



DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y ANEJOS  
MEMORIA

## Contenido

1	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS Y OBJETO DEL PROYECTO .....	4
2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	5
3	RESUMEN HISTÓRICO DE ESTUDIOS E INTERVENCIONES .....	10
4	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS DETECTADOS .....	14
4.1	ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	14
4.1.1	ESTRIBOS.....	14
4.1.2	PILA.....	16
4.1.3	CELOSÍA CENTRAL.....	17
4.1.4	CELOSÍAS LATERALES.....	19
4.1.5	ARRIOSTRAMIENTOS .....	22
4.1.6	LOSA ORTÓTropa .....	27
4.2	ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO.....	28
5	AUSCULTACIÓN DE LA ESTRUCTURA PREEXISTENTE .....	30
6	SOLUCIONES ADOPTADAS.....	31
7	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	33
8	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.....	33
9	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	35
9.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA - PROCESO CONSTRUCTIVO .....	35
9.1.1	ACTUACIONES PREVIAS .....	36
9.1.2	FASE 1. TRABAJOS DE REPARACIÓN EN CELOSÍAS LATERALES Y MARCOS TRANSVERSALES.....	37
9.1.3	FASE 2. SUSTITUCIÓN DE MAMPAROS EN PILA .....	38
9.1.4	FASE 3. SUSTITUCIÓN DE MAMPAROS EN ESTRIBO 2.....	38
9.1.5	FASE 4. SUSTITUCIÓN DE ALA INFERIOR DEL CORDÓN INFERIOR DE LAS CELOSÍAS LATERALES.....	38
9.1.6	FASE 5. SUSTITUCIÓN DE ARRIOSTRAMIENTOS INFERIORES .....	39
9.1.7	FASE 6. REPARACIONES DE ESTRIBO 1 .....	39
9.1.8	FASE 7. SUSTITUCIÓN DE ARRIOSTRAMIENTO TRANSVERSAL .....	39
9.1.9	FASE 8. REPARACIÓN DE LA CELOSÍA CENTRAL .....	39
9.1.10	FASE 9. ACONDICIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA FERROVIARIA .....	39
9.1.11	FASE 10. OTRAS ACTUACIONES.....	40
9.1.12	LIMPIEZA Y TERMINACIÓN DE LAS OBRAS.....	41
9.2	DURABILIDAD DE MATERIALES .....	41
9.3	EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES .....	42
9.4	PLAN DE OBRA .....	42
9.5	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	43
9.6	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	43

9.7	COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS Y SERVICIOS AFECTADOS .....	43
9.8	RENOVACIÓN DE VÍA E INSTALACIONES FERROVIARIAS .....	43
9.9	NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DEL P.A.C. Y VALORACIÓN DE ENSAYOS .....	44
9.10	GESTIÓN DE RESIDUOS .....	44
9.11	PLAN DE MANTENIMIENTO .....	44
9.12	INTEGRACIÓN AMBIENTAL .....	44
9.13	PRESUPUESTOS.....	45
10	CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE.....	47
11	DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE COSTAS.....	47
12	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO .....	47
13	RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	48

## 1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS Y OBJETO DEL PROYECTO

El puente sobre el río Urola fue ejecutado en el año 1900, formando parte del tramo Deba-Zarautz, que fue inaugurado el 1 de enero de 1901.

En el año 1989 se acometió una obra de refuerzo del puente original, ejecutado en 1900, que consistió en la disposición de una celosía central para descargar a las dos celosías originales, que presentaban entonces y ahora deformaciones importantes.

Posteriormente, en 2003, se procedió con el repintado general del puente y se sustituyó la mayor parte de los perfiles de los arriostramientos de la estructura, empleando tanto uniones atornilladas como soldadas en los diferentes elementos.

La UTE INFHEIN, compuesta por INJELAN, FHECOR e INTEMAC, desarrolló en 2011 y 2012 los trabajos del contrato de "SERVICIO PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE REFORMA Y REFUERZO DE PUENTES Y VIADUCTOS DE LA RED DE EUSKAL TRENBIDE SAREA EN GIPUZKOA". El alcance del contrato incluía la realización de trabajos de inventario, inspecciones principales, inspecciones especiales y redacción de proyectos de reparación.

El puente sobre el río Urola formaba parte de los puentes a inspeccionar, inventariado con el código BI-DO-079/036-U. En otoño de 2011 se realizó una inspección especial del mismo, junto con una inspección subacuática de la pila, que desembocó en mayo de 2012 en la redacción de un proyecto de reparación de la estructura.

Posteriormente, en febrero de 2020, ETS redactó el Informe de Revisión del Proyecto citado, para determinar si el proyecto estaba en condiciones de ser licitado o si requería de una actualización teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde la redacción del proyecto, concluyendo que era necesario acometer una revisión del proyecto para tener en cuenta los cambios normativos y las posibles modificaciones en los precios de mercado de las actuaciones de reparación.

Por tanto, como punto de partida para la actualización del proyecto, ETS adjudicó a FHECOR, con la colaboración de INJELAN, la realización de una inspección especial y la redacción de un informe de evaluación y propuesta de reparación, en el que se puso de manifiesto el estado de conservación actual de la estructura, se enunciaron las actuaciones de reparación necesarias y se realizó una estimación de la actualización del presupuesto de ejecución de las obras. Dicho informe fue entregado en noviembre de 2020.

Tras esto, en febrero de 2021, ETS licitó los trabajos de "SERVICIO PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO UROLA EN ZUMAIA, EN EL PK 79+036 DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA", siendo la adjudicataria de los trabajos la UTE formada por FHECOR e INJELAN, con fecha de adjudicación 22 de abril de 2021, y habiéndose firmado el acta de inicio de los trabajos el 18 de mayo de 2021. Los trabajos a realizar comprenden dos fases diferenciadas: por un lado, los trabajos previos, que incluye la inspección especial de la estructura y la redacción de un estudio de alternativas que determine cuál es la opción de reparación más adecuada y, por otro lado, el desarrollo en detalle de la alternativa seleccionada en un proyecto de reparación y refuerzo.

De esta manera, como paso previo a la redacción del estudio de alternativas, el pasado 1 de junio se realizó la inspección subacuática de la pila, que vino a completar la inspección especial del viaducto realizada en julio de 2020. Con fecha 11 de junio de 2021 la UTE FHECOR-INJELAN remitió a ETS el informe de inspección especial en el que se presentaba un resumen de los trabajos de inspección realizados en el último año, incluyendo una descripción e interpretación de los daños encontrados durante las inspecciones, así como las conclusiones más relevantes extraídas.

Tomando como base los estudios e inspecciones descritos anteriormente, se redactó en julio de 2021 un estudio de alternativas en el que se desarrollaba un análisis de las tres alternativas de reparación y refuerzo que se consideraban más adecuadas, realizando un análisis estructural de cada una de las alternativas y un estudio de los procedimientos constructivos asociados a cada una de ellas. Estos análisis, junto con el estudio de otras variables intervinientes en la toma de decisiones, permitió desarrollar un análisis multicriterio que finalmente conduce a la selección de la alternativa más adecuada, que es la que se desarrolla en el presente proyecto.

De esta manera, tomando como base de partida las premisas anteriores, se redacta el presente proyecto de reparación y refuerzo para el acondicionamiento de la estructura.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura objeto del presente proyecto se encuentra en el PK 079/036 de la línea Bilbao-Donostia, en el municipio de Zumaia, y salva el río Urola en su tramo final.

A continuación se muestra la localización de la estructura:

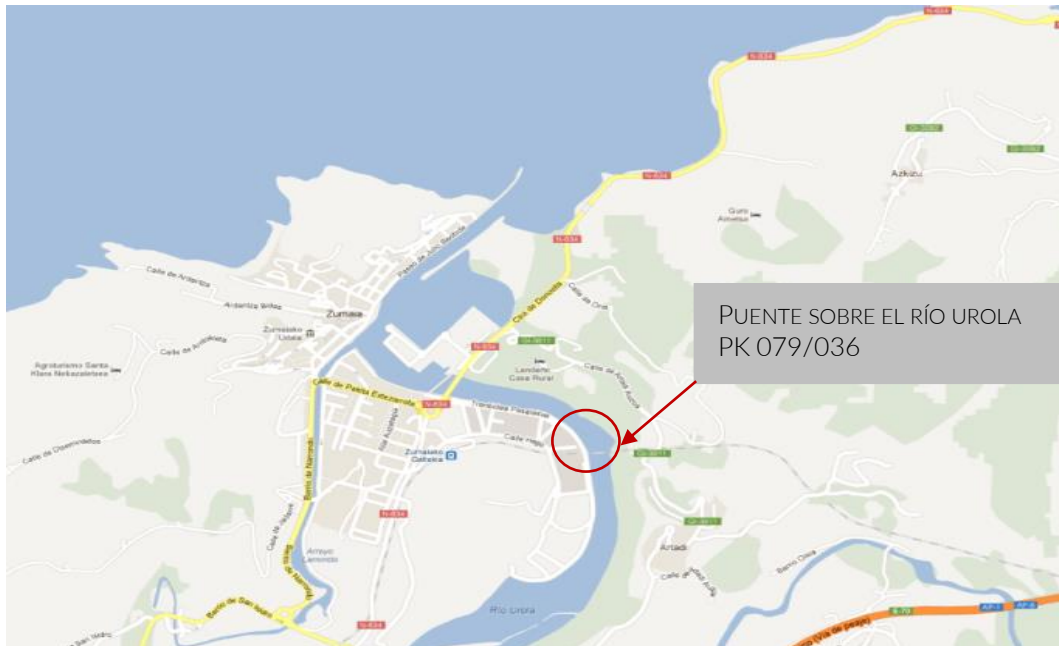


Figura 1. Ubicación del puente sobre el río Urola.



