

El nuevo Puente de Pooley. Como diseñar en colaboración con los futuros usuarios

The new Pooley Bridge. How to design in collaboration with future users

Héctor Beade Pereda^a, Laura Langridge^b

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Knight Architects. Director de Diseño. h.bead@knightarchitects.co.uk

^b Arquitecta. Knight Architects. Asociada Senior. l.langridge@knightarchitects.co.uk

RESUMEN

El nuevo puente de Pooley Bridge, un arco de tablero superior de acero inoxidable, sustituye a un puente de piedra de más de 250 años de antigüedad destruido por una riada en 2015, en un lugar declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Los muchos condicionantes del proyecto fueron armonizados con los deseos de la comunidad a través del proceso de diseño, que incluyó un amplio proceso de participación de los habitantes del pueblo y otras partes interesadas. Belleza, resiliencia, durabilidad, transparencia y rapidez de la construcción fueron considerados aspectos críticos en este proyecto. El diseño resultante, eficiente, novedoso y sostenible, encuentra un equilibrio entre todos ellos.

ABSTRACT

The new Pooley Bridge, a stainless steel deck-arch bridge, replaces a 250+ year old stone bridge washed away by a flood in 2015, in a UNESCO World Heritage Site. The many constraints of the scheme were harmonised with the community's aspirations through the design process, which included extensive engagement with villagers and other stakeholders. Beauty, resilience, durability, transparency and speed of construction were considered critical aspects of the project. The resulting design, efficient, innovative and sustainable, balances all of them.

PALABRAS CLAVE: puente arco, acero inoxidable, resiliencia, participación ciudadana

KEYWORDS: arch bridge, stainless steel, resilience, community engagement

1. Introducción

El pueblo de Pooley Bridge es la puerta nororiental del Parque Nacional del Distrito de los Lagos (Lake District), en el noroeste de Inglaterra, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y dotado de un paisaje de singular belleza. Durante más de 250 años, el pueblo ha servido de paso sobre el río Eamont a través de un puente de arco de piedra de tres vanos, construido en 1764 (Fig. 1) y protegido como monumento histórico. Este

puente no sólo era importante desde un punto de vista funcional, como conexión crítica en una zona amplia, sino que era un elemento fundamental en la vida cotidiana de un pueblo al que daba nombre, siendo motivo de orgullo para la comunidad y una parte indisoluble de su identidad.

En diciembre de 2015, el Ciclón extratropical Desmond provocó riadas en la zona con un periodo de retorno superior a los

500 años, causando importantes daños, entre ellos el colapso de la mayor parte del Puente de Pooley debido a la socavación bajo sus pilas (Fig. 2).

Esta abrupta pérdida fue devastadora para una comunidad conmocionada por la desaparición de una parte fundamental de su patrimonio histórico, su única construcción protegida, y por

la afección a su calidad de vida causada por la división de las dos márgenes del pueblo. La instalación, tres meses más tarde, de un puente celosía temporal (Fig. 3) alivió esto último, al evitar un desvío de 16km, pero se convirtió al mismo tiempo en un recordatorio de la pérdida y la vulnerabilidad ante las crecidas.



Figuras 1 a 3. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Puente histórico de Pooley; Puente histórico arrastrado por las riadas causadas por el Ciclón Desmond; Puente temporal instalado en 2016.

La autoridad local del Condado de Cumbria (por entonces Cumbria County Council, hoy en día Westmorland and Furness Council) licitó en 2017 los trabajos para el diseño conceptual de un nuevo puente permanente en la misma localización que el anterior, cumpliendo con los requerimientos técnicos actuales, incluyendo los de la Agencia de Medio Ambiente (Environment Agency), y contando con el máximo apoyo de la comunidad y otras partes interesadas. Knight Architects resultó

adjudicataria de estos trabajos, con la colaboración de Mott MacDonald como subcontratista.

El nuevo puente, un innovador arco de tímpano abierto de 40 m de luz con una estructura compuesta de acero inoxidable y hormigón de alta resistencia, rinde homenaje a su predecesor y a otros ejemplos clásicos del patrimonio de puentes británico. Sin embargo, también mira al futuro y es una adición armoniosa a un paisaje extraordinario gracias a

su esbeltez y transparencia, que no sólo ofrecen vistas a través del puente, sino que minimizan la obstrucción del flujo de agua en caso de inundación.

