



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union



Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una

Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza

ANTEPROYECTO

Anejo nº8. Estructuras

Zaragoza, marzo de 2019



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ANTECEDENTES	8
2.1. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	8
2.1.1. "Análisis, informe y posterior proyecto para la estabilización y mejora de la estructura del río Huerva y su encauzamiento".....	8
2.1.2. "Proyecto de ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica	8
2.1.3. Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto. Proyecto Constructivo de Referencia. Documento Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este-Oeste en Zaragoza. Análisis de alternativas	8
2.1.4. Escrito sobre alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón.	9
2.1.5. Informe de Inspección Principal del Puente en la c/Miguel Servet sobre el río Huerva (0150), situado en el distrito centro de Zaragoza.....	9
2.1.6. Planos "As Built" deL Proyecto de Ejecución Línea de Tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza. Tramo 2ª "Plaza España-Plaza Paraíso". Cubrición del Río Huerva en Plaza Paraíso.	9
3. ESTUDIO DEL CUBRIMIENTO SOBRE EL RÍO HUERVA	10
3.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DEL CUBRIMIENTO DEL RÍO HUERVA AFECTADO POR EL PASO DE LA LÍNEA DE TRANVÍA ESTE-OESTE EN ZARAGOZA	10
3.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CUBRIMIENTO DEL RÍO HUERVA.....	10
3.3. INSPECCIÓN Y LEVANTAMIENTO DE DAÑOS.....	11
3.3.1. Inspección "in situ" de la estructura	11
3.3.2. Trabajos con tecnología "Láser Escáner" para la realización de levantamientos topográficos en 3D 13	
3.3.3. "Análisis sobre la estructura del cubrimiento del río Huerva. Diciembre de 1997. Asistencia Técnica en Ingeniería Civil y Ambiental, S.L. (A.T.I.C.A., S.L.)"	17
3.4. PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	20
3.4.1. Introducción.....	20
3.4.2. Normativa Técnica de Aplicación	20
3.4.3. Solución ejecutada en la Línea 1 del tranvía a su paso por el Cubrimiento del Huerva	20
3.4.4. Valoración técnica de las alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón. Abril 2017	21
3.4.5. Valoración técnica de las soluciones de reparación en las zonas deterioradas	21
3.4.6. Definición de la actuación en el Cubrimiento del río Huerva.....	22
3.4.7. Retirada del actual cubrimiento del encauzamiento y sustitución por un nuevo tablero. "puenteo" en las zonas de bóveda	22
4. ESTUDIO DEL CRUCE SOBRE EL RÍO HUERVA EN C/MIGUEL SERVET	31
4.1. INTRODUCCIÓN	31
4.2. DESCRIPCIÓN	31
4.3. ESTADO ACTUAL	31
4.4. DEFINICIÓN DE LA ACTUACIÓN EN EL CRUCE SOBRE EL RÍO HUERVA EN C/MIGUEL SERVET	32
4.5. NUEVO TABLERO EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO HUERVA EN C/MIGUEL SERVET	32
5. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE ACTUACIÓN	33



6. OTRAS ESTRUCTURAS 37



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estado de la losa del cubrimiento del río Huerva (1)	11	Ilustración 18. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Estructura metálica anclada al muro (2)	17
Ilustración 2. Estado de la losa del cubrimiento del río Huerva (2)	12	• Ilustración 19. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Acumulación de material)	17
Ilustración 3. Estado de las vigas del cubrimiento del río Huerva (1).....	12	Ilustración 20. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Servicios afectados (1)	17
Ilustración 4. Estado de las vigas del cubrimiento del río Huerva (2).....	12	Ilustración 21. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Servicios afectados (2)	17
Ilustración 5. Presencia de humedades en la losa del cubrimiento del río Huerva.....	12	Ilustración 22. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos	19
Ilustración 6. Presencia de instalaciones en la zona del cubrimiento del río Huerva a reparar (1)	13	Ilustración 23. Solución ejecutada en la Línea 1 del tranvía a su paso por el Cubrimiento del Huerva	20
Ilustración 7. Presencia de instalaciones en la zona del cubrimiento del río Huerva a reparar (2)	13	Ilustración 24. Esquema de cargas establecidos en la línea 1 del tranvía de Zaragoza.	25
Ilustración 8. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Vista general del cubrimiento	14	Ilustración 25. Cubrimiento del Huerva. Disposición geométrica de vigas. Intereje 1,5 m	26
Ilustración 9. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Vista general del interior del cubrimiento.....	14	Ilustración 26. Viga prefabricada DT-ALV-80-80. Cotas en cm	26
Ilustración 10. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Presencia de suciedad.....	14	Ilustración 27. Cubrimiento del Huerva. Cordones Pretensado. Cotas en cm.....	26
Ilustración 11. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en las vigas (1).....	14	Ilustración 28. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de viga. Intereje 1,5 m.....	27
Ilustración 12. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en las vigas (2).....	15	Ilustración 29. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de viga. Intereje 1,5 m	27
Ilustración 13. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en las vigas (3).....	15	Ilustración 30. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de losa. Intereje 1,5 m	27
Ilustración 14. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en la losa.....	15	Ilustración 31. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de losa. Intereje 1,5 m	28
Ilustración 15. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Humedades (1)	16	Ilustración 32. Cubrimiento del Huerva. Disposición geométrica de vigas. Intereje 1,0 m	28
Ilustración 16. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Humedades (2)	16	Ilustración 33. Viga prefabricada DT-ALV-100-100. Cotas en cm	29
Ilustración 17. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Estructura metálica anclada al muro (1)	16	Ilustración 34. Cordones Pretensado. Cotas en cm.....	29



Ilustración 35. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de viga. Intereje 1,0 m.....	30
Ilustración 36. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de viga. Intereje 1,0 m.....	30
Ilustración 37. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de losa. Intereje 1,0 m.....	30
Ilustración 38. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de losa. Intereje 1,0 m.....	30
Ilustración 39. Vista inferior del puente sobre el río Huerva. Arco y ampliación de vigas prefabricadas	31
Ilustración 40. Vista inferior del puente sobre el río Huerva. Estribo	31



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (1).....	18	Tabla 10. Recubrimientos mínimos.....	24
Tabla 2. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (2).....	18	Tabla 11. Apertura máxima de fisura.....	24
Tabla 3. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (3).....	18	Tabla 12. Cubrimiento del Huerva. Características del tablero. Intereje 1,5 m	26
Tabla 4. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (4).....	19	Tabla 13. Cubrimiento del Huerva. Familias de cables de tesado. Intereje 1,5 m	26
Tabla 5. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (5).....	19	Tabla 14. Cubrimiento del Huerva. Características del tablero. Intereje 1,0 m	28
Tabla 6. Coeficientes de seguridad aplicables a materiales.....	22	Tabla 15. Cubrimiento del Huerva. Familias de cables de tesado. Intereje 1,0 m	29
Tabla 7. Coeficientes de seguridad aplicables a acciones (ELU).....	23	Tabla 16. Estimación de coste de tablero.....	33
Tabla 8. Coeficientes de seguridad aplicables a acciones (ELS).....	23	Tabla 17. Estimación de coste de retirada de tablero y nueva construcción.....	33
Tabla 9. Coeficientes de combinación	23	Tabla 18. Estimación de coste de aprovechamiento de estructura.....	35



1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es el estudio y la valoración de las posibles soluciones estructurales necesarias para la implementación de la nueva Línea de Tranvía Este-Oeste en la ciudad de Zaragoza.

2. ANTECEDENTES

Se describen a continuación los trabajos y actuaciones que sirven de antecedentes, de carácter fundamentalmente técnico, al presente anejo de Estructuras de la nueva Línea de tranvía Este-Oeste en la ciudad de Zaragoza.

2.1. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Para la elaboración del presente anejo de Estructuras, se ha tenido en cuenta la siguiente documentación previa:

1. "Análisis, informe y posterior proyecto para la estabilización y mejora de la estructura del río Huerva y su encauzamiento". Diciembre de 1997. Elaborado por Asistencia Técnica en Ingeniería Civil y Ambiental, S.L. (A.T.I.C.A., S.L.).
2. "Proyecto de Ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica. Julio 2009. Elaborado por "Sociedad de Economía Mixta para la Construcción y Explotación de la Línea Norte Sur del Tranvía de Zaragoza"
3. Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto. Proyecto Constructivo de Referencia. Documento Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este-Oeste en Zaragoza. Análisis de Alternativas 2016. Elaborado por IDOM-TYPSA.
4. Escrito sobre alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón. Abril 2017.
5. Informe de Inspección Principal del Puente en la c/Miguel Servet sobre el río Huerva (0150), situado en el distrito centro de Zaragoza. Abril 2008.
6. Planos "As Built" del Proyecto de Ejecución Línea de Tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza. Tramo 2ª "Plaza España-Plaza Paraíso". Cubrición del Río Huerva en Plaza Paraíso. Septiembre 2012.

2.1.1. "Análisis, informe y posterior proyecto para la estabilización y mejora de la estructura del río Huerva y su encauzamiento"

El Análisis sobre la estructura del cubrimiento del río Huerva fue redactado en Diciembre de 1997 por Asistencia Técnica en Ingeniería Civil y Ambiental, S.L. (A.T.I.C.A., S.L.), constituye el principal antecedente técnico del Proyecto de la nueva Línea de tranvía a proyectar, por lo que se ha tomado como punto de partida para describir los distintos tramos del cubrimiento del río Huerva, conocer el grado de deterioro de los mismos y valorar una posible solución de reparación.

2.1.2. "Proyecto de ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica

El "Proyecto de Ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica, fue elaborado en Julio de 2009 por "Sociedad de Economía Mixta para la Construcción y Explotación de la Línea Norte Sur del Tranvía de Zaragoza".

En dicho Proyecto de la Línea 1 del tranvía de Zaragoza (Norte-Sur), se define la solución estructural adoptada en el tramo del cubrimiento del río Huerva afectado. En este caso, se contempló la retirada de la actual cubrición del encauzamiento y la sustitución por un nuevo tablero.

2.1.3. Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto. Proyecto Constructivo de Referencia. Documento Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este-Oeste en Zaragoza. Análisis de alternativas

Con fecha 27 de mayo de 2016 se presenta el Análisis de Alternativas de la Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza. El objeto de este análisis fue efectuar un estudio técnico comparativo entre los distintos trazados (ocho en total), desarrollado por la UTE IDOM-TYPSA en el marco del presente contrato, con el objeto de seleccionar la alternativa más ventajosa para la ciudad para su desarrollo a nivel anteproyecto, y posteriormente a nivel de proyecto constructivo de referencia.

El estudio se efectuó teniendo en cuenta los datos obtenidos en el estudio de demanda y las características de la Línea 1 del tranvía.

Con fecha 27 de enero de 2017, el Gobierno de Zaragoza prestó su conformidad a la selección de la alternativa 3A como más ventajosa y a la redacción del correspondiente Estudio de Viabilidad. Con fecha 31 de enero de 2017 se presentó el Estudio de Viabilidad de una Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza., posteriormente sometido a proceso de información pública.

2.1.4. Escrito sobre alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón.

Este documento redactado en Abril de 2017 por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón, se citan 6 alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza, de las cuales al cubrimiento del río Huerva solo le afecta la *Alegación nº 5. "Cubrimiento del Huerva en Construcción"*.

En esta alegación las medidas a adoptar en el cubrimiento del Huerva en Constitución son las siguientes:

1. Prolongación del encauzamiento existente con objeto de permitir la circulación de vehículos y maquinaria por el interior.
2. Limpieza de los muros de hormigón, mediante chorro de agua o arena, con el fin de mejorar su aspecto y de poder observar si existe algún tipo de defecto que esté oculto.
3. Reparación y acondicionamiento de la superestructura en dos tramos claramente definidos.

2.1.5. Informe de Inspección Principal del Puente en la c/Miguel Servet sobre el río Huerva (0150), situado en el distrito centro de Zaragoza

Este documento redactado en Abril de 2008 a petición del Ayuntamiento de Zaragoza por INES Ingenieros Consultores recoge la inspección principal realizada sobre la estructura de cruce sobre el río Huerva en el comienzo de la calle Miguel Servet, aportándose tanto descripción precisa de la misma como de su grado de conservación.

La documentación del estudio contiene la siguiente información:

1. Descripción de la estructura y daños observados, con su correspondiente inventario de fichas y fotografías tomadas durante la Inspección
2. Colección de planos del estado actual así como de las patologías detectadas a partir de los datos de campo y el análisis de información previa
3. Propuestas de actuación y mejora, así como su valoración

2.1.6. Planos "As Built" deL Proyecto de Ejecución Línea de Tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza. Tramo 2ª "Plaza España-Plaza Paraíso". Cubrición del Río Huerva en Plaza Paraíso.

Se trata de los planos "As Built" que contienen la solución estructural ejecutada en el tramo de bóvedas a la altura de Plaza Paraíso. El tramo viene resuelto con un "puenteo" de la estructura existente mediante el empleo de tableros prefabricados de hormigón apoyados sobre cargaderos pilotados.

En este caso, sirve como referencia para estudiar la solución estructural en el tramo de bóvedas atravesado por el trazado propuesto por la Línea Este-Oeste, desde Plaza Paraíso hasta Paseo de la Constitución.