Figura 2. Alzado derecho desde margen izquierda.

La estructura es recta en planta, sin pendiente en alzado, con una sección transversal de 4,00 m de ancho en el paramento inferior. En el paramento superior la sección transversal se encuentra cerrada por una chapa superior nervada hasta alcanzar una anchura total de 5,88 m, con dos hilos para la circulación ferroviaria (vía única) y paseos laterales en ambos lados de la plataforma.

El material de vía es convencional, con traviesas de hormigón y banqueta de balasto dispuesta directamente sobre la chapa del tablero, con un murete guardabalasto metálico.

La obra de paso está formada por dos vanos hiperestáticos idénticos, con una longitud total de 102,00 m, medida entre ejes de apoyo de estribos, es decir con dos vanos de 51,00 m de luz cada uno.

El tablero está formado por dos vigas principales continuas en celosía tipo Town con su característica alma cerrada en celosía múltiple, que posteriormente fueron reforzadas en una intervención posterior de la estructura principal original mediante una celosía central de tipo Warren constituida por perfiles metálicos formando una serie de triángulos isósceles, de manera que todas las diagonales tienen la misma longitud.

En las imágenes siguientes se muestran los alzados de la estructura, tanto el alzado lateral como el central por el eje de la estructura:

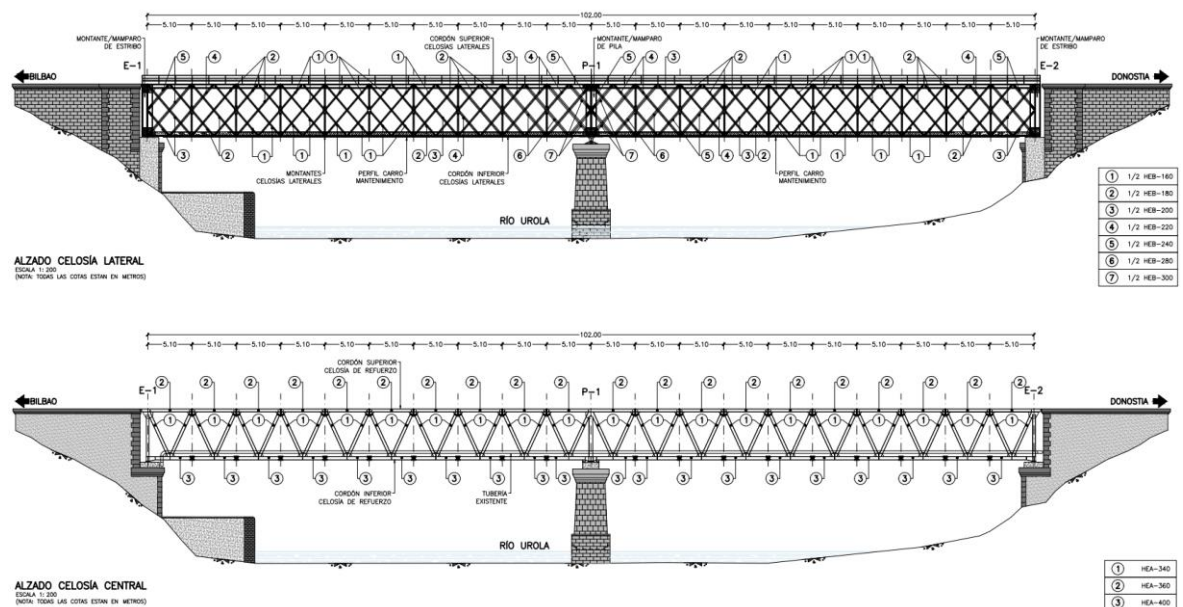


Figura 3. Alzado lateral y central del puente sobre el río Urola

Las cerchas principales presentan un canto máximo de 5,985 m aproximadamente, es decir con una relación canto/luz de 1/8,5. Los cordones superior e inferior están reforzados tanto en centro de vano como sobre la pila.





Figura 4. Vista en escorzo desde lado izquierdo del estribo 1.

El tablero está constituido por un emparillado de viguetas y largueros, resueltos como vigas armadas formadas por un alma llena y dos angulares formando cada una de las alas. La separación de las viguetas transversales es de 5,10 m, ya que coinciden con la posición de los montantes de las vigas principales.

Los cordones inferiores están conectados mediante arriostramientos en cruz de San Andrés. También hay arriostramientos en los recuadros situados bajo las viguetas transversales, con la misma tipología de cruces de San Andrés, en todos los módulos.

La pila y los estribos son de sillería caliza. La pila tiene 3,80 m de canto, con una anchura de 9,40 m totales, y que vuela 1,70 m por cada lado del tablero. La altura de la pila que queda libre de la carrera de marea es de 7,50 m aproximadamente. La altura total es de unos 12,50 m, teniendo en cuenta la parte sumergida permanente o temporalmente.



Figura 5. Alzado de pila 1 desde estribo 1.

Los estribos tienen una altura de unos 4,50 m desde su cimentación hasta la meseta de apoyo del tablero y una anchura del estribo de fábrica original de 6,20 m. Están rematados por muros en vuelta de la misma fábrica que el cuerpo central. Estos muros en vuelta tienen un tramo previo de 4,64 m en el caso del estribo 1 y de 4,84 m en el caso del estribo 2, y un tramo posterior de 9,97 m, separados por un retranqueo hacia el interior. Los estribos presentan unos recrecidos de hormigón ejecutados durante la última intervención, con lo que la anchura total actual es de 7,80 m.



Figura 6. Alzado de estribo 1.

Como se ha comentado, existen durmientes de hormigón, contruidos en la reparación de 1989, con el objetivo de repartir las reacciones de los apoyos de la celosía central en toda la anchura de la pila y los estribos.



Figura 7. Cargadero de hormigón de pila 1 desde vano 2.

Los aparatos de apoyo de las vigas principales laterales situados sobre la pila son fijos, de rótula metálica. Los situados sobre los estribos de las cerchas principales laterales y todos los de la viga principal central son apoyos elastoméricos.





Figura 8. Aparato de apoyo izquierda de pila 1.

La vía está electrificada. El puente soporta un poste de catenaria, con dos postes adicionales en los accesos a la estructura, sobre los muros en vuelta de los estribos. La plataforma ferroviaria está formada por la banqueta de balasto dispuesta sobre la chapa superior del tablero, traviesas de hormigón y carril convencional de ancho métrico.



Figura 9. Vista de la plataforma en sentido PK decreciente desde el estribo 2.

### 3 RESUMEN HISTÓRICO DE ESTUDIOS E INTERVENCIONES

La estructura sobre el río Urola constituye una magnífica obra de ingeniería de finales del s XIX.

El 22 de junio de 1898 el contratista Pedro Gandaga resultó adjudicatario, por 1.588.112,37 pesetas, de las obras de construcción del ferrocarril de Deva a Zumaia, comprometiéndose a terminarlas en dos meses.

El tramo entre Zumaia y Zarautz se adjudicó por 667.480 pesetas a José Ignacio Ostolaza, contratando el 3 de febrero de 1899 a Talleres Miravalles todos los tramos metálicos de la línea, entre los cuales se puede destacar, por ser el más importante, el del río Urola en Zumaia, de 102 m de longitud, con una pila central de fábrica de sillería cuya ejecución fue encomendada al contratista Amadeo Amador. El 3 de abril de 1899 se contrataron los carriles con “La Vizcaya” y las traviesas con José Uribasterra.

La inauguración de los distintos tramos tuvo lugar en las siguientes fechas:

- Elgoibar a Deva                      3 de agosto de 1893
- Deva a Zarautz                      1 de enero de 1901
- Zarautz a San Sebastián 9 de abril de 1895

Con la inauguración del tramo Deva – Zarautz se consiguió dar servicio entre Elgoibar y San Sebastián y, por tanto, dar conexión directa entre Bilbao y San Sebastián.

#### INTERVENCIÓN DE 1989

Transcurrido casi un siglo desde su puesta en servicio, en 1989 la estructura original fue objeto de una intervención definida en un proyecto de reparación redactado por el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Rafael Martínez Lasheras, de Tetrametal S.A.

La intervención más importante incluida en este proyecto consistía en la ejecución de una nueva celosía central, cuyo objetivo era descargar las cerchas laterales, que presentaban ya entonces un deterioro muy importante. Esta nueva celosía se complementaba con la ejecución de una nueva plataforma, formada por una serie de largueros unidos a una chapa superior, materializando así una chapa ortótropa que sirve de plataforma y de paseo de servicio.