2. Diseño en colaboración con la comunidad

La aspiración del cliente por lograr que el proyecto tuviese un apoyo lo más unánime posible llevó a un proceso de diseño poco habitual en puentes incluyendo un inusualmente intenso proceso de consulta a los habitantes del pueblo y otras organismos con intereses en el proyecto, escuchando a la comunidad y centrándose en sus aspiraciones comunes para lograr un diseño que encajara con su identidad y satisficiera las normas técnicas vigentes.

2.1 Participación de las partes interesadas en el diseño

La nueva estructura estará íntimamente ligada a la identidad del pueblo durante un largo período de tiempo, por lo que era vital que el equipo de diseño comprendiera las necesidades y deseos de la comunidad. Para ello, diseñamos y dirigimos un proceso participativo que permitió escuchar minuciosamente a la comunidad, catalizar sus opiniones, y centrarse en sus aspiraciones comunes para concebir una estructura de cruce con un apoyo lo más unánime posible. La participación de la comunidad fue fundamental en el proceso de diseño y una parte esencial del éxito de este proyecto.

El equipo llevó a cabo una serie de tres sesiones presenciales de participación pública, cada una de ellas centrada en un tema distinto.

El proceso de consulta incluyó reuniones específicas para llegar a acuerdos con distintos departamentos de la autoridad local del Condado de Cumbria, los departamentos de hidráulica y ecología de la Agencia de Medio Ambiente, la Autoridad del Parque Nacional del Distrito de los Lagos (el organismo que debía aprobar la

licencia de construcción del proyecto) y la Fundación del Príncipe Carlos (Prince Charles Foundation, ahora The King's foundation), una organización sin ánimo de lucro con interés en el proyecto. Todos ellos fueron invitados asimismo a las sesiones de participación pública para entender de primera mano las aspiraciones de la comunidad.

2.1.1. Conociendo el proyecto

En la primera de las sesiones presenciales de consulta y participación ciudadana, reunimos a la comunidad, le explicamos en términos generales cómo se diseña y construye un puente, y nuestra interpretación de los condicionantes del proyecto.

Tratamos de absorber el máximo de conocimiento local y entender qué aspectos de la antigua estructura eran más valorados por la comunidad, así como sus esperanzas y temores con respecto a la nueva.

2.1.2. Rango de posibles soluciones

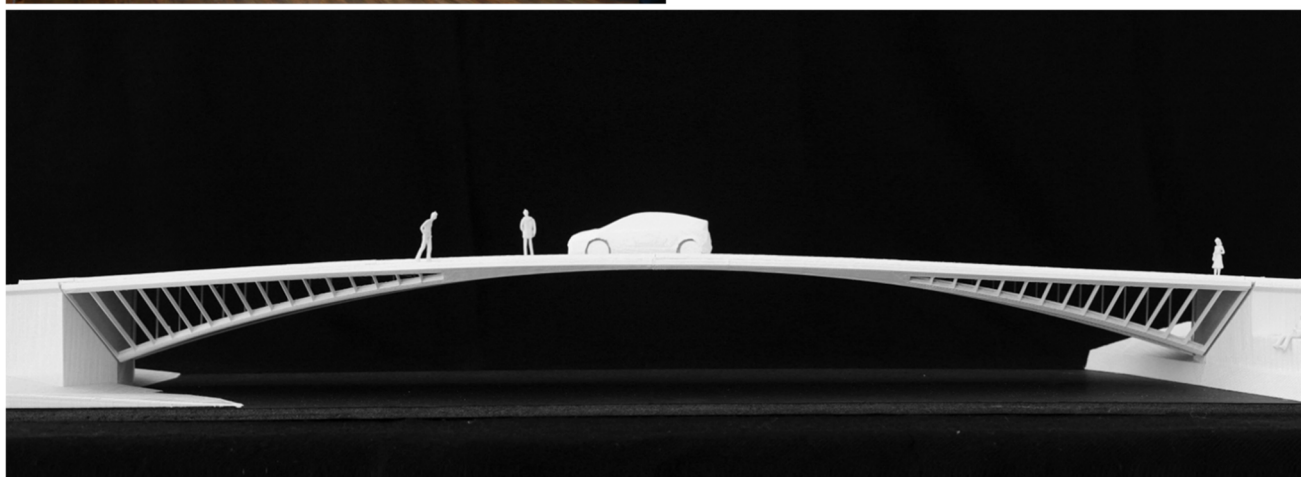
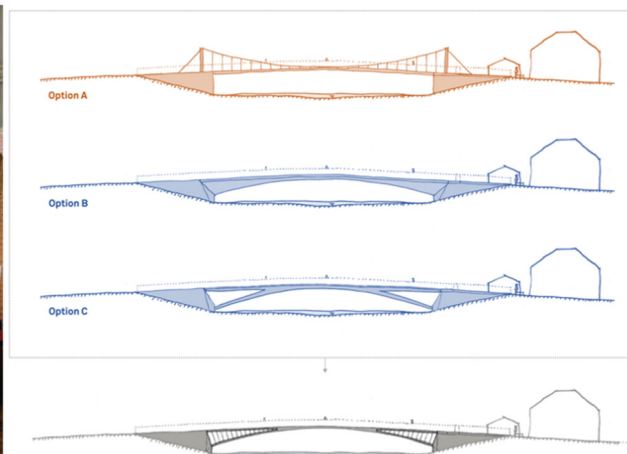
Para la segunda reunión, identificamos una serie de soluciones, en forma de diseños muy preliminares, que consideramos razonables para el emplazamiento, respondían de diferentes maneras a los comentarios recibidos en la primera reunión y eran lo suficientemente distintas como para suscitar opiniones que nos permitieran comprender qué era valioso para la comunidad a la hora de diseñar un nuevo puente. Todas las opciones tenían un único vano, para cumplir con los requerimientos hidráulicos (mejorar el flujo en condiciones de avenida y que la afección futura a las propiedades colindantes fuese menor que en 2015) y ecológicos de la Agencia de Medio Ambiente y permitir construir el puente en una ventana de trabajo extremadamente restrictiva cuando se añadía a los requerimientos anteriores el de minimizar la ausencia de conectividad durante la temporada turística. Se debatieron los méritos de cada opción y pedimos que nos diesen su opinión sobre los aspectos que consideraban positivos y negativos para cada tipo de puente propuesto. El

