

Diseño y construcción del Nuevo Puente de Espartxo sobre el río Urumea, San Sebastián

Design and construction of the New Espartxo bridge over River Urumea, San Sebastian

Guillermo Capellán Miguel^{*, a}, Marianela García Pérez^b, Miguel Sacristán Montesinos^c, Alejandro Godoy Ansótegui^c y José D. Berrazueta Sánchez de Vega^d

^a Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico, Arenas & Asociados. gcapellan@arenasing.com.

^b Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Project Manager, Arenas & Asociados. mgarcia@arenasing.com.

^c Ing. Caminos, Canales y Puertos. Coordinador de Proyectos, Arenas & Asociados. msacristan@arenasing.com | agodoy@arenasing.com.

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Quality Manager, Arenas & Asociados. jberrazueta@arenasing.com.

RESUMEN

El Nuevo Puente de Espartxo, actualmente en las fases finales de su construcción, sustituirá al ya deteriorado Espartxo Zubia, el cual con tan solo 6.60 m de ancho y con baja cota media (6 m) podía generar problemas hidráulicos en caso de avenida. La construcción de este nuevo puente forma parte del conjunto de obras de urbanización del área LM.06 de Txomin-Enea, promovidas por el Ayuntamiento de San Sebastián, cuyo objetivo principal es dinamizar, modernizar y aportar nuevos usos a la zona. Se trata de una obra necesaria pues el puente existente no cumple las necesidades en cuanto ancho útil para soportar la calzada, aceras y carril bici, y su geometría no es compatible con la nueva urbanización ni con el parque de ribera que seguirá la margen izquierda del río Urumea.

ABSTRACT

The new Espartxo Bridge, currently under its final stages of construction, will substitute the deteriorated Espartxo Zubia, just 6.60 m wide and with low clearance (6 m) which could cause hydraulic problems in case of flood. The construction of the bridge forms part of the LM.06 Txomin-Enea new urban development, promoted by San Sebastian City Council, whose objective is modernizing and providing new uses to this area. It is a necessary work because the existing bridge does not meet the needs in terms of useful width to support the roadway, sidewalks and bike path, and its geometry is not compatible with the new development nor the riverside park that will follow the left bank of the River Urumea.

PALABRAS CLAVE: puente urbano, pila singular, metálica, Espartxo, Txomin-Enea, San Sebastián.

KEYWORDS: urban bridge, signature pier, steel structure, Espartxo, Txomin-Enea, San Sebastián.

1. La razón de ser de la solución adoptada

El nuevo puente debía salvar el río Urumea con un solo vano, evitando así la disposición de pilas intermedias en el río, tal y como lo hace el puente antiguo, el cual tiene 3 vanos sobre el cauce de aproximadamente 10 m de luz, que reducen considerablemente la sección hidráulica del río en esa zona.

La búsqueda de una solución que no rompiera estéticamente con la ribera del Urumea, hizo que se desecharan, desde un principio, todas las soluciones con estructura por encima del tablero.

Por otra parte, al tratarse de una estructura con la rasante baja, condicionada por la nueva urbanización en la margen izquierda y por el camino de Uba en su margen derecha, debía buscarse una solución estructural que minimizara los cantos del tablero, con el objetivo añadido de permitir el tránsito peatonal bajo la estructura en la ribera izquierda y así no interrumpir el paso del nuevo parque de ribera previsto en el conjunto total de actuaciones en la zona por parte del Ayuntamiento.

Es por ello, que se opta por una solución estructural de tablero mixto con 2 nervios longitudinales y costillas intermedias sobre las que se ejecuta una losa de hormigón. Con una única pila empotrada al tablero, situada en la margen izquierda y formada por dos brazos en V de hormigón con superficies regladas alabeadas y núcleo central metálico, lo cual mejora el comportamiento hidráulico y disminuye el coste en cimentaciones.

El puente proyectado tiene una longitud total de 59.4 m entre apoyos en estribos, repartidos en dos vanos de 17.4 m y de 42.0 m, siendo este último el vano principal sobre el río Urumea.

