Puente Lanzado sobre el Río Colastiné**

En Agosto de 2010 se concluyó la construcción del “Puente sobre el Río Colastiné”, afluente del Río Paraná, correspondiente a la duplicación de la calzada de la Ruta Nacional N° 168, en la Provincia de Santa Fe, República Argentina.

El nuevo puente de una longitud total de 523 m, ubicado adyacente al existente, fue construido por el sistema de lanzamiento o empuje sucesivo de dovelas hormigonadas in situ en un parque de prefabricación fijo que se ubicó al pie del estribo lado Paraná.

El diseño estructural del puente está íntimamente ligado al proceso constructivo del lanzamiento, y tanto el tablero como la infraestructura deben ser diseñadas para soportar las solicitaciones generadas durante la construcción del puente. En la Figura 1 se muestra una vista general del Puente Lanzado sobre el Río Colastiné.

El proyecto del puente se basó en los siguientes conceptos estructurales y procesos constructivos.

- Tablero de sección cajón unicelular, construido con dovelas prefabricadas en condiciones técnicas y ambientales controladas, garantizando la calidad total tanto de los materiales como del proceso constructivo del componente de hormigón pretensado.
- Tablero continuo sin juntas de dilatación intermedias, con una junta de dilatación especial en cada extremo de puente, lo que garantiza un confort muy satisfactorio para los usuarios del puente, eliminándose el mantenimiento periódico de las juntas convencionales.

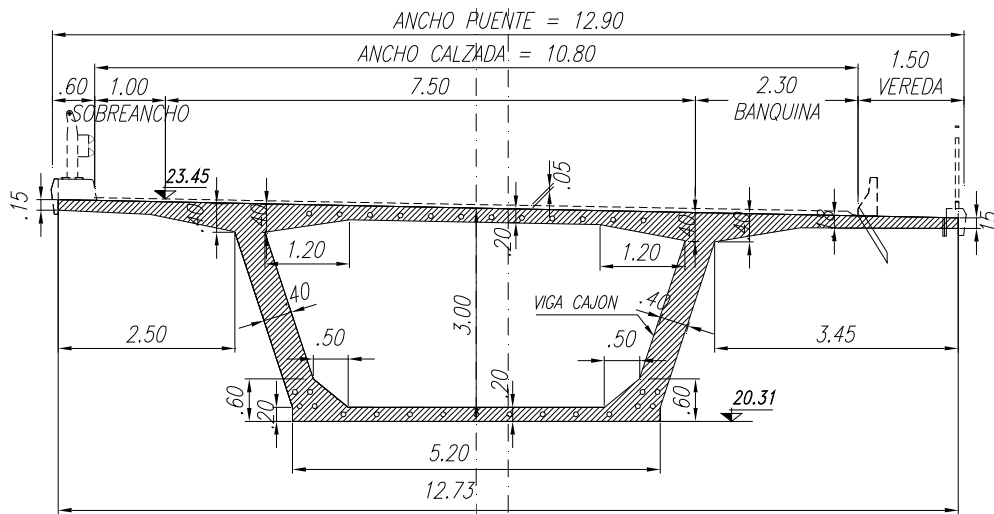
- Sistema de múltiples familias de pretensado, de forma de lograr la vinculación entre las diferentes dovelas, y el pretensado necesario para lanzar el puente y para soportar los estados de servicio.
- Sistema de lanzamiento del tablero mediante gatos hidráulicos asistidos por computador
- Sistema de apoyos especiales provistos con deslizadores y juntas de dilatación de tipo modular.
- Pilas relativamente esbeltas que garantizan una transparencia del paso de la corriente de agua, y sumado al tablero de sección cajón unicelular presenta un alto valor estético que realza la construcción de la obra.