objetivo no era seleccionar un diseño final mediante votación, sino maximizar el feedback de los participantes en la consulta para identificar sus aspiraciones.

Aunque hubo opiniones diversas, algunos aspectos como la elegancia, la ligereza y la transparencia, las vistas abiertas, el uso de la piedra y la resistencia a las inundaciones, resultaron comunes a la mayor parte de los comentarios. Otras opiniones, menos generalizadas, reclamaban un puente de piedra lo más parecido posible al antiguo, o una estructura

de apariencia moderna que pudiera convertirse en una nueva referencia del lugar por sí misma.

La preocupación por el comportamiento del puente ante futuras inundaciones fue, lógicamente, un aspecto común a la mayor parte de los comentarios. Aunque todos los diseños preliminares propuestos eran prácticamente equivalentes desde un punto de vista hidráulico, la comunidad se sintió naturalmente atraída por las opciones que les parecía que podrían comportarse mejor en esas circunstancias.



Figuras 4 a 6. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Segunda sesión de consulta con la comunidad; Opciones preliminares presentadas en esa sesión, con el diseño desarrollado posteriormente, en gris, a partir del feedback recibido; Maqueta de este diseño desvelada en la tercera sesión de consulta.

2.1.3. Solución de consenso

Tratando de equilibrar cuidadosamente el feedback recibido y sus contradicciones, respondiendo a las aspiraciones mayoritarias

pero evitando, en la medida de lo posible, excluir otros puntos de vista, desvelamos en la sesión final un puente distinto a los mostrados anteriormente. Un diseño que pretendía ser *reconocible, elegante, transparente y único*. Con una

tipología arco como el original, pero con un diseño *contemporáneo y esbelto*, con *líneas claras, estéticamente agradable e integrado en el lugar*. También *transparente*, tanto para permitir disfrutar de las *vistas a través de él* como para sentir que *no supondría una restricción al flujo de agua* en situaciones de avenida. Incorporando el *uso de piedra* como parte de los materiales empleados en su construcción.

El diseño es, en cierto modo, una reinterpretación de algunos de los primeros arcos de hierro construidos en el mundo, ubicados en el Reino Unido, que suponen un motivo de orgullo y una parte fundamental del patrimonio del país. Esto permitió satisfacer tanto a aquellos que deseaban un puente *moderno* como los que deseaban un puente *no demasiado moderno*.

