

APLICACIÓN DE AUTOCIMBRAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE GRANDES VANOS - EL CASO DEL VIADUCTO DE SABIÑÁNIGO

Hugo Coelho¹, José Miguel Fernandez²,
Jorge Lorenzo³, Manuel Vieira Monteiro⁴,

¹ TecoZam, Portugal, hugo.coelho@tecozam.com

² TecoZam, España, jmiguelfg@tecozam.com

³ TecoZam, España, jlorenzo@tecozam.com

⁴ TecoZam, Portugal, manuel.vieira@tecozam.com

Resumen

El viaducto de Sabiñánigo, integrado en el tramo Sabiñánigo Este-Oeste de la Autovía A-23, destaca por su escala, con una longitud total de 934 m y luces máximas de 90 m en vanos consecutivos, incluyendo el vano extremo E1-P1 en el cruce sobre el río Gállego. Para la ejecución del tablero se ha empleado un procedimiento constructivo por fases que combina distintas metodologías: el cajón central se ejecutó mediante una autocimbra bajo tablero (Zamora II), mientras que las alas laterales, soportadas por jabalcones prefabricados, se ejecutaron mediante un carro de alas.

Este trabajo se centra en la autocimbra Zamora II, una estructura auxiliar sin precedentes por su envergadura. El artículo analiza cómo afrontar un cambio de escala de esta magnitud ante la inviabilidad de realizar pruebas a escala real en taller y la ausencia de antecedentes directos. En este contexto, se expone la estrategia de incorporar fases de ensayo y validación progresiva durante el propio montaje en obra y vanos de arranque. Se demuestra que la sinergia con el equipo de operaciones proporciona datos clave para la calibración y robustecimiento de los modelos numéricos de análisis. Finalmente, se reflexiona sobre la necesidad de unificar los criterios de la oficina técnica con la realidad de la obra, estableciendo procedimientos y límites operativos que resulten plenamente comprensibles y ejecutables.

Palabras clave: Autocimbra, Sabiñánigo, proceso constructivo, innovación, cambio de escala.

1 Introducción

Este artículo se centra en el procedimiento constructivo del viaducto sobre los ríos Gállego y Aurín, ubicado en el tramo Sabiñánigo Oeste – Sabiñánigo Este de la Autovía Mudéjar (A-23). Esta estructura representa un hito sin precedentes dentro de su tipología. Siendo una de las primeras publicaciones científicas sobre este proyecto, el objetivo principal es compartir las lecciones clave aprendidas durante la ejecución de esta singular estructura. En concreto, esta primera aportación se focaliza en el análisis numérico, la validación durante las fases de montaje y la puesta a punto del equipo tras un proceso iterativo de robustecimiento de modelos numéricos y procedimientos de operación.

Actualmente en su fase final de construcción, la Autovía Mudéjar (A-23) se inicia en la localidad de Sagunto (al noreste de Valencia), vertebrando una conexión esencial con Teruel, Zaragoza, Huesca y Jaca. Mientras que el eje comprendido entre Sagunto y Zaragoza se encuentra operativo desde el año 2008, los últimos tramos pendientes de ejecución se localizan en la

provincia de Huesca, específicamente en el entorno de Sabiñánigo. La finalización completa de la autovía, prevista para finales de 2026, permitirá consolidar un eje de alta capacidad directo que enlazará el Corredor Mediterráneo con la frontera pirenaica.

La construcción de una estructura de la complejidad del viaducto de Sabiñánigo sobre los ríos Gállego y Aurín ha supuesto batir distintos récords de ingeniería dentro del sector:

- Mayor luz jamás ejecutada mediante una autocimbra inferior en la construcción de puentes de vanos múltiples (90 m)
- Mayor luz construida con autocimbra en el ámbito de puentes de carreteras o autovías (90 m).
- Mayor luz en un vano extremo (vano de estribo) ejecutada mediante autocimbra (90 m).
- Secuencia más larga de vanos de 90 m construida consecutivamente con autocimbra (9 vanos).
- Mayor luz en voladizo de una autocimbra durante su fase de lanzamiento y avance (90 m).



Figura 1. Autocimbra Zamora II en operación en Sabiñánigo

2 El puente sobre los ríos Gállego y Aurín

La solución estructural del viaducto ha sido fuertemente condicionada por el primer vano, el cual salva un meandro de 90 grados del río Gállego. El estribo E1 se sitúa en la coronación de un barranco abrupto, aproximadamente a 20-30 m de la cresta del talud, mientras que la pila P1 se posiciona en la margen del río. Incluso desplazando la alineación del estribo hacia la ladera del barranco, la longitud mínima viable para este primer vano resultó ser de 90 m.