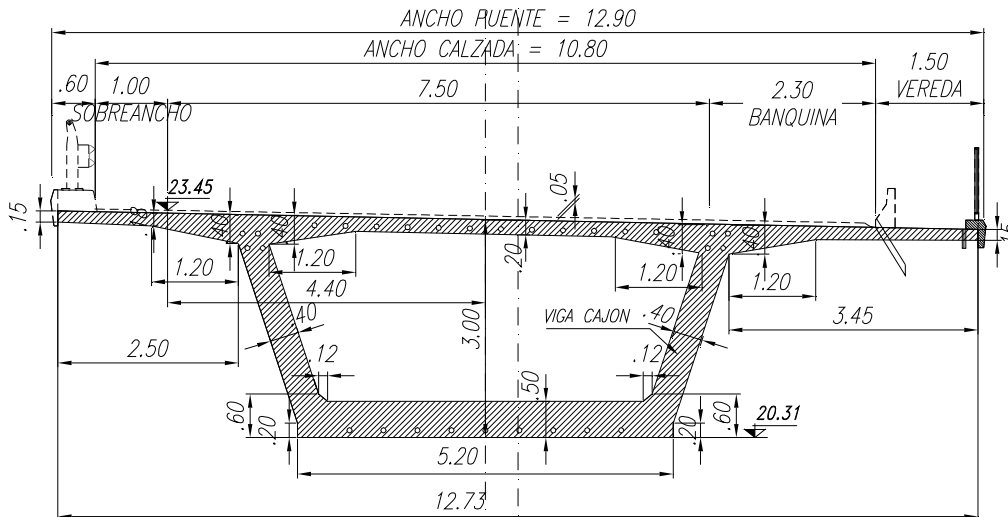
**Figura 1.** Vista general del Puente Lanzado sobre el Río Colastiné

### **2.1. Tablero de sección cajón unicelular**

El tablero del puente constituye el componente estructural que requirió la mayor atención en el diseño, tanto en el aspecto constructivo como la verificación en servicio. La sección transversal del tablero esta compuesta por un ancho total de calzada de 10.80 m que alberga dos carriles de circulación de 7.50 m, una banquina externa de 2.30 m de ancho y un sobreaño interno de 1.00 m. Esta sección transversal se complementa con una vereda lateral de 1.50 m de ancho que posee una defensa vehicular tipo New Jersey y una baranda metálica peatonal, y del lado contrario a la vereda peatonal se dispuso un guardarruedas con una defensa vehicular metálica tipo Flex beam. En la Figura 5 se pueden observar en detalle las dimensiones y principales características geométricas de dichas secciones.



**Figura 5a. Sección central del tablero**



**Figura 5b. Sección apoyo del tablero**

A lo largo del desarrollo del tablero se pueden encontrar dos tipos de secciones transversales tipo cajón denominadas sección “tramo” y “apoyo”. Estas secciones fueron definidas, en primer término, respetando las relación de esbeltez de  $L/H=17$  recomendada para puentes lanzados, y luego, durante el proceso de diseño final, se realizó un análisis de optimización de las secciones con el objetivo de racionalizar el uso de los materiales.

La etapa constructiva prevé la evolución del lanzamiento o empuje del tablero con sus correspondientes secuencias de hormigonado y tesado. En primer lugar fue necesario simular el proceso constructivo del tablero en la playa de prefabricado, donde las secciones transversales cambian su forma y resistencia pasando de sección abierta tipo “U” a una sección cerrada tipo cajón. En esta etapa, debido a la alta hiperestaticidad del tren de

dovelas continuas apoyadas en forma continua sobre la pista de prefabricación y en forma discreta sobre bases intermedias y el propio estribo, es muy importante tener en cuenta asentamientos diferenciales impuestos en los apoyos que originan solicitaciones adicionales del mismo orden de magnitud que las debida al peso propio del tablero.

En segundo lugar, es necesario calcular la envolvente de solicitaciones que se origina durante la evolución del lanzamiento a medida que el tablero avanza progresivamente deslizándose a través del estribo y sucesivas pilas. Este escenario prevé dos situaciones críticas para el diseño de la sección cajón en la etapa constructiva: el sector inicial del tablero correspondiente al frente del empuje y el tramo final del tablero correspondiente a la cola del empuje, donde en ambos casos se produce una concentración de esfuerzos por el “efecto cantilever” que se origina cuando el tablero se encuentra con una configuración estática de voladizo antes de lograr contacto en el próximo apoyo.

A los efectos de reducir las solicitaciones en el frente del empuje se utilizó una nariz metálica de lanzamiento con la finalidad de reducir el peso del primer tramo de tablero alcanzando valores de solicitaciones acordes con la resistencia de la sección cajón.

Con respecto a la verificación de los estados de servicio del tablero del puente, se calcularon las solicitaciones debido a peso propio y cargas permanentes y la redistribución de solicitaciones por fluencia lenta del hormigón, las solicitaciones por sobrecargas móviles, por coacción debido a variación uniforme de temperatura y gradiente térmico, tanto vertical como horizontal, asentamiento o descenso impuesto de apoyo, acción del viento, frenado, pretensado y resistencia o frotamiento en apoyos.