Junto con la pila, la planta del puente es su característica más singular, al abrirse los voladizos de aceras en el vano lateral de 17.4 m hasta independizarse del núcleo central del tablero para formar sendas pasarelas laterales. La sección útil es de 15.3 m, con calzada central de 7.0 m con dos carriles de 3.2 m y bandas blancas de 30 cm. Los nervios longitudinales metálicos de la estructura, toman el canto que necesitan para resistir los esfuerzos actuantes por encima de la rasante. De esta manera sirven de división entre el tráfico de la calzada y el de las aceras.

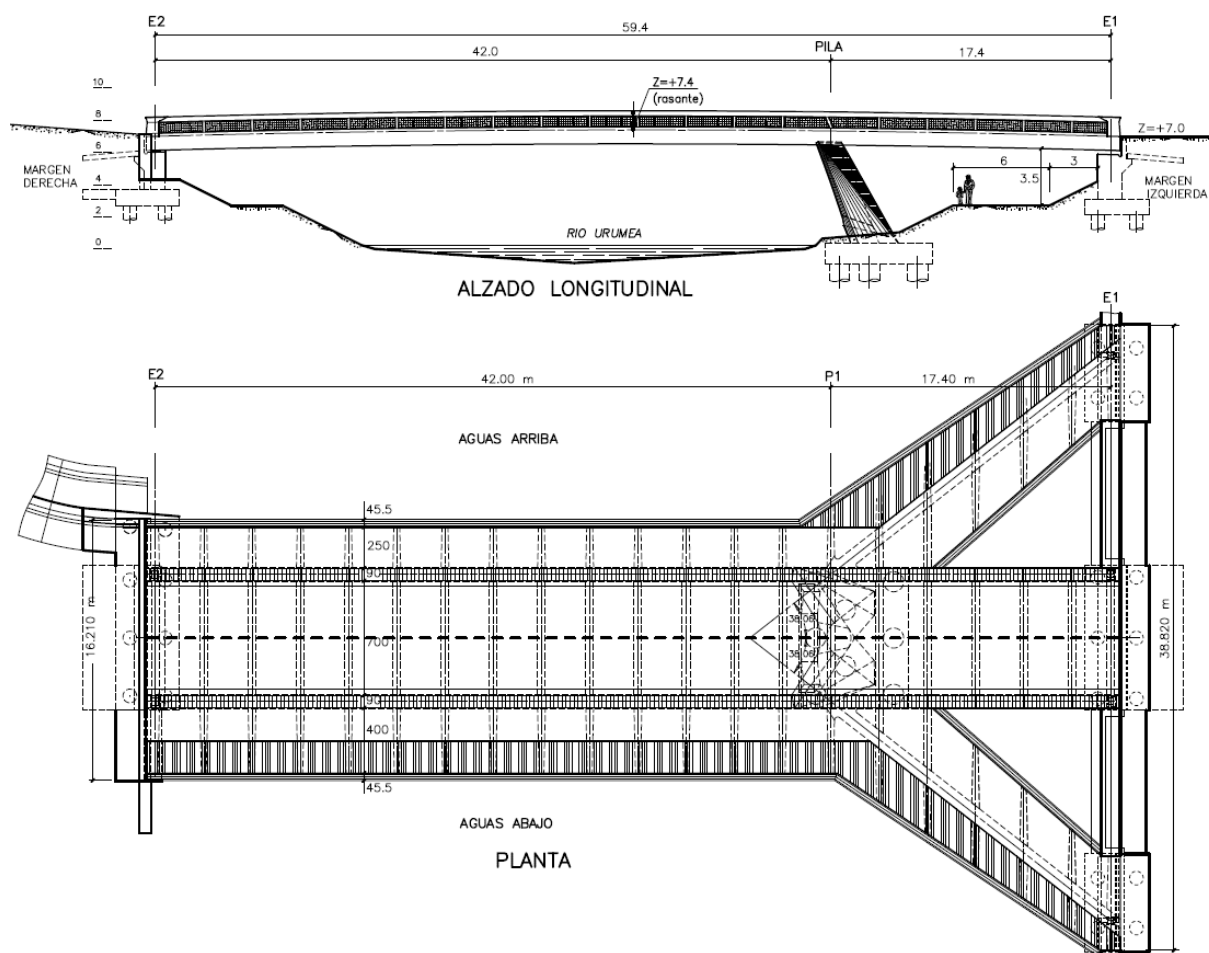


Figura 1. Planta y alzado del Nuevo Puente de Espartxo

Las aceras, parte primordial en la sección del puente dado el carácter urbano del mismo, se materializan mediante voladizos a ambos lados de las vigas principales. De este modo, se tiene una acera de 4.0 m aguas abajo y un voladizo de acera de 2.5 m aguas arriba.

Esta asimetría viene impuesta por la existencia de un caserío en la margen derecha del río, que impide ejecutar la acera de aguas arriba con mayor anchura. Sin embargo, en previsión de una más que probable ampliación futura si el caserío desaparece, esta acera está prevista pueda alcanzar los 5.5 m de anchura total.

2. La estructura

El núcleo central de tablero, de 8.8 m de ancho, incluye la calzada y la estructura principal del mismo, y se ejecuta en primer lugar.

Las vigas metálicas o nervios de borde se sitúan en los laterales y poseen un canto de 192 cm, 75 cm bajo rasante y 117 cm sobre rasante de tablero, conformando las barreras entre calzada y aceras. Esta configuración permite respetar el gálibo hidráulico necesario, reduciendo el canto bajo rasante y también el canto aparente de tablero, con lo que el resultado es una estructura muy esbelta.