3. ESTUDIO DEL CUBRIMIENTO SOBRE EL RÍO HUERVA

En este apartado se estudia la posible solución estructural del Cubrimiento del río Huerva con motivo de la interacción del trazado de la Línea este-oeste del Tranvía con dicho cubrimiento.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DEL CUBRIMIENTO DEL RÍO HUERVA AFECTADO POR EL PASO DE LA LÍNEA DE TRANVÍA ESTE-OESTE EN ZARAGOZA

De acuerdo con el "Análisis, informe y posterior proyecto para estabilización y mejora de la estructura del río Huerva y su encauzamiento". Diciembre de 1997. Elaborado por Asistencia Técnica en Ingeniería Civil y Ambiental, S.L. (A.T.I.C.A., S.L.), el cubrimiento puede clasificarse en cinco tramos bien diferenciados:

1^{er} Tramo: Desde el comienzo aguas arriba hasta la primera bóveda en la Plaza de Paraíso.

2^o Tramo: El tramo de la bóveda de la Plaza de Paraíso.

3^{er} Tramo: Desde la última bóveda de Plaza de Paraíso hasta la intersección con el Paseo de la Mina.

4^o Tramo: Desde la intersección con el Paseo de la Mina hasta finalizado el giro de 90º que contornea el Colegio del Sagrado Corazón.

5^o Tramo: Comprende los últimos 18 metros del cubrimiento.

Tras estudiar la alternativa 3A definida en el documento "Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto. Proyecto Constructivo de Referencia. Documento Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este-Oeste en Zaragoza. Análisis de Alternativas. Abril 2016. Elaborado por IDOM-TYPSA", se concluye que los tramos del cubrimiento del río Huerva afectados por el paso de la Línea de Tranvía Este-Oeste en Zaragoza serían los 2, 3 y 4.

A continuación, se realiza una descripción resumida de la estructuras afectadas, de acuerdo con el Anejo nº4 del informe referido anteriormente (A.T.I.C.A., S.L.).

- El 2º tramo está formado por una sucesión de obras de fábrica. En la primera de las tipologías, nos encontramos con una estructura que arranca con un muro de mampostería de unos 1,70 m de altura sobre el que apoya una bóveda

en cañón de ladrillos macizos colocados "a soga" formada geoméricamente por dos radios de 3,35 m en los arranques y un radio central de unos 14 m en la clave; en la segunda, el muro es de sillería de unos 3 m de altura y de él arranca un bóveda carpanel, con radios de de 3,80 m en los arranques y un radio central de 14,70 m en la clave.

- El 3^{er} Tramo presenta una configuración rectangular de 14 m de anchura y altura variable (máximo 11 m y mínimo 3,7 m), quedando la estructura superior conformada por una losa "nervada" de hormigón armado "in situ", con vigas de sección rectangular de canto 1,10 m y ancho 0,40 m a una distancia libre de 2,4 m (intereje de 2,80 m) en zona de paseos y 1,0 m (intereje 1,40 m) en viales. La losa tiene 10 cm de espesor en Zona de Paseo y de 18 cm en Zona de Viales.

Dicha superficie descansa sobre sendos muros de hormigón en masa, de trasdós escalonado y cimentados en mallacán. Los escalones suelen ser tres: el primer escalón tiene 1 m de anchura y 1,2 m de altura, el segundo 2,0 m de anchura y 1,5 m de altura y el tercero 3 m de anchura y variable en altura para adaptarse al terreno. El muro va cimentado sobre una zapata corrida de ancho variable entre 2,9 m y 3,8 m según la zona, aunque predomina en casi todos los perfiles una anchura de 3,5 m. La profundidad de cimentación es variable entre 2 m y 8 m respecto al terreno natural con un valor promedio de 5 m.

- El cubrimiento del 4º tramo está constituido de nuevo por un tablero "nervado" de hormigón armado "in situ" de luz alrededor de 13,50 m, con vigas de sección rectangular de canto 1,20 m y ancho 0,35 m a una distancia libre de 1,15 m (intereje de 1,50 m). La losa cuenta con un espesor de 20 cm

La estructura del cubrimiento se apoya en dos muros en "L" rectos de 1 m de espesor. La zapata presenta una longitud de alrededor de 5,50 m y un espesor variable de 1 m hasta 0.60 m en la parte más interior del cauce.

3.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CUBRIMIENTO DEL RÍO HUERVA

En el informe elaborado por A.T.I.C.A., S.L., se analiza la situación actual del cubrimiento desde dos aspectos, **Condiciones de Funcionalidad**, y **Condiciones Estructurales**, definiendo medidas recomendadas a adoptar.

Condiciones de Funcionalidad.

En este apartado se analiza el cauce, por una parte, desde la capacidad hidráulica y, por otra, desde el punto de vista del mantenimiento y la conservación. El estudio indica que el cauce no presenta problemas hidráulicos de desagüe, si bien

recomienda mejorar el estado de mantenimiento y conservación del mismo por razones de accesibilidad (incluso para una eventual ejecución de trabajos de reparación con maquinaria).

Condiciones Estructurales.

En el informe se describe el estado de los distintos elementos que forman el cubrimiento. En general, se concluye que tanto las subestructuras (muros y cimentación) como la zona de bóvedas presentan un buen estado de conservación.

No obstante, se identifica el deterioro generalizado de la parte inferior de la losa en las zonas con tablero nervado, en la que aparece visible la armadura inferior con diferentes grados de oxidación por pérdida de los recubrimientos en el hormigón. Algo similar ocurre en algunas partes de las vigas, pero con menos frecuencia.

Asimismo, el informe recoge unos cálculos estructurales de estos elementos para comprobar los coeficientes de seguridad tanto en vigas como en losa según cargas contempladas en el proyecto primigenio, y las nuevas a contemplar según normativa vigente, como, por ejemplo, el vehículo de instrucción. Así, se distinguen dos zonas, Zona de Paseo y Zona de Viales, observando que en ambas zonas el coeficiente de seguridad es inferior al admisible tanto en vigas como en losa.

Frente a esta situación, se definen dos soluciones que plantean el refuerzo de la estructura desde el interior, mediante la colocación de vigas intermedias de la misma tipología que las ya existentes (1,10 m de canto y 0,40 m de ancho), o bien incluyendo nervios transversales a las vigas cada 2 m. Las dos soluciones se plantean con hormigón "in situ", aunque en la primera de ellas también se deja abierta la posibilidad de utilizar vigas prefabricadas.

3.3. INSPECCIÓN Y LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Este apartado pretende estudiar el estado actual de la estructura del Cubrimiento del río Huerva en el tramo de los tableros nervados de hormigón armado, que es la que presenta peor estado de conservación. A tal efecto, se llevó a cabo una inspección "in situ" y el posterior levantamiento de daños, permitiendo además analizar las posibles causas locales y globales, con una visión de conjunto de su extensión e incidencia.

Para ello se han realizado los siguientes trabajos:

- Inspección "in situ" de la estructura.
- Trabajos con tecnología "Láser Escáner" para la realización de levantamientos topográficos en 3D.

- Además, como se ha comentado en el punto anterior, estos trabajos se apoyan en el documento "Análisis sobre la estructura del cubrimiento del río Huerva fue redactado en Diciembre de 1997 por Asistencia Técnica en Ingeniería Civil y Ambiental, S.L. (A.T.I.C.A., S.L.)".

3.3.1. Inspección "in situ" de la estructura

Tras visita realizada al cubrimiento por TYPESA el 4 de diciembre de 2015, se observan las siguientes patologías en la estructura.

- En la losa, se observan desconchones en el hormigón, dejando vistas las armaduras, que presentan un fuerte grado de oxidación, pérdida de sección e incluso rotura de alguna armadura, además de eflorescencias-humedades. Además, en algún caso concreto, se llegan a ver restos de materiales de encofrado, como madera, embebidos en el hormigón de la losa.



Ilustración 1. Estado de la losa del cubrimiento del río Huerva (1)



Ilustración 2. Estado de la losa del cubrimiento del río Huerva (2)

- En las vigas, nuevamente, se observa pérdida de recubrimiento del hormigón con fuerte oxidación de armadura y pérdida de sección. Presencia de eflorescencias-humedades.



Ilustración 3. Estado de las vigas del cubrimiento del río Huerva (1)



Ilustración 4. Estado de las vigas del cubrimiento del río Huerva (2)

- Humedades.



Ilustración 5. Presencia de humedades en la losa del cubrimiento del río Huerva

- Se observan instalaciones situadas en la zona del cubrimiento a reparar, como Línea eléctrica de Alta Tensión. Algunas tuberías parecen de fibrocemento, a tener en cuenta si se decide demoler para restaurar estas Líneas. También se observan instalaciones que van embebidas en la losa.



Ilustración 7. Presencia de instalaciones en la zona del cubrimiento del río Huerva a reparar (2)



Ilustración 6. Presencia de instalaciones en la zona del cubrimiento del río Huerva a reparar (1)

3.3.2. Trabajos con tecnología "Láser Escáner" para la realización de levantamientos topográficos en 3D

La utilización de este método de trabajo cuenta con la principal ventaja de la adquisición en campo de gran cantidad de puntos, con una gran rapidez y precisión. Posteriormente, estos datos son tratados con programas informáticos que permiten obtener un levantamiento topográfico de alta calidad.

El tipo de escáner 3D utilizado es "Leica ScanStation2" pertenece a la categoría de "escáneres activos" dentro de los clasificados como "sin contacto" y denominado "Time of flight (Tiempo de vuelo)".

Un escáner 3D de tiempo de vuelo determina la distancia a la escena cronometrando el tiempo del viaje de ida y vuelta de un pulso de luz. Un diodo láser emite un pulso de luz y se cronometra el tiempo que pasa hasta que la luz reflejada es vista por un detector. Como la velocidad de la luz C es conocida, el tiempo del viaje de ida y vuelta determina la distancia del viaje de la luz, que es dos veces la distancia entre el escáner y la superficie. Si T es el tiempo del viaje completo, entonces la distancia es igual a $(C * T)/2$. Claramente la certeza de un escáner láser de tiempo de vuelo 3D depende de la precisión con la que se puede medir el tiempo T : 3,3 picosegundos (aprox.) es el tiempo requerido para que la luz viaje 1 milímetro. Se utilizan láseres visibles (verdes) o invisibles (infrarrojo cercano).

El distanciómetro láser sólo mide la distancia de un punto en su dirección de la escena. Para llevar a cabo la medida completa, el escáner va variando la dirección del distanciómetro tras cada medida, bien moviendo el distanciómetro o deflectando el haz

mediante un sistema óptico. Este último método se usa comúnmente porque los pequeños elementos que lo componen pueden ser girados mucho más rápido y con una precisión mayor. Los escáneres láser de tiempo de vuelo típicos pueden medir la distancia de 10.000 ~ 100.000 puntos cada segundo.

En este caso concreto, mediante la toma de puntos con el escáner se puede ver el grado de deterioro de la estructura, dado que el contraste de colores permite ver claramente donde hay desconchones, desconchones con armadura vista, humedades, acumulación de material, suciedad como telarañas, etc.

A continuación se muestran los resultados obtenidos tras la utilización del escáner.

- Vista general del cubrimiento

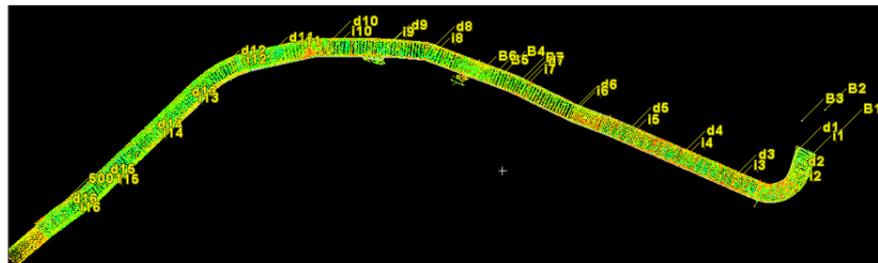


Ilustración 8. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Vista general del cubrimiento

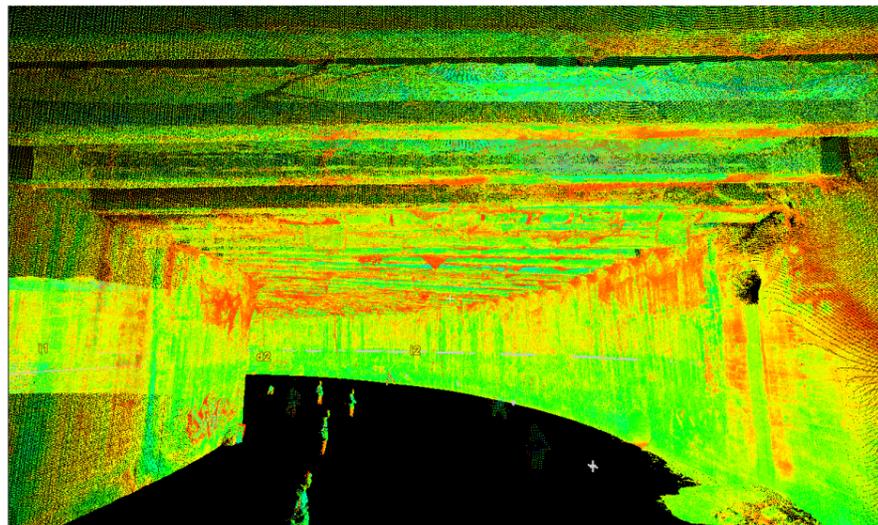


Ilustración 9. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Vista general del interior del cubrimiento

- Suciedad, se puede observar la gran cantidad de telarañas (color rojo) que se encuentran en vigas y muro.