Para la determinación de las solicitaciones máximas por sobrecarga móvil se utilizó el concepto de línea de influencia, analizando un conjunto de configuraciones de carga, combinando diferentes posiciones de aplanadoras, multitud compacta en calzada y sobrecarga en vereda, tanto en el sentido longitudinal como transversal, de manera de reproducir las máximas solicitaciones tanto en la viga principal tipo cajón como en los diafragmas transversales de la superestructura.

El tablero del puente se fabricó en tramos de dovelas de longitudes del orden de 18 m, dividiendo cada tramo parcial del puente en tercios. Cada una de las dovelas subsiguiente se hormigona directamente contra la anterior, y cuando el hormigón alcanza una resistencia suficiente, se pretensan los cables de lanzamiento que vinculan las diferentes dovelas, y de esta manera es posible movilizar el tren de dovelas hacia adelante por medio de dispositivos hidráulicos especiales y cables de arrastre.

## **2.2. Sistema de múltiples familias de pretensado**

Finalmente, la envolvente de solicitaciones, definida tanto para la etapa constructiva como para la de servicio, condujo a la adopción de dos sistemas de cables de pretensado a saber: un sistema de cables rectos denominados “cables de lanzamiento” y un sistema de cables curvos llamados “cables de continuidad”, con características geométricas y funciones distintas.

El pretensado de lanzamiento del tablero está constituido por dos grupos de cables: un primer grupo de 12 cables compuestos cada uno por 12 cordones de  $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) de diámetro, ubicados en la losa superior, y por un segundo grupo compuesto por 9 cables de 12 cordones cada uno de  $\frac{1}{2}$ ", ubicados en la losa inferior del cajón.

Cada grupo de los cables de lanzamiento, esta formado por familias de cables de un tercio del total del grupo, es decir, familias de 4 cables para el primer grupo de un total de 12 cables, y familias de 3 cables para el segundo grupo de un total de 9 cables, que van “cociendo” las sucesivas dovelas de forma de lograr la continuidad del sistema estructural. Además, en el primer y último tramo del tablero se agregó un refuerzo del pretensado de lanzamiento, compuesto por 2 cables de 10 cordones de  $\frac{1}{2}$ " con el objeto de compensar las mayores solicitaciones que se producen en estos tramos.

Los cables de lanzamiento son tesados en forma secuencial en la playa de prefabricado, teniendo presente los condicionantes constructivos y las solicitaciones que se producen en los dovelas recientemente construidas al ser movilizadas a lo larga de la pista de prefabricación, y tienen por objetivo generar un estado de compresión centrado que brinda la resistencia necesaria frente a las solicitaciones alternadas que se originan durante el lanzamiento del tablero. El pretensado de lanzamiento se mantiene en servicio y forma parte del sistema de pretensado definitivo del tablero.

El pretensado de continuidad, adicional al pretensado de lanzamiento, se realizó una vez completado el lanzamiento del tablero y alcanzado su posición definitiva. El pretensado de continuidad está formado por cables curvos, cuya geometría queda inscripta en las almas del cajón, siguiendo la ley del diagrama de momentos flectores originados por la sobrecarga móvil.

El pretensado de continuidad está formado por 12 cables de 12 cordones de  $\frac{1}{2}$ " cada uno en el tramo inicial y final respectivamente, y por 8 cables de 12 cordones de  $\frac{1}{2}$ " en cada uno en los restantes tramos típicos.

El objetivo de estos cables es completar la resistencia necesaria del tablero en servicio, garantizando la continuidad de las dovelas que conforman dicho tablero. El tesado de los cables de continuidad se realizó en un único proceso inmediatamente de finalizado el empuje, siguiendo el protocolo establecido en el proyecto.

En la Figura 5a y 5b se representa en forma esquemática los cables de lanzamiento ubicados en la losa inferior y superior de la sección cajón y los cables de continuidad cuyo trazado curvo se realiza por las almas del cajón.

### **2.3. Sistema de lanzamiento del tablero**

El equipo de lanzamiento provisto por la empresa ALE[3] consistió en 2 unidades de tiro o gatos hidráulicos de 500 t de capacidad unitaria, que funcionan con una central de potencia comandada por un sistema electrónico mediante un software específico que permite el control total de la operación de lanzamiento. Las unidades de tiro se instalaron en posición horizontal en la parte frontal del estribo lado Paraná, reaccionando contra una estructura metálica diseñada para tal fin que se apoya contra el propio estribo.

