

# Puente Rurrenabaque– San Buenaventura (Bolivia)

## Supervisión de la construcción de las obras

### *Rurrenabaque Bridge - San Buenaventura (Bolivia)*

### *Construction supervision*

Jorge Alberto Cerezo Macías<sup>\*, a</sup>, Walter Torrez Ledesma<sup>b</sup>, Cecilia Zurita Martínez<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores S.A. Director Área Consultoría y Asistencias Técnicas.

acerezo@proes.engineering

<sup>b</sup>Ingeniero Civil. Sucursal PROES Bolivia. Director Sucursal. wtorrez@proes.engineering

<sup>c</sup>Ingeniera Civil. Sucursal PROES Bolivia. Especialista Estructuras. azurita@proes.engineering

### RESUMEN

El Puente de Rurrenabaque – San Buenaventura forma parte del Corredor Vial Oeste-Norte y conecta los municipios de Rurrenabaque, provincia Ballivián, Beni, y San Buenaventura, provincia Iturrealde, La Paz, en Bolivia. Esta estructura permite el cruce del río Beni, situado en el norte amazónico del país, y que hasta su construcción se realizaba con pontones. La Sucursal de PROES Bolivia ha realizado los trabajos de supervisión técnica y ambiental de las obras, que presentan la singularidad de su emplazamiento en una zona de difícil acceso y por tanto de compleja construcción de este tipo de obras.

### ABSTRACT

The Rurrenabaque - San Buenaventura Bridge is part of the West-North Road Corridor and connects the municipalities of Rurrenabaque, Ballivián Province, Beni, and San Buenaventura, Iturrealde Province, La Paz, in Bolivia. This structure allows the crossing of the Beni River, located in the northern Amazon of the country, and that until its construction was made with pontoons. The PROES Bolivia Branch has carried out the works of technical and environmental supervision of the works, which present the uniqueness of its location in an area of difficult access and therefore of complex construction of this type of works.

**PALABRAS CLAVE:** puente, voladizos sucesivos, pilotes.

**KEYWORDS:** bridge, successive overhangs, piles.

## 1. Antecedentes

El Puente de Rurrenabaque – San Buenaventura forma parte del Corredor Vial Oeste-Norte y conecta los municipios de Rurrenabaque, provincia José Ballivián, Departamento de Beni, y San Buenaventura, provincia Abel Iturrealde, Departamento de La Paz, en Bolivia. Esta estructura permite el cruce del río Beni, situado en el norte amazónico del

país, y que hasta su construcción se realizaba con pontones.

La Administración Boliviana de Carreteras (ABC) contrató a la Sucursal Bolivia de Proes Consultores SA, la realización del “Servicio de Consultoría para la Revisión, Complementación, Validación, Supervisión Técnica y Ambiental de la Construcción del

Puente Rurrenabaque - San Buenaventura y sus Accesos”, iniciándose los trabajos en noviembre de 2011, con un plazo de 39 meses.

En enero de 2012 se produce una paralización del contrato hasta que en diciembre de 2013, la ABC aprueba un modificado para incluir la realización del análisis de una alternativa de ubicación del puente y sus accesos, motivada en una solicitud de los lugareños que promovían una solución de cruce del río en una zona menos urbana, donde el río presentaba un mayor ancho, acordándose plazo adicional al del contrato original, de 4 meses.

Finalmente, de acuerdo con las conclusiones del estudio de alternativas realizado, se decidió mantener el emplazamiento original, y en julio de 2014 la ABC contrató a la empresa SINOPEC International Petroleum Service Ecuador S.A. (Sucursal Bolivia) para la “Construcción del Puente San Buenaventura y sus accesos” por un monto de 112.292.079,44.- pesos bolivianos y un plazo de ejecución de 36 meses.

La empresa constructora inició la construcción a mediados de septiembre de 2014 y finalizó las obras en junio de 2019, aunque el puente fue habilitado antes al tráfico mientras se finalizaban las obras de los viales de acceso.