Entre los nervios principales se materializa la calzada, a través de una losa mixta formada por

una losa de hormigón ejecutada in situ sobre prelosas prefabricadas de 7 cm, con un canto total de 21 cm. Esta losa se apoya sobre costillas metálicas curvas de canto variable situadas cada 3 m y unidas a los nervios principales mediante soldadura. Cuando el núcleo central está ejecutado por completo se puede proceder a la demolición del puente antiguo, permitiéndose la circulación de vehículos por la calzada del nuevo puente.

Los nervios de las pasarelas se sitúan en la parte central de las mismas y poseen una sección trapezoidal con un canto de 63 cm y un ancho en su parte inferior de 90 cm.

Sin la presencia del antiguo puente, ya se puede continuar con la segunda fase de ejecución del nuevo puente. En ella se colocan los nervios principales de las pasarelas peatonales y las costillas de las aceras.

Para las aceras se ha optado por una solución de costillas metálicas de canto variable y perfil en doble T. Sobre ellas y en la parte interna del voladizo va situada una chapa metálica a modo de encofrado perdido de la losa de hormigón armado, sobre la que se coloca un pavimento embaldosado. En la parte externa de toda la acera de aguas abajo y en el primer vano de la acera de aguas arriba, se coloca un pavimento de madera sintética sobre listones, con óptimas condiciones de durabilidad.

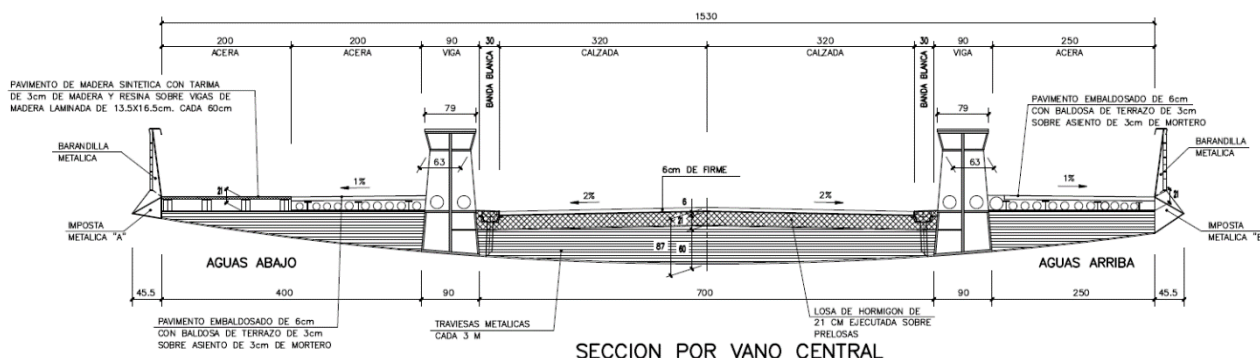


Figura 2. Sección tipo

La pila, situada a 17.4 m del estribo 1 para no interferir en el cauce del río, se configura como un volumen escultórico en hormigón con núcleo metálico, con superficies regladas alabeadas que además mejoran el perfil hidráulico en caso de avenida.