La fuerza de tiro se transmite a las dovelas mediante un sistema de cables de acero especial pretensado, vinculados a la dovela mediante una pieza especial metálica de conexión.

El equipo auxiliar necesario para la construcción y lanzamiento del tablero consiste en primer lugar, en la pista de prefabricado y los encofrados de la dovela, dividido en una primera etapa que configura una sección tipo "U" formada por la losa inferior y almas del cajón, y una segunda etapa que conforma la losa superior de la dovela.

Otro de los elementos fundamentales para el empuje lo constituye la nariz de lanzamiento metálica, que tiene por objeto disminuir las solicitaciones en el frente del tren de empuje del tablero, y se complementa con un par de gatos hidráulicos ubicados en el extremo anterior de la nariz que se utilizan para recuperar la flecha del peso propio de la nariz al alcanzar cada pila del puente. La unión de la nariz con la primera dovela se realizó con barras especiales de acero pretensadas y llaves de corte.

Por último es necesario contar con los apoyos deslizantes con superficie de acero inoxidable, donde deslizan las almohadillas de neopreno-teflón, lográndose mediante estos dispositivos disminuir la fricción a valores relativamente bajos. En el caso del puente Colastiné, la fricción medida fue del orden del 3 % en el inicio del lanzamiento, y al finalizar el lanzamiento se midieron fricciones menores del 2 %. Los mayores valores de fricción registrados al iniciar el movimiento se debieron a las restricciones originadas en la propia

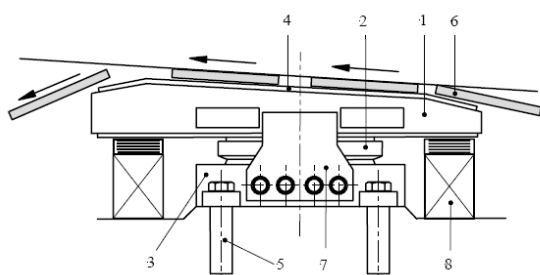
pista y encofrados de la dovela, de un valor de fuerza prácticamente constante, que en valor porcentual se fueron reduciendo a medida que se incrementaba el peso del tren de dovelas.



**Figura 2.** Vista general del Estribo Lado Paraná

#### **2.4. Sistema de apoyos especiales provistos con deslizadores y juntas de dilatación de tipo modular**

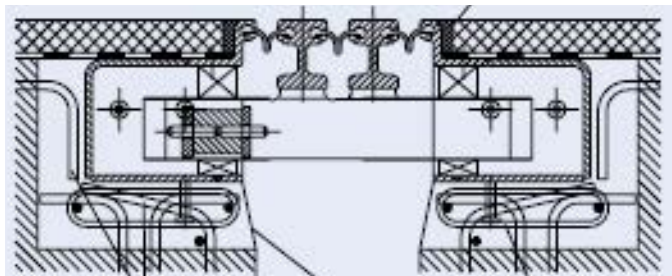
Los apoyos definitivos del puente son tipo POT, provistos con deslizador superior con cobertura de acero inoxidable para el lanzamiento del tablero. En el presente proyecto se utilizaron un total de 2 apoyos fijos tipo TF, 10 apoyos unidireccionales tipo TGe y 10 apoyos bidireccionales tipo TGa de la firma Maurer Shöne[2] de Alemania.



**Figura 14.** Apoyo tipo POT con deslizador superior

En el diseño del tablero continuo del puente se colocó en cada uno de sus extremos una junta de dilatación modular estanca de perfiles de acero sellados, con sistema de anclaje para hormigón. En el presente proyecto se utilizaron 2 juntas especiales modelo D-240 de Maurer Shöne[2], de 240 mm de recorrido máximo.





**Figura 15.** Junta modular estanca de perfiles de acero sellados

### 3. Puente Atirantado sobre el Río Cuarto

En Marzo de 2010 se concluyó la construcción del “Nuevo Puente Sobre El Río Cuarto” en la ciudad del mismo nombre de la Provincia de Córdoba, Argentina, cuya estructura consiste en un puente principal atirantado con tablero de hormigón pretensado y pilas principales metálicas, con luz central de 110 m, dos vanos laterales de 50.5 m y viaductos de acceso en ambas márgenes de 51 m, resultando una longitud total de puente de 313 m. En la Figura 1 se muestra una vista general del Puente Atirantado sobre el Río Cuarto.