El puente propuesto se concibió usando materiales con gran durabilidad sin excesivo mantenimiento (acero inoxidable, hormigón y piedra) y que envejeciesen con una apariencia natural, como en el caso del puente histórico.

La solución presentada en esta tercera reunión tiene apariencia de arco de tablero inferior de tímpano abierto y vano único de 40m de luz. Las pilastras, dispuestas radialmente como referencia a la disposición de las juntas entre las dovelas del arco de piedra, proporcionan transparencia en alzado y una aparente solidez en vistas esviadas. Todos estos aspectos formales hacen que el puente recuerde a una versión sin apoyos intermedios del puente histórico. El tablero tiene forma ahusada, como consecuencia natural de la intersección de un trazado en alzado curvo con los planos inclinados que contienen las pilastras. Esto hace que sea más ancho en centro luz (la anchura varía de 7,5 m a 9 m), creando un espacio para que los usuarios se detengan y disfruten de las vistas. Este espacio es conceptualmente similar a las zonas de refugio sobre los tajamares de las pilas del puente original, que eran uno de los aspectos muy apreciados por la comunidad de la estructura de cruce histórica.

2.2 El puente diseñado

El puente diseñado tiene sección mixta de acero inoxidable y hormigón (Fig. 7). Se trata del primer puente de carretera de acero inoxidable del Reino Unido y es único en cuanto a los materiales utilizados, cómo se combinan y su disposición estructural.

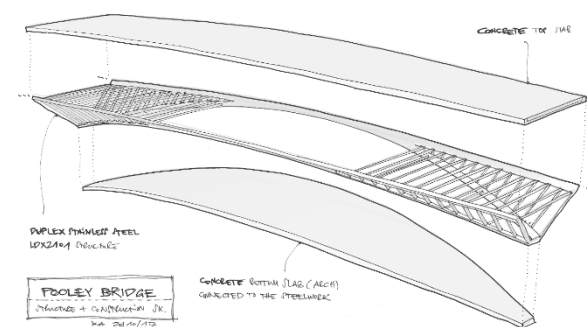


Figura 7: Croquis preliminar reflejando la estructura mixta del vano principal.

Aunque tiene apariencia de arco puro de tímpano abierto, el puente es en realidad un híbrido entre viga de tres vanos y arco atirantado por el tablero. Este esquema estructural estaba previsto ya en las fases más preliminares del diseño, ya que con la información geotécnica disponible al concebir el nuevo puente no se podía garantizar la viabilidad de un arco puro de un solo vano, y esto fue refrendado por la campaña posterior (Fig. 8).

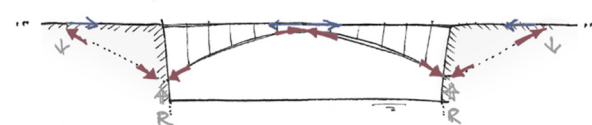


Figura 8. Diagrama estructural mostrando el comportamiento del puente como un arco atirantado por un tablero superior.

La solución empleada para obtener la apariencia de arco de tablero superior propuesta en el proceso de consulta sin serlo, fue conectar el arco con el tablero por medio de vanos laterales ocultos para evitar las reacciones horizontales en el terreno, creando una estructura a medio camino entre un arco bow-string atípico (hay pocos arcos atirantados por

un tablero superior, pero la solución no es más que una variante geométrica de los mucho más habituales arcos bow-string de tablero intermedio) y una viga de tres vanos con vano principal Vierendeel.

La estructura del vano principal del puente está formada por la combinación de dos losas de hormigón con un exoesqueleto de acero inoxidable vinculado a ellas con conectores para crear una sección compuesta tanto para el arco como para el tablero. La estructura metálica es una estructura ligera autoportante que facilita la construcción y, una vez conectada a las losas pasa a formar parte de la estructura mixta que permite una geometría ligera, limpia y (positivamente) sencilla.

La singular disposición estructural incluye vanos traseros de 7,5 m de longitud, ocultos dentro de los estribos, que transfieren la componente horizontal de la compresión del arco al tablero, proporcionando el aspecto de

arco de tablero superior, pero sin transferir las reacciones horizontales a un terreno de baja capacidad (un till glaciario variable que desaconsejaba el pilotaje).

