



El hincado de los pilotes se realizó con el uso de una plataforma flotante denominada Jack Up (desde el río). Esta última tiene la ventaja que puede elevarse hasta determinada altura y cambiar de lugar.



La primera alternativa planteada y probada en este esquema fue la de 14 espigones mixtos más tres espigones permeables. El resultado fue la erosión en los espigones permeables y del espigón impermeable por lo cual fue desechada.

La siguiente fue la de 16 espigones de geotubos de longitudes variables que ocasionó una alta erosión y poca sedimentación en los espigones (también descartada).

La opción tres consistió en siete espigones con tabla estacas (100% impermeables) más tres salientes. Si bien aquí se logró obtener sedimentación, también se generó una alta erosión con un talweg (punto más

bajo del río) con tendencia a incrementarse de forma acelerada.

Finalmente, la solución 4 consistió en la ejecución de 11 espigones conformados por pilotes y tabla estacas, con los que se obtuvo estabilidad del talud, acumulación de sedimentos, y el desplazamiento del talweg.

OPTIMIZACIÓN

Una vez comprobada la eficiencia de la opción 4, se buscó optimizarla a fin de explotar al máximo sus fortalezas. Para ello se contrató a Baird, empresa de renombre internacional

especializada en ingeniería hidráulica. El objetivo fue perfeccionar su configuración en base a los resultados del modelo físico realizado en la UNI. El alcance del estudio permitió optimizar la disposición de espigones por medio de un modelo numérico hidrodinámico en 3D, simular en el modelo físico la configuración optimizada por el modelo numérico y desarrollar la ingeniería de detalle para la solución denominada alternativa 4 optimizada.

Propuesta innovadora

El ingeniero Carollo dijo que en los últimos cinco años la socavación del río avanzó casi 60 m hacia la carretera. "En el 2012 ya estaba a 25m y en el 2013 a 16 m de la vía. Este avance de socavación se inicia aguas arriba del espigón 1, hasta la zona ubicada a 1600 metros aguas abajo donde existe un espigón natural", expresó.

Cuando el nivel del río aumenta, se desencadena un proceso cíclico de retroceso que se inicia con la socavación en el pie de talud y posteriormente el río y las lluvias saturan el material y provocan el colapso del talud. "Es el principio de socavación", reveló.

Señaló que para este proyecto se presentó una propuesta con la finalidad de hacer un análisis que permita determinar la mejor solución técnica, algo totalmente distinto al accionar de las constructoras. "Propusimos al cliente un estudio de laboratorio (modelo físico y numérico en 3D) para sustentar una ingeniería de detalle y con esto concebir una adecuada solución", declaró.

El tamaño del grano de arena utilizado en el modelo físico reducido en la UNI también tuvo la escala de 1:60. "La granulometría fue un desafío. Tuvimos que zarandear mucho material para conseguir el tamaño adecuado al modelo propuesto que imite el comportamiento real. Empleamos alrededor de 600 m³", acotó.

Se realizaron las simulaciones en cada una de las alternativas con caudales de 2,000 m³/seg hasta 16,000 m³/seg, que es el máximo caudal que presenta el río Madre de Dios. "De esa forma estudiamos lo que ocurría en cada uno de los espigones y concebimos la base para hallar la alternativa correcta. Ensayamos una gran diversidad de posibles soluciones durante casi un año", comentó.

Para resolver este problema se tuvo en consideración la disponibilidad de material en la zona, por lo que se decidió proyectar espigones metálicos en vista de que no se tiene rocas de gran dimensión en el sector. "Los estudios definitivos determinaron que debían conformarse por una parte permeable y otra impermeable. Inicialmente pensábamos que debían ser solo impermeables, pero cuando comenzamos a modelarlos detectamos la ocurrencia de otros fenómenos que naturalmente no existían, por lo que en lugar de solucionar el problema estábamos creando otro", afirmó.

Con los espigones metálicos se logró desplazar los vórtices que estaban socavando el pie del talud hacia el centro del río, con lo cual se elimina las fases del ciclo de retroceso. "El proyecto también cuenta con un sistema de drenaje, el cual capta las aguas de lluvias a través de cunetas y las re-direcciona hacia el sistema de drenaje lateral de la vía existente", refirió.