El diseño de este puente atirantado está esencialmente relacionado con su proceso constructivo, que a su vez fue definido a medida de las capacidades y disponibilidad de materiales, equipos y mano de obra de las empresas constructoras locales que tuvieron a su cargo la construcción de la obra. El proyecto del puente se basó en los siguientes conceptos estructurales y procesos constructivos.



**Figura 1.** Vista general del Puente Atirantado sobre el Río Cuarto

- Solución del tablero con un entramado ortogonal de vigas principales y secundarias de hormigón armado y pretensado, con prelosas estructurales, tendiente a emplear un sistema constructivo con componentes prefabricados de notable desarrollo en nuestro país, con piezas de tamaño y peso acotado, de fácil puesta en obra mediante equipos convencionales.
- Solución de atirantamiento en doble capa, una a cada lado de las veredas laterales del tablero, de forma de materializar un sistema de apoyos ubicados en los extremos de las vigas transversales, próximo a los puntos de apoyo provisorio que se utilizan para construir el tablero. De esta forma, la transferencia de carga del sistema de apoyos provisorios al definitivo brindado por los obenques es prácticamente directa, y en el estado constructivo los elementos estructurales del tablero no sufren solicitaciones mayores a las de servicio.
- Tablero suspendido completamente de los obenques, sin apoyos sobre el travesaño de las pilas principales, evitando la aparición de momentos negativos importantes en dicha zona por la presencia de “puntos duros”.
- Pilas con fustes inclinados que se cierran en elevación, que mejoran notablemente el comportamiento torsional del tablero frente a cargas asimétricas y viento, por la propia geometría de los obenques que forman planos oblicuos inclinados hacia el interior del puente, y aportan una apreciable componente de fuerza fuera del plano vertical de las vigas longitudinales del tablero.
- Solución de cables en abanico corregido, que aprovecha al máximo las ventajas de las disposiciones puras en abanico y en arpa; por un lado, la mayor eficacia del atirantamiento y menor altura de pila de la solución en abanico, y por otra, la sencillez de anclaje de los cables y la estética y armonía de la solución en arpa.
- Diseño de la parte superior de las pilas principales, incluido sus fustes y el extremo superior que incluye el sistema resistente para el anclaje de los obenques, con estructura completamente metálica, que permitió su fabricación en taller, en condiciones óptimas de ejecución y control de calidad. Por otro lado, permitió la ejecución de este componente en forma contemporánea a la construcción del tablero, optimizando el plazo de construcción.
- Verticalizado de las pilas metálicas por rebatimiento mediante un sistema especial de montaje, con gatos, cables y estructuras auxiliares, diseñadas con componentes

modulares de fácil transporte y montaje en obra, que permitió garantizar un nivel muy alto de seguridad durante toda la maniobra de montaje de las pilas.

A continuación se exponen los aspectos relevantes del diseño y construcción del puente atirantado, diseñado y construido por profesionales argentinos.

### ***3.1. Sistema de prefabricación del tablero con piezas de hormigón armado y pretensado***

La estructura del tablero del puente principal fue íntegramente resuelta con un sistema de prefabricación con componentes de hormigón armado y pretensado, cuyas piezas fueron fabricadas en taller y a pie de obra, con carpetas de vinculación y nudos húmedos ejecutados en segunda etapa.

La estructura principal del tablero está constituida por un conjunto de vigas transversales prefabricadas de hormigón pretensado, espaciadas cada 11.0 m, de sección doble te invertida, con un ala inferior de 1.20 m de ancho por 0.30 m de altura, y un alma de altura variable de 1.87 m a 2.09 m, que tiene adosado en sus extremos los bloques de anclajes de los obenques.

Las vigas transversales presentan en ambos extremos, adyacente a los bloques de anclaje, una escotadura donde se apoyan, en primer término, las dos vigas longitudinales principales de hormigón pretensado y sección tipo "U". También se apoyan, sobre una ménsula corrida ubicada en los laterales de la viga transversal, un total de cinco vigas secundarias de hormigón pretensado y sección doble te de 0.78 m de altura.