Está formada por dos brazos en V compuestos por un núcleo de sección cajón rectangular metálica rellena de hormigón, unido a una traviesa superior, también metálica, que actúa a modo de diafragma entre nervios principales del tablero en ese punto. Los brazos metálicos van inmersos en una masa de hormigón pretensado que conforma el cuerpo final de la pila.

La cimentación es pilotada formada por 8 pilotes de 125 cm de diámetro.

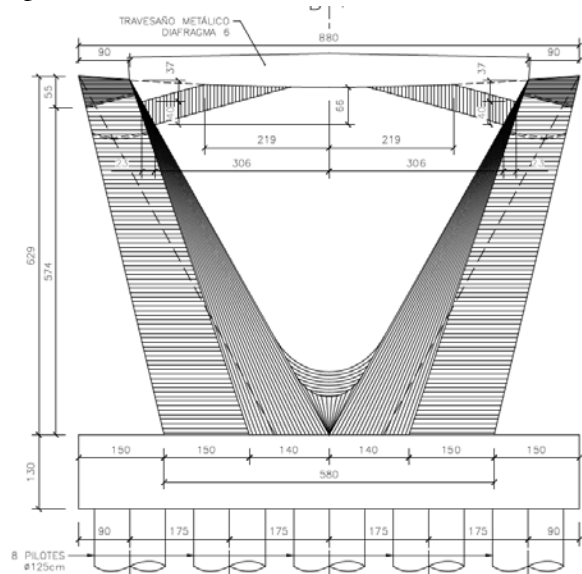


Figura 3. Alzado de Pila

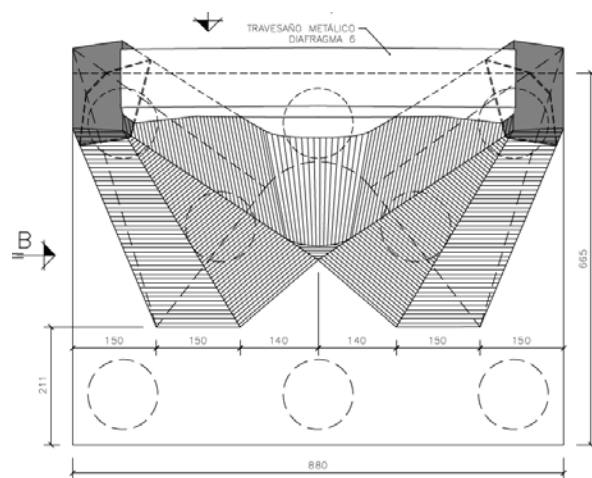


Figura 4. Planta de Pila

Los estribos se integran como prolongación de los muros previstos en las márgenes del río para poder llevar a cabo la nueva urbanización de la zona y el cauce del río.

El estribo 1 queda dividido en tres: E1B correspondiente al núcleo central que se ejecutará en una primera fase, y otros dos correspondientes al arranque de las pasarelas peatonales: E1A (aguas arriba) y E1C (aguas abajo). Al menos el situado en la pasarela aguas abajo se debe ejecutar en una segunda fase ya que está situado en la zona ocupada por el antiguo puente.

Entre los tres estribos se construirán también unos muros de trasdós inclinado para poder contener las tierras y permitir la nueva urbanización de esta margen del río Urumea.