El acero inoxidable utilizado para la estructura metálica es dúplex de baja aleación (EN 1.4162 o LDX 2101). Permite construir un puente que, aunque de aspecto contemporáneo, envejecerá de forma natural, al igual que el puente histórico. Este tipo de acero inoxidable, muy apropiado para la clase de exposición en Pooley Bridge, tiene una excelente durabilidad sin apenas mantenimiento y un 25% más de capacidad estructural que el acero convencional, lo que permite que el puente sea más ligero tanto en peso como en esbeltez. La cantidad de acero inoxidable utilizada se redujo mediante su uso como exoesqueleto, limitando el material empleado y maximizando su efecto, tanto visual como de ayuda a la construcción.



Figura 9. Vista en escorzo del puente desde aguas arriba.

Además, el acero específicamente suministrado para este proyecto tiene 1/5 del carbono incorporado de la media mundial de acero inoxidable gracias a la utilización de un 85% de contenido reciclado, y la energía baja en carbono empleada en los centros de producción.

El acero, tanto en la estructura principal como en las barandillas, fue sometido a un proceso de esmerilado y granallado para conseguir un acabado mate, poco rugoso y homogéneo. Esto permitió también difuminar las soldaduras y dar lugar a un acabado que no es

excesivamente reflectante, y que captura sutilmente los matices del paisaje circundante.

Al igual que el puente original, el nuevo puente tiene un único carril, con semáforos que regulan el acceso en ambos márgenes. Este fue uno de los requerimientos claros de los habitantes del pueblo durante el proceso de consulta. Deseaban restituir el cruce permanente, pero priorizando el tráfico vehicular de baja velocidad que permite movimientos peatonales en el centro del pueblo de un modo seguro y tranquilo. Se emplearon bordillos de granito con capacidad de contención de vehículos N1 (Trief kerbs) a ambos lados de la zona vehicular, permitiendo que el diseño de las barandillas en los bordes del tablero sea muy ligero (formadas por pletinas próximas entre sí que actúan simultáneamente de montantes y relleno). Gracias a ello, las barandillas son extremadamente transparentes en vistas próximas al alzado, realzando la ligereza del puente y proporcionándole un aspecto más de pasarela peatonal que de puente carretero.

El resultado es un puente esbelto que se integra con elegancia en el paisaje, armonizando las variadas, en ocasiones contradictorias, aspiraciones de la comunidad con un diseño estructural eficiente (Fig. 9).

3. Huella de carbono del nuevo cruce

Aunque contribuir a abordar la emergencia climática en el diseño del nuevo Puente de Pooley no formaba parte, explícitamente, del pliego de la licitación, como profesionales del diseño debemos tenerlo en cuenta en todos nuestros proyectos del mismo modo que tenemos en cuenta la seguridad o la accesibilidad.

Este fue otro aspecto a armonizar con las aspiraciones de las distintas partes con intereses en el proyecto y otra de las razones por las que el proceso de diseño dio como resultado un puente esbelto del material estructural necesario y su correspondiente CO₂ incorporado gracias al

uso de acero inoxidable y hormigón de alta resistencia.

El análisis de las emisiones de carbono del nuevo puente, utilizando la herramienta de la Institution of Structural Engineers (IStructE) resultó en 704 toneladas de carbono incorporado en la construcción o 1,4 tn/m². Esto significa que el puente obtiene una calificación B (Fig. 10) según el sistema propuesto de clasificación del carbono estructural de los puentes (SCORBS) descrito en [3], considerando los módulos A1-A5 (fases de producción y construcción).

El equipo de diseño fue capaz de alcanzar este resultado al tiempo que respondía a los muchos condicionantes del emplazamiento, los requerimientos del cliente y las partes interesadas, y las sensibilidades del lugar.

La decisión temprana de que el puente siguiera teniendo un solo carril para vehículos, controlado por semáforos, tuvo una contribución positiva significativa en términos de reducción del carbono incorporado. Esta decisión redujo el área funcional necesaria para lograr la conectividad vehicular, permitiendo *construir menos* y reduciendo el coste global de carbono del proyecto.