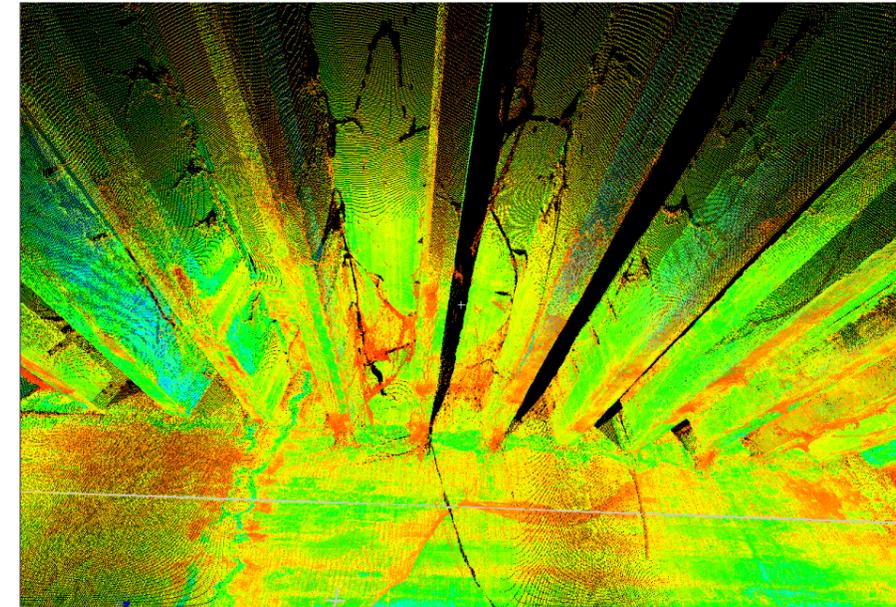


Ilustración 10. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Presencia de suciedad

- Vigas con desconchones de hormigón y oxidación de armadura.

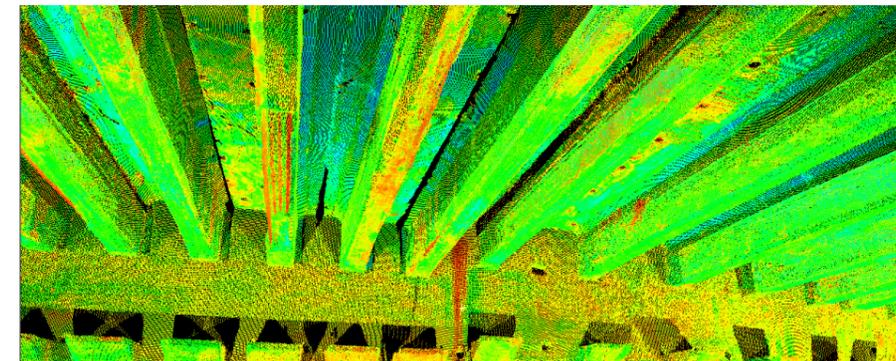


Ilustración 11. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en las vigas (1)

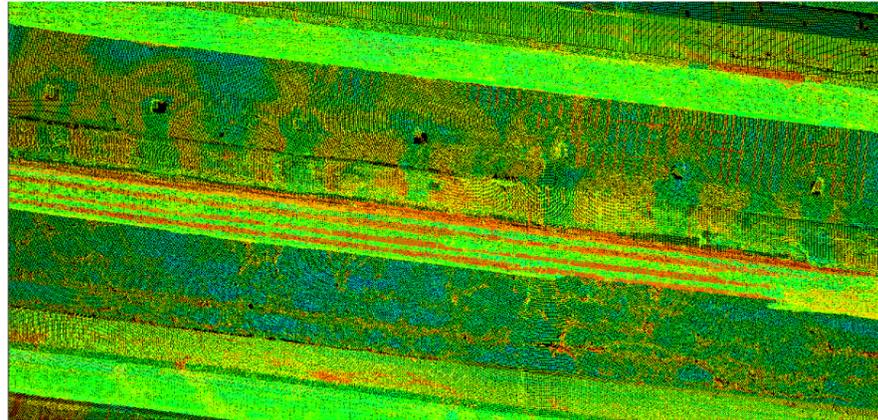


Ilustración 12. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en las vigas (2)

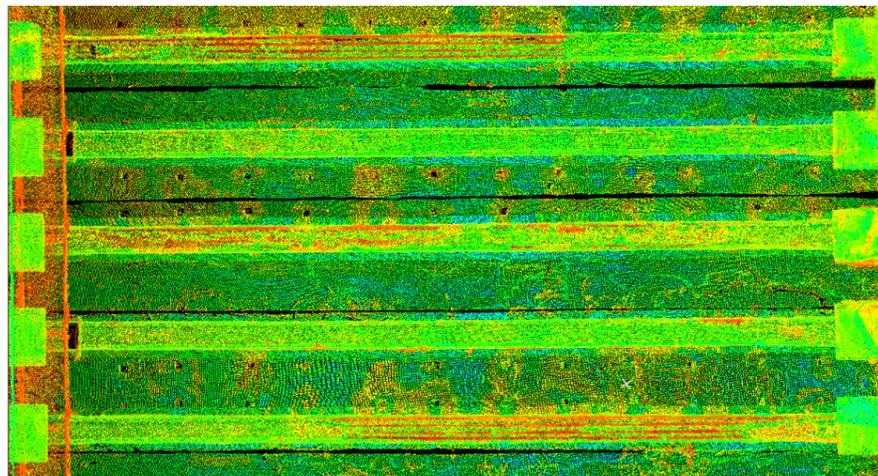


Ilustración 13. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en las vigas (3)

- Losa con desconchones de hormigón y oxidación de armadura.

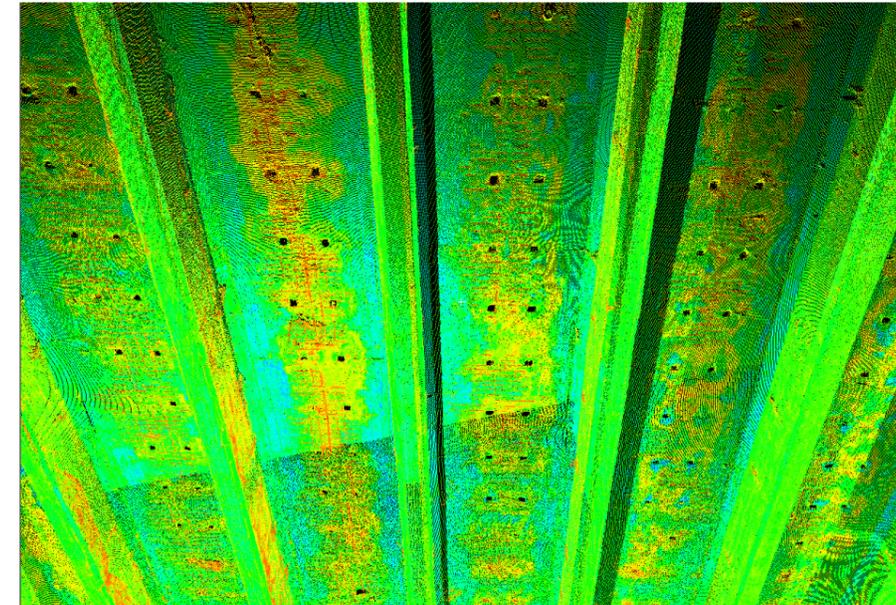


Ilustración 14. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Deterioros en la losa

– Humedades.

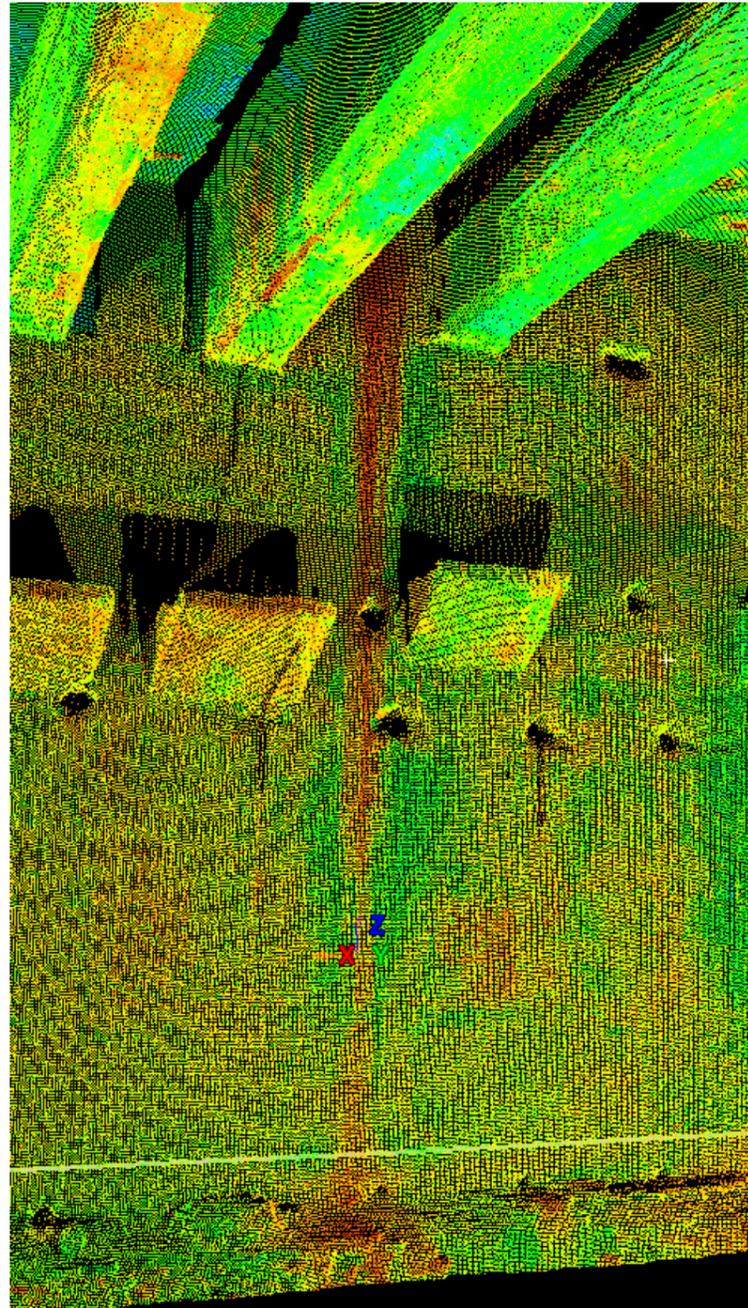


Ilustración 15. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Humedades (1)

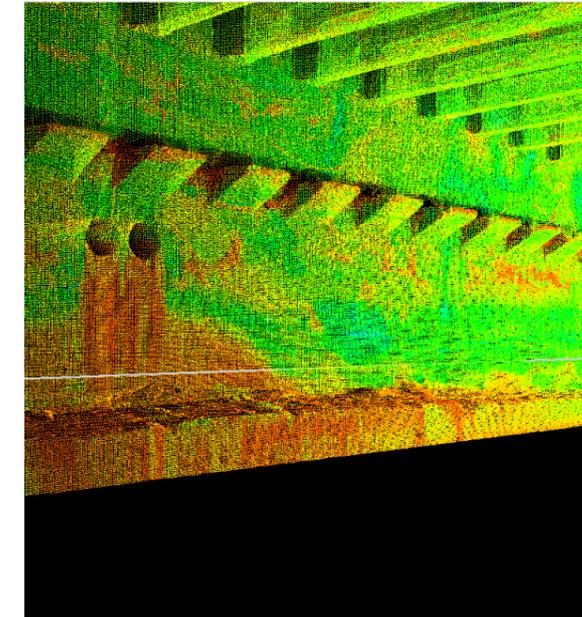


Ilustración 16. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Humedades (2)

– Estructura metálica anclada al muro, se trata de una pasarela de mantenimiento de servicios existentes.

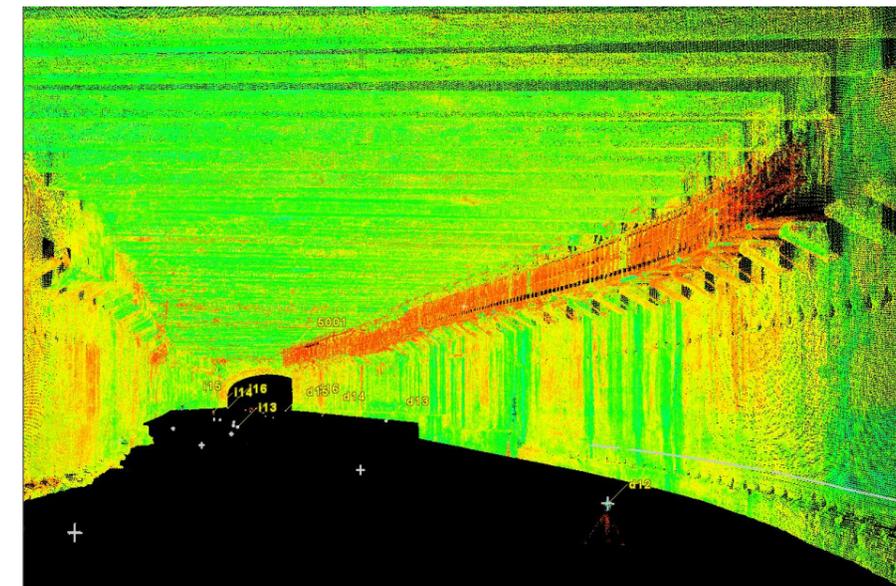


Ilustración 17. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Estructura metálica anclada al muro (1)