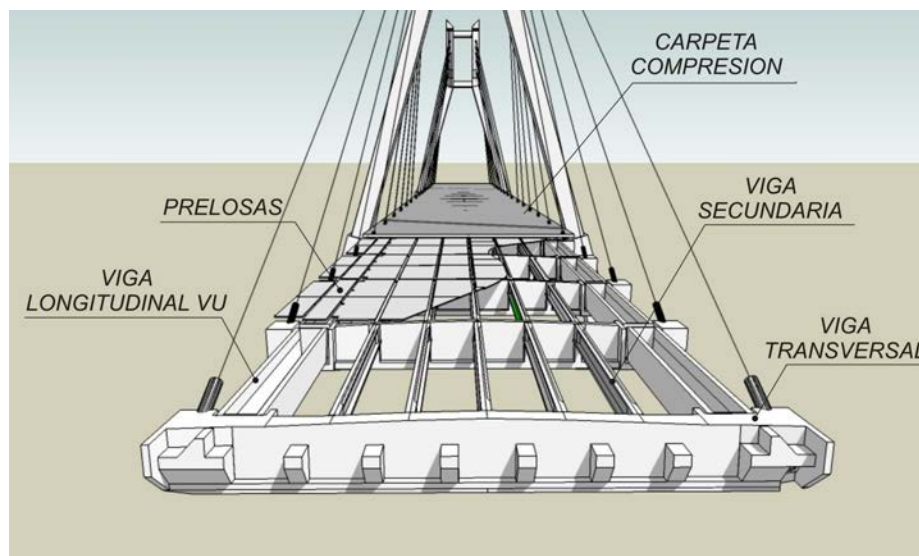
Sobre las vigas longitudinales se apoyan prelosas estructurales de 0.05 m de espesor, que contienen la armadura inferior de losa y conectores de corte para su vinculación con la carpeta de hormigón armado ejecutada en segunda etapa.

Todo el conjunto de entramado de vigas y prelosas fue apoyado en forma provisoria sobre conjuntos de pares de pilotes-columnas ubicados en coincidencia con los extremos de las vigas transversales.

El monolitismo del tablero se logró mediante una conexión húmeda con hormigón de segunda etapa vinculando las vigas principales longitudinales con la viga transversal, y una losa superior de un espesor variable de 0.20 m a 0.23 m sobre la viga premoldeado tipo U, generando una sección cajón de 1.80 m de altura total, y una losa de 0.16 m sobre las vigas longitudinales secundarias, completando el tablero del puente.

La continuidad de las vigas principales longitudinales se logró con un postensado de continuidad colocado a lo largo de toda la longitud del tablero del puente. El pretensado de las vigas transversales fue completado en segunda etapa, luego de completar el hormigonado del tablero.

En la Figura 2 se representa esquemáticamente la composición estructural del tablero del puente, donde se indican las piezas componentes prefabricadas de hormigón.



**Figura 2.** Representación esquemática de la estructura del tablero

### **3.2. Estructura metálica de la pila fabricada en taller y ensamblada in situ**

Las pilas principales del puente fueron resueltas con una estructura metálica fabricada en taller, cuyas piezas fueron transportadas y ensambladas en obra, y finalmente, puestas en su posición definitiva mediante un sistema especial de montaje.

Las pilas principales del puente tienen una configuración en forma de “H” corregida, con dos fustes laterales inclinados, vinculados debajo del tablero con una viga travesaño, y en su extremo superior los fustes se verticalizan y se arriostran mediante dos vigas transversales. Las pilas principales del puente poseen una altura total de 49.0 m, de los cuales los primeros 11.15 m a partir del cabezal se ejecutaron de hormigón armado incluyendo la viga travesaño inferior, y el resto de la pila de 37.85 m de altura se resolvió con una estructura metálica.

Los fustes laterales inclinados del tramo inferior de hormigón armado son de sección cajón de 2.10 m de ancho, 2.50 m de canto y 0.40/0.60 m de espesor, y la viga transversal ubicada inmediatamente debajo del tablero también es de sección cajón de 1.80 m de ancho

y 2.00 m de altura, con espesores de almas de 0.30 m y alas de 0.40 m. La parte metálica se resolvió con una sección tipo cajón de 1.50 m de ancho por 2.00 m de largo, armada con chapas planas y rigidizadores longitudinales y transversales, con uniones soldadas en taller.