Dado la restricción del primer vano, se optó por diseñar el viaducto mediante una configuración con vanos múltiples de 90m de luz. Esta alternativa supuso un cambio significativo respecto a la solución del proyecto original. El diseño propuesto para el Proyecto Modificado

mantuvo el trazado en planta y alzado del proyecto original, incrementando la longitud total del viaducto en 5 m, alcanzando así un total de 934 m entre ejes de estribos. Este incremento se debió al retranqueo de 5 m del estribo E1, una medida adoptada para aumentar la distancia de seguridad respecto a la cresta del barranco abrupto situado al oeste del río Gállego. Asimismo, se homogeneizó la distribución de luces con el objetivo de optimizar el comportamiento estructural y permitir un procedimiento constructivo sistemático y uniforme a lo largo de toda la obra, empleando vanos estándar de 90 metros. En consecuencia, y manteniendo el eje de la pila P1 en su posición original para evitar cualquier afección al cauce del río Gállego, la distribución de vanos quedó establecida de la siguiente manera: $9 \times 90 \text{ m} + 75 \text{ m} + 49 \text{ m}$ [1]. En las siguientes figuras se presentan el alzado y la planta de la solución modificada.

La solución estructural del viaducto ha sido fuertemente condicionada por el primer vano, el cual salva un meandro de 90 grados del río Gállego. El estribo E1 se sitúa en la coronación de un barranco abrupto, aproximadamente a 20-30 m de la cresta del talud, mientras que la pila P1 se posiciona en la margen del río. Incluso desplazando la alineación del estribo hacia la ladera del barranco, la longitud mínima viable para este primer vano resultó ser de 90 m.

Dada la restricción del primer vano, se optó por diseñar el viaducto mediante una configuración con vanos múltiples de 90 m de luz. Esta alternativa supuso un cambio significativo respecto a la solución del proyecto original. El diseño propuesto para el Proyecto Modificado mantuvo el trazado en planta y alzado del proyecto original, incrementando la longitud total del viaducto en 5 m, alcanzando así un total de 934 m entre ejes de estribos. Este incremento se debió al retranqueo de 5 m del estribo E1, una medida adoptada para aumentar la distancia de seguridad respecto a la cresta del barranco abrupto situado al oeste del río Gállego. Asimismo, se homogeneizó la distribución de luces con el objetivo de optimizar el comportamiento estructural y permitir un procedimiento constructivo sistemático y uniforme a lo largo de toda la obra, empleando vanos estándar de 90 metros. En consecuencia, y manteniendo el eje de la pila P1 en su posición original para evitar cualquier afección al cauce del río Gállego, la distribución de vanos quedó establecida de la siguiente manera: $9 \times 90 \text{ m} + 75 \text{ m} + 49 \text{ m}$ [1]. En las siguientes figuras se presentan el alzado y la planta de la solución modificada.



Figura 2. Planta general del viaducto de Sabiánigo [1]