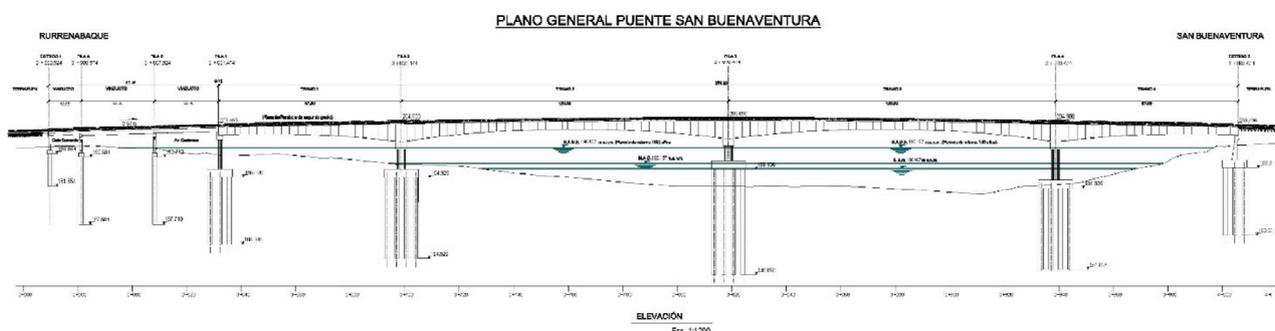


Figura 1. Vista general del Puente y viaducto de acceso

## 2. Descripción del puente

La obra incluye la construcción de un puente de 374 m de longitud sobre el río Beni, un viaducto de acceso de 66 m de longitud del lado Rurrenabaque (fig. 1) y 4.5 km, aproximadamente, de caminos de accesos en las poblaciones de Rurrenabaque y San Buenaventura.

El Puente Rurrenabaque - San Buenaventura es un puente construido mediante la técnica de voladizos sucesivos de 374 m de longitud total. Consta de cuatro vanos, los dos vanos centrales tienen 120 m de luz, mientras que los dos vanos laterales son de 67m de longitud.

La estructura del tablero fue resuelta con una sección postesada tipo cajón y un ancho de tablero de 11 m. El canto del tablero es variable de 6.50 m sobre apoyos (fig. 2) a 2.80 m en

centros de vano (fig. 3). El ancho del cajón es de 6.00 m, y los voladizos de la losa superior son de 2.50 m.

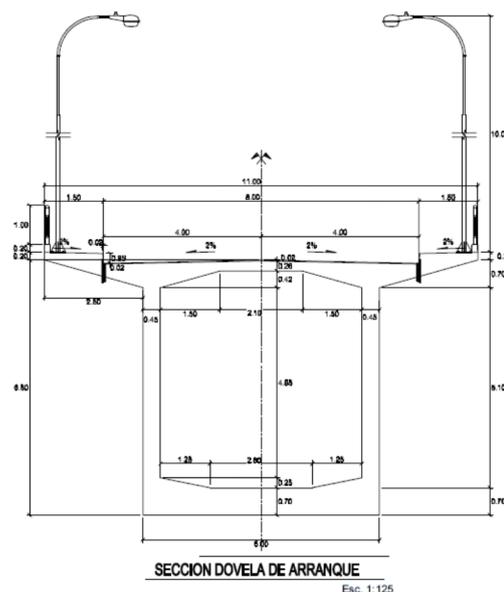


Figura 2. Sección del tablero del Puente (Apoyos)

El tablero aloja dos carriles de 4.00 m, uno para cada sentido de circulación del tráfico,

y sendas aceras en los laterales, de 1.50 m. Estas aceras tienen barandillas en sus bordes, y se separan de los carriles mediante un bordillo de 0.25 m de altura, generado por la propia sección del tablero.