Figura 10. Vista de la celosía central ejecutada según el proyecto de reparación de 1989.



Dentro de este proyecto cabe destacar también la sustitución en los estribos de los aparatos de apoyo metálicos móviles de las celosías originales por unos neoprenos. Los apoyos metálicos fijos de la pila se mantuvieron. La nueva celosía se proyectó también apoyada sobre neoprenos, tanto en los estribos como en la pila, sobre unos durmientes de hormigón armado.



Figura 11. Durmiente de hormigón para el apoyo de la celosía central sobre el estribo 2.

Junto a la ejecución de la celosía central, el proyecto de 1989 incluía las siguientes actuaciones de reparación y saneo de los elementos originales:

#### CELOSÍAS PRINCIPALES

- Reparación de las perforaciones existentes en las diagonales de las celosías, mediante la colocación de cubrejuntas a cada lado de la zona perforada, conectadas con tornillos de alta resistencia, y sellado de las juntas con resina epoxi.
- Saneo de zonas corroídas, pero que no requerían de refuerzo.
- Reparación de la cabeza superior de las celosías.

#### TABLERO

- Reparación de perforaciones de alas y almas de viguetas transversales superiores, empleando también cubrejuntas y tornillos.
- Reparación de perforaciones de alas de largueros, empleando también cubrejuntas y tornillos.
- Retirada de perfiles UPN sobre largueros.

#### ARRIOSTRAMIENTOS

- Sustitución de cartelas corroídas de arriostramientos inferior y transversal.
- Sustitución de diagonales de arriostramientos inferior y transversal con mayor corrosión.
- Reparación de diagonales de arriostramientos inferior y transversal con menor corrosión.
- Colocación de cartelas en las secciones de cruce de los arriostramientos inferiores.
- Sustitución de diagonales y montantes de marcos transversales en las secciones de apoyo.

### ESTRIBOS

- Limpieza de las mesetas de apoyo de los estribos.
- Rejuntado de las piezas de fábrica.
- Sellado de las grietas de los estribos.

### GENERAL

- Sustitución de roblones flojos o deteriorados por tornillos de alta resistencia.
- Limpieza y aplicación de pintura de protección frente a la corrosión en la estructura metálica.
- Colocación de escaleras de acceso a la pila y estribos.
- Montaje de pasarelas de inspección en cada uno de los vanos.

El acero empleado en el proyecto de 1989 presentaba un límite elástico de 255 MPa

El proceso de ejecución previsto para este proyecto consistía en la ejecución en primer lugar de los refuerzos de los diferentes elementos estructurales, para proceder en una segunda fase con la ejecución de la nueva celosía central. Se desconoce si estas actuaciones de realizaron con circulación de tráfico ferroviario.

Se destaca también que la evaluación estructural de este proyecto se realizó tomando como acciones de partida las indicadas en la *Instrucción relativa a las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Ferrocarril (O.M. 25-IV-75)*, excepto en lo que se refiere a los trenes de las sobrecargas, ya que se consideraron tres ejes de 20 t, frente a los cuatro ejes de 20 t actuales, separados 1,50 m y una sobrecarga uniforme de 6 t/m, frente a las 8t/m actuales. La velocidad de cálculo considerada fue de 80 km/h.

Otro aspecto importante del proyecto de reparación de 1989 es que se extrajeron una serie de probetas del acero original para someterlas a ensayo, obteniendo como conclusiones más importantes que el límite elástico del acero era de unos 235 MPa y que el acero era soldable siempre que se emplearan electrodos de revestimiento básico.

### INTERVENCIÓN DE 2003

Tras las obras de reparación y refuerzo de 1989 la siguiente intervención en la estructura tuvo lugar en 2003, centrada en las siguientes actuaciones:

- Sustitución completa de todos los montantes de las celosías originales, salvo los situados en los diafragmas de estribos y pila.
- Sustitución completa de todas las diagonales de las celosías originales.
- Refuerzo de las viguetas transversales de la chapa superior del tablero.
- Refuerzo de las uniones de los rigidizadores longitudinales de la chapa superior del tablero con las viguetas transversales.
- Refuerzo de la unión atornillada del cordón superior de la celosía central con las diagonales.
- Sustitución de aparatos de apoyo elastoméricos de las celosías originales sobre los estribos, que fueron sustituidos en 1989, por otros de mayores dimensiones.
- Disposición de puntales o topes transversales en estribos y pila frente a cargas horizontales.
- Refuerzo de cordones de las celosías originales mediante angulares atornillados al alma del cordón, ya que soportaban tensiones superiores al límite elástico.
- Limpieza, chorreado y aplicación de pintura de protección a toda la estructura.

Estas intervenciones se distinguen por la presencia de perfiles laminados habitualmente utilizados en la actualidad y el empleo en algunas ocasiones de soldaduras en lugar de tornillos de alta resistencia.

En cuanto al análisis estructural realizado para la intervención de 2003 se destaca que se emplearon las prescripciones de la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril* que estaba pendiente aún de aprobación en la fecha de redacción del documento, considerando un coeficiente de mayoración para las acciones permanentes de 1,20 (frente al valor de 1,35 actual) y para las acciones variables de 1,30 (frente al valor de 1,50 actual).



En las imágenes siguientes se aprecian los perfiles metálicos de las diagonales y montantes de las celosías originales que fueron sustituidos en 2003, con un color ocre distinto al resto de los elementos metálicos. Se pueden apreciar también los andamios empleados para la ejecución de las obras, que fueron montados sobre las plataformas de inspección instaladas en 1989.



Figura 12. Diferentes tonalidades de perfiles originales y nuevos. Obras de refuerzo de 2003.



Figura 13. Andamios empleados para las reparaciones realizadas en 2003.

## 4 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS DETECTADOS

La inspección especial realizada los días 6, 7 y 8 de julio de 2020 por los inspectores Alberto Martín Galán e Iñaki Jaime Azpiazu, Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de FHECOR e INJELAN respectivamente, sirvió para identificar con precisión todos los elementos del puente deteriorados y que han de ser objeto de reparación o sustitución previas. Así también, sirvió para conocer la evolución de los daños desde la inspección principal realizada en octubre de 2011.

Con posterioridad, el 26 y 27 de agosto de 2021 Alberto Martín Galán e Iñaki Jaime Azpiazu, Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de FHECOR e INJELAN respectivamente, volvieron a realizar una nueva inspección de la estructura, centrada en esta ocasión en el análisis de los puntos críticos de la estructura para poder estudiar las posibilidades de reparación, así como determinar si se había producido alguna evolución negativa significativa desde la anterior inspección de 2020.

Para la ejecución de los trabajos de inspección, tanto los de 2020 como los de 2021, se hizo uso de la plataforma de inspección y mantenimiento que tiene la propia estructura en cada uno de los vanos y que está suspendida de los cordones inferiores de las celosías laterales del puente.

Tras no haberse detectado ningún daño reseñable en la inspección subacuática realizada en 2011, se descartó en primera instancia la necesidad de repetir dicha inspección en 2020. Sin embargo, con el objeto de determinar inequívocamente que no existían problemas de socavación en la pila, en junio de 2021 se volvió a realizar una nueva inspección subacuática, con resultados muy similares a los de 2011, con lo que no se observaron deterioros importantes en cuanto a la socavación o erosión de la pila.

A continuación se exponen los daños detectados durante la inspección realizada, ordenada según elementos estructurales y elementos de equipamiento.



Figura 14. Alzado del puente desde aguas abajo tomada durante la inspección especial realizada.

### 4.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

#### 4.1.1 ESTRIBOS

El estado de los estribos, en ambos casos, es similar al que presentaban en la ya comentada inspección principal de 2011, aunque ciertos daños, como es de esperar, han seguido evolucionando negativamente.

Los estribos presentan humedades, pátinas negras, eflorescencias y costras calcáreas puntuales que están sujetas a surgencias de agua. Estos daños son más notorios en los muros en vuelta del lado norte por su menor exposición al sol.





Figura 15. Muros en vuelta del lado norte del estribo 2, izquierda, y estribo 1, derecha, con humedades, pátinas negras, eflorescencias, costras calcáreas, pátinas biológicas y vegetación enraizada.

Se ha detectado también vegetación enraizada y pátinas biológicas en los muros en vuelta de los dos estribos, siendo este daño más recurrente en el estribo 2.

Los sillares de borde de los dos estribos presentan arenizaciones y pulverizaciones, debido a la erosión producida por la escorrentía y la acción del viento.

Así también, en el estribo 2, se han detectado ligeros lavados de junta de poca extensión e intensidad, que no revisten trascendencia, aunque como se puede apreciar en las imágenes inferiores, la evolución del daño en los casi nueve años transcurridos desde la última inspección ha sido evidente y negativa.



Figura 16. Comparación de la evolución del alzado del estribo 2 desde la inspección principal realizada en 2011. Izquierda, imagen de 2011, y derecha, imagen de 2020, donde se indican mediante flechas en rojo las zonas que presentan una evolución negativa de los daños.