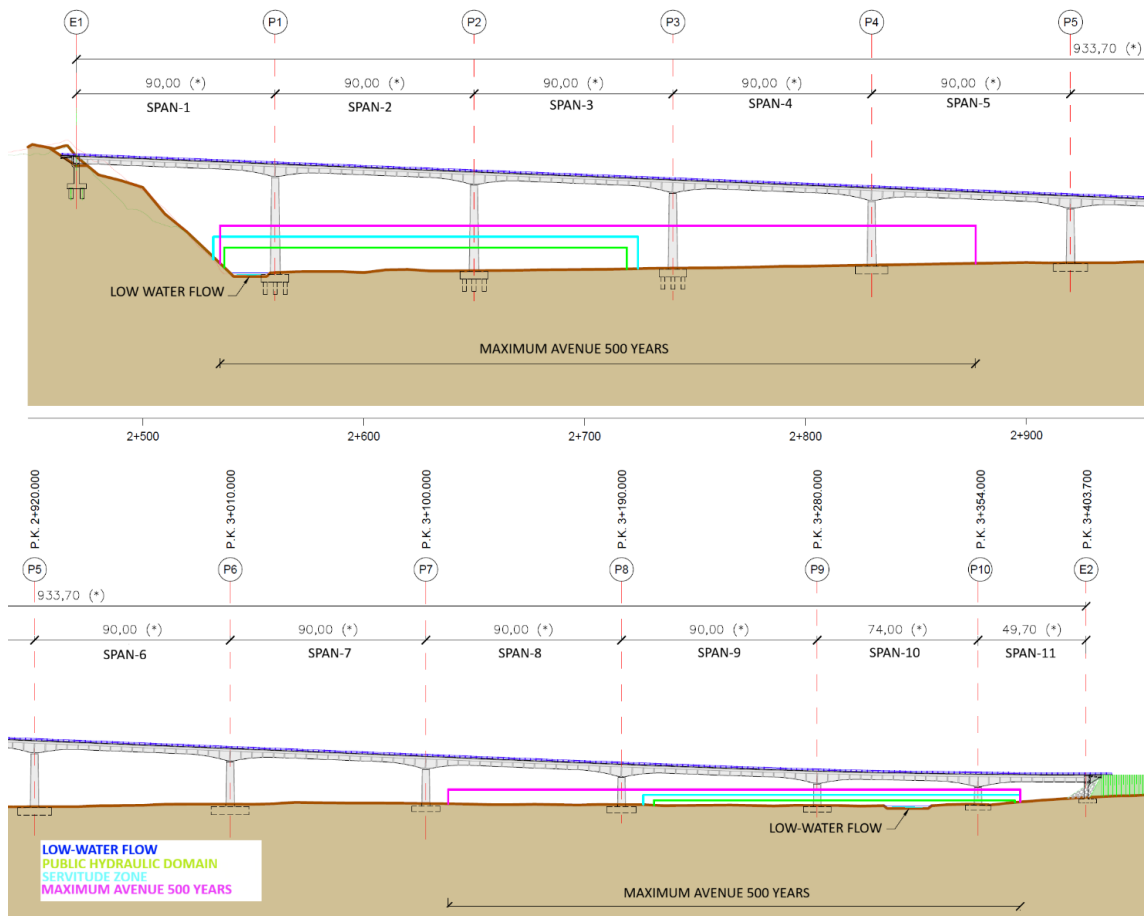


Figura 3. Alzado general del viaducto de Sabiñánigo [1]

En lo que respecta a la geometría del tablero, el canto de la sección transversal se adaptó a la nueva distribución de luces. El viaducto presenta una viga cajón de canto variable, que oscila entre los 3,20 m en el centro de vano y los 5,50 m en las secciones sobre pilas. La variación de canto sigue una línea parabólica desde una distancia de 1,625 m respecto al eje de la pila hasta los 20 m hacia el interior del vano. En los vanos de 90 m, los 50 m centrales mantienen un canto constante.

En lo que respecta a la sección transversal del tablero, el núcleo central es una viga cajón. Los amplios voladizos laterales de la losa superior están soportados por jabalcones prefabricados de hormigón, los cuales se alojan en las juntas situadas entre las almas y la losa inferior. Estos jabalcones se disponen a intervalos de aproximadamente 5 m. En la intersección entre el jabalcón y la losa superior, se dispone una viga de borde continua para asegurar un apoyo rígido a la losa del voladizo, limitando así las flechas y optimizando el comportamiento estructural global.

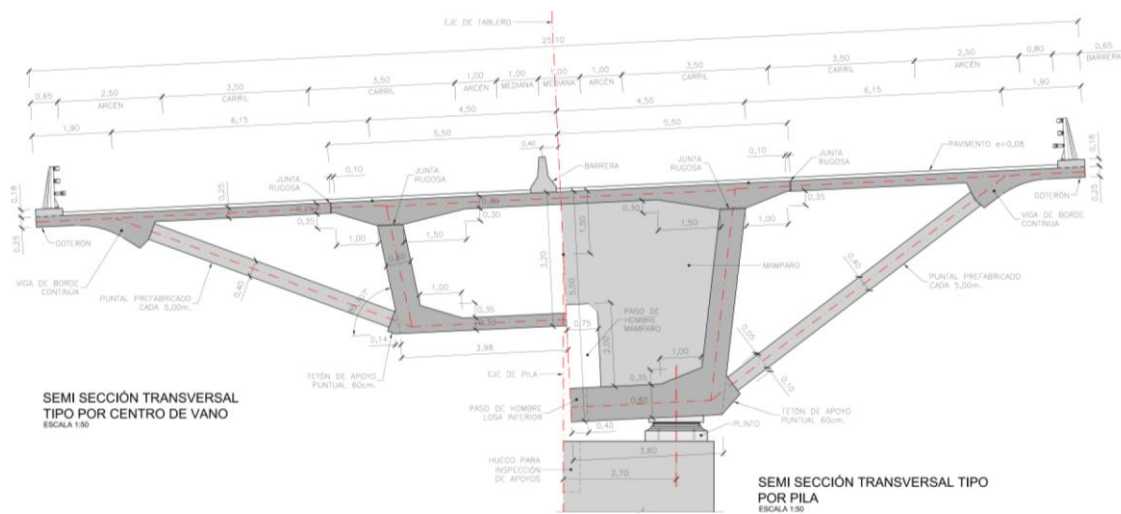


Figura 4. Sección transversal: medio vano (izq.) y sección sobre pila (der.) [1]

3 Procedimiento constructivo

3.1 Secuencia y fases constructivas

Dadas las características del entorno y los condicionantes logísticos, la ejecución del tablero del viaducto se realizó avanzando desde el estribo E2 hacia el estribo E1. Para ello, se empleó un sistema combinado con una autocimbra inferior (Movable Scaffolding System - MSS) para la ejecución de la viga cajón central y un carro de alas específico para la ejecución de los voladizos laterales.