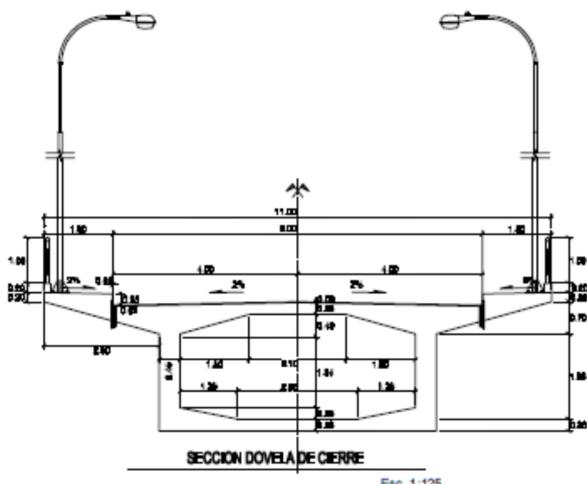


Figura 3. Sección del tablero del Puente (Centro vano)

Completan las instalaciones los sumideros para evacuar el agua del tablero, los postes de alumbrado dispuestos en las aceras y las juntas de dilatación entre estribos y tableros, y en el encuentro del tablero del puente principal con el viaducto de acceso.

La subestructura del puente está resuelta con un estribo y cuatro pilas. Se trata del estribo E2, en el lado San Buenaventura, tres pilas centrales de alturas variables según su emplazamiento dentro del lecho del río (P4, P3 y P2) y una pila en el lado Rurrenabaque (P1), que es el último apoyo del puente de voladizos y el primero del viaducto de acceso al puente principal.

El estribo E2 tiene una altura de aproximadamente unos 12 m y está resuelto con un muro frontal empotrado en un encepado, de 9.00 m x 9.00 m x 3.00 m, que descansa en 9 pilotes de 1.50 m de diámetro, separados 3.50 m dispuestos en tres filas de tres pilotes, y de 25 m de longitud.

Las pilas P4 y P3 (que se encuentran en el cauce del río) y la P2 son de sección hueca, presentan dos caras circulares en la dimensión menor de su sección, de 3.00 m de ancho, y dos caras planas en la dirección de la corriente del

río, de 5.00 m de largo. Tienen una altura entre 10 y 17 m. Constan de un dintel de 6.00 x 4.00 x 2.50 m, sobre el que se disponen los aparatos de apoyo tipo POT, dos por pila, de tipo fijos, uni y multidireccionales, según corresponda.

Las pilas se cimentan mediante encepados de 12.50 m x 12.50 m x 3.00 m apoyados en 16 pilotes de 1.50 m de diámetro, dispuestos en cuatro filas de cuatro pilotes, separados entre sí 3.50 m y de 30 m de longitud.

La pila P1, compartida como apoyo del puente y el viaducto, es algo diferente, también de sección hueca y forma similar a las otras pilas del puente, pero de 1.80 m de ancho y 5.00 m de largo, presentando una altura de unos 15 m aproximadamente.

Remata en un dintel de 7.60 m de largo y sección 2.20 de ancho y canto escalonado entre 1.50 m y 3.00 m, para ajustarse a los diferentes cantos de los tableros del puente y el viaducto. Sobre este dintel de dos alturas, se disponen de un lado los aparatos de neopreno para apoyo de las vigas del viaducto y del otros dos aparatos tipo POT para apoyo del puente.

La P1 se apoya en un encepado de 9.00 m x 9.00 m x 3.00 m, en el que se empotran los 9 pilotes de 1.50 m de diámetro, dispuestos en tres filas de tres pilotes, con una separación de 3.50 m y 25 m de longitud.

Se completan las estructuras con un viaducto de acceso (lado Rurrenabaque) de 66 m de longitud, con dos vanos de 27 m y uno final de 12 m, resueltos con tableros de vigas.