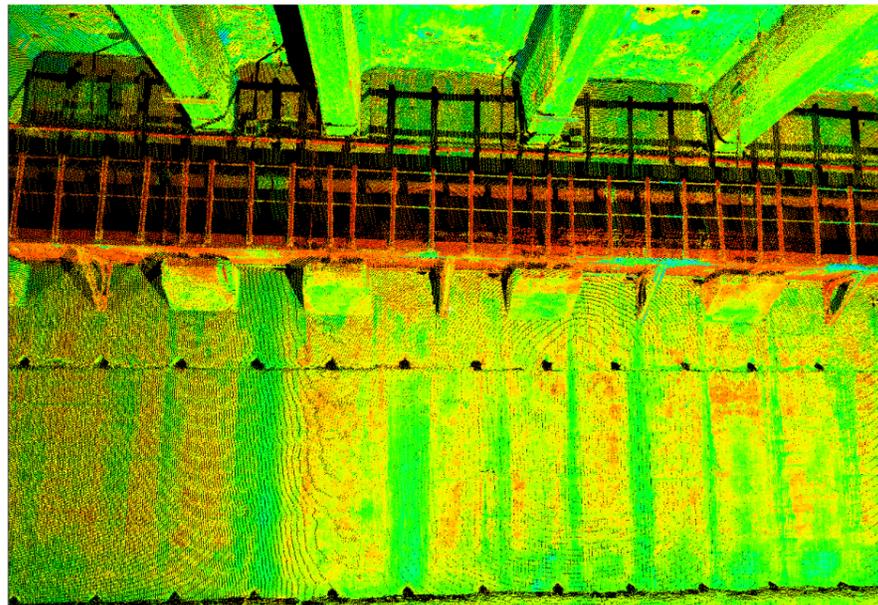
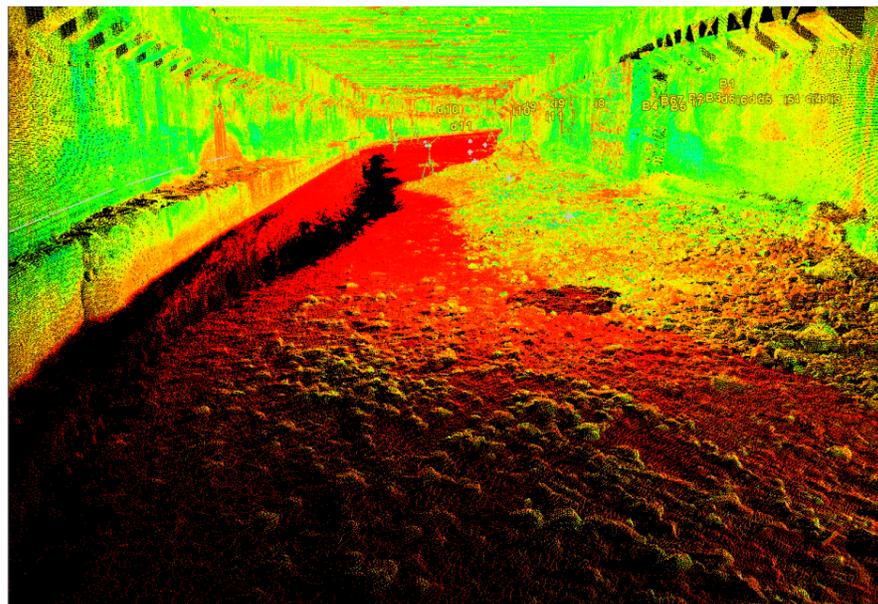


Ilustración 18. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Estructura metálica anclada al muro (2)

- Acumulación de material.



• Ilustración 19. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Acumulación de material)

- Servicios afectados

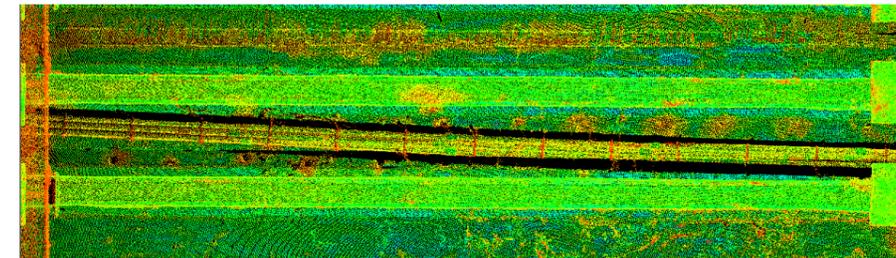


Ilustración 20. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Servicios afectados (1)

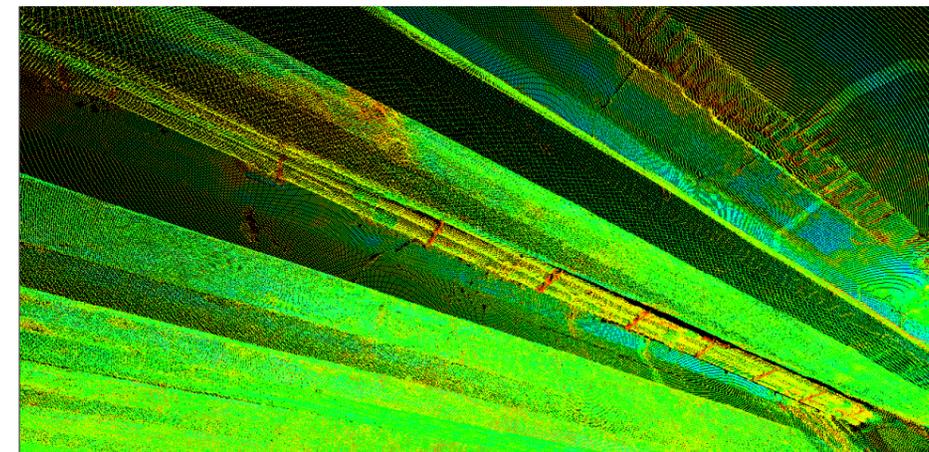


Ilustración 21. Cubrimiento del Huerva. Láser escáner. Servicios afectados (2)

3.3.3. "Análisis sobre la estructura del cubrimiento del río Huerva. Diciembre de 1997. Asistencia Técnica en Ingeniería Civil y Ambiental, S.L. (A.T.I.C.A., S.L.)"

A continuación, aparece el análisis del cubrimiento del río Huerva reflejado en el informe de A.T.I.C.A, S.L.. Se reproducen las tablas de afecciones y el plano de tramificación de daños.

Se presentan después las tablas del estado del cubrimiento, de acuerdo con la siguiente leyenda:

- A-Aceptable
- R-Regular

- M-Malo
- D-Deficiente

Tabla 1. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (1)

Marcas		Luz libre entre vigas	Estado de		Reparación		Observaciones
Inicial	Final		Vigas	Losa	M.L. Viga	% Sup. Losa	
36	37	2,40	A	M*	0	100	Puede observarse que la separación de armaduras en el mallazo de la losa es poco uniforme.
37	38	2,40	A	M*	0	100	Puede observarse que la separación de armaduras en el mallazo de la losa es poco uniforme.
38	39	2,40	A	M	0	100	
39	40	2,40	A	M	0	50	Comienza la bóveda.
40	41				0	0	
41	42				0	0	
42	43				0	0	
43	44				0	0	
44	45				0	0	
45	46				0	0	
46	47				0	0	Termina la bóveda.
47	48	1,00	M*	A	5	10	Se puede ver la armadura de una viga a lo largo de toda la luz.
48	49	1,00	R*	A	3	0	Una viga tiene descubierta la mitad de la armadura.
49	50	1,00	D*	A	5	0	Se puede ver la armadura de cuatro vigas a todo lo largo de la luz.
50	51	2,40	R*	M	5	100	Dos vigas han perdido parte del recubrimiento.
51	52	2,40	R*	M	5	100	Se puede ver un redondo de una de las vigas, hacia el centro de la luz.
52	53	2,40	A	M	0	100	
53	54	2,40	A	M	0	100	
54	55	2,40	A	M	0	100	
55	56	2,40	A	M	0	100	

Tabla 2. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (2)

Marcas		Luz libre entre vigas	Estado de		Reparación		Observaciones
Inicial	Final		Vigas	Losa	M.L. Viga	% Sup. Losa	
56	57	2,40	A	M	0	100	
57	58	2,40	R*	D	5	75	Una de las vigas ha perdido parte del recubrimiento.
58	59	1,00	M*	R	7	50	En dos de las vigas puede verse la armadura oxidada en la mayor parte de las mismas.
59	60	1,00	A	R	0	25	
60	61	2,40	A	M	0	100	
61	62	2,40	A	D	0	75	
62	63	2,40	A	M	0	100	
63	64	2,40	A	M	0	100	
64	65	2,40	A	D	0	75	
65	66	2,40	A	M	0	75	
66	67	2,40	A	M	0	100	
67	68	1,00	D*	R	5	50	En dos de las vigas puede verse la armadura oxidada en gran parte de las mismas.
68	69	1,00	A	A	0	0	
69	70	1,00	A	A*	0	0	En el vano donde se encuentra la junta aparecen filtraciones y se encuentra más deteriorado.
70	71	1,00	R*	A	5	0	En una de las vigas puede verse un redondo en la zona central.
71	72	2,40	R*	R	5	25	En una de las vigas puede verse un redondo a un cuarto de la luz, aproximadamente.
72	73	1,00	R*	A	5	0	En una de las vigas puede verse un redondo a un cuarto de la luz, aproximadamente.
73	74	1,00	A	R*	0	25	En el vano donde se encuentra la junta aparecen filtraciones y se encuentra más deteriorado.
74	75	2,40	R*	A	5	0	En la margen izquierda puede verse la armadura de una viga en la zona de apoyo. En el vano donde se encuentra la junta aparecen filtraciones y se encuentra más deteriorado.

Tabla 3. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (3)

Marcas		Luz libre entre vigas	Estado de		Reparación		Observaciones
Inicial	Final		Vigas	Losa	M.L. Viga	% Sup. Losa	
75	76	2,40	A	A	0	0	
76	77	2,40	A	A	0	0	
77	78	2,40	A	R*	0	50	En el vano donde se encuentra la junta de dilatación aparecen filtraciones y se encuentra en peor estado.
78	79	2,40	A	D	0	0	
79	80	2,40	A	R	0	50	
80	81	2,40	A	D*	0	50	En el vano donde se encuentra la junta de dilatación aparecen filtraciones y se encuentra en peor estado.
81	82	2,40	A	A	0	0	
82	83	2,40	A	R	0	25	
83	84	2,40	A	R	0	25	
84	85	2,40	A	A	0	0	
85	86	1,00	A	A	0	0	
86	87	1,00	A	A	0	0	
87	88	2,40	A	A	0	0	
88	89	2,40	A	A	0	0	
89	90	2,40	A	A	0	0	
90	91	2,40	A	A*	0	0	En el vano donde se encuentra la junta de dilatación aparecen filtraciones y se encuentra en peor estado.
91	92	2,40	A	A	0	0	
92	93	2,40	A	A	0	0	
93	94	2,40	A	A	0	0	

Tabla 4. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (4)

Marcas		Luz libre entre vigas	Estado de		Reparación		Observaciones
Inicial	Final		Vigas	Losa	M.L. Viga	% Sup. Losa	
94	95	2,40	A	A	0	0	
95	96	1,00	A	A*	0	0	Puede verse la junta de dilatación con filtraciones.
96	97	1,00	A	A*	0	0	El vano donde se encuentra la junta está en peor estado.
97	98	1,15	A	A	0	0	Comienza la Solera.
98	99	1,15	A	A	0	0	
99	100	1,15	A	A	0	0	
100	101	1,15	A	A	0	0	
101	102	1,15	R*	A	5	0	Se puede observar una reparación en el centro de una viga.
102	103	1,15	R	A*	10	0	Se observa la junta de dilatación con filtraciones.
103	104	1,15	A	A	0	0	
104	105	1,15	A	A	0	0	
105	106	1,15	A	R*	0	50	Se encuentran tres conductos que atraviesan entre las vigas. En la junta de dilatación existente aparecen filtraciones.
106	107	1,15	A	A	0	0	
107	108	1,15	A	A	0	0	
108	109	1,15	A	A	0	0	
109	110	1,15	A	A	0	0	
110	111	1,15	A	A	0	0	
111	112	1,15	A	A	0	0	
112	113	1,15	A	A	0	0	

Tabla 5. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos (5)

Marcas		Luz libre entre vigas	Estado de		Reparación		Observaciones
Inicial	Final		Vigas	Losa	M.L. Viga	% Sup. Losa	
113	114	1,15	A	A	0	0	
114	115	1,15	A	A	0	0	
115	116	1,15	A	A	0	0	Empiezan vigas de PRAINSA.
116	117	2,74	A	A	0	0	
117	118	2,74	A	A	0	0	

Se presenta a continuación el plano donde se especifica el estado del cubrimiento del Huerva en lo que a la losa y vigas se refiere, siguiendo la correspondencia con las tablas anteriores:

- Verde-A-Aceptable
- Azul-R-Regular
- Rojo-M-Malo
- Amarillo-D-Deficiente



Ilustración 22. Cubrimiento del Huerva. Estado por tramos

3.4. PROPUESTA DE ACTUACIÓN

3.4.1. Introducción

Se describe en el presente apartado la propuesta de actuación tras estudiar los antecedentes y realizar la inspección “in situ” en la estructura del Cubrimiento del río Huerva.

3.4.2. Normativa Técnica de Aplicación

Con carácter general, se remite al Documento número 3 (PPTP) del presente Anteproyecto para referir la normativa de aplicación; tanto con carácter general como particular.