La secuencia constructiva con autocimbra se estructuró en 11 fases diferenciadas:

Fase 1: Ejecución del vano 11 (49 m) junto con un tramo en voladizo de 20 m correspondiente al vano 10.

Fase 2: Ejecución de los 55 m restantes del vano 10 junto con un tramo en voladizo de 20 m del vano 9.

Fases 3 a 10: Ejecución sistemática de los tramos restantes de 70 m de los vanos 9 a 2, incluyendo en cada fase un tramo adicional en voladizo de 20 m del vano posterior.

Fase 11: Ejecución del tramo final de 70 m del vano 1, completando así el cierre del tablero en el estribo E1.

3.2 Ejecución del cajón central con autocimbra

Cada fase ejecutada con autocimbra cajón principal (cajón central con 11 m de ancho) ha seguido la secuencia operativa:

Posicionamiento y regulación del encofrado: Ajuste del encofrado a la nueva geometría del vano. El encofrado exterior está compuesto por paneles laterales e inferiores que permiten movimientos independientes. En el primer paso, los paneles inferiores se nivelan hasta su posición teórica mediante la actuación sobre los husillos mecánicos que soportan cada subpanel individual (Figura 6). El ajuste para la posición de hormigonado se establece mediante control topográfico, y las carreras finales de los husillos combinan cambios requeridos por variaciones de peralte y

contraflechas necesarias para contrarrestar las deformaciones de la autocimbra. Con el fondo a cota, se desplaza el encofrado lateral para adaptarse al trazado en planta (curvatura).

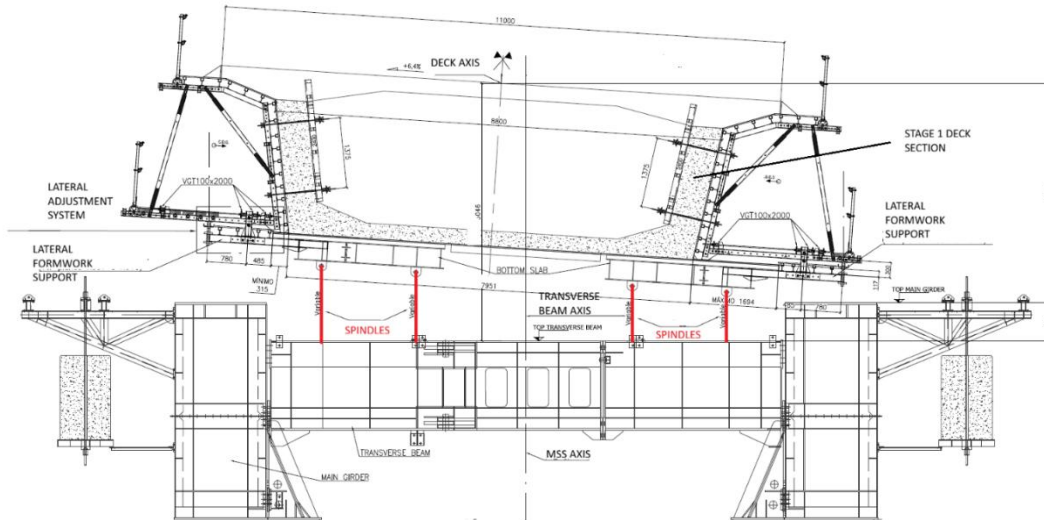


Figura 5. Ajuste de encofrado de fondo (sección transversal)

Colocación de armaduras - Fase 1: Colocación de la armadura pasiva y de las vainas de pretensado para las almas y la losa inferior. Con el fin de incrementar la productividad y la seguridad laboral, se emplean módulos de armadura premontados —incluyendo vainas—, los cuales se elevan y posicionan sobre el encofrado mediante grúa celosía móvil.

Hormigonado de la Fase 1 (Sección en "U"): Vertido del hormigón de la sección parcial del tablero, que comprende la losa inferior y las almas hasta la intersección con el acartelamiento superior en toda la extensión del vano.