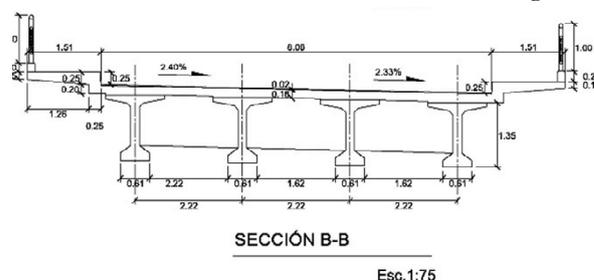
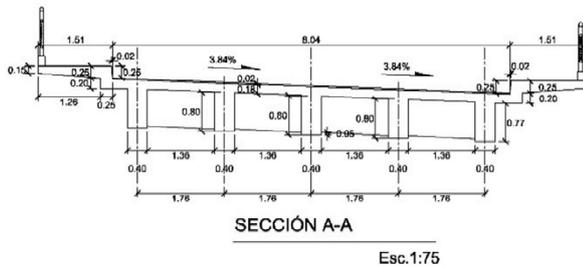


Figura 4. Sección del tablero de vigas Viaducto de acceso

Los tableros de mayor longitud están diseñadas con cuatro vigas prefabricadas y postesadas de sección tipo doble "I" de 1.35 m

de canto, separadas 1.60 m entre sí, que se completan con una losa “in situ” de 0.18 m de espesor (fig. 4). El tablero de menor luz, se resuelve con una sección compuesta de 5 vigas de 0.40 m de ancho y 0.80 m de canto, que se completa con una losa de 0.18 m, todos ellos elementos de hormigón armado y hormigonados “in situ” (fig. 5).



**Figura 5. Sección del tablero “in situ” Viaducto de acceso**

Estos tableros se apoyan mediante aparatos de neopreno zunchado en las pilas y el estribo. Las pilas del Viaducto de acceso (PA y PB), de aproximadamente 7 m de altura, constan de dos fustes circulares con un dintel superior de 8.00 m de longitud y sección de 1.20 m de ancho y 1.50 m de canto. Estas pilas se empotran en un encepado de 5.50 m x 1.80 m x 1.50 m en el que se empotran dos pilotes de 1.50 m de diámetro, separados 2.00 m entre ejes y con una longitud de 25 m en la PA y de 33 m en la PB.

El estribo E1 tiene una altura de aproximadamente unos 8 m y está resuelto con un muro frontal empotrado en un encepado, de 11.00 m x 1.80 m x 1.50 m, que descansa en tres pilotes de 1.50 m de diámetro y unos 12 m de longitud.



**Figura 6. Vista general del Puente ya finalizado.**

Las obras se completan con los viales de acceso emplazados en las zonas urbanas de San Buenaventura y Rurrenabaque. Para el diseño

de estos accesos se ha prestado especial atención a su integración con las poblaciones y a la seguridad vial de vehículos y peatones.

El acceso a Rurrenabaque se inicia a 200 m del puente Zanjón en dirección a la población de Rurrenabaque, sobre la Avenida Gordon Barbour, principal de acceso a la ciudad. Discurre por zona urbana consolidada, a lo largo de unos 900 m, para luego atravesar a lo largo de 200 m por una zona no consolidada hasta finalizar en el puente.

El Acceso San Buenaventura, se convierte en una vía periférica a la población hasta unirse con la Avenida Pando, en la intersección con la calles 20 de Octubre, punto de inicio de la carretera San Buenaventura – Ixiamas.

### 3. Condicionantes

La Sucursal de PROES Bolivia ha realizado los trabajos de supervisión técnica y ambiental de estas obras (fig. 6). Estas presentan ciertas singularidades, en primer lugar que su emplazamiento afecta a las dos poblaciones que se encuentran en la zona, que el entorno medioambiental requiere especial cuidado y por último que es un área de difícil acceso. Por todo ello se trata de una obra con cierto grado de complejidad en su construcción, a pesar de ser un puente de dimensiones y procedimiento constructivo habitual actualmente.

A este respecto cabe mencionar que en la novela “El origen perdido” [1] se deja constancia de las dificultades para acceder, desde La Paz, a la localidad de Rurrenabaque indicando que en la “época seca” se tardan al menos quince o veinte horas en llegar y en la “época de lluvias” no se sabe. También en ese libro se relatan las condiciones precarias del cruce de Rurrenabaque a San Buenaventura con embarcaciones pequeñas y pontonas, como única forma de comunicar ambas localidades.