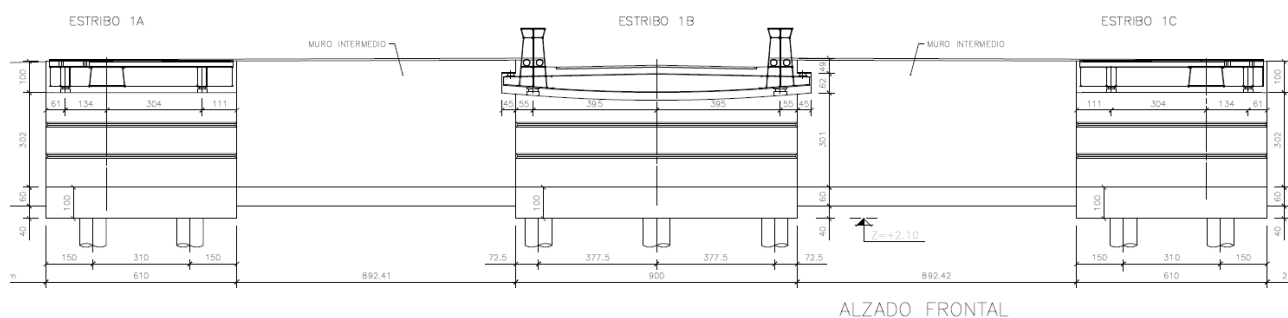


Figura 5. Alzado de estribos marquen izquierda

El estribo 2 va acompañado de un muro en vuelta que sirve para contener las tierras y permitir la construcción de una rampa de que da acceso desde la parte superior a la servidumbre de tránsito de Costas en la orilla derecha del río.

En este estribo en una segunda fase se ejecutará a su izquierda un muro en prolongación, necesario para contener las tierras una vez haya sido eliminado el puente antiguo en la zona contra el recinto militar.

Por encontrarnos en las márgenes de un río y situarse el sustrato rocoso competente a gran profundidad, se ha optado por cimentaciones profundas mediante pilotes tanto para los estribos como para la pila. Los muros se cimentan directamente sobre el terreno con mejoras localizadas para asegurar la capacidad portante.

3. El proceso constructivo

Con una solución tan concienciada con el río Urumea y su ribera, su construcción no debía suponer ninguna alteración a este propósito, y los medios empleados y procedimientos establecidos, tratan en todo momento no afectar en la medida de lo posible al entorno natural.

Además, se debe garantizar el tráfico rodado y de peatones entre ambas márgenes del río en este punto durante la construcción del nuevo puente.

De aquí la necesidad de establecer dos fases muy marcadas durante la construcción: en primer lugar, la ejecución de la parte de la calzada del nuevo puente para poder desviar el tráfico mientras se demuele el puente existente. Con el antiguo puente ya suprimido, se puede concluir con la ejecución de las aceras peatonales.

3.1 Cimentaciones

Todas las cimentaciones tanto de estribos como de la pila, se realizaron mediante pilotes.

Para poder realizar la cimentación de la pila fue necesario disponer una península provisional, que invadiendo lo mínimo posible el cauce del río, permitiera el acceso de la pilotadora hasta su posición definitiva. Puesto que la cota de trabajo, era de unos 3 m superior a la definitiva, la parte superior de los pilotes se ejecutó con el mismo hormigón que el resto de su altura, pero sin disponer armadura en el interior de este tramo final. Ya que de este modo se facilitaba el posterior descabezado de este tramo.

Al ejecutarse el nuevo puente a escasos centímetros del actual, y dado el elevado grado de deterioro que tenía dicha estructura, fue necesario la ejecución de un sistema de contención provisional del mismo en la margen izquierda del río. Para ello, se colocó una pantalla de tablestacas con anclajes provisionales al terreno siguiendo la directriz longitudinal del antiguo puente. Esta pantalla, sirvió además de contención del terreno de la urbanización para la ejecución del Estribo 1B.



Figura 6. Pantalla y recinto de tablestacas en margen izquierda

A esta pantalla con anclajes se le adosó un nuevo recinto de tablestacas en forma de U paralelo al contorno exterior del encepado de la pila. Esta pantalla estaba reforzada en su interior mediante perfiles metálicos. Con el nuevo recinto perfectamente arriostrado, se prosiguió con la excavación de su interior hasta alcanzar la cota inferior del encepado de la pila.