Pretensado de la Fase 1: Pretensado parcial de la sección en "U". El propósito de esta etapa es comprimir la sección parcialmente construida para contrarrestar las tensiones que surgirán posteriormente durante el hormigonado de la losa superior, derivadas del comportamiento conjunto entre el tablero y la estructura de la autocimbra.

Colocación de armaduras - Fase 2: Colocación de la armadura pasiva y activa para la losa superior.

Hormigonado de la Fase 2 (Losa superior): Ejecución de la losa superior entre las almas (completando la sección en cajón de 11 m de ancho) en toda la longitud de la fase.

Pretensado de la Fase 2: Pretensado final del cajón central (ejecutado con autocimbra).

Lanzamiento: Traslado y avance de la autocimbra hacia el siguiente vano.

3.1 Ejecución de los voladizos laterales con el carro de alas

El carro de alas finaliza la construcción de la losa superior del tablero en tramos de 15 m de longitud, operando de manera sistemática dos vanos por detrás de la unidad principal de la autocimbra (vano "j+2"). Una vez completados los voladizos laterales correspondientes a una fase específica, se concluye definitivamente el pretensado de dicho vano.



Figura 6. Ejecución de voladizos laterales con carro de alas (viaducto de Sabiñánigo)

4 Descripción general de la autocimbra inferior Zamora II

La autocimbra empleada en la construcción del viaducto de Sabiñánigo es un equipo de tipo inferior, rediseñado específicamente para esta aplicación única y denominado Zamora II. Los principales requisitos técnicos de la autocimbra, derivados de las características del viaducto, se presentan a continuación:

- **Configuración de vanos:** 49,7 m; 74,0 m; 9 x 90 m.
- **Longitud del vano tipo:** 90 m.
- **Máximo vano en voladizo en fase de lanzamiento:** 90 m.
- **Radio mínimo en planta:** 1015 m (con variación).
- **Pendiente longitudinal máxima:** +4,7% (con variación).
- **Pendiente transversal (peralte):** Variable desde -6,4% hasta +6,4% [1].
- **Canto del tablero:** Variable, oscilando entre 5,50 m (en apoyos) y 3,20 m (en centro de vano).
- **Ancho del tablero (ejecutado con autocimbra):** 11,00 m (de un ancho total de 25,10 m).
- **Sección transversal del tablero (ejecutada con autocimbra):** Variable, comprendida aproximadamente entre 10,00 m² (en centro de vano) y 16,40 m² (en sección sobre pilas).
- **Dimensiones de la pila (ancho transversal x canto):** 7,20 m x 3,25 m.
- **Altura máxima de pila (P1):** 43,7 m.

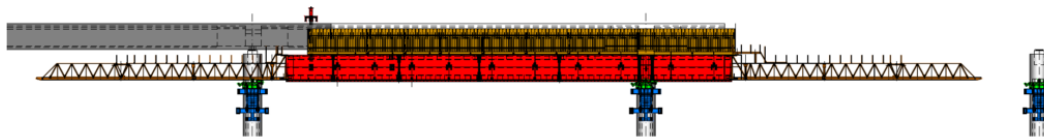
Aunque su diseño se basa en un modelo inferior clásico (ver Figura 8) —caracterizado por dos vigas principales de sección cajón y narices de lanzamiento en celosía triangular—, la autocimbra destaca especialmente por su escala sin precedentes. Las celosías de la nariz poseen un plano resistente principal (vertical), lo que permite su orientación en planta para adaptarse a la curvatura del trazado durante las operaciones de lanzamiento. Durante esta fase, los apoyos deslizantes se posicionan sobre ménsulas metálicas ancladas a las pilas.

En fase de hormigonado, la autocimbra adopta la siguiente configuración de apoyos:

- **Apoyo delantero:** Posicionado sobre las mismas ménsulas utilizadas durante el lanzamiento, con las vigas principales soportadas mediante gatos hidráulicos de elevación delanteros (un cilindro por viga).
- **Apoyo trasero (Pórtico de suspensión):** Un sistema de cuelgue suspendido desde una viga de reparto apoyada en el tablero previamente construido, situado cerca de la junta de hormigonado.

Esta configuración de apoyos durante la fase de hormigonado resulta ventajosa tanto para la autocimbra – por acortar la luz efectiva durante el vertido - como para el propio tablero del viaducto, ya que las cargas introducidas por la máquina ayudan a equilibrar las tensiones y deformaciones del tablero en la fase constructiva. Además, durante el hormigonado, las vigas principales se conectan mediante vigas transversales que, aparte de proporcionar un soporte directo al encofrado, mejoran significativamente la rigidez torsional global del sistema.