### 3.1 Sociales

El proyecto se encuentra ubicado cerca del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) de Madidi, la Reserva de Biosfera y Territorio Indígena Pilon Lajas y los alrededores de estas dos áreas protegidas vecinas. Muy pocas personas habitan las áreas protegidas de Madidi y Pilon Lajas.

Cerca del parque está el principal centro urbano de la región, las ciudades gemelas de Rurrenabaque (23.000 habitantes) y San Buenaventura (8.000 habitantes), las cuales están ubicadas frente a frente, a ambos lados del río Beni, pocos kilómetros aguas abajo del Angosto del Bala.

La construcción del puente tiene un fuerte impacto social al posibilitar la conexión de forma directa de las poblaciones, y especialmente al comunicar dos zonas de un territorio con una creciente actividad turística, así como facilitar el transporte de su producción a las explotaciones mineras de la zona.

A partir de 1990, el área ha observado un rápido aumento del turismo, el cual fue estimulado en parte por la publicación de un libro de aventura y rescate en el valle del Tuichi.

Este importante impacto social en la zona fue el motivo que obligó a realizar un estudio de viabilidad de un emplazamiento diferente del puente, después de haberse contratado la supervisión de las obras. Como ya se ha comentado, se concluyó que desde un punto de vista técnico-económico era mejor mantener la situación original.

### 3.2 Medioambientales

El proyecto se encuentra ubicado en la cuenca del Río Beni, que forma parte de la cuenca del Amazonas en Bolivia. La zona de proyecto se caracteriza por un clima tropical húmedo, con inviernos secos y veranos con abundante lluvia, la altura media es de 202 m.s.n.m. La temperatura promedio es 26.6 ° C.,

con una diferencia estacional pequeña., la precipitación en el mes más seco es inferior a 600 mm de lluvia y la humedad relativa ambiente promedio es de 79%.

En verano, los vientos son moderados y vienen principalmente del norte; pero, en el invierno, existen vientos predominantemente del sur, que alcanzan altas velocidades.

La zona de proyecto cuenta con registros de precipitación desde el año 1946, obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). La estación Rurrenabaque registra una precipitación anual promedio de 1.973 mm.

Bolivia forma parte de tres grandes macro cuencas: la Cuenca del Amazonas, la del Plata y la Cerrada o Lacustre. Las cuencas del Plata y del Amazonas son dos de los sistemas hídricos más grandes del Continente Sudamericano.



Figura 7. Vista aérea del río Beni en emplazamiento del Puente.

El proyecto se encuentra ubicado en la cuenca del Amazonas, que en Bolivia abarca una superficie de aproximadamente 718.000 km<sup>2</sup>, lo que representa el 65 % del territorio Nacional. El río Beni nace en Los Andes, a una altura mayor a los 4.000 m.s.n.m. y desemboca en el Océano Atlántico. La cuenca del río Beni hasta la zona de proyecto, abarca 69.895 km<sup>2</sup>, en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Beni, y contiene alrededor de 120 cursos de agua importantes.

El trazado del río en planta muestra que la morfología del río en la zona corresponde a un curso con meandros (fig. 7).

El ensanchamiento del cauce a la salida, en la zona de emplazamiento del puente, da lugar a la reducción del caudal unitario, al

tiempo que se pone en circulación más material sólido que se deposita en el lado Rurrenabaque y aguas abajo consolidando la isla existente.

El puente proyectado abarca la longitud total del cauce con objeto de evitar la contracción del curso del río.

La zona del proyecto, es el punto de encuentro entre los Andes y las tierras bajas del Amazonas, se considera un tesoro natural como un vacío verde y subdesarrollado. En 1995, el gobierno de Bolivia protegió oficialmente 1.8 millones de hectáreas denominada Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Además de su riqueza natural, estas áreas protegidas adyacentes son el hogar de los pueblos indígenas Tacana, Tsimane y Mositén.