- UNE-EN 1504 Productos y sistemas para la reparación y protección de estructuras de hormigón
- IAP-11: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3/75), de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, aprobado por Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976. Además son de aplicación las O.M. de 31 de julio de 1986, de 21 de enero de 1988 (PG-4/88), de 8 de mayo de 1989, de 28 de septiembre de 1989, de 27 y 28 de diciembre de 1999, de 13 de febrero de 2002 y de 16 de mayo de 2002, sobre modificación de determinados Artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, así como las Órdenes Circulares 297/88T, 322/97, 326/2000 y 5/2001.
- Instrucción para la recepción de cementos (RC-16) aprobada por Real Decreto 256/2016 de 10 de Junio.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), aprobada por Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.
- NCSP-07. Norma de construcción sismorresistente: Puentes
- Eurocódigo 3-2005: Estructuras de Acero
- Código Técnico de Edificación CTE

3.4.3. Solución ejecutada en la Línea 1 del tranvía a su paso por el Cubrimiento del Huerva

En el "Proyecto de Ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica, se define la siguiente solución:

La actuación prevista contempló la retirada de la actual cubrición con tableros nervados de hormigón armado y sustitución por un nuevo tablero de hormigón constituido por una losa de 0,25 m y vigas prefabricadas con acero pretensado de 0,80 m de canto. Para ello, se contempla la demolición del actual tablero y de la coronación del muro, y la construcción de una nueva coronación de acoja la entrega del nuevo tablero. Las vigas se encuentran simplemente apoyadas en los estribos, descansando sobre aparatos de neopreno.

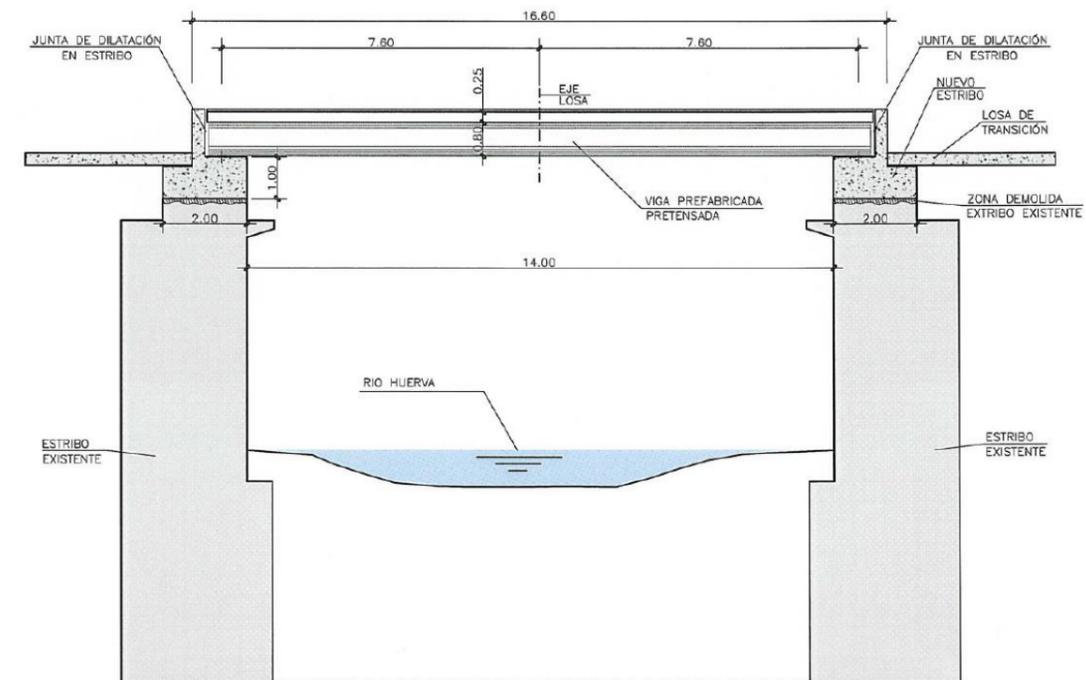


Ilustración 23. Solución ejecutada en la Línea 1 del tranvía a su paso por el Cubrimiento del Huerva

Por otro lado, en la zona de bóvedas a la altura de Plaza Paraíso, de acuerdo con los planos *As Built* consultados se ejecutó un “puenteo” con soluciones prefabricadas apoyadas con aparatos de neopreno sobre cargaderos pilotados retranqueados respecto de los estribos de la bóveda antigua. La luz aproximada es de unos 24 m.

Así, en la zona donde la bóveda donde el arco es más rebajado se recurrió a vigas prefabricadas doble T de canto 1.30 m y losa de espesor 35 cm con intereje variable, mientras que en la zona del puente antiguo, donde la bóveda presenta una mayor altura, se ejecutó un prefabricado singular de canto algo más reducido (hasta un mínimo de 0.80 m) por razones de galibo. Ambos cargaderos están cimentados con una alienación de pilotes de 1 m de diámetro y 17 metros de profundidad, equiespaciados algo más de 3 m

3.4.4. Valoración técnica de las alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón. Abril 2017

Como se ha comentado anteriormente, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón, cita 6 alegaciones respecto al estudio de la Línea este-oeste del tranvía de Zaragoza, de las cuales al cubrimiento del río Huerva solo le afecta la *Alegación nº 5. "Cubrimiento del Huerva en Construcción"*.

En esta alegación las medidas a adoptar en el cubrimiento del Huerva en Constitución son las siguientes:

1. Prolongación del encauzamiento existente con objeto de permitir la circulación de vehículos y maquinaria por el interior.
2. Limpieza de los muros de hormigón, mediante chorro de agua o arena, con el fin de mejorar su aspecto y de poder observar si existe algún tipo de defecto que esté oculto.
3. Reparación y acondicionamiento de la superestructura en dos tramos claramente definidos.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, en el caso de la Línea este-oeste del Tranvía que afecta al cubrimiento, se pueden hacer los siguientes comentarios en referencia a la propuesta de reparación.

1. Dado que para la ejecución del tranvía se pretende subsanar las deficiencias estructurales que presenta el cubrimiento del Huerva, se entiende la no necesidad de prolongar el encauzamiento de forma que se ejecute un revestimiento del cauce.

Sin embargo, parece necesario en un momento dado al menos regularizar la pendiente del cauce y la sección transversal en todo el tramo del mismo para facilitar el acceso de maquinaria si fuera necesario.

2. Limpieza de los muros de hormigón, mediante chorro de agua o arena, solamente en el tramo en que interfiere la Línea este-oeste con el cubrimiento del Huerva, dado que según informe elaborado por A.T.I.C.A., S.L. los muros no presentan fallos estructurales de ningún tipo, sin detectarse fisuras ni asientos ni descalces.
3. Reparación y acondicionamiento de la superestructura en los tramos afectados.

3.4.5. Valoración técnica de las soluciones de reparación en las zonas deterioradas

Tras lo expuesto en el presente anejo, se valoran principalmente dos soluciones de reparación a adoptar en las zonas más deterioradas (tramo con tablero nervado), teniendo en cuenta el estado de la estructura según la inspección realizada y las soluciones propuestas por A.T.I.C.A., S.L., por un lado, y la definida en el "Proyecto de Ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica, por otro. A continuación se resume las soluciones:

- A.T.I.C.A., S.L. Como se mencionó previamente, se trata de reforzar desde el interior, ejecutando nuevas vigas de hormigón "in situ" en el espacio entre los nervios.
- "Proyecto de Ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica. De acuerdo con lo expuesto en apartados anteriores, se sustituyó la actual estructura de cubrimiento por tableros de vigas prefabricadas.

Tras el análisis de las dos soluciones finalmente se descarta la primera solución definida por A.T.I.C.A., S.L., dado que reforzar la estructura del cubrimiento mediante vigas "in situ" o prefabricadas es muy laborioso dadas las condiciones de trabajo dentro del cubrimiento, poca iluminación, galibo variable, etc. Se tendrían que usar medios auxiliares como andamios teniendo en cuenta la variabilidad del galibo, estructuras auxiliares para la ejecución o izado de vigas, gatos hidráulicos para ajustar la ubicación de las vigas de refuerzo, es necesario disponer de grupos electrógenos de suficiente potencia, aparatos compresores, bombas, ejecutar accesos para la entrada de maquinaria, etc.

Así, la solución más adecuada y con más garantías parece ser la de retirar la cubrición del encauzamiento en los tramos con el tablero nervado de hormigón armado y su sustitución por uno nuevo, de manera similar a lo definido y ya ejecutado en la Línea de tranvía existente según el "Proyecto de Ejecución Línea de tranvía entre Parque Goya y Valdespartera en Zaragoza". Fase I: Tramo 3. Gran Vía - Vía Ibérica.

Por otro lado, en el tramo de las bóvedas, tiene sentido implementar una solución similar a la ejecutada en la Línea 1 en ese mismo tramo, es decir, conservar la bóveda y "puentear" con tableros prefabricados.

3.4.6. Definición de la actuación en el Cubrimiento del río Huerva

La actuación a definir para el Cubrimiento del río Huerva pudiera ser una combinación de las siguientes soluciones:

- Retirada de la actual cubrición del encauzamiento y sustitución por un nuevo tablero como solución general
- “Puenteo” en la zona de bóvedas

Así, en Fase de Anteproyecto y, en consenso con el Cliente, en principio se contemplará y valorará la sustitución total de todos los tramos de cubrimiento afectado, dejando la posibilidad en futuras fases de que, en algún tramo con mejores condiciones de conservación, pudiera acometerse un refuerzo o reparación algo más local, manteniendo el tablero actual sin necesidad de recurrir a la sustitución completa.

3.4.7. Retirada del actual cubrimiento del encauzamiento y sustitución por un nuevo tablero.

“puenteo” en las zonas de bóveda

3.4.7.1. Descripción

De manera similar a lo ejecutado en la Línea 1 del tranvía, se plantea un tablero con losa de hormigón armado HA-30 de canto 25 cm m y vigas doble T de hormigón pretensado HP-50 con 80 cm de canto y con un intereje de 1,5 m.

Las vigas se colocarán simplemente apoyadas en los muros existentes, contemplando la retirada del tablero existente junto con la demolición de parte de la coronación de dicho muro y posteriormente la ejecución de una nueva coronación a modo de estribo para acoger las vigas.

Sin embargo, en el tramo más corto de bóveda, se realizará un “puenteo” mediante la introducción de un tablero formado por una losa de hormigón armado HA-30 de canto 25 cm y vigas doble T de hormigón pretensado HP-50 con 100 cm de canto situadas de forma contigua. La superestructura se apoyará sobre cargaderos pilotados de características similares a los ya ejecutados para la Línea 1 (alineaciones de pilotes de 1 m separados entre ejes alrededor de 3 diámetros).

Destacar aquí que, en esta Fase de Anteproyecto, se encaja una solución de vigas prefabricadas con el menor canto posible, ya que no se conoce de forma exacta la profundidad a la que podría encontrarse la bóveda en este tramo con respecto de la rasante (en el “As Built” se ejecutó una solución de mayor canto en el otro tramo de bóveda adyacente al puente antiguo), pudiéndose optimizar los cantos e interejes en fases de proyecto posteriores.

Se procede al encaje de los nuevos tableros a ejecutar para verificar su viabilidad (relación orientativa canto/luz, intereje) en esta Fase de Anteproyecto.

3.4.7.2. Cálculo

MATERIALES, CONTROL Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Hormigón pretensado en vigas en doble T: **HP-50/F /12/IIa**

Hormigón armado capa de compresión: **HA-30/P/20/IIa**

Acero pasivo: **B500S**

Acero activo: **Y-1860 S7 // Ø1.44 cm²**

Control de hormigón **estadístico**.

Control de acero pasivo **normal**.

Tabla 6. Coeficientes de seguridad aplicables a materiales

Situación de proyecto	ELU		ELS	
	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s
Persistente o transitoria	1,50	1,15	1,00	1,00
Accidental	1,30	1,00	1,00	1,00

Nivel de control de ejecución **intenso**

Tabla 7. Coeficientes de seguridad aplicables a acciones (ELU)

TIPO DE ACCIÓN	Situación Persistente y Transitoria		Situación accidental		
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable	
Permanente	Peso propio	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
	Carga Muerta	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
	Pretensado P1*	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00^*$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Permanente de valor no constante	Pretensado P2	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
	Otra presolicitación	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
	Reológicas	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	Sobrecarga de uso	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,35$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
	Sob. de uso en terr.	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
	Acciones climáticas	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
	Sob. de construcción	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,35$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Tabla 8. Coeficientes de seguridad aplicables a acciones (ELS)

TIPO DE ACCIÓN	Situación persistente o transitoria	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	1,00	1,00
Armadura pretesa	0,95	1,05
Permanente de valor no constante	1,00	1,00
Variable	0,00	1,00

Tabla 9. Coeficientes de combinación

Acción	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de Uso	0,75	0,75	0,00
Viento	0,60	0,20	0,00
Acción térmica	0,60	0,60	0,50

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Situaciones persistentes o transitorias

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, excepto en ELU de fatiga, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,i}$ = Valor representativo de cada acción permanente.
- $G_{k,j}^*$ = Valor representativo de cada acción permanente de valor no constante.
- $Q_{k,1}$ = Valor característico de la acción variable dominante.
- $\Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ = Valores de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Para estos estados se consideran únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las diferentes acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación casi-permanente:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

CONDICIONES DE DURABILIDAD

De acuerdo con el informe geotécnico, la clase general de exposición que puede asignarse al ambiente de exposición es, en general, Ila. Así, el recubrimiento mínimo para este ambiente y clase de exposición se obtiene:

Tabla 10. Recubrimientos mínimos

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)		Recubrimiento mínimo (mm) según la clase de exposición									
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc
25 < f _{ck} < 40	Elemento general	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
f _{ck} < 40	Elemento general	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

0 mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución

Δr 5 mm en el caso de elementos in situ con nivel intenso de control de ejecución

10 mm en el resto de los casos

Particularizando, se obtiene:

- Losa de hormigón "in situ": $r_{nom} = r_{min} + \Delta r = 25 + 5 = 30 \text{ mm}$

Recubrimiento proyectado capa de compresión = 30 mm

- Vigas de hormigón prefabricado: $r_{nom} = r_{min} + \Delta r = 20 + 0 = 20 \text{ mm}$

Recubrimiento proyectado vigas = 30 mm

Según la tabla 5.1.1.2, (EHE) la apertura máxima de fisuración para este ambiente es de: **0,3 mm** para la clase general Ila (situación cuasipermanente) y de **0,2 mm** para vigas de hormigón pretensado (en situación frecuente y ausencia de tracciones en armaduras activas en situación cuasipermanente):

Tabla 11. Apertura máxima de fisura

CLASE DE EXPOSICIÓN	Wmax [mm]	
	Hormigón armado	Hormigón pretensado
I	0,4	0,2
Ila, Ilb, H	0,3	0,2
IIla, IIlb, IV, F	0,2	Descompresión
IIlc, Qa, Qb, Qc	0,1	

PROGRAMAS DE CÁLCULO

Los programas de cálculo que se han utilizado para el desarrollo del presente documento son:

- CivilCad 2000: Programa comercial, para el diseño de tableros de vigas en doble T.