Longitudinal view



Plan view

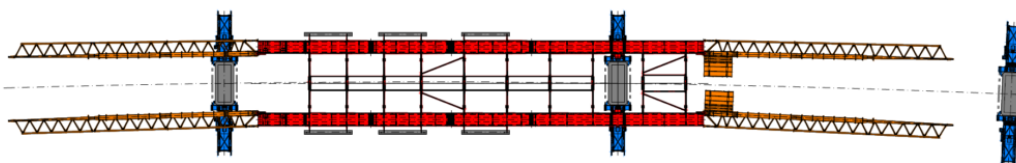


Figura 7. Modelo tipo de la autocimbra Zamora II [2]

5. Puesta en marcha del equipo

La transposición de los resultados teóricos obtenidos en la fase numérica a la aplicación real en obra plantea un desafío crítico cuando se afronta un cambio de escala de la magnitud de la autocimbra Zamora II. En estructuras auxiliares de esta envergadura, resulta inviable realizar ensayos a escala real exhaustivos durante la fase de fabricación en taller. Por lo tanto, el proceso de montaje en obra y la ejecución de los primeros vanos deben ser estratégicamente aprovechados como un laboratorio a escala real para la validación progresiva de los modelos numéricos y los procedimientos operativos.

El viaducto de Sabiñánigo presenta características estructurales y operativas muy singulares. Por un lado, las fases de máxima complejidad y riesgo se concentran al final de la construcción: el avance hacia el vano 8 (con la curvatura mínima del trazado), el avance hacia el vano 11 (que exige un desmontaje parcial de la máquina), el hormigonado del propio vano 11 (un vano extremo de 90 m) y, finalmente, el desmontaje definitivo de la estructura. Esta última maniobra se realiza en un entorno geoméricamente confinado: con la autocimbra encajada sobre el río Gállego, el carro de alas situado por detrás y un escarpe abrupto inmediatamente en frente.

Por otro lado, aunque los vanos iniciales presentan luces más moderadas (49,7 m y 74,0 m), esta configuración inicial no permite experimentar el comportamiento a escala real de la máquina

en su configuración extrema hasta alcanzar el vano 3. Asimismo, el avance de una máquina de esta envergadura sobre vanos significativamente más cortos que su diseño nominal resulta intrínsecamente problemático, ya que altera las condiciones de apoyo, esfuerzos y deformaciones previstos para la configuración estándar de 90 m.

Neste contexto, a operação de preparação de avanço para a Fase 3 foi particularmente importante. Com a máquina numa configuração quase total, foi possível fazer uma avaliação rigorosa e exaustiva do peso, centro de gravidade e geometria da máquina. Os dados recolhidos, conjuntamente com o feedback da equipa de operação relativamente ao comportamento da máquina nos vãos mais curtos, permitiu consolidar e calibrar os modelos numéricos, o que se revelou fundamental na elaboração de procedimentos e estabelecimento de parâmetros de controlo operacional robustos antes de iniciar a fase mais exigente da obra.

En este contexto, la operación de puesta a punto para el avance hacia la Fase 3 resultó particularmente importante. Con la máquina en una configuración casi completa, fue posible realizar una evaluación rigurosa y exhaustiva del peso, del centro de gravedad y de la geometría del equipo. Los datos recopilados, juntamente con las observaciones del equipo de operación sobre el comportamiento de la máquina en los primeros vanos permitieron consolidar y calibrar los modelos numéricos. Esta validación resultó fundamental para la elaboración de procedimientos y para el establecimiento de parámetros de control operacional robustos antes de iniciar la fase más exigente de la obra.

6. Avance a la Fase 3

Antes del avance a Fase 3, se ha implementado un protocolo de validación que ha conjugado testes en obra y calibración del análisis numérico. El protocolo ha sido ejecutado de forma iterativa e incluyó de manera simplificada las siguientes etapas:

- **Elaboración de modelos numéricos específicos para el avance a la Fase 3**, comprendiendo las fases de descenso, desconexión de las estructuras transversales, rotación de encofrado de fondo, desplazamiento transversal (ripado), rotación de narices y avance longitudinal (modelos distintos para las 2 vigas principales).
- **Elaboración de procedimientos de operación específicos en versión borrador** (en particular, la Cinemática detallada de Avance a Fase 3) para análisis y comentario por parte del equipo de operación.
- **Toma de peso global de la autocimbra** durante la operación de descenso tras el tesado de la Fase 2. Se han empleado manómetros instalados en los gatos de elevación de la máquina y se tomaron lecturas en distintas fases del movimiento para filtrar los efectos parásitos de la fase de transferencia de carga y rozamientos internos de los gatos (más relevantes en los gatos delanteros y en la fase inicial del movimiento).
- **Calibración de control del modelo de cálculo** orientada a ajustar el peso global y la coordenada longitudinal del Centro de Gravedad (CdG). Esta calibración no ha producido un cambio significativo de los modelos, dado que la base numérica había sido realizada con una gran discretización de los componentes.
- **Toma topográfica de la estructura deformada con la autocimbra en configuración cerrada** (cuchillos unidos y estructuras transversales conectadas). Esta toma se hizo tras descargar la autocimbra del peso del tablero previamente hormigonado. Al hacer la toma