Estas reservas y sus alrededores representan una oportunidad económica sin explotar, en donde hay tierras y recursos naturales que Bolivia no puede dejar sin desarrollar, por lo cual la conexión por carretera que permite el puente es fundamental para este desarrollo. Es importante señalar que es necesario determinar el equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza de la región.

### **3.3 Técnicos**

Uno de los condicionantes técnicos más importantes, junto con el comportamiento hidráulico del río, son las características geotécnicas del lugar de emplazamiento del puente.

La geología local entre las poblaciones de Rurrenabaque y la de San Buenaventura está caracterizada por terrazas cuaternarias formadas por gravas, arenas y arcillas que son resultado de la deposición de estos materiales en la formación de un abanico fluvial por el Río Beni. En consecuencia las cimentaciones deben ser diseñadas en función de la profundidad de las gravas particularmente cerca del contacto con las rocas paleozoicas donde las gravas podrían ofrecer condiciones más estables que dichas rocas.

Esto ha originado la necesidad de realizar pilotes de gran diámetro, cuya punta se encuentra en la zona del cauce a unos 30 m de profundidad.

El otro condicionante es el hidráulico. Como ya se mencionó el río Beni es un río muy grande, con un caudal de más de 5.000 m<sup>3</sup>/s, lo que ha condicionado la solución a desarrollar para el cruce del río. Es decir que el diseño estructural del puente ha sido condicionado por las características de funcionamiento hidráulico del río, minimizando los puntos de apoyo en el cauce y las dimensiones de los mismos, a la vez que requiriendo luces grandes sin obstáculos.

Se han realizado estudios del caudal, considerando períodos de retorno de 50, 100 y 200 años para analizar los niveles de aguas máximas extraordinarias, de forma de garantizar que la presencia del puente, con el obstáculo que sus pilas genera en su cauce, no afectaría el funcionamiento hidráulico del río.

Para realizar estos estudios se modeló, mediante el programa Hec-Ras, el curso del río Beni en la zona de proyecto, con el objeto de establecer los parámetros de diseño como velocidad de escurrimiento, perfil hidráulico, transporte de sedimentos, socavación y otras características.

Fue necesario para modelar correctamente el comportamiento hidráulico realizar el levantamiento topo-batimétrico del río Beni en una longitud de 1.000 m; 500 m aguas arriba y 500 m aguas abajo del sitio de emplazamiento del puente, complementado con un modelo digital en una longitud de 4.600 m.

El modelo hidráulico realizado, permitió determinar que el nivel máximo de aguas extraordinarias para un periodo de 50 años es de 196.63 m, para un periodo de retorno de 100 años el nivel se incrementa en 1.07 m, alcanzando la cota 197.70 m, y para un periodo de retorno de 200 años el nivel se incrementa en 0.61 m, llegando a la cota 198.31 m.

Se ha considerado el periodo de retorno de 100 años para la determinación de cotas de

cabezal de apoyo de pilas y cotas de superestructura de puente, dejando una holgura de 2.00 m por encima del nivel de aguas máximas extraordinarias.

Otro aspecto a tener en cuenta ha sido la socavación, de forma de poder prevenir sus efectos sobre las estructuras. Se realizó por tanto un estudio, tanto para los estribos como las pilas del puente.

Para un caudal de diseño para un período de retorno de 100 años, se debía considerar una profundidad de socavación de 9.02 m para las pilas P2, P3 y P4; mientras que para el estribo lado San Buenaventura resultó de 2.02 m y en el estribo del lado Rurrenabaque, de 2.86 m.

En el cálculo de la capacidad portante de los pilotes se consideró la profundidad de socavación calculada.

Finalmente otro condicionante técnico ha sido la imposibilidad de contar con equipos o medios auxiliares de gran porte debido a las dificultades de acceso al emplazamiento de las obras. Esto ha limitado las posibles alternativas de construcción para ejecutar la construcción.