El extremo superior de la pila principal, donde se anclan los obenques, se diseñó con dos columnas metálicas de sección cajón armada, reforzadas con perfiles y chapas de acero y vinculadas con dos vigas de arriostramiento también metálicas.

Las uniones en obra de los diferentes partes en la que subdividió la estructura metálica para su fabricación en taller fueron resueltas con uniones abulonadas.

El extremo superior de la pila posee los tubos de encofrado metálicos con los perfiles de soporte y placas de acero de apoyo de los obenques, lo que permitió la prefabricación completa en el taller de esta pieza de geometría compleja.

El diseño geométrico del extremo superior y la disposición de los obenques en abanico corregido permitió un adecuado esquema de espaciamiento de los anclajes superiores, que facilitó el montaje y las potenciales tareas de mantenimiento o reemplazo de obenques.

Una vez completado el tablero del puente, se procedió al montaje de las pilas metálicas que fueron ensambladas en posición horizontal sobre el tablero del puente, adicionándole todos los elementos y estructuras auxiliares necesarios para el proceso de rebatimiento de la pila y para el montaje de los obenques, tales como orejetas de tiro, pasarelas, andamios, escaleras y guinches para el izaje de piezas.

### ***3.3. Técnicas especiales de montaje mediante sistemas de cables y gatos hidráulicos***

El verticalizado de la componente metálica de las pilas principales se realizó mediante un procedimiento de rebatimiento de la pieza sobre un par de bisagras solidarias al tramo inferior de hormigón de la pila, con un sistema especial de montaje compuesto por gatos hidráulicos, un pórtico auxiliar de volteo, cables de acero y estructuras auxiliares.

### ***3.4. Utilización de obenques de acero pretensado de última generación***

Los obenques son los elementos estructurales encargados de brindar apoyo elástico al tablero del puente y transferir las cargas a las pilas principales. El sistema de obenques adoptado en el puente, además de garantizar una adecuada capacidad de carga a rotura y resistencia a la fatiga, presenta un diseño especial que asegura la durabilidad y permite la intercambiabilidad de los cordones individuales que forman el obenque.

Los obenques adoptados en el puente corresponden al sistema compacto SSI 2000 de VSL<sup>[3]</sup>, formado por cordones paralelos, cuyas características principales son:

- Cordones paralelos de acero especial individualmente revestidos (monocordón)
- Vaina externa de HDPE (polietileno de alta densidad) en toda la longitud libre del obenque, con sistema antivibración.
- Instalación del obenque cordón por cordón.
- Capacidad para reemplazar individualmente cada cordón.

#### **4. Futuros proyectos de puentes especiales**

En este apartado se plantean posibles soluciones técnicas para futuros proyectos de puentes de medianas luces, mediante sistemas de estructuras mixtas de hormigón y acero, y técnicas especiales de montaje y sistemas de lanzamiento del tablero.

Las soluciones estructurales de puentes en arco con tablero superior, podrían ser muy convenientes para el caso de tener que salvar quebradas o cursos de agua muy profundos.

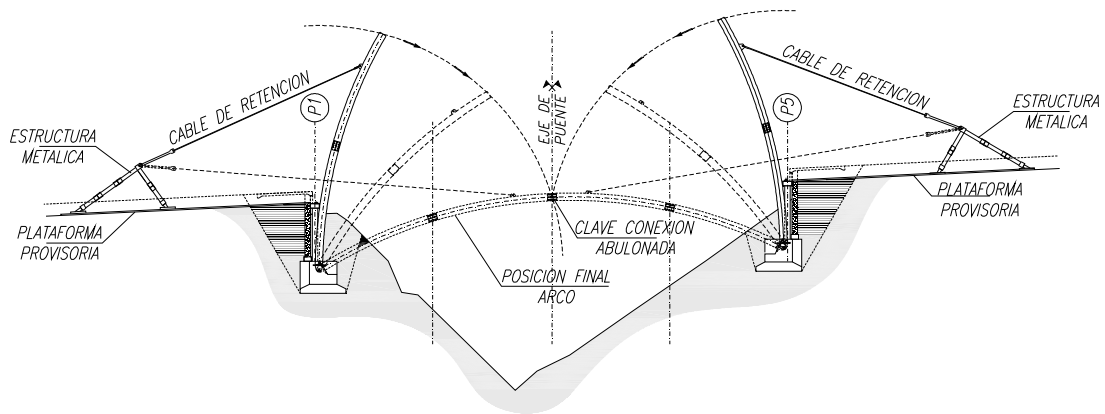
La propuesta analizada consiste en un conjunto de arcos metálicos o prefabricados de hormigón que se fabrican en taller, y se ensamblan en obra en mitades o semiarcos, en posición cuasi vertical, apoyados en una bisagra o rótula de giro y sostenidos por un sistema de cables de retención. En la Figura 3 se muestra un esquema del estado constructivo de los semiarcos montados en posición vertical.