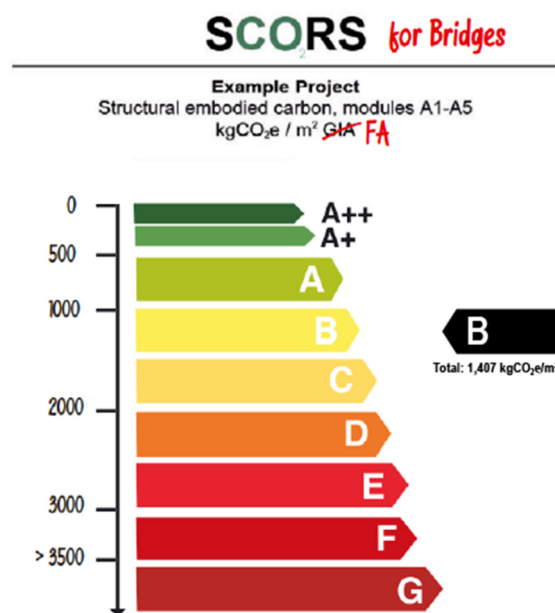


Fig. 10: Clasificación del carbono incorporado en puentes según [3]

4. Algunos aspectos de la construcción del puente

La construcción del puente estaba condicionada por aspectos medioambientales y económicos: debía realizarse fuera de la temporada de desove del salmón para cumplir los requisitos de la Agencia de Medio Ambiente, pero sin interferir con la temporada turística para evitar el impacto en los negocios locales de un pueblo en el que el turismo es la actividad económica principal. Esto restringía notablemente la ventana disponible para la construcción e impedía ejecutar apoyos provisionales en el lecho del río. Para mantener

la conectividad, el proyecto incluyó la provisión temporal de un paso peatonal y de servicios y fomentó al máximo la prefabricación (tanto en obra como fuera de ella). Esto facilitó un excelente control de calidad, redujo al mínimo las operaciones complejas sobre el río y en el Distrito de los Lagos y minimizó los residuos resultantes de la construcción.

Se construyeron recintos tablestacados en cada margen del río, con una profundidad de excavación de 6 m, para la construcción de los estribos huecos dentro de los cuales se alojan los vanos traseros del puente.



Figuras 11 a 14. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Fabricación de la estructura metálica en taller; Ensamblaje en obra; Hormigonado del arco; Instalación del vano principal con grúa.

Las 110 toneladas de acero del exoesqueleto de la estructura fueron fabricadas en cuatro cuartas partes por WEC/m-tec, en la localidad de Darwen (Fig. 11). Los 1.920 conectores, soldados a las superficies interiores del arco y el tablero para materializar la acción compuesta de acero y hormigón, se mecanizaron en el propio taller a partir de barras de acero inoxidable. La estructura de acero expuesta se

sometió al mencionado proceso de esmerilado y chorreado para conseguir un acabado mate liso y homogéneo, ocultando las soldaduras vistas, e impidiendo la acumulación de materia orgánica en la superficie. El acceso al emplazamiento a través de las estrechas carreteras de Cumbria exigió una cuidadosa planificación logística. La estructura de acero del puente se ensambló in situ a partir de las cuatro piezas principales

transportadas por el taller, sobre un relleno temporal protegido por escollera en una de las orillas del río (Fig. 12).

Posteriormente, se hormigonó la parte de hormigón del arco en el mismo lugar (Fig. 13) y se soldó la parte de acero inoxidable del tablero antes de instalar la estructura parcial resultante en su localización definitiva en una sola maniobra. Se utilizaron barras temporales vinculando los arranques del arco para crear un sistema estable en la situación provisional, y un marco de contención longitudinal dentro de los estribos transfirió las fuerzas de estas barras a los vanos traseros una vez instalados. Los bastidores se conservaron en su lugar para utilizarlos en futuras operaciones de mantenimiento de los apoyos.

La instalación del vano principal del puente, debido a su peso (290 toneladas) y a la posibilidad de vientos intensos, exigió al contratista el uso de una grúa móvil de 1.350 toneladas de celosía Gottwald-AK-680-3 suministrada por Sarens, una de las mayores del Reino Unido (Fig. 14). La instalación, un acontecimiento memorable para el pueblo, fue retransmitida a una audiencia internacional y fue recogida en los informativos de televisión.

Una vez el vano principal estaba en su lugar definitivo, se instalaron los vanos traseros en el interior de los estribos, se retiraron los tirantes provisionales que unían los arranques del arco y se hormigonó el resto del tablero para completar el sistema estructural permanente.

Algunos materiales necesarios durante la construcción se reutilizaron posteriormente. Por ejemplo, la escollera necesaria para crear la zona de trabajo y montaje, forma ahora una protección contra las olas para el cercano embarcadero del ferry de vapor del lago de Ullswater.