## 4. Construcción del puente

### 4.1 Subestructura

Consideramos como subestructura las cimentaciones, en este caso mediante pilotes de gran diámetro y sus encepados, los alzados de las pilas y los estribos.

#### 4.1.1. Cimentación



Figura 8. Construcción de la mota.

Para poder realizar la construcción de las cimentaciones fue necesaria la ejecución previa de sendas motas (fig. 8) desde las márgenes del río, ganando terreno al mismo, de forma de disponer de una plataforma desde la que realizar la construcción de los pilotes, los encepados y las pilas, que estaban en el cauce.



Figura 9. Construcción de la mota.

Primero se ejecutó la mota del lado San Buenaventura (P4) y luego la del lado Rurrenabaque (P3 y P2). Estos trabajos debieron ser realizados en la época del año en que el río presenta menor caudal, para afectar de la menor forma posible al funcionamiento hidráulico del mismo (fig. 9).



Figura 10. Hincado de la camisa de pilote.



Figura 11. Excavación de pilotes desde la mota.

Una vez construida las motas se realizó la construcción de los pilotes de gran diámetro, hincando sus camisas (fig. 10), perforando el

terreno (fig. 11) y disponiendo las armaduras y procediendo a hormigonar finalmente los mismos.

Cabe destacar las dificultades para la construcción del encepado de la Pila 4, debido a que la cota de cimentación se encontraba unos 14 m por debajo de la coronación del terraplén provisional, cuya altura fue definida para poder contener las crecidas del nivel río.



**Figura 12. Construcción recinto tablestacado.**

Esta situación requirió la construcción de un recinto excavado en el terraplén, cuyas paredes estaban contenidas por tablestacas (fig. 12), previamente hincadas y que se fueron arriostando interiormente a medida que se excavaba (fig. 13).



**Figura 13. Recinto de tablestacas.**

Esta construcción auxiliar se demoró más de lo previsto, por las dificultades en su ejecución durante la época de crecida del río, en las que actuaban las mayores presiones del agua contra las tablestacas y se producía a la vez la mayor presencia de las aguas de origen subterráneo. Estas condiciones de trabajo provocaron pérdidas significativas del material del terraplén provisional.

Luego se ejecutaron los encepados (fig. 14 y fig. 15).



**Figura 14. Hormigón limpieza encepado pilas.**



**Figura 15. Ferrallado encepado pilas**

Teniendo en cuenta la experiencia de la Pila 4, se decidió modificar la posición del encepado de la Pila 3, situada en el centro del cauce, elevando el mismo, para facilitar su construcción en la época de estiaje, y evitar inconvenientes en el izado de los encofrados deslizantes de la pila.

Esta nueva posición requirió un incremento del material de terraplén colocado como plataforma provisional, y fue necesario el recalculo de la cimentación, que en el nuevo diseño incluía pilotes con longitudes de unos 40 metros. El nuevo diseño evitó la ejecución de un recinto tablestacado como el de la Pila 4.

Para compensar los retrasos en los plazos, se aceleraron los trabajos del pilotaje, realizado en un trabajo continuado de 24 horas, que implicó un mayor riesgo laboral que fue controlado con la logística necesaria para evitar accidentes.

Debido a la sensibilidad de los trabajos a realizar frente al nivel de las aguas del río, se realizó un control diario del nivel del río aguas arriba, monitoreando el comportamiento en poblaciones a distancias de hasta 400 km aguas arriba. Con estos datos se tomaban las precauciones necesarias a diario en la obra.

Cuando se estaba terminando los trabajos, se produjo una crecida repentina, que afectó a los trabajos de instalación del carro de avance, y al terraplén provisional que perdió más de un 40% del material colocado, sin embargo, se pudo recuperar el tiempo perdido acelerando los siguientes trabajos.

#### 4.1.2. Pilas

Las pilas se construyeron de forma convencional (fig. 16).



Figura 16. Construcción pilas Viaducto de acceso.