con los dos cuchillos conectados, hay que considerar un efecto de comportamiento solidario de los dos cuchillos que no permite caracterizar de manera totalmente limpia la geometría aislada. No obstante, esta primera toma ha permitido caracterizar las necesidades de ajuste en la geometría de las narices.

- **Evaluación de imperfecciones geométricas.** Este punto, introducido anteriormente, se materializó mediante comparación de las tomas topográficas (mediciones) con la estimación numérica de las deformaciones. Tras colocar todos los valores en el mismo referencial, la diferencia entre tomas topográficas y deformaciones corresponde a la geometría real de la estructura.
- **Ajuste de geometría de las narices:** La corrección de la geometría de las narices se hace mediante ajuste en las juntas del cordón superior y por prudencia, esta operación debe hacerse con los cuchillos conectados. El objetivo es el ajuste para lograr una geometría que permita una entrada y salida suave en el apoyo delantero y trasero, respectivamente. Por otro lado, al introducir una contraflecha positiva en las narices, se reduce el esfuerzo de compresión en las narices en las fases de avance en 3 apoyos, lo que permite incrementar la seguridad ante un escenario de pandeo global de cordón superior.
- **Toma de peso de la autocimbra y evaluación del CdG transversal** con los cuchillos desconectados. Esta etapa se hace tras concluir el ajuste de geometría de las narices. Para las tomas se utilizan los gatos de elevación, gatos auxiliares y células de carga incorporadas en los apoyos deslizantes externos. Las células de carga servirán posteriormente para el control de las reacciones en avance.
- **Calibración del modelo de cálculo con ajuste del CdG transversal.**
- **Evaluación de frecuencias de vibración en avance.** Tras una evaluación robusta de la masa y la rigidez de la estructura, se hace una nueva evaluación de modos de frecuencia naturales de vibración en la configuración de avance. En particular, preocupan las frecuencias y los modos de vibración asociados a movimientos oscilatorios transversales de las narices en posición de voladizo máximo. Alguna bibliografía sobre el asunto apunta a 0,2 Hz [3] como un valor límite por debajo del cual se recomienda evaluar la respuesta dinámica de la estructura mediante estudios complementarios. En Sabiñanigo, se ha estimado un valor de 0.29 Hz asociado al modo de vibración crítico.
- **Toma topográfica de la estructura deformada, con los cuchillos separados,** para comprobación de los resultados anteriores.
- **Nueva evaluación de las imperfecciones geométricas** basadas en los valores de la última toma para comprobación de resultados y validación de la geometría de las narices.
- **Ensayo de rotación de las narices,** con análisis de las lecturas de las células de carga para validación del comportamiento y estabilidad de las lecturas de los sensores.
- **Revisión de los procedimientos de operación** para el Avance a Fase 3.
- **Definición de parámetros de control operacional** para el Avance a Fase 3: posiciones de referencia para entrada y salida de narices, tabla de reacciones en cada posición de avance (controlado efectuado a cada 5 m. aproximadamente) y limitaciones más exigentes de velocidad de viento admisible en momentos críticos.

- **Sesión de preparación (briefing) con el equipo de operación**, en la cual se ha revisado el procedimiento, condiciones de parada, ubicación de los equipos, coordinación de movimientos, protocolo de comunicación y puntos críticos.
- **Operación de Avance a Fase 3 con supervisión en obra por parte de oficina técnica.**
- **Reunión de balance de operación** tras concluir la maniobra, al día siguiente.
- **Recopilación y tratamiento de datos** para iniciar la preparación de las siguientes fases, implementando las correspondientes medidas de mejora y haciendo las adaptaciones necesarias ante las especificidades de las nuevas fases.