Figura 17. Arenización de sillares en los laterales de los estribos. Izquierda, borde lateral sur del estribo 2, y derecha, borde lateral sur del estribo 1.



En cuanto a los recrecidos de hormigón, ejecutados posteriormente a la puesta en servicio de la estructura y dentro de la actuación de refuerzo de la estructura original, siguen presentando algunos deterioros superficiales, tales como coqueas y pequeñas fisuras en mapa.

Se ha constatado que los aparatos de apoyo metálicos originales del estribo 2 siguen estando en las orillas del río, pues estos fueron sustituidos por elastómeros durante las obras de refuerzo del puente. Esto puede observarse en la figura 16.

Por último, los apoyos presentan abundante suciedad en su perímetro en forma de herrumbre que se va acumulando fruto del deterioro de los elementos metálicos que lo rodean. Esta constante acumulación de material puede llegar a dificultar el correcto funcionamiento de los aparatos de apoyo.



Figura 18. Acumulación de herrumbre en los aparatos de apoyo de las celosías laterales sobre el estribo 2.

#### 4.1.2 PILA

Como se ha indicado al comienzo de este apartado, en esta inspección no se contó con medios acuáticos, por lo que se ha podido inspeccionar el alzado de la pila pero no su cimentación. Se ha observado que la pila se encuentra en un estado similar al descrito en octubre de 2011.

La pila sigue presentando abundantes pátinas biológicas, pátinas negras y humedades, como es de esperar en este tipo de elementos sometidos a la escorrentía directa.

Presenta, además, abundantes arenizaciones y pulverizaciones en los sillares de los laterales de aguas arriba y aguas abajo. Este deterioro presenta una extensión e intensidad de cierta trascendencia, por la pérdida de material que conlleva este daño. Se ha podido constatar que la evolución del daño no es significativa, presentando una pérdida de material semejante al contemplado en la última inspección.

Así también, en el lateral de la pila de aguas arriba se siguen apreciando pérdidas de parte de los sillares, debido probablemente a golpes de material de arrastre en grandes avenidas.



Figura 19. Izquierda, pérdida de material en sillares del tajamar semicircular del lado sur, incluso arenización en los sillares superiores. Derecha, pátinas biológicas, pátinas negras y humedades en el alzado del lado este de la pila.



Por otro lado, la pila tiene un cargadero de hormigón en la zona superior central, construido para dar apoyo a la cercha central de la estructura, ejecutado como refuerzo de la estructura original. Este recrecido de hormigón presenta algunos defectos superficiales por una mala ejecución en su cara oeste, así como desconches del hormigón como consecuencias de la corrosión de la armadura.

Por último, hay que indicar que los aparatos de apoyo sobre la pila se encuentran en buen estado, a pesar de las corrosiones observadas en las chapas de tope perimetrales que rodean el neopreno de apoyo de la celosía central y las corrosiones superficiales detectadas en las rótulas de las celosías laterales.



Figura 20. Izquierda, recrecido de hormigón con desconches en su cara este sobre la pila 1. Derecha, chapas perimetrales al neopreno con paquetes de hidróxido.

#### 4.1.3 CELOSÍA CENTRAL

El cordón inferior de la celosía central, debido a su mayor exposición y a la tendencia de las alas a acumular agua de lluvia, presenta un nivel de deterioro muy superior al resto de elementos que componen esta celosía. En algunos puntos los paquetes de hidróxido son relevantes pues llegan a producir pérdidas de sección del orden de entre 5 y 8 mm.



Figura 21. Paquetes de hidróxido en las alas del cordón inferior en el módulo 7 del vano 2.



Figura 22. Uniones de continuidad del cordón inferior afectadas por la corrosión. Izquierda, módulo 8 del vano 2 y, derecha, módulo 9 del vano 2.

Las diagonales de la celosía presentan daños por corrosión pero de menor extensión e intensidad en general, aunque se han detectado corrosiones puntuales intensas, algunas de ellas acompañadas de paquetes de hidróxido. En todos los casos, estos deterioros se han observado en las proximidades de la unión con el cordón inferior, coincidiendo con la mayor exposición de esta zona. Son recurrentes las corrosiones en los bordes inferiores del ala de las diagonales es su parte baja, lo que podría estar relacionado con el escurrido de las aguas de lluvia a través de la diagonal.



Figura 23. Izquierda, paquetes de hidróxido en el ala de la diagonal en el módulo 10 del vano2. Derecha, corrosiones en el ala de la diagonal en su parte baja en el módulo 5 del vano 1.

Por otro lado, no se han detectado daños relevantes en el cordón superior de la celosía central.

De la comparación realizada entre la reciente inspección a la realizada en octubre de 2011, se puede afirmar que los daños relativos a la corrosión han sufrido un claro avance tanto en intensidad como en extensión. A modo de ejemplo, se incluyen las siguientes imágenes donde se observa claramente el deterioro de la pintura protectora y el avance del daño producido por la corrosión. Hay que indicar además que, en la anterior inspección únicamente se detectaron daños en el cordón inferior y que en ningún caso estos presentaban paquetes de hidróxido de la magnitud mostrada en las imágenes anteriores.



Figura 24. Cordón inferior del módulo 8 del vano 1. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.



Figura 25. Cordón inferior del módulo 2 del vano 2. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.

#### 4.1.4 CELOSÍAS LATERALES

Los daños relevantes por corrosión en las celosías laterales se concentran principalmente en los cordones inferiores y en los montantes de apoyo. En el resto de los elementos, esto es, montantes, diagonales, contradiagonales y cordones superiores, los daños por corrosión son, con carácter general, superficiales y sin trascendencia práctica.

Los cordones inferiores presentan fuertes pérdidas de sección resistente, concentrándose los daños en los bordes del ala inferior, donde el agua tiende a acumularse. A esto se le suma además que, estas zonas ya presentaban daños anteriores a la última intervención, lo cual genera más irregularidades y favorece la indicada acumulación de agua. Algo similar ocurre en las transiciones de los refuerzos que existen en el ala inferior, donde se detectaron fuertes pérdidas de sección.

Otro punto donde se han observado daños por corrosión con cierta regularidad es la unión entre el alma y el ala inferior de cordón, donde la discontinuidad que se forma en dicho punto es propicia a la acumulación de agua.





Figura 26. Corrosiones con fuertes pérdidas de sección en el cordón inferior de la celosía de aguas abajo en el módulo 3 del vano 2.



Figura 27. Izquierda, fuerte pérdida de sección en el ala inferior del cordón inferior de aguas arriba en módulo 6 del vano 2. Derecha, corrosión generalizada en el refuerzo del cordón inferior de aguas abajo en el módulo 6 del vano 2.



Figura 28. Fuertes pérdidas de sección por corrosión en el ala inferior del cordón inferior. Izquierda, módulo 9 del vano 2 aguas arriba, derecha, módulo 3 del vano 1 aguas arriba.





Figura 29. Corrosiones en la unión entre alma y ala del cordón inferior. Izquierda, módulo 8 del vano 1 aguas arriba, derecha, módulo 5 del vano 2 aguas abajo.

Por otro lado, tal y como se ha indicado, los montantes de apoyo en pilas y estribos presentan daños puntuales por corrosión muy intensos, donde la corrosión ha llegado a perforar las chapas en algunos puntos. Aquí también, al tratarse de perfiles compuestos conformados a partir de la unión de distintas chapas, la corrosión está asociada a la acumulación de agua que se da en las uniones entre estas chapas.



Figura 30. Fuertes corrosiones, llegando a perforar las chapas incluso, en el montante de apoyo sobre la pila 1 en el lado de aguas abajo.

Los montantes, diagonales, contradiagonales y cordón superior presentan únicamente corrosiones superficiales como se puede ver en las siguientes figuras.



Figura 31. Corrosión superficial en celosías laterales. Izquierda, cordón superior del módulo 5 del vano 2 aguas arriba. Derecha, diagonal del módulo 8 del vano 2 aguas abajo.



Figura 32. Corrosión superficial en celosías laterales. Izquierda, cordón superior del módulo 9 del vano 2 aguas abajo. Derecha, contradiagonal del módulo 2 del vano 2 aguas abajo.

En cuanto a la evolución del daño desde la última inspección realizada en 2011, tal y como se puede observar en las figuras siguientes, además del claro deterioro de la pintura, se puede apreciar el avance de los daños producidos por la corrosión.



Figura 33. Montante de apoyo aguas abajo sobre la pila 1. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.



Figura 34. Cartela de unión del montante de apoyo aguas abajo sobre el estribo 2. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.

#### 4.1.5 ARRIOSTRAMIENTOS

Se refiere este punto al arriostramiento horizontal del cordón inferior, materializado mediante la celosía que se conforma en el mismo plano del cordón inferior, y al arriostramiento vertical existente



coincidiendo con todos los montantes de las celosías laterales. Ambos sistemas de rigidización están conectados entre sí y confieren al puente la necesaria rigidez frente a acciones horizontales.