### 4.2 Superestructura

Para la construcción del tablero del puente se contaba con una planta de hormigón a pie de obra (fig. 17).



Figura 17. Planta de hormigones a pie de obra.

La construcción por voladizos sucesivos se realizó con cuatro carros (fig. 18).



Figura 18. Carro y Pontona auxiliar.

Como es costumbre la dovela “0” se construyó encofrando sobre la cabeza de la pila (fig. 19). Luego se avanzó, con la construcción desde las pilas P4, P3 y P2 (figs. 20 y 21).



Figura 19. Encofrado dovela “0”.



Figura 20. Vista dovelas “1” P3.



Figura 21. Construcción dovela extrema tablero desde P4 hacia P3.

Los ritmos de avance mejoraron notablemente con el progreso de las obras, al inicio se requerían del orden de 12 días para el ciclo completo de ejecución de un par de dovelas (avance de los dos carros, ajuste de encofrados, ferrallado, hormigonado, tesado y desencofrado), pero se mejoró este rendimiento hasta alcanzar una media de unos 7 días.

Al realizar el tablero desde la Pila 3, el principal inconveniente fue el transporte del material, debido a que su construcción coincidió con la época de niveles altos del río, y fue necesario transportar los materiales y equipos (aceros, gatos hidráulicos, anclajes, cables pretensados, etc.) de forma prácticamente manual. Para los trabajos de

hormigonado se contaba con el apoyo de una bomba de hormigón que bombeaba el hormigón a través de tuberías apoyadas en pontones (fig. 22).



**Figura 22. Bombeo de hormigón hacia P3.**

Finalmente en los centros de vanos entre pilas P4 y P3, y P3 y P2, se construyó la dovela de cierre correspondiente (fig. 23).



**Figura 23. Encuentro voladizos en centro de vano.**

Para la construcción de los tableros del viaducto de acceso, fue necesaria la fabricación a pie de la obra de las vigas prefabricadas, posteriormente postesadas, ya que como se comentó, las dificultades de acceso a la zona impedían fabricarlas en otro lugar y transportarlas para su colocación.

## 5. Supervisión y control de las obras



**Figura 24. Oficinas de la Supervisión de las obras.**

Los trabajos de supervisión y control de las obras se han realizado con un equipo multidisciplinar de técnicos especialistas que han desarrollado estas tareas para cada una de las diferentes actividades incluidas en la

ejecución de las obras, desde oficinas situadas cerca de las obras (fig. 24).

Cabe señalar que además de los controles cualitativos y cuantitativos de las obras, se llevó a cabo un trabajo de coordinación e información con los agentes sociales locales afectados por las obras.

En la Tabla 1 puede verse un resumen de las principales unidades requeridas para construir el puente principal.

**Tabla 1. Resumen principales unidades del Puente.**

Unidad	Cantidad
m <sup>3</sup> Terraplén en motas	168.835
m Pilote D = 1.50 m	2.038
m <sup>3</sup> Hormión en subestructura	2.852
kg Acero para armar en subestructuras4	190.000
m <sup>3</sup> Hormigón en superestructura	3.700
kg Acero para armar en superestructura	355.000
kg Acero de postesado	140.000

Uno de los aspectos más importantes del control realizado es el del replanteo de las dovelas que conforman el puente construido por voladizos sucesivos. Ese control ha requerido el análisis de los datos topográficos en las fases de construcción de las mismas (antes y después del hormigonado), para poder realizar los ajustes necesarios en la nivelación, para conseguir ajustarse a la rasante teórica y facilitar la materialización del cierre del tablero con la construcción de la dovela de centro de vano.

### ***Agradecimientos***

#### Promotor:

Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

#### Empresa Constructora:

SINOPEC – Sinopec International Petroleum Service Ecuador S.A. Sucursal Bolivia.

#### Asistencia Técnica a la Dirección de las Obras:

PROES, Consultores S.A.

### ***Referencias***

[1] Matilde Asensi, El origen perdido, Editorial Planeta, 2003.