En la margen derecha del río, para la ejecución del Estribo 2 fue de nuevo necesario la ejecución de un sistema de contención del vial existente que continúa hacia el camino de Uba. Ya que, en todo momento, durante la construcción del Nuevo Puente de Espartxo se debía respetar la premisa de no interrumpir el tráfico existente entre ambas márgenes del río.



Figura 7. Pantalla de micropilotes en Estribo 2

En esta zona, se empleó una pantalla de micropilotes con 2 niveles de anclajes para la contención de la calzada existente.

En esta primera fase y dado que la nueva urbanización así lo permitía, se ejecutó también la cimentación del E1A, estribo de la margen izquierda necesario para alojar la pasarela peatonal de aguas arriba. Fue necesario en este estribo, dada la gran profundidad que alcanzaba en este punto el estrato de roca competente, remplazar la cimentación mediante pilotes a una solución con micropilotes.

3.2 Muros en rampa

En la margen derecha, entre el Estribo 2 y el caserío, existe un doble muro en vuelta que permite por un lado contener el vial con su nuevo trazado al salir del puente y, por otro lado, permitir el acceso a la orilla del río. En esa zona, puesto que el antiguo acceso al caserío quedaba alterado, se ejecutaron nuevos accesos peatonales mediante escalera y ascensor.



Figura 8. Muro en rampa del caserío

3.3 Alzados de estribos y pila

Debido a la escasa longitud del primer vano, entre el E1B y la pila, con respecto al vano sobre el río (17.4 m frente a 42.0 m) existen despegues del tablero en ese estribo. Por ello, es necesaria la disposición de un tope inverso que impida el despegue del tablero en esa zona. Este tope inverso está alojado en los muros en continuación del cuerpo central del Estribo 1.

El alzado de la pila, con su geometría escultórica mediante una superficie reglada a lo largo de todo su contorno, es el elemento más singular del Nuevo Puente de Espartxo.

Está compuesta por dos brazos en forma de V de hormigón pretensado con núcleo de bastidor metálico. Se facilita, así, el empotramiento del tablero metálico a pila en esa zona mediante soldadura de las cartelas entre ambos elementos y que conforman el nudo de unión.



Figura 9. Ferralla alrededor del bastidor metálico de pila

Para materializar la geometría exterior del volumen de la pila, dada su complejidad geométrica y el poco espacio libre dentro del recinto de tablestacas, se optó por la fabricación y posterior colocación en obra de un encofrado metálico que reproducía a la perfección el volumen de la pila.



Figura 10. Encofrado de pila

Por cómo están establecidos los desvíos provisionales en la margen izquierda en este punto de la obra, se puede ejecutar tanto la cimentación como el alzado del E1C, estribo de la pasarela peatonal de aguas abajo.

3.4 Tablero Fase 1

El montaje de la parte central de la estructura metálica, se realizó siguiendo las siguientes fases:

- Colocación y soldadura del nudo y riostra sobre pila.



Figura 11. Colocación de nudo en pila

- Lanzamiento mediante grúa hasta su posición definitiva de los cajones longitudinales del tramo 1.



Figura 12. Posicionamiento de nudos longitudinales

- Colocación y soldadura de costillas transversales centrales entre ambos nervios en el tramo 1.
- Lanzamiento de cada una de las vigas longitudinales, por separado, mediante grúa en el vano sobre el río.



Figura 13. Posicionamiento de nudos longitudinales

- Con las vigas longitudinales ya con continuidad en toda la longitud del puente, así como perfectamente unidas a la pila, colocación y unión de costillas centrales transversales.



Figura 14. Soldadura de costillas transversales

Para adelantar las fases de montaje de estructura metálica, en esta misma fase se

colocaron también tanto el nervio longitudinal de la pasarela de aguas arriba como todas las costillas que materializan la acera de aguas arriba.