Luego para la ubicación de los semiarcos en posición definitiva se utiliza una técnica especial de montaje mediante sistemas combinados de grúas y mecanismos de cables accionados por dispositivos hidráulicos, y se realiza la vinculación de los semiarcos mediante una unión in situ de la clave. En la Figura 3 se muestra el arco en posición definitiva.

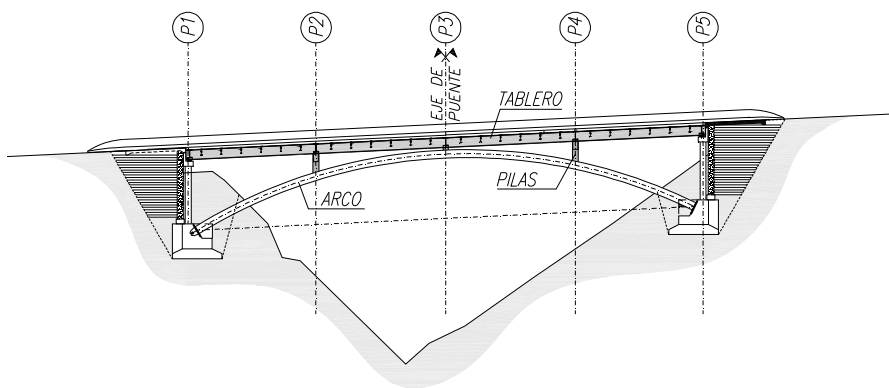
A continuación se montan las pilas intermedias, y se realiza el montaje del tablero mediante una técnica de lanzamiento o arrastre mediante cables. En la Figura 4 se observa el tablero colocado en su posición definitiva.

El tablero se resuelve con una estructura mixta de acero con una losa de hormigón colocada en segunda etapa, o también podría ser un tablero de múltiples vigas pretensadas con una losa superior de hormigón armado. En la Figura 5 se muestran detalles de las propuestas de tableros.

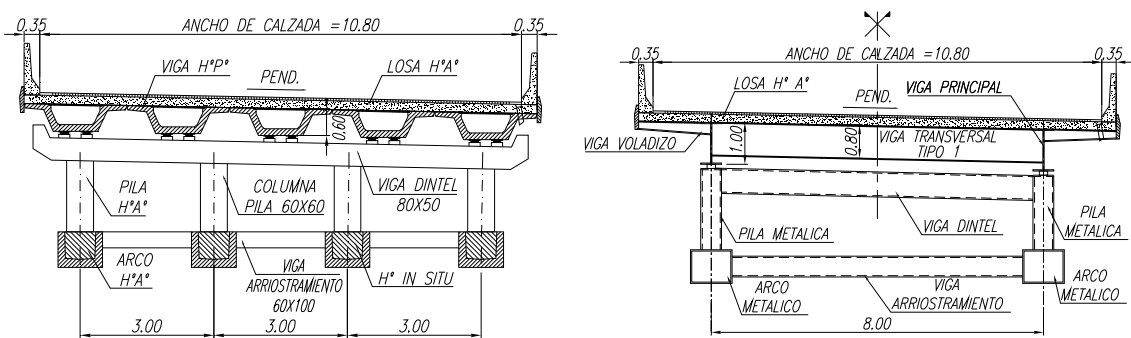
Finalmente se realizan las terminaciones del puente, transitando sobre el tablero ya terminado.



**Figura 3. Rebatimiento de semiarcos y cierre de clave**



**Figura 4. Ejecución de pilas y montaje del tablero**



**Figura 5. Propuestas de tableros de H°A° y Mixto de acero con losa de H°A°**

## Conclusiones

El diseño de un puente especial de luces medias o grandes, están íntimamente ligado a la definición del sistema estructural del puente y su proceso constructivo.

En el presente trabajo se han descriptos algunas técnicas especiales utilizadas en la construcción de puentes en Argentina, y se ha presentado ideas conceptuales para futuros proyectos de puentes.