En la celosía horizontal que se conforma al nivel del cordón inferior son de destacar las intensas corrosiones detectadas en las cartelas de unión de las diagonales con el cordón inferior, donde la acumulación del daño en estas zonas hace que tanto las cartelas como las alas del cordón presenten fuertes pérdidas de sección.



Figura 35. Cartelas de unión entre diagonal y cordón inferior en el módulo 8 del vano 2 con fuertes pérdidas de sección.



Figura 36. Cartela de unión entre diagonal y cordón inferior en el módulo 7 del vano 2 con fuertes pérdidas de sección.



Figura 37. Cartela de unión entre diagonal y cordón inferior, previamente ya reforzada, en el módulo 6 del vano 2 con fuertes corrosiones.

Las cartelas de unión en el cruce de las diagonales que conforman una cruz de San Andrés presentan ligeras corrosiones, algunas de ellas acompañadas por pequeños paquetes de hidróxido. Estos daños



no son generalizados y allí donde se producen no comprometen la capacidad resistente del elemento por el momento.



Figura 38. Cartela para el cruce de diagonales con corrosiones superficiales y acompañadas del algún paquete de hidróxido puntual. Izquierda, módulo 6 del vano 1 y, derecha, módulo 2 del vano 1.

Las diagonales que conforman la cruz de San Andrés se encuentran en buen estado y únicamente se han detectado corrosiones superficiales puntuales.



Figura 39. Diagonales que conforman la cruz de San Andrés de la celosía horizontal con corrosiones superficiales de poca intensidad. Izquierda, módulo 8 del vano 1 y, derecha, módulo 1 del vano 1.

El arriostramiento vertical se materializa mediante una cruz de San Andrés que une el cordón superior con el inferior. Cuenta, además, con una viga transversal superior, con un tirante, a media altura de los montantes, y otro tirante al nivel del cordón inferior.

Los elementos que presentan mayores daños por corrosión en este arriostramiento son los tirantes del nivel inferior y las diagonales que conforman las cruces de San Andrés.



Figura 40. Diagonales con perforaciones debidas a la corrosión en la mitad superior. Izquierda, módulo 4 del vano 2 y, derecha, módulo 1 del vano 2.



Figura 41. Diagonales con perforaciones debidas a la corrosión en la unión con el cordón inferior. Izquierda, módulo 6 del vano 2 y, derecha, módulo 5 del vano 1.



Figura 42. Tirantes inferiores con perforaciones debidas a la corrosión en la unión con el cordón inferior en el módulo 7 del vano 2.

En cuanto a las cartelas de unión intermedias y laterales, la superior e inferior, presentan corrosiones puntuales de menor intensidad que las mostradas para los elementos anteriores.



Figura 43. Corrosiones en las cartelas de unión del sistema de arriostramiento vertical. Izquierda, cartela de unión con cordón inferior en el módulo 3 del vano 2 y, derecha, cartela de unión central en el módulo 8 del vano 1.

Por otro lado, los tirantes intermedios y las vigas transversales superiores están en buen estado, habiéndose detectado en casos puntuales deterioros de menor importancia.





Figura 44. Corrosiones puntuales en la viga transversal superior, izquierda, y tirante intermedio, derecha, del módulo 9 del vano 1.

Por último, en los sistemas de arriostramiento transversal de apoyos, esto es, en pila central y estribos, los mayores deterioros observados se dan en las vigas transversales inferiores y en las zonas de unión con el cordón inferior de las celosías laterales. Todos estos daños están relacionados con la acumulación de agua que se da en estos puntos.

Así también, en el apoyo de los arriostramientos exteriores, que coaccionan el cordón superior de las celosías laterales, se ha observado la necesidad de incluir un calce adicional para asegurar el contacto con los enanos verticales de apoyo.



Figura 45. Arriostramiento transversal de pila, izquierda, y estribo 2, derecha, con corrosiones superficiales.



Figura 46. Izquierda, falta de apoyo en el arriostramiento o puntal del cordón superior en el estribo 2 aguas abajo. Derecha, corrosiones acompañadas de paquetes de hidróxido en la viga transversal inferior del estribo 2 aguas abajo.



#### 4.1.6 LOSA ORTÓTropa

Este elemento que conforma el tablero superior que da soporte a la plataforma, se conforma a partir de una chapa de piso y rigidizadores longitudinales.

Su estado general es bueno al ser la parte de la estructura menos expuesta a la acción de la lluvia. Los daños por corrosión detectados usualmente son superficiales, aunque también se han detectado perforaciones puntuales de poca relevancia.



Figura 47. Corrosiones superficiales, incluso alguna perforación, en la losa ortótropa en el módulo 6 del vano 2.



Figura 48. Detalle de perforación puntual por corrosión en el rigidizador longitudinal de la losa ortótropa del módulo 3 del vano 1.



Figura 49. Corrosiones superficiales en la parte volada lateral de la losa ortótropa con corrosiones superficiales. Izquierda, módulo 3 del vano 2 y, derecha, módulo 6 del vano 1.

## 4.2 ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO

Durante la inspección realizada se examinaron igualmente los elementos de vía identificándose una serie de deficiencias que se describen a continuación.

Se detectaron un gran número de traviesas de hormigón con signos de rotura por fatiga que se evidenciaban en forma de fisuras, muchas de ellas alineadas con el eje de la traviesa (transversal al eje de la estructura).



Figura 50. Fisuras por fatiga en las traviesas de hormigón. Derecha, rotura seccional del elemento coincidiendo con el carril y, derecha, fisuras alineadas con el eje del propio elemento.

En cuanto a las chapas laterales que hacen de murete guardabalasto, estas presentan corrosiones puntuales a lo largo de todo el elemento y aunque algunas de ellas estén acompañadas de herrumbre, no se ha identificado ningún daño que recomiende su sustitución.



Figura 51. Corrosiones, algunas de ellas acompañadas de herrumbre, en el murete guardabalasto.

La chapa de piso que soporta la plataforma presenta un buen estado de conservación. Se realizaron un total de 8 catas en el propio balasto para detectar posibles corrosiones asociadas a la acumulación de agua y únicamente se detectaron ligeras corrosiones de poca relevancia.

La chapa de piso que conforman los paseos laterales también se encuentra en buen estado, presentado solamente alguna corrosión puntual de menor importancia.





Figura 52. Izquierda, corrosiones puntuales en la chapa de piso del paseo de aguas arriba. Derecha, ligeras pátinas de corrosión en la chapa de piso bajo el balasto.

Por otro lado, los muros en vuelta de ambos estribos no cuentan con muretes para contener el balasto, esto provoca que haya un derrame fuera de la plataforma. Al comienzo del muro envuelta del estribo 1, del lado norte, donde discurren los servicios, se detectó un ligero descalce del zuncho de hormigón que los envuelve.



Figura 53. Izquierda, descalce del zuncho que envuelve a los servicios en el lateral norte del muro en vuelta del estribo 1. Derecha, derrame del balasto sobre el muro envuelta sur del estribo 1.

Relativo a las catenarias, tanto la situada sobre el propio puente, como a las existentes en cada uno de los accesos, aun presentando corrosiones superficiales y de menor relevancia, se considera recomendable la actualización de estos elementos a la normativa vigente.



Figura 54. Poste de catenaria situado sobre el puente con corrosiones superficiales.



Las escaleras de acceso a los estribos y pila central están, en líneas generales, en buen estado. No obstante, sería deseable sustituirlas por unas nuevas con un sistema anti-caída para lograr así que los descensos y ascensos se puedan realizar de forma segura.

Por último, las barandillas de los paseos de servicio presentan un buen estado y solamente están afectadas por corrosiones superficiales sin relevancia práctica.

## 5 AUSCULTACIÓN DE LA ESTRUCTURA PREEXISTENTE

De las inspecciones realizadas en julio de 2020 y junio de 2021, se puede concluir lo siguiente:

- Los estribos de fábrica presentan daños propios de estos elementos: humedades, pátinas negras, eflorescencias, costras calcáreas, vegetación enraizada, pátinas biológicas y ligeros lavados de junta. Además, los sillares de arenisca cuentan arenizaciones y pulverizaciones.
- Los apoyos de neopreno de los estribos presentan abundante suciedad en su perímetro en forma de herrumbre que se va acumulando fruto del deterioro de los elementos metálicos que lo rodean.
- La pila de fábrica presenta daños similares a los de los estribos: Pátinas biológicas, pátinas negras y humedades. Los sillares de arenisca de los tajamares cuentan con arenizaciones y pulverizaciones, si bien, en el de aguas arriba, existe una pérdida de material mayor. El cuerpo de la pila que está sumergida presenta incrustaciones marinas que van incrementando en espesor a medida que profundiza, llegando hasta los 50 cm en la base.
- El lecho del río está cubierto por una capa superficial de fangos que impide ver el contacto de asiento de la pila, aunque las comprobaciones realizadas por los buzos mediante un redondo de acero descartaron posibles oquedades o descalces. Tampoco se detectó ninguna madera que pudiera corresponder a los pilotes o al recinto perimetral de construcción.
- La superficie del lecho es muy uniforme en las proximidades de la pila, aunque alrededor del tajamar de aguas abajo existe una acumulación que está cubierta de incrustaciones marinas que podría corresponder con el manto de escollera original de protección de la base de la pila.
- Los aparatos de apoyo sobre la pila se encuentran en buen estado.
- La celosía central presenta daños por corrosión en el cordón inferior, presentando, en algunos casos, pérdidas de sección del orden de entre 5 y 8 mm. Las diagonales también presentan daños por corrosión acompañados de pérdida de material, aunque estos deterioros se han observado en las proximidades de la unión con el cordón inferior. No se han detectado daños relevantes en el cordón superior de la celosía central.
- Los daños relevantes por corrosión en las celosías laterales se concentran principalmente en los cordones inferiores y en los montantes de apoyo. Los cordones inferiores presentan fuertes pérdidas de sección resistente, concentrándose los daños en los bordes del ala inferior, donde el agua tiende a acumularse y en las transiciones de los refuerzos del ala inferior. Los montantes de apoyo en pilas y estribos presentan daños puntuales por corrosión muy intensos, donde la corrosión ha llegado a perforar las chapas en algunos puntos. En el resto de los elementos, esto es, montantes, diagonales, contradiagonales y cordones superiores, los daños por corrosión son, con carácter general, superficiales y sin transcendencia práctica.
- La celosía horizontal de arriostramiento inferior cuenta intensas corrosiones en las cartelas de unión de las diagonales con el cordón inferior, donde la acumulación del daño en estas zonas hace que tanto las cartelas como las alas del cordón presenten fuertes pérdidas de sección.
- Las diagonales del arriostramiento vertical que conforman la cruz de San Andrés y los tirantes del nivel inferior de este arriostramiento presentan daños puntuales por corrosión con fuertes pérdidas de sección.
- El arriostramiento transversal de los apoyos presenta daños por corrosión con pérdida de sección resistente en las vigas transversales inferiores y en las zonas de unión con el cordón

inferior de las celosías laterales. Todos estos daños están relacionados con la acumulación de agua que se da en estos puntos.

- La losa ortótropa superior está en buen estado por su menor exposición a la lluvia. Los daños por corrosión detectados son superficiales, aunque se ha detectado alguna perforación puntual de poca relevancia.
- Los elementos de equipamiento, a excepción de las traviesas, presentan un estado aceptable. Se recomienda la sustitución de las traviesas, y la actualización de la catenaria y escaleras de acceso a la pila y estribos.
- Los muros en vuelta de ambos estribos no cuentan con muretes para contener el balasto, esto provoca que haya un derrame fuera de la plataforma. Al comienzo del muro envuelta del estribo 1, del lado norte, donde discurren los servicios, se detectó un ligero descalce del zuncho de hormigón que los envuelve.
- La evolución de los daños en los casi nueve años transcurridos desde la última inspección ha sido evidente y negativa.
- Se recomienda incluir dentro del plan de mantenimiento de la estructura una inspección subacuática tras una avenida extraordinaria, cuando parte de los fangos del lecho hayan podido desaparecer, y quede descubierto la parte inferior del cuerpo de la pila.

Los daños por corrosión avanzada que presentan algunos de los elementos metálicos implican una pérdida de sección resistente que no se puede despreciar, y que por tanto, hacen recomendar una actuación para corregir estas pérdidas resistentes. Del mismo modo, la pintura muestra signos de deterioro en buena parte de la estructura debido al tiempo transcurrido desde el último repintado, lo que aconseja su chorreo y nuevo repintado.

Por último, algunos de los elementos del equipamiento de vía, como se ha indicado arriba, sugieren su sustitución.

## 6 SOLUCIONES ADOPTADAS

Para la completa reparación de la estructura se proponen las siguientes medidas de actuación, divididas tres grupos: intervenciones estructurales, intervenciones de mantenimiento y durabilidad e intervenciones en elementos de vía.

### INTERVENCIONES ESTRUCTURALES

Es necesaria la sustitución del ala inferior del cordón inferior de las celosías laterales por las fuertes corrosiones que presentan, incluyendo pérdidas de sección significativas, lo que compromete su capacidad estructural. Igualmente sucede con los montantes o mamparos de pila y del estribo 2, ya que estos elementos presentan fuertes corrosiones, pérdidas de sección notables y perforaciones en las chapas. Al tratarse ambos de elementos principales para la estructura se propone su sustitución frente a una actuación más conservadora como es el parcheo.

Debido a la adecuación de la estructura a la nueva normativa vigente en la actualidad y al proceso constructivo necesario para la sustitución de los mamparos en pila y estribo 2, ciertos perfiles deberán ser reforzados o sustituidos por calibres superiores, a efecto de verificar los Estados Límites Últimos o Estados Límites de Inestabilidad para las nuevas cargas. En este caso se requiere el refuerzo de ciertas diagonales en las celosías laterales, sustitución de las diagonales en los marcos transversales próximos a pila y a estribos y sustitución de diagonales en arriostramiento inferior en los módulos contiguos a la pila.

Junto con las intervenciones mencionadas anteriormente, se realizarán otras actuaciones estructurales menos relevantes, tales como parcheos en los montantes o mamparos del estribo 1, ya que estos se encuentran afectados por corrosiones y pequeñas y escasas perforaciones, pero siguen teniendo la capacidad resistente necesaria. Estos parcheos permitirán alargar la vida útil de estos elementos sin necesidad de ser sustituidos en esta rehabilitación. Dentro de este tipo de actuaciones se incluye también la sustitución de los apoyos de neopreno de los estribos y de la pila, ya que se encuentran al final de su vida útil y además en algunos casos presentan deterioros.

Además, se realizarán actuaciones de mejora sobre la plataforma ferroviaria. Entre las actividades a realizar se encuentran la mejorar del drenaje en la plataforma, la sustitución del balasto, renovaciones de las vías, sustitución de las catenarias, acondicionamiento de los muretes guardabalasto y la limpieza manual y pintado de barandillas.

Finalmente, se realizará un chorreado y pintado de toda la estructura (a excepción de barandillas a las cuales se le realizará un tratamiento mecánico para eliminar la pintura y se repintarán después) y sustitución de las escaleras de acceso a pilas. Estas actividades pueden intercalarse y solaparse con otras actuaciones, con lo que puede ser ejecutadas en momentos temporales diversos.

El condicionante principal para la ejecución de los trabajos, de acuerdo con la información transmitida por ETS, y que por tanto condiciona las fases constructivas a seguir, es que el tráfico ferroviario no puede ser cortado en la mayor parte del tiempo en el que duren las obras. Sólo se ha habilitado un corte total de tráfico de cuatro semanas (para la sustitución de los mamparos) y 20 fines de semana entre las 23:30 h del viernes a las 5:30 h del lunes (para la sustitución del ala inferior de los cordones inferiores de las celosías laterales).

Adicionalmente, junto con estas ventanas de tiempo en los que no existirá ningún tipo de circulación ferroviaria, se puede contar con las bandas de mantenimiento diarias desde las 23:30 h hasta las 5:30 h para trabajos puntuales que deben comenzar y concluir dentro de la banda, sin tráfico de trenes.

Además, aprovechando el corte total del tráfico durante el mes en cuestión, se procederá a la mejora y renovación de los elementos de la plataforma ferroviaria en este momento.

La sustitución del ala inferior del cordón inferior de las celosías laterales se realizará por módulos de 5,10 m, coincidiendo con el corte de tráfico de los fines de semana.

Los elementos estructurales menos comprometidos, como son el refuerzo de diagonales en las cerchas laterales y la sustitución de arriostramientos transversales y arriostramientos inferiores, pueden realizarse dentro de las bandas de mantenimiento diarias, con la posibilidad de encajarlas dentro del mes de corte total de tráfico o de los fines de semana si el contratista justifica la viabilidad de este planteamiento.

El presupuesto y el plan de obra se han realizado conforme a las premisas anteriores y a las fases posteriormente detalladas. No obstante, se deja a decisión de la Dirección de Obra modificar este planteamiento si las circunstancias así lo requieren.

### **INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO Y DURABILIDAD**

En este caso, se plantean las siguientes actuaciones:

- Limpieza general de todos los paramentos de fábrica de pilas y muros frontales de estribos con agua a presión de hasta 80 bares para la eliminación de costras calcáreas, eflorescencias e incrustaciones en los paramentos de fábrica.
- Rejuntado de las piezas de sillería de las pilas y muros frontales de estribos con morteros de cal o bien morteros mixtos de cal y cemento bajo en sales, así como recomposición de las formas originales en aquellas piezas que hayan sufrido erosiones, desgastes, arenizaciones o alveolizaciones.
- Limpieza de estribos y pilas de herrumbre producida por la oxidación de las cerchas metálicas con el paso del tiempo.
- Reparación del durmiente de hormigón que se encuentra en la pila y estribos y sirve como apoyo a la celosía central.
- Sustitución de las chapas corroídas en los elementos de apoyo en la celosía central sobre los estribos así como las rótulas de los apoyos de las celosías centrales en la zona de pila.
- Chorreado y pintado de los perfiles metálicos de toda la estructura con el fin de devolverlos a su estado de puesta a cero.