Figura 15. Colocación de pasarela aguas arriba

Con la estructura metálica perfectamente posicionada y ensamblada, se continuó con la colocación de las prelosas en la parte central del puente. Para poder así hormigonar la parte de losa in situ y permitir el acceso a tráfico rodado por esta zona. En el momento de redacción de este artículo, la construcción del Nuevo Puente de Espartxo se encuentra en este punto.



Figura 16. Estado actual de la obra del Nuevo Puente de Espartxo

3.5 Demolición de puente existente

Con el tráfico desviado por la nueva calzada, se puede proceder a la demolición del puente antiguo. Para llevar a cabo la demolición, se comenzará por el tablero, atacándolo vano a vano.

Se comenzará por el vano central, para poder situar la maquinaria en los vanos extremos del mismo. Después, se continuará con los vanos laterales en retirada de la maquinaria.

Se tratará de recoger y retirar desde arriba todos y cada uno de los tramos eliminados del antiguo puente para después ser trasladados a vertedero.

Con el tablero antiguo ya desmontado, se puede pasar a la demolición de las pilas y los estribos empleando una máquina de demolición con un martillo implementado con el que se picará. El material que se vaya eliminando, se retirará colocando una pinza tipo escollera a la máquina de demolición.

3.6 Tablero Fase 2

Una vez demolido el antiguo puente, se puede continuar con la colocación de los voladizos de acera y del nervio de pasarela longitudinal de aguas abajo.

Con todas las costillas de acera situadas, se puede ejecutar la losa de aceras sobre la chapa metálica rigidizada con perfiles en T que sirve de encofrado perdido. Se continuará también con la colocación de los rastreles que servirán para la fijación del pavimento de madera sintética.

3.7 Acabados

Para concluir la construcción del puente, es necesaria la colocación de barandillas y pasamanos, así como concluir el remate de acabados.

Uno de los aspectos que más se ha tratado de cuidar en esta obra, es el tema de la iluminación. El planteamiento de la iluminación definido en proyecto, persigue un objetivo doble: por un lado, aportar una visibilidad segura y confortable para el correcto uso y disfrute del puente, y, por otro lado, una función estética y ornamental.

Al tratarse de un puente urbano pero ubicado en una reconvertida zona verde de la ciudad, puesto que el nuevo parque fluvial quiere recuperar los usos naturales de la ribera del río,

se ha prestado especial atención a minimizar la contaminación lumínica en la zona. Para ello, la iluminación funcional se realizará desde el exterior de la estructura, y en el interior del puente, se quiere únicamente remarcar las líneas de la estructura como hito arquitectónico. Se trata de eliminar los báculos sobre el puente, y con ello, la iluminación sobre la lámina de agua.

Para ello, se dispondrán tiras LED dentro de los nervios longitudinales que permitan la salida de luz hacia el exterior tanto hacia el lado de la calzada como hacia el lado de aceras a través de un panel opaco con una ranura definida a tal efecto.

3.8 Control durante el proceso constructivo

Va a ser instalado un sistema de instrumentación y monitorización remoto, para conocer el estado del puente y poder llevar a cabo su control y mantenimiento en todo momento de su vida útil.

Para la mejor calibración del sistema de control, se han instalado, ya desde las fases constructivas, parte de los sensores de medida.



Figura 17. Acelerómetros en fase de construcción

De este modo, se han podido tomar medidas de los modos de vibración de la estructura antes y después del hormigonado de la losa de calzada. Pudiéndose establecer así, una evolución del sistema de calibración del comportamiento del puente.

Agradecimientos

Desde Arenas & Asociados, queremos dar las gracias a todas las empresas y trabajadores que han estado implicadas en la consecución del Nuevo Puente de Espartxo, tanto en fase de proyecto como de obra.

La colaboración que, desde todo el equipo del Ayto. de San Sebastián hemos recibido durante la redacción del proyecto y la construcción de las obras, por parte de Alfonso Vázquez, Joseba Rodríguez y Estefanía Lacalle.

Al equipo de la UTE Amenábar-Campezo, en su dirección técnica y de obra, con la figura de Miguel Santamaría a la cabeza.



Figura 18. Imagen previa a la demolición del actual Espartxo Zubia