7. Hitos operativos de gran complejidad

La rigurosidad de un proceso tan estricto de calibración y robustecimiento de modelos durante la puesta en marcha se justifica también porque las fases de máxima complejidad y riesgo ocurren en el tercio final del procedimiento constructivo, sin menospreciar la dificultad asociada a la primera mitad de la obra. Estos hitos críticos, cuyo análisis detallado será objeto de futuras publicaciones, comprenden los siguientes escenarios:

- **Avance hacia el vano 8:** Fase en la que se alcanza la curvatura mínima del trazado en planta, extremando las exigencias cinemáticas. En esta etapa se observan los máximos esfuerzos en avance y el comportamiento más asimétrico entre el cuchillo izquierdo y el cuchillo derecho. En la práctica, la exigencia geométrica obliga a delinear procedimientos diferenciados para cada cuchillo, estableciendo distintos puntos críticos de control.
- **Avance hacia el vano 11:** Maniobra que exige un desmontaje parcial de la estructura de la autocimbra para adaptarse a las restricciones geométricas del tramo final. Esta fase se ejecuta sobre el río Gállego, lo que impide disponer de medios auxiliares operando desde el suelo y obliga a un estudio más detallado de la estabilidad en avance debido al cambio del CdG en el transcurso de la maniobra. En esta etapa, resulta crítico el cumplimiento escrupuloso de la secuencia de operaciones marcada en los procedimientos.
- **Hormigonado del vano 11:** Ejecución de un vano extremo de 90 m (vano de estribo), con una distribución de cargas y condiciones de contorno significativamente distintas a las de los vanos tipo. Este es el vano de máximo esfuerzo en la estructura principal de la autocimbra debido a tres factores: la no ejecución del hormigonado del voladizo, que reduce el momento flector máximo en los cuchillos principales y descarga la viga de cuelgue; el desmontaje de las narices delanteras y de los encofrados de frente de fase, lo que incrementa aún más los esfuerzos; y la menor rigidez relativa del tablero frente a las vigas principales de la autocimbra, lo que implica un reparto de cargas durante el hormigonado de la losa más desfavorable para la autocimbra.
- **Desmontaje final:** Operación de alta complejidad geométrica al realizarse en un entorno severamente confinado, con la autocimbra encajada sobre el río Gállego, el carro de alas situado por detrás y un escarpe abrupto inmediatamente en frente. Este contexto ha obligado a implementar un cambio significativo en la configuración de la autocimbra, modificando el sistema de cuelgue trasero para configurar un apoyo trasero rodante sobre el tablero. Esta modificación se realizó con la estructura en carga y en altura, lo que ha aumentado la complejidad operativa.



Figura 8. Conclusión del desmontaje con viga de cuelgue móvil [2]

8 Conclusión y reflexión para desarrollo futuro

La experiencia de Sabiñánigo demuestra que la barrera convencional de los 70 m en una autocimbra puede superarse con seguridad mediante una gestión analítica rigurosa y una articulación meticulosa y sinérgica entre la oficina técnica y el equipo de operación. Los momentos de ensayo y comprobación en obra en las fases de montaje y arranque operacional son absolutamente cruciales para detectar anomalías, implementar mejoras, formar equipos y revisar procedimientos. La puesta a punto, cuando se implementa de manera objetiva y planificada, tiene un impacto muy significativo en la reducción del riesgo asociado a la operación.

Este proyecto permite extraer una reflexión sobre la demanda técnica y el futuro de la gestión de estos grandes equipos. La tendencia a extender la vida útil de las autocimbras, que a menudo conlleva la pérdida de trazabilidad del proyectista original, hace que la formación de los equipos de operación sea una necesidad imperativa. Una autocimbra constituye una estructura singular: no responde al comportamiento de una estructura convencional, sino al de una máquina diseñada para operar con agilidad y ligereza, fuertemente condicionada por esfuerzos inducidos por sistemas hidráulicos, por el riesgo de fallo humano y por ciclos de fatiga de alta amplitud y bajas repeticiones. Para el proyectista, la ventaja que contrasta con esta complejidad es que este tipo de estructura permite un mantenimiento profundo entre aplicaciones. Por ello, se pone de manifiesto la necesidad de mejorar la gestión de la información. Es vital superar el lenguaje jurídico de los manuales tradicionales y centrarse en el desarrollo de procedimientos prácticos para las etapas de fabricación, montaje y operación, basados en parámetros estrictamente esenciales, mensurables y obligatorios. La conexión entre la oficina técnica y los equipos de obra exige sistemas que favorezcan la multidisciplinariedad y una cooperación eficaz y continua entre las partes.

Referencias

- [1] IDEAM. (2020, November 3). *Bases de cálculo para el Proyecto Constructivo Modificado y Anejos de cálculo*. Informe técnico.
- [2] MONTEIRO, M. V. (2025). *Impacto do traçado e da geometria de tabuleiros no custo de construção de pontes com Cimbres Autolançáveis - Um Caso Prático*. Tesis de maestría. ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, Portugal.
- [3] ROSIGNOLI, M. (2013). *Bridge Construction Equipment*. ICE Publishing. London, United Kingdom.