### **INTERVENCIONES EN ELEMENTOS DE VÍA**

En este caso, se plantean las siguientes actuaciones:

- Las barandillas de los paseos presentan buen estado por lo que únicamente se realizará un chorreado y pintado de las mismas.



- Sustitución de los elementos de vía: balasto, traviesas, carriles y encarriladora.
- No se considera la sustitución del murete guardabalasto, ni de la chapa de piso que soporta la plataforma ni de la chapa de piso que conforma los paseos laterales, pero sí debido a que presenta corrosiones puntuales, se aplicará un chorreado y pintado para su conservación.
- Se considera necesario la sustitución de los postes de la catenaria actualizándolos a la normativa vigente.
- Se sustituirán las escaleras de accesos a estribos por unas nuevas con sistema anti-caída.

## 7 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Los daños expuestos anteriormente ponen de manifiesto que la estructura presenta un déficit de capacidad resistente observable fácilmente, sobre todo en las alas inferiores de los cordones inferiores de las celosías laterales así como en los mamparos de los diafragmas de pila y estribos.

Esta situación obliga a una intervención a corto plazo, ya que no se tiene constancia fehaciente de la distribución de cargas en la estructura ni de su comportamiento estructural frente a las mismas.

En este sentido, cualquier tipo de desorden anómalo o aumento de las cargas podría tener un desenlace fatal sobre la obra de paso.

Junto con esta intervención principal, se aprovechará para realizar otras tareas de reparación de menor relevancia, para conseguir la puesta a cero completa de toda la estructura.

## 8 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

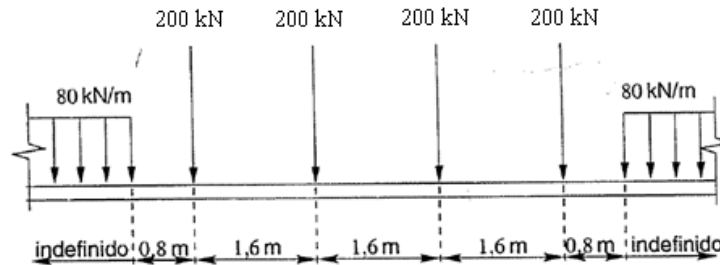
En el anejo N° 7 se realiza una evaluación estructural completa de la estructura, tanto por lo que se refiere al estado actual de la misma, como al cálculo y definición de los nuevos refuerzos necesarios.

A continuación se muestra un breve resumen de las características principales que han condicionado las fases de cálculo.

- Normativa utilizada:
  - Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril (IAPF-07). Orden FOM/3671/2007. Ministerio de Fomento 2007.
  - NCSP-07. Norma de construcción sismorresistente. Puentes. Ministerio de Fomento.
  - EAE-10 Instrucción de acero estructural.
  - Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero
  - RPM-95. Recomendaciones para el Proyecto de Puentes Metálicos en carreteras.
  - Propuesta de Recomendación para la Evaluación de Puentes Metálicos antiguos de carretera. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Política Territorial y Obras Públicas.
  
- Características de los materiales y coeficientes de minoración:
  - Acero estructura original (S235)=  $\sigma_u = \frac{235}{\gamma_s} = 188 \text{ N/mm}^2$  con  $\gamma_s = 1,25$ .
  - Acero primer refuerzo (S255)=  $\sigma_u = \frac{255}{\gamma_s} = 232 \text{ N/mm}^2$  con  $\gamma_s = 1,10$ .
  - Acero segundo refuerzo (S275)=  $\sigma_u = \frac{275}{\gamma_s} = 250 \text{ N/mm}^2$  con  $\gamma_s = 1,10$ .
  
- Acciones:
  - Peso propio de la estructura:  $\gamma_{acero} = 78.50 \text{ kN/m}^3 + 10\% (\text{uniones})$
  - Carga muerta:
    - Carriles:  $q_{\text{carriles}} = 2 \times 0,54 = 1,08 \text{ kN/m}$
    - Traviesas:  $q_{\text{traviesas}} = 3,20/0,60 = 5,33 \text{ kN/m}$

- Balasto:  $q_{\text{balasto}} = 18 \times 0,4 \times 2,80 = 20,16 \text{ kN/m}$
- Muretes guardabalasto:  $2,00 \text{ kN/m}$
- Barandilla:  $1,00 \text{ kN/m}$
- Tubería:  $1,76 \text{ kN/m}$

- o Sobrecarga de uso vertical:



- o Sobrecarga de uso horizontal:

- Frenado:  $q = 0,91 \cdot 20 \text{ kN/m} = 18,2 \text{ kN/m}$
- Arranque:  $q = 0,91 \cdot 33 \text{ kN/m} = 30,03 \text{ kN/m}$

- o Carga por efecto lazo:  $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$

- o Sobrecarga de uso durante el proceso constructivo:

- Tren de pasajeros de 3 vehículos: Está formado por 3 vehículos, los dos exteriores de  $17,73 \text{ m}$  y el interior de  $17 \text{ m}$ . Cada vehículo tiene dos bogies separados entre ellos  $11,24 \text{ m}$  y cada bogie está formado por 2 ejes. El peso máximo de cada eje con el vehículo cargado con pasajeros, suponiendo una capacidad de  $6 \text{ personas/m}^2$ , es de  $120 \text{ kN}$ . Del lado de la seguridad se tomará un peso por eje de  $150 \text{ kN}$ . Por lo tanto, el peso del vehículo completo será de  $1800 \text{ kN}$ .
- Tren de pasajeros de 4 vehículos: Está formado por 4 vehículos, los dos exteriores de  $17,73 \text{ m}$  y los dos interiores  $17 \text{ m}$ . Cada vehículo tiene dos bogies separados entre ellos  $11,24 \text{ m}$  y cada bogie está formado por 2 ejes. El peso máximo de cada eje con el vehículo cargado con pasajeros, suponiendo una capacidad de  $6 \text{ personas/m}^2$ , es de  $120 \text{ kN}$ . Del lado de la seguridad se tomará un peso por eje de  $150 \text{ kN}$ . Por lo tanto el peso del vehículo completo será de  $2400 \text{ kN}$ .
- Tren de mercancías: Está formado por dos cabezas tractoras y por vagones de mercancías. La longitud de las cabezas tractoras es de  $16,73 \text{ m}$  y la distancia entre ejes de bogies de  $9,50 \text{ m}$  y la longitud de los vagones de mercancías es de  $12,0 \text{ m}$  con una distancia entre ejes de bogies de  $9,00 \text{ m}$ . El peso por eje está limitado durante las obras a  $150 \text{ kN}$ , con lo que éste es el valor a considerar en los cálculos y comprobaciones.

- o Viento:

- Vida útil:  $q = 2,50 \text{ kN/m}^2$
- Fase de construcción:  $q = 1,30 \text{ kN/m}^2$

- o Acción térmica:  $22,65^\circ\text{C}$ .

- o Acción sísmica:  $a_b = 0,04g$





### 9.1.1 ACTUACIONES PREVIAS

Los trabajos previos comprenden:

- Instalación de casetas y zonas de trabajo, así como el montaje de taller metálico *in situ* para la fabricación y despiece de chapas, que se colocará junto al estribo 1 por ser el punto con mayor facilidad de acceso para el suministro de materiales.
- Delimitación del perímetro de la obra
- Acondicionamiento del terreno y despeje y desbroce de la vegetación de la zona colindante
- Ejecución de accesos a plataforma
- Como trabajo previo de prevención, se considera recomendable colocar boyas bajo el vano o la sección del puente en que se esté trabajando para delimitar la zona de paso bajo el puente
- Suministros (agua, luz y saneamiento)
- Desvíos de tráfico peatonal y ciclista por el paso de servicio de la margen izquierda del río.

Asimismo, será necesario disponer de los medios auxiliares y de acceso necesarios para la ejecución de los trabajos, que serán los siguientes:

- Andamio colgado de los paseos laterales de la estructura y de la losa ortótropa superior.

El andamio deberá estar provisto de polipastos laterales para el transporte de los perfiles y chapas de acero desde el estribo 1 hasta su emplazamiento definitivo. Este polipasto irá colgado de los paseos laterales y permitirá el transporte desde el estribo 1 al 2, sin cortes intermedios. El uso de los polipastos es imprescindible para la sustitución de las alas inferiores de los codones inferiores de las celosías laterales ya que se necesita transportar chapas de elevado peso.

El andamio ocupará la totalidad de la obra de paso, tanto en planta como en alzado, de forma que permita el acceso a cualquier parte de la estructura metálica. Los andamios deberán contar con los niveles necesarios para la correcta ejecución de todas las actuaciones que recoge el proyecto, permitiendo alcanzar todos los elementos de la estructura para su sustitución o reparación, así como para el chorreo, limpieza y aplicación de pintura de protección.

Además, el andamio debe estar provisto de puntales en la zona de la pila y del estribo 2 para poder materializar las sustituciones de los montantes laterales.