ACCIONES CONSIDERADAS

Las acciones consideradas en el tablero son las siguientes:

- Peso propio:
 - Hormigón pretensado: 25 kN/m³
 - Hormigón “in situ”: 25 kN/m³
- Cargas muertas:
 - Pavimento: 10 kN/m² (con un margen de un 50% de acuerdo con la norma)
- Acciones variables:
 - Tráfico sobre aceras: 2.5 kN/m²
 - Tráfico sobre plataforma: 3 carros diferentes, actuando alternativamente en cada uno de los tres carriles virtuales: 600 kN – 400 kN – 200 kN (4 ruedas de 150 kN – 100 kN – 50 kN) + Sobrecargas de 2.5 kN/m² y 9 kN/m²

**Nótese aquí que se respeta el criterio establecido para el diseño del cubrimiento en la Línea 1, es decir, que los valores de las acciones de tráfico contenidas en la IAP-11 son más desfavorables que los propios ejes del tranvía, además de tráfico en dirección paralela a los ejes de las vigas de los tableros*

Como aspectos específicos de este proyecto citar que el valor máximo de la carga permanente, que es el que produce la vía del nuevo ferrocarril, y las acciones variables de uso que define la instrucción se han aplicado en toda la superficie de tablero construido. Además, dada la anchura del tablero, se ha considerado la acción simultánea de dos carros de 600 kN. Por otra parte, se ha realizado un estudio comparativo, que se refleja en los listados de cálculo adjuntos, de los esfuerzos que produce en la estructura el carro de 600 kN de la instrucción y el tren de cargas que se refleja en el croquis adjunto y que pretende simular las acciones que impondrá el nuevo ferrocarril a la estructura en estudio. La conclusión a la que se llega es que los esfuerzos que produce el carro de la instrucción son muy superiores a los del tren de cargas aquí representado.

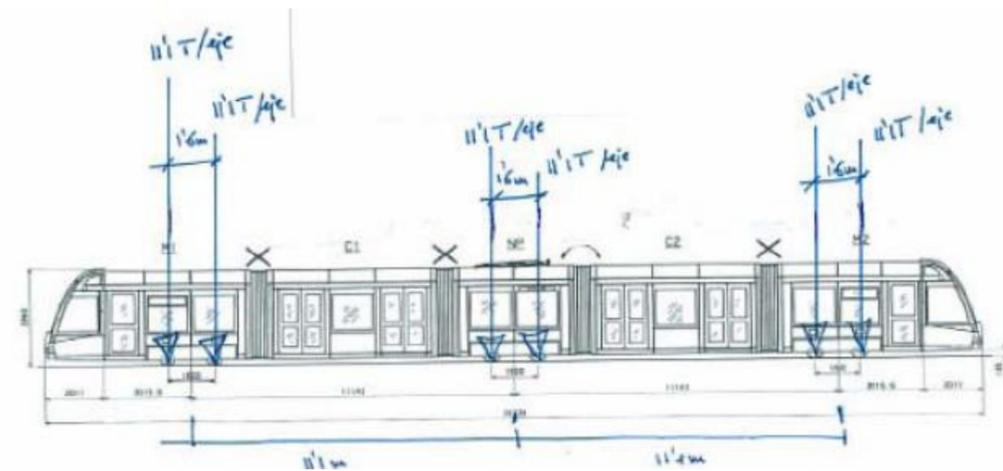


Ilustración 24. Esquema de cargas establecidos en la línea 1 del tranvía de Zaragoza.

**** Para el cálculo de la losa de la superestructura del tranvía, las cargas por eje se redondean al alza hasta las 12 T**

ENCAJE DE LOS TABLEROS

Definición del tablero. Luz 14.5 m, Canto: 0.8 m, Intereje 1.5 m

Para la definición del tablero se genera un modelo de cálculo que representa una zona de cubrimiento de 39 m de longitud (distancia máxima de juntas 40 m).

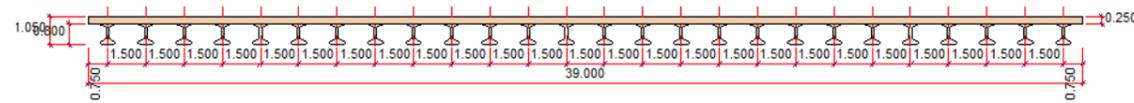
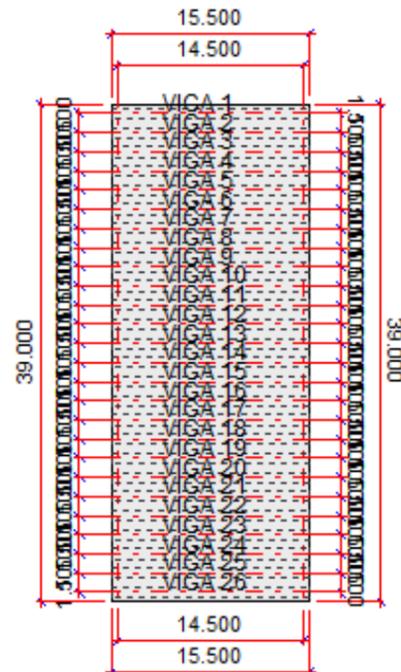


Ilustración 25. Cubrimiento del Huerva. Disposición geométrica de vigas. Intereje 1,5 m

En la siguiente tabla se señalan las principales características del tablero en cuestión:

Tabla 12. Cubrimiento del Huerva. Características del tablero. Intereje 1,5 m

Longitud de Vigas	Luz de Cálculo	Tipo de Viga	Número de Vigas
15.5 m	14.5 m	Doble T 80	26 (i=1.5 m.)

De acuerdo con el catálogo de un fabricante concreto (ALVISA), la sección de viga con la que se calcula (mediante el software CivilCAD) es la siguiente:

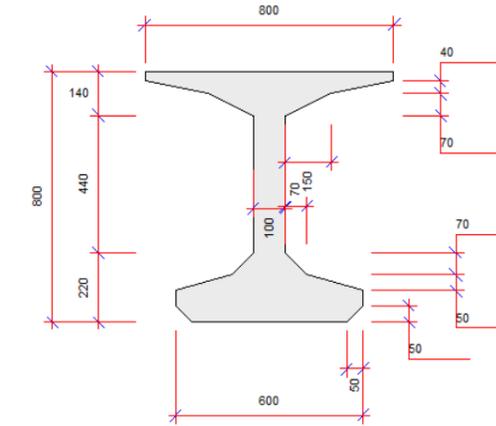


Ilustración 26. Viga prefabricada DT-ALV-80-80. Cotas en cm

En la siguiente tabla se muestran las familias de cables de 0.6" dispuestas (tesadas a 1390 MPa):

Tabla 13. Cubrimiento del Huerva. Familias de cables de tesado. Intereje 1,5 m

	Acero activo			
	Número de cables	Dist, Fibra inferior (cm)	Área/cable (cm ²)	Long, Entubado (m)
Familia 1	9	3	1,44	0,00
Familia 2	5	6	1,44	3,00
Familia 3	2	77	1,44	0,00

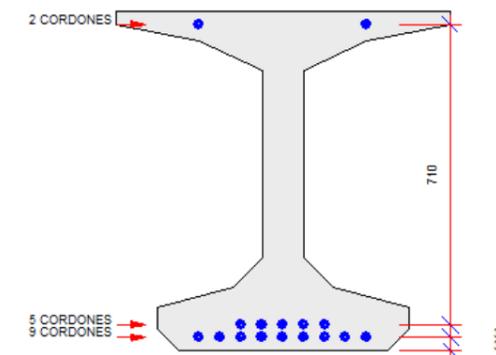


Ilustración 27. Cubrimiento del Huerva. Cordones Pretensado. Cotas en cm

Encaje Pretensado

A continuación, aparece una relación de la envolvente global de tensiones en el tiempo en una de las vigas. Para el dimensionamiento se ha utilizado la combinación frecuente en servicio.

Para encajar esta solución, es preciso que el proceso de tesado se realice cuando el hormigón haya alcanzado prácticamente la resistencia mínima a compresión prescrita a los 28 días (se mantiene edad de transferencia en 20 días como en el proyecto de la Línea 1). Por tanto, las tensiones en todas las fases quedarán limitadas a:

Resistencia a compresión en tesado: $f_{ck,0} = 50 \text{ MPa}$

Compresión en viga: $0,60 f_{ck,0} = 30 \text{ MPa}$

Tracción en viga: $0,30 f_{ck,0}^{2/3} = 4.1 \text{ MPa}$

Compresión en losa: $0,60 f_{ck,28d} = 18 \text{ MPa}$

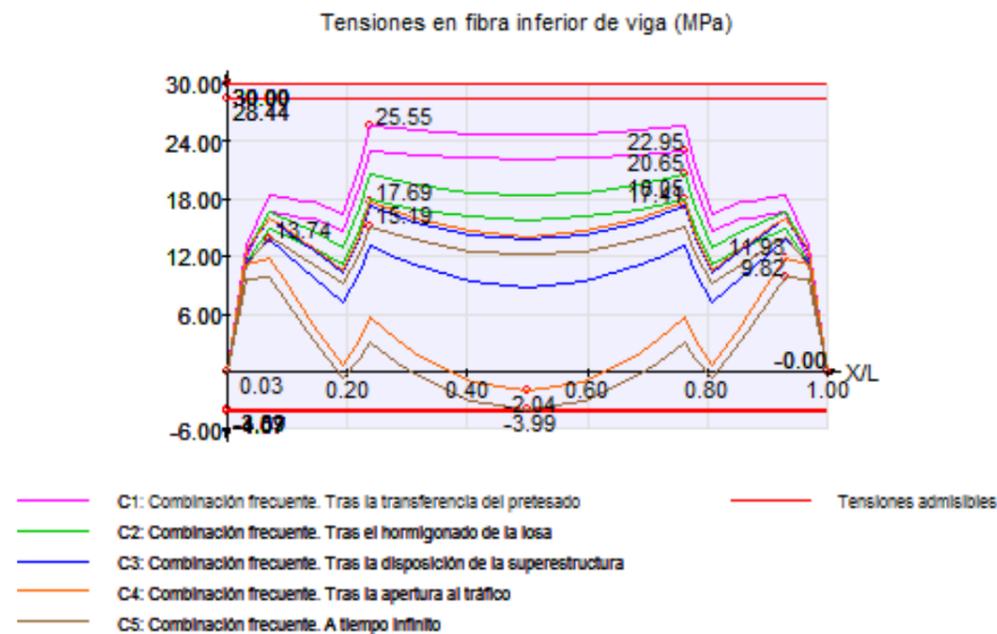


Ilustración 28. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de viga. Intereje 1,5 m



Ilustración 29. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de viga. Intereje 1,5 m



Ilustración 30. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de losa. Intereje 1,5 m

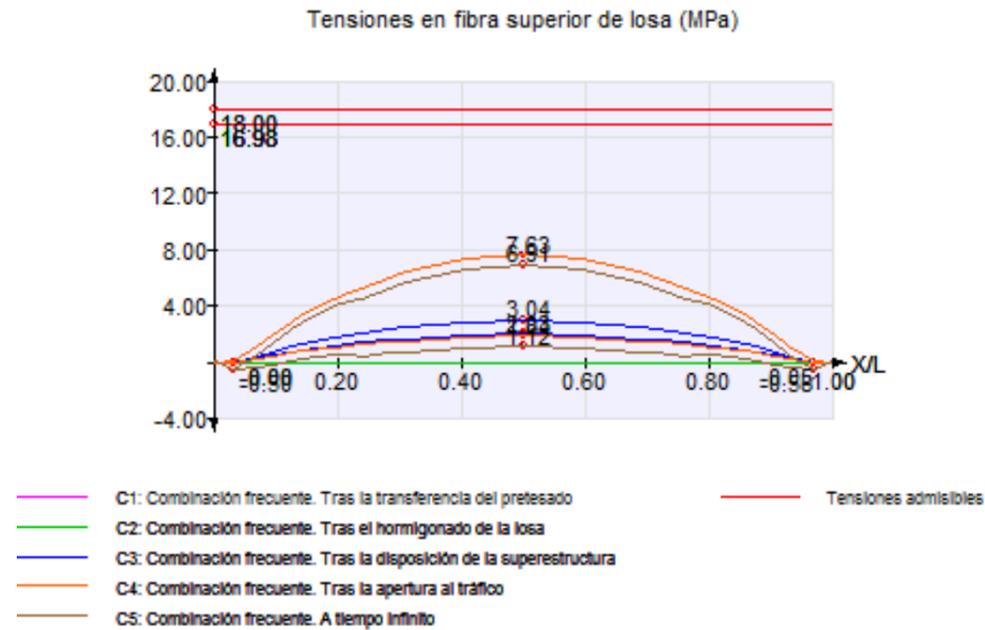


Ilustración 31. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de losa. Intereje 1,5 m

Definición del tablero. Luz 24 m, Canto: 1 m, Intereje 1 m (vigas contiguas)

Para la definición del tablero se genera un modelo de cálculo que representa una zona de cubrimiento de unos 40 m de longitud.