5. Recepción de la Comunidad

El tiempo dirá si este puente llega a ser tan querido como el original, pero ya podemos ver

que se está convirtiendo en parte de la identidad local. Como iniciativa para aumentar el vínculo del nuevo puente con el pueblo, se ofreció la posibilidad de que los vecinos comprasen algunas de las baldosas de arenisca que forman las aceras del puente, con su nombre grabado en ellas, para así *poseer* una pequeña parte del puente. Se grabaron unos 300 nombres en las aceras del puente y los beneficios se destinaron a apoyar proyectos comunitarios locales. En ambos extremos del puente se instalaron baldosas de mayor tamaño con grabados de la estructura histórica y del nuevo diseño para recoger la historia del puente de Pooley.

La comunidad siguió con emoción la fase de construcción y ha mostrado su satisfacción y orgullo desde la apertura del nuevo puente. Empresas locales fabricaron productos para celebrar el nuevo diseño, como puzles, postales, imanes, o incluso una cerveza llamada *New Bridge* con una representación del puente en su etiqueta.

Este cuidadoso proceso de participación a lo largo del diseño y la construcción ha hecho que el puente sea excepcionalmente valorado por la comunidad. El tiempo podrá comprobar si este sentimiento favorecerá la conservación de la estructura desalentando el comportamiento antisocial y las cargas adicionales de mantenimiento que éste puede acarrear. Por ahora, así ha sido.

6. Conclusiones y aprendizaje para el futuro

El nuevo puente de Pooley es un ejemplo de diseño contextual y holístico de puentes. El nuevo cruce es funcional, estructuralmente coherente, y durable, respondiendo a sus condicionantes específicos. Su apariencia es una respuesta directa a la historia y cultura de la zona y a la belleza de su emplazamiento. Más allá del estricto cumplimiento de la funcionalidad de cruce, el puente se concibió como un espacio público de alta calidad sobre el río y un bello

telón de fondo para las actividades cotidianas de la comunidad.

El nuevo puente de Pooley es también un ejemplo de éxito en la participación de la comunidad y las partes interesadas en el proyecto. Gracias a la determinación del cliente para permitir un contexto en el que los habitantes del pueblo pudiesen participar de forma significativa en el proceso de diseño, al entusiasmo de la comunidad y a un proceso de consulta pública bien concebido, el puente construido es, en gran medida, el resultado de las aportaciones de sus usuarios y perceptores.

Pero el nuevo puente de Pooley ilustra asimismo cómo los diseñadores pueden añadir la

sostenibilidad como aspiración clave del diseño sin renunciar a otros objetivos.

El puente es elegante, esbelto y transparente, con una estructura lo suficientemente ligera como para ser instalada prácticamente en una sola pieza, minimizando los trabajos sobre un río en el que el solape del período sensible a avenidas y la época de cría de algunas especies que lo habitan restringen sobremedida los momentos en los que se pueden realizar actividades sobre él. Asimismo, armoniza el aspecto deseado con las condiciones del terreno, con una escala en anchura y luz cercana al mínimo estricto que resuelve un problema de cruce en ese lugar.



Figura 15. Vista del puente desde aguas arriba.

Agradecimientos

Los autores del artículo agradecen el gran trabajo de los siguientes profesionales en el diseño y construcción del puente.

Knight Architects: Martin Knight; *Cumbria County Council*: Caroline Leigh, Stephen Hall, Stuart Molyneux, Nick Raymond, Martin Hardman; *Mott MacDonald (Project Management para Cumbria County Council)*: Craig Mitchell, Ian Rowley, David S. Brown, Kayleigh Graham; *Mott MacDonald (Ingeniería)*: Brian Duguid, Richard Mathews; *Eric Wright*: Antony Mulligan, Gavin Hulme, Craig Kippax, Shaun Murphy, Diane Bourne, Chris Snow; Michael Matthews; *GHD*: Stewart Tennant, Kathleen Cunningham,

Andrew Wilson, Haroon Ashraf, Yewchen Chong.

Referencias

- [1] Beade-Pereda H. (2021) Bridge Design, Perception, and Emotion, *Structural Engineering International*. Volume 31, Issue 4: 668–678.
- [2] Beade-Pereda H. (2020) El diseño de puentes que parecen arcos (sin serlo del todo), en VIII Congreso ACHE, Santander, España, 2020.
- [3] Archer-Jones C & Green D. (2021) Carbon targets for bridges: a proposed SCORS-style rating scheme. *The Structural Engineer* volumen 99, número 10: 14–18.