De la misma forma, se deberá prever el montaje de andamios para el acceso a los paramentos vistos de estribos y pila.

Se dispondrá también una estructura tubular auxiliar sobre la plataforma de la estructura, una vez retirados todos los elementos de la vía (balasto, traviesas, vías y catenaria) para poder realizar el chorreo y limpieza, así como la posterior aplicación de pintura de protección en los elementos metálicos de la plataforma. Para ello, esta estructura auxiliar servirá para poder realizar un encapsulado que evite la proyección de partículas al río, tanto durante la fase de chorreado como de pintado posterior.

Será necesaria la instalación de un anemómetro en los andamios de trabajo y si la velocidad del viento supera los 34,02 m/s o su equivalente en presión de 1.30 kN/m<sup>2</sup>, se procederá al desmontaje del encapsulado y, si la Dirección de Obra lo considera conveniente, del propio andamio.

Igualmente hay que tener en cuenta que no se puede trabajar por debajo de la cota máxima de carrera de marea cuando se estén realizando trabajos en pila. Por lo tanto, hay que prever que el andamio siempre esté situado por encima de dicha cota para que nunca quede inundado. En este sentido, se ha previsto que el andamio de la pila nunca baje por debajo de los +2,70 m.

El contratista deberá definir y redactar un proyecto visado de todos los medios auxiliares necesarios para la ejecución de la obra, con su correspondiente memoria, planos y manual de procedimiento de montaje que deberá contar con la aprobación de la Dirección de Obra.

Los andamios se diseñarán considerando los distintos modificados para la ejecución de las distintas fases de trabajo. Cualquier modificación que sea necesaria en el andamio requerirá

redactar un proyecto visado, con su correspondiente memoria, planos y manual de procedimiento de montaje, que deberá contar con la aprobación de la dirección de obra.

- Encapsulado de la zona de trabajo.  
Para asegurar que no se producen vertidos al agua del río Urola, fundamentalmente durante las tareas de chorreado y limpieza de la estructura con proyección de abrasivo, es necesario proceder con el encapsulado de la zona de trabajo, que permitirá la formación de una zona estanca frente a las fugas de material. Este encapsulado deberá contar con redes y lonas de protección, así como planchas de neopreno en la parte inferior para recoger los proyectos de la limpieza y suciedad.  
Como se ha comentado anteriormente, será necesaria la instalación de un anemómetro en los andamios de trabajo y si la velocidad del viento supera los 34,02 m/s o su equivalente en presión de 1.30 kN/m<sup>2</sup>, se procederá al desmontaje del encapsulado y, si la Dirección de Obra lo considera conveniente, del propio andamio.

Ya se ha mencionado que el momento más importante en que el encapsulado es imprescindible es durante el chorreado y aplicación de pintura de protección. En este caso, se ha supuesto que la zona del puente encapsulada es del orden de ¼ de la longitud total, es decir, la mitad de uno de los vanos, para que superficie opaca del puente no sea excesiva, debido a la importancia de la acción del viento sobre el puente.

También será necesario encapsular el andamio de la pila para evitar proyecciones al río durante el chorreado, limpieza y reparaciones de la fábrica de piedra de la pila.

En este sentido, se ha propuesto la ejecución de las reparaciones de la fábrica de la pila en periodos de carreras muertas para asegurar que el encapsulado esté por encima del nivel del agua.

- Retirada de las actuales pasarelas de mantenimiento  
Dado que las actuales pasarelas están colgadas del cordón inferior de las celosías exteriores, es necesario retirarlas y reponerlas nuevamente al final de las obras de reparación y refuerzo.
- Camión bimodal (carretera – vía)  
Su utilización será necesaria en momentos puntuales como durante el apoyo a otros elementos auxiliares, como puede ser el montaje del polipasto.  
Contará con pluma, cabrestantes y diplories que permitan el movimiento sobre la plataforma ferroviaria para carga, transporte y descarga de los diferentes materiales de la obra.

Todas estas actuaciones deberán contar, en todo caso, con la autorización y permisos de las autoridades competentes en materia medioambiental.

### 9.1.2 FASE 1. TRABAJOS DE REPARACIÓN EN CELOSÍAS LATERALES Y MARCOS TRANSVERSALES.

Estos trabajos se realizarán dentro de las bandas de mantenimiento diarias, aunque se puede plantear su ejecución en los fines de semana si la empresa contrista justifica su viabilidad sin incrementos en el plazo de ejecución general.

Debido a que esta actividad consiste principalmente en un refuerzo estructural, debe realizarse previamente a la sustitución de los mamparos o montantes de estribo 2 y pila, de tal forma que la estructura posea una capacidad resistente adecuada para poder realizar los trabajos posteriores.

Las actuaciones en esta fase incluyen:

- Refuerzo de diagonales de celosías laterales
- Sustitución de diagonales en marcos transversales colindantes a pila y estribos.



### 9.1.3 FASE 2. SUSTITUCIÓN DE MAMPAROS EN PILA

La sustitución de los mamparos de pila se realizará en el periodo de corte de tráfico total, actuando únicamente la carga permanente, y que corresponde a las cuatro semanas del mes en el que se decida la realización del corte y siempre después de haber acabado con el refuerzo de los elementos estructurales descritos en la fase anterior.

Debido a la complejidad de los trabajos en la sustitución de los mamparos de pila, que implica la desconexión de numerosos elementos estructurales simultáneamente, se dividirá dicha sustitución en tres partes con la finalidad de evitar la desconexión de tantos elementos resistentes al mismo tiempo.

Cabe decir que la sustitución de ambos mamparos de pila puede realizarse de forma simultánea.

La sustitución de los mamparos incluye la sustitución de todos los cubrejuntas existentes en los mismos.

Antes del comienzo de los trabajos, será necesario el apeo de la estructura en el entorno de la pila. La viga transversal de apeo y los apeos verticales se deberán disponer y entrar en carga antes de empezar las operaciones de sustitución del montante de pila.

Las actuaciones en esta fase abarcan:

- Sustitución del nudo superior de los mamparos de la pila
- Sustitución del nudo intermedio de los mamparos de la pila
- Sustitución del nudo inferior de los mamparos de la pila
- Sustitución de apoyos

### 9.1.4 FASE 3. SUSTITUCIÓN DE MAMPAROS EN ESTRIBO 2

La sustitución de los mamparos del estribo 2 se realizará en el periodo de corte de tráfico total, que corresponde a las cuatro semanas del mes en el que se decida la realización del corte y siempre después de haber acabado con el refuerzo de los elementos estructurales descritos en la fase anterior.

Al igual que en el caso de la pila, debido a la complejidad de los trabajos en la sustitución de los mamparos del estribo 2, que implica la desconexión de numerosos elementos estructurales simultáneamente, se dividirá dicha sustitución en tres partes con la finalidad de evitar la desconexión de tantos elementos resistentes al mismo tiempo.

Cabe decir que la sustitución de ambos mamparos del estribo puede realizarse de forma simultánea.

La sustitución de los mamparos incluye la sustitución de todos los cubrejuntas existentes en los mismos.

Previo al comienzo de los trabajos, será necesario el apeo de la estructura en el entorno del estribo. La viga transversal de apeo y los apeos verticales se deberán disponer y entrar en carga antes de empezar las operaciones de sustitución del montante de estribo.

Antes del comienzo de los trabajos, será necesario el apeo de la estructura en el entorno del estribo.

Las actuaciones en esta fase abarcan:

- Sustitución del nudo superior de los mamparos del estribo 2
- Sustitución del nudo intermedio de los mamparos del estribo 2
- Sustitución del nudo inferior de los mamparos del estribo 2
- Sustitución del ala inferior del arriostramiento inferior del marco transversal
- Sustitución de apoyos

### 9.1.5 FASE 4. SUSTITUCIÓN DE ALA INFERIOR DEL CORDÓN INFERIOR DE LAS CELOSÍAS LATERALES

La sustitución del ala inferior del cordón inferior de las celosías laterales se realizará los fines de semanas, coincidiendo con la ausencia de tráfico ferroviario en este periodo.

La sustitución del cordón se ha previsto por módulos o tramos de longitud 5,10 metros, excepto al inicio de estribos. Se prevé la sustitución de 1 módulo en 2 celosías simultáneamente por fin de semana (es decir, 2 módulos en total de 5,10 m), pero si el rendimiento lo permitiese, puede realizarse la sustitución de hasta 2 módulos a la vez por celosía.

Igualmente se puede realizar la sustitución del mismo módulo en ambas celosías laterales simultáneamente si ello supone una mejora de los rendimientos.

#### **9.1.6 FASE 5. SUSTITUCIÓN DE ARRIOSTRAMIENTOS INFERIORES**

La sustitución de este elemento se realizará una vez se haya acabado con la sustitución del módulo correspondiente del ala inferior del cordón inferior de la celosía lateral.

Se propone que esta actuación se realice dentro de las bandas de mantenimiento diarias, aunque se puede plantear encajarlas dentro de los fines de semana si los rendimientos lo permiten.

#### **9.1.7 FASE 6. REPARACIONES DE ESTRIBO 