En la siguiente tabla se señalan las principales características del tablero en cuestión:

Tabla 14. Cubrimiento del Huerva. Características del tablero. Intereje 1,0 m

Longitud de Vigas	Luz de Cálculo	Tipo de Viga	Número de Vigas
25 m	24 m	Doble T 100	40 (i=1.0 m.)

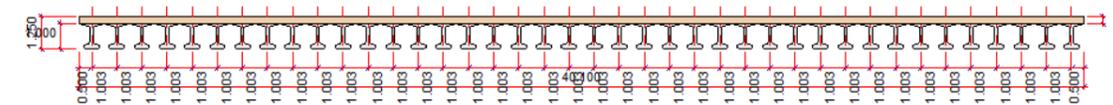
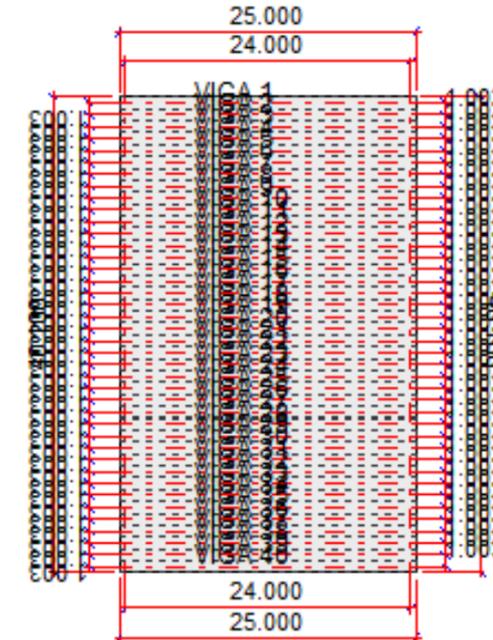


Ilustración 32. Cubrimiento del Huerva. Disposición geométrica de vigas. Intereje 1,0 m

De acuerdo con el catálogo de un fabricante concreto (ALVISA), la sección de viga con la que se calcula (mediante el software CivilCAD) es la siguiente:

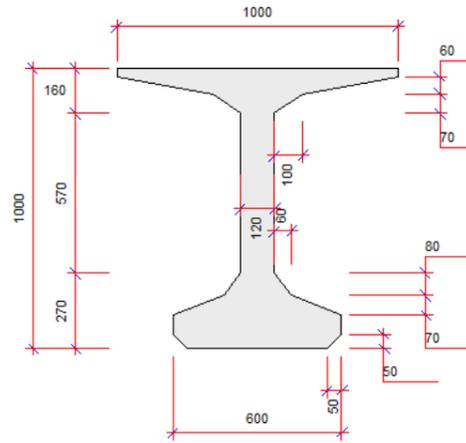


Ilustración 33. Viga prefabricada DT-ALV-100-100. Cotas en cm

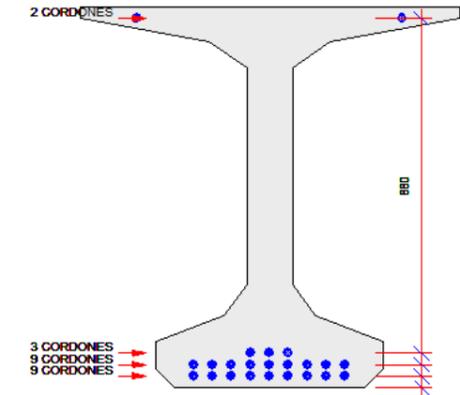


Ilustración 34. Cordones Pretensado. Cotas en cm

En la siguiente tabla se muestran las familias de cables de 0.6" dispuestas (tesadas a 1390 MPa):

Tabla 15. Cubrimiento del Huerva. Familias de cables de tesado. Intereje 1,0 m

Acero activo				
	Número de cables	Dist, Fibra inferior (cm)	Área/cable (cm ²)	Long, Entubado (m)
Familia 1	9	3	1,44	0,00
Familia 2	9	6	1,44	4,00
Familia 3	3	9	1,44	4,00
Familia 3	2	77	1,44	0,00

Encaje Pretensado

A continuación, aparece una relación de la envolvente global de tensiones en el tiempo en una de las vigas. Para el dimensionamiento se ha utilizado la combinación frecuente en servicio.

Para encajar esta solución, es preciso que el proceso de tesado se realice cuando el hormigón haya alcanzado prácticamente la resistencia mínima a compresión prescrita a los 28 días (se mantiene la edad de transferencia en 20 días como en el proyecto de la Línea 1). Por tanto, las tensiones en todas las fases quedarán limitadas a:

$$\text{Resistencia a compresión en tesado: } f_{ck,0} = 50 \text{ MPa}$$

$$\text{Compresión en viga: } 0,60 f_{ck,0} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Tracción en viga: } 0,30 f_{ck,0}^{2/3} = 4.1 \text{ MPa}$$

$$\text{Compresión en losa: } 0,60 f_{ck,28d} = 18 \text{ MPa}$$

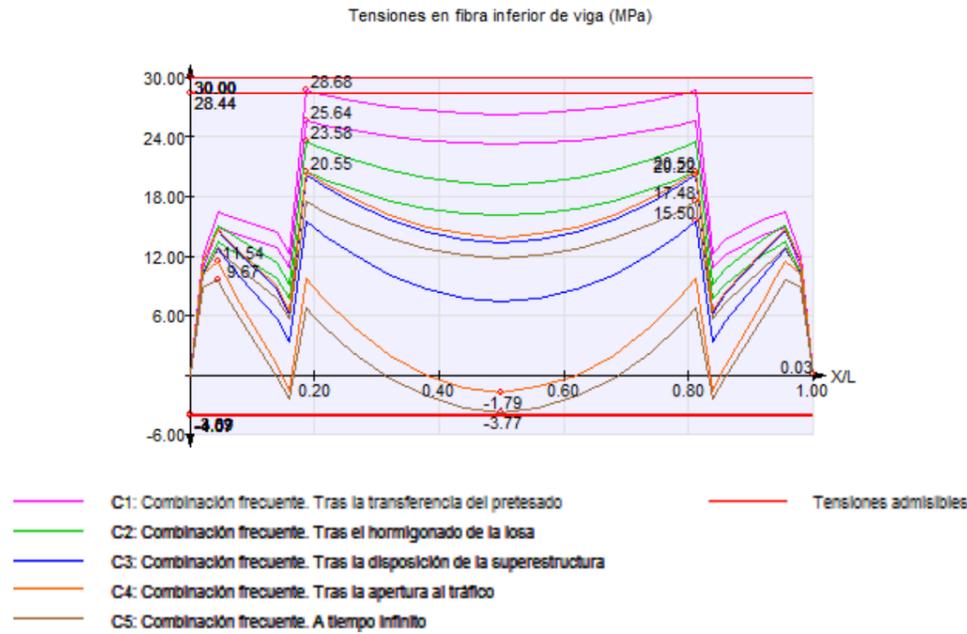


Ilustración 35. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de viga. Intereje 1,0 m



Ilustración 36. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de viga. Intereje 1,0 m

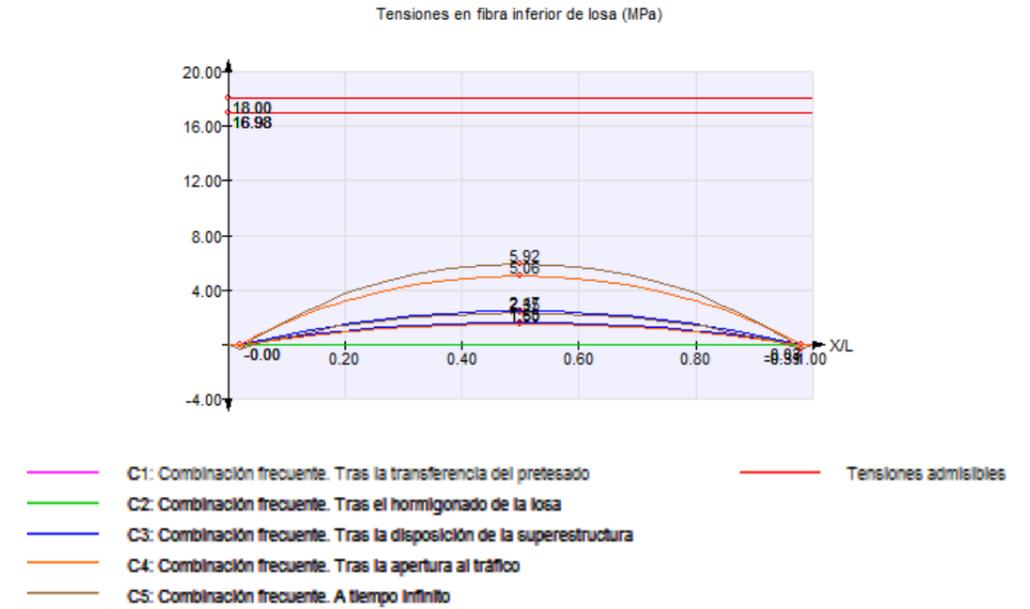


Ilustración 37. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra inferior de losa. Intereje 1,0 m

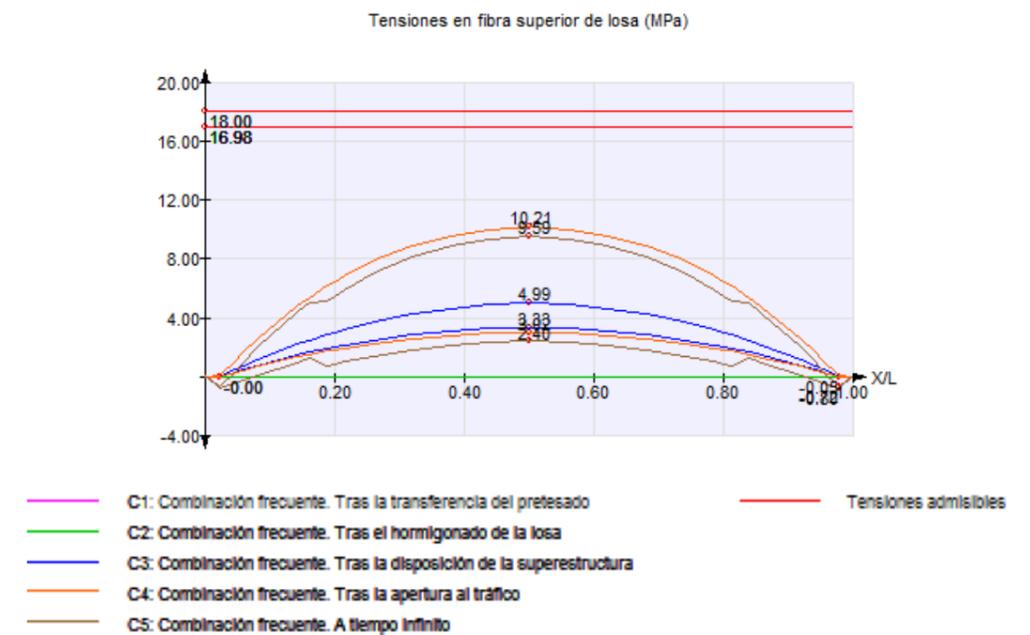


Ilustración 38. Cubrimiento del Huerva. Tensiones en fibra superior de losa. Intereje 1,0 m

4. ESTUDIO DEL CRUCE SOBRE EL RÍO HUERVA EN C/MIGUEL SERVET

4.1. INTRODUCCIÓN

El presente apartado tiene por objeto describir la solución estructural respecto al cruce del trazado de la Línea este-oeste del tranvía Este-Oeste sobre el río Huerva en la calle Miguel Servet.

4.2. DESCRIPCIÓN

El paso actual se resuelve con un puente sobre el río Huerva que permite el tráfico rodado en ambos sentidos, así como el de peatones. El puente es recto y consta de un vano único con un ensanche a cada lado.

Se trata de una bóveda de unos 14 m de luz, 10 m de anchura y de fábrica de ladrillo con boquillas de fábrica de sillería. El arco es muy rebajado (relación flecha/luz de 1/7) y tiene un canto de 1 m, en el orden de magnitud de las reglas de proyecto de Croizette-Desnoyers. Los tímpanos son macizos de fábrica de sillería.

A cada lado de la obra original existe un ensanche. Se trata de un tablero de directriz recta, compuesto por 9 vigas prefabricadas de hormigón pretensado con losa de compresión de hormigón armado, de 16.15 m de luz, 8 m de anchura y 0.80 m de canto.



Ilustración 39. Vista inferior del puente sobre el río Huerva. Arco y ampliación de vigas prefabricadas

Ambos estribos están constituidos por un muro frontal de fábrica de sillería. Se desconoce su cimentación, ya que no es observable y no se han localizado planos de proyecto u otro tipo de documentación que pudiera aportar este dato. Ambos estribos tienen una anchura de 10 m y una altura de 2.35 m. Los ensanches de los estribos se materializan con muros frontales de hormigón armado de 8 m de anchura y 4.8 m de altura. Tampoco se conoce su cimentación. Lateralmente las tierras se contienen mediante muros de hormigón armado perpendiculares a los muros frontales y de 6 m de longitud aproximada.



Ilustración 40. Vista inferior del puente sobre el río Huerva. Estribo

4.3. ESTADO ACTUAL

En la Inspección realizada por INES Ingenieros Consultores se identificaron las siguientes patologías y/o desperfectos:

- Eflorescencias principalmente en la zona de la bóveda
- Grietas en algunas de las vigas a la altura de la junta de calzada longitudinal
- Pátinas y manchas de óxido causadas por un comportamiento inadecuado de los sistemas de drenaje de la calzada y/o de las juntas

- Suciedad por restos metálicos abandonados tras la ejecución de los ensanches
- Asentamiento diferencial de uno de los estribos recrecidos
- Erosión de la cimentación de uno de los estribos por la acción del agua debido a la falta de protección
- Fisuras y grietas de pequeña entidad en los estribos
- Desconches y pérdida de recubrimiento del hormigón en algunas armaduras
- Deterioros en las juntas de la calzada

La conclusión principal del estudio es que la estructura existente presenta un grado de deterioro leve que no supone un riesgo inmediato para su integridad y funcionamiento estructural.

4.4. DEFINICIÓN DE LA ACTUACIÓN EN EL CRUCE SOBRE EL RÍO HUERVA EN C/MIGUEL SERVET

Teniendo en cuenta la trama urbana, el trazado propuesto para la Línea de Tranvía Este-Oeste contempla el cruce del río Huerva por el mismo punto que en la actualidad. En este caso, se pueden considerar varias alternativas al respecto para esta actuación:

- La no intervención, dejando la estructura en su estado actual, por la que circula tráfico rodado en la actualidad
- El refuerzo y reparación de la estructura existente
- La demolición completa de la estructura existente y su sustitución por una de nueva ejecución
- La demolición parcial de la estructura existente, conservando algunas partes de la misma, e incorporando elementos de nueva ejecución.

En este sentido, las dos primeras alternativas parecen desaconsejables por varios motivos: por un lado, pese a que la integridad estructural no parece comprometida en el escenario actual, de acuerdo con las inspecciones realizadas y sus conclusiones, no existe ninguna garantía de la misma frente a las nuevas solicitaciones (nuevas cargas muertas, sobrecargas de uso...), y parece tener sentido aprovechar la actuación para adecuar esta zona de paso sobre el río Huerva a las normas vigentes; por otro lado, la plataforma del tranvía se solaparía en planta con las juntas longitudinales de la calzada actuales, lo que parece altamente inadecuado por diferencia de rigideces en la estructura que asentaría la plataforma tranviaria.

En el segundo grupo de alternativas, resultaría más interesante la segunda de ellas, dado que nos encontramos ante un puente que pertenece al patrimonio de la ciudad. Este es el enfoque consensuado con el Cliente en esta Fase de Anteproyecto.

Así, la solución estructural más sencilla podría pasar por la retirada de los ensanches laterales de vigas prefabricadas, la demolición parcial del estribo, el rebaje del relleno del arco y la implementación de un “puenteo” con un tablero de nueva ejecución, intentando conservar si fuera posible la bóveda antigua (aunque parece improbable) y los estribos actuales (que a su vez seguirían conteniendo las tierras).

Se trataría de un tablero con vigas prefabricadas, con el canto lo más ajustado posible para evitar problemas con la rasante, apoyado sobre cargaderos pilotados y retranqueados con respecto de los estribos actuales.

4.5. NUEVO TABLERO EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO HUERVA EN C/MIGUEL SERVET

Se plantea un tablero con losa de hormigón armado HA-30 de canto 25 cm y vigas contiguas doble T de hormigón pretensado HP-50 con 100 cm de canto.

El nuevo tablero se colocará por encima de la bóveda existente y se apoyará sobre unos cargaderos pilotados y retranqueados respecto de la subestructura actual. Nótese que, en esta Fase de Anteproyecto, se ha propuesto un retranqueo conservador de unos 2 m, pudiéndose ajustar el mismo en fases más avanzadas, y consecuentemente la posterior optimización del canto de las vigas debido a la reducción de la luz (un punto interesante para evitar la interacción con la bóveda si fuera posible).

En este caso, los materiales y bases de cálculo son idénticos a los reflejados en los apartados anteriores. Por lo tanto, como se maneja una luz similar e intereje idéntico al caso del “puenteo” de la bóveda en la zona de Plaza Paraíso, el canto de las vigas queda igualmente justificado.

Finalmente, cabe destacar que, en esta Fase de Anteproyecto, se deja una provisión presupuestaria para esta actuación, a la espera de la resolución de Patrimonio respecto de la conservación del arco original y, a su vez, dejando abierta la posibilidad de implementar una solución más “estética”(y más costosa) a petición del Cliente en fases más avanzadas de proyecto.

5. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE ACTUACIÓN

A continuación, se muestra la valoración económica de las soluciones adoptadas. A tal efecto, se ha realizado un estudio de costes por m² de estructura tanto para la opción de retirada de tablero existente e implementación de uno de nueva ejecución como para el caso de la solución de “puenteo” con cargaderos pilotados.

De acuerdo con el desglose realizado, la ratio de coste en euros/m² de tablero para ambas alternativas podría estimarse en:

Tabla 16. Estimación de coste de tablero

Actuación	Coste unitario €/m ²
Retirada cubrimiento existente y sustitución tablero nueva ejecución	855 €/m ²
“Punteo” de bóvedas existentes y posible solución nuevo puente en c/Miguel Servet	875 €/m ²

Cabe destacar que se ha añadido un 10% adicional por posibles partidas de menor entidad no consideradas (por ejemplo, pequeñas excavaciones, limpiezas...).

Asimismo, el coste de retirada y/o demolición de los tableros existentes puede llegar a ser muy variable dependiendo de la propia complejidad de la operación y los medios auxiliares (grúas, corte con sierra de diamante...) que sean necesarios al respecto para su ejecución. En este caso, para esta Fase de Anteproyecto, su coste aproximado se ha estimado en base a experiencias de proyectos anteriores llevados a cabo por el Consultor.

Recordar de nuevo, en este punto, que en presupuesto se tienen en consideración dos provisiones económicas: una de ellas, para una posible ampliación de pequeña entidad en el Puente de Los Sitios, y la ya mencionada con anterioridad respecto del Puente en C/Miguel Servet.

Tabla 17. Estimación de coste de retirada de tablero y nueva construcción

CASO RETIRADA + NUEVO TABLERO		
TOTAL ACTUACIÓN (10% ALZA)		854.17 €
Retirada tablero existente		235.00 €
m2 de retirada de tablero		225.00 €
Superestructura		417.90 €
m de Viga prefabricada doble T de canto 0.80 m		330.00 €
Intereje	1.5 m	
m2 de Viga prefabricada doble T de canto 0.80 m en tablero		220.00 €
m3 de HA-30 en losa		110.00 €
Canto losa	0.25 m	
m2 de Losa HA-30 en tablero		27.50 €
m2 de Prelosa		48.00 €
Repercusión por m2 tablero	60.00%	
m2 de Prelosa en tablero		28.80 €
kg de Acero pasivo B5005		0.94 €
Canto losa	0.25 m	
Cuántía losa	120 kgs/m3	
kgs acero	30 kgs/m2	
m2 de Acero en tablero		28.20 €
m2 de Encofrado losa		26.30 €
Área paño	560 m2	
Encofrado paño	27 m2	
Encofrado por m2	0.048	
m2 de Encofrado losa en tablero		1.27 €
m2 de Impermeabilización en tablero		14.50 €

m2 de Junta			270.85 €
Luz tablero	15	m	
Junta por m2 tablero	0.133		
m2 de Junta en tablero			36.11 €

dm3 de Neopreno			27.70 €
Neoprenos	9.8	dm3	
Luz tablero	15	m	
Neoprenos por m2 tablero	0.65333333		
m2 de Neopreno en tablero			18.10 €

m3 de HA-30 en losa de transición			110.00 €
Canto losa	0.3	m	
Longitud losa	5	m	
Luz tablero	15	m	
Losa por m2 de tablero	0.2		
m2 de Losa transición HA-30 en tablero			22.00 €

kg de Acero pasivo B5005 en losa transición			0.94 €
Canto losa	0.2	m	
Cuántía losa	90	kgs/m3	
kgs acero	18	kgs/m2	
m2 de Acero en tablero			16.92 €

m2 de Encofrado losa transición			26.30 €
Área paño	15	m2	
Encofrado paño	0.6	m2	
Encofrado por m2	0.040		
m2 de Encofrado losa en tablero			1.05 €

m3 de HL en losa de transición			51.75 €
Canto losa	0.1	m	
Longitud losa	5	m	
Luz tablero	15	m	
Losa por m2 de tablero	0.0667		
m2 de Losa transición HL en tablero			3.45 €

Subestructura 123.62 €

m3 de HA-30 en cargadero			110.00 €
Sección cargadero	3.6	m3/m	
Luz vigas	15	m	
Cargadero por m2 de tablero	0.4800		
m2 de HA-30 en cargadero en tablero			52.80 €

kg de Acero pasivo B5005			0.94 €
Cargadero por m2 de tablero	0.4800	m	
Cuántía cargadero	80	kgs/m3	
kgs acero	38.4	kgs/m2	
m2 de Acero en tablero			36.10 €

m2 de Encofrado cargadero			26.30 €
Sección cargadero	5.4	m2	
Luz vigas	15	m2	
Cargadero por m2 de tablero	0.720		
m2 de Encofrado losa en tablero			18.94 €

m3 demolición estribo existente			29.60 €
Sección estribo	4	m3/m	
Luz vigas	15	m	
Cargadero por m2 de tablero	0.5333		
m2 de demolición estribo en tablero			15.79 €

Tabla 18. Estimación de coste de aprovechamiento de estructura

CASO "PUENTE0"		
TOTALACTUACIÓN (10% ALZA)		871.59 €
Superestructura		483.10 €
m de Viga prefabricada doble T de canto 1 m 340.00 €		
Intereje	1	m
m2 de Viga prefabricada doble T de canto 0.80 m en tablero 340.00 €		
m3 de HA-30 en losa 110.00 €		
Canto losa	0.25	m
m2 de Losa HA-30 en tablero 27.50 €		
m2 de Prelosa 48.00 €		
Repercusión por m2 tablero	0.00%	
m2 de Prelosa en tablero 0.00 €		
kg de Acero pasivo B500S 0.94 €		
Canto losa	0.25	m
Cuantía losa	120	kgs/m3
kgs acero	30	kgs/m2
m2 de Acero en tablero 28.20 €		
m2 de Encofrado losa 26.30 €		
Área paño	960	m2
Encofrado paño	32	m2
Encofrado por m2	0.033	
m2 de Encofrado losa en tablero 0.88 €		
m2 de Impermeabilización en tablero 14.50 €		

m2 de Junta 270.85 €	
Luz tablero	24 m
Junta por m2 tablero	0.083
m2 de Junta en tablero 22.57 €	

dm3 de Neopreno 27.70 €	
Neoprenos	20.25 dm3
Luz tablero	24 m
Neoprenos por m2 tablero	0.84375
m2 de Neopreno en tablero 23.37 €	

m3 de HA-30 en losa de transición 110.00 €	
Canto losa	0.3 m
Longitud losa	5 m
Luz tablero	25 m
Losa por m2 de tablero	0.12
m2 de Losa transición HA-30 en tablero 13.20 €	

kg de Acero pasivo B500S en losa transición 0.94 €	
Canto losa	0.12 m
Cuantía losa	90 kgs/m3
kgs acero	10.8 kgs/m2
m2 de Acero en tablero 10.15 €	

m2 de Encofrado losa transición 26.30 €	
Área paño	24 m2
Encofrado paño	0.6 m2
Encofrado por m2	0.025
m2 de Encofrado losa en tablero 0.66 €	



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union

m3 de HL en losa de transición			51.75 €
Canto losa	0.1	m	
Longitud losa	5	m	
Luz tablero	25	m	
Losa por m2 de tablero	0.0400		
m2 de Losa transición HL en tablero			2.07 €

m pilote 1 m diámetro			500.00 €
Profundidad pilote	20	m	
Intereje pilote	3	m	
Luz vigas	24	m	
Cargadero por m2 de tablero	0.5556		
m2 de pilote 1 m en tablero			277.78 €

Subestructura 309.26 €

m3 de HA-30 en cargadero			110.00 €
Sección cargadero	1.5	m3/m	
Luz vigas	24	m	
Cargadero por m2 de tablero	0.1250		
m2 de HA-30 en cargadero en tablero			13.75 €

kg de Acero pasivo B500S			0.94 €
Cargadero por m2 de tablero	0.1250	m	
Cuántía cargadero	80	kgs/m3	
kgs acero	10	kgs/m2	
m2 de Acero en tablero			9.40 €

m2 de Encofrado cargadero			26.30 €
Sección cargadero	3.8	m2	
Luz vigas	24	m2	
Cargadero por m2 de tablero	0.317		
m2 de Encofrado losa en tablero			8.33 €

m3 demolición estribo existente			29.60 €
Sección estribo	0	m3/m	
Luz vigas	24	m	
Cargadero por m2 de tablero	0.0000		
m2 de demolición estribo en tablero			0.00 €



6. OTRAS ESTRUCTURAS

Además de las estructuras descritas anteriormente, existen otras estructuras como el cubrimiento ferroviario del Portillo o el túnel carretero de Escrivá de Balaguer que, si bien no se prevé afección, dado que la traza circulará sobre las mismas, serán comprobadas en la fase de redacción del Proyecto Constructivo de Referencia. Igualmente, las pequeñas estructuras tales como arquetas, centros de transformación, pozos, etc., se desarrollarán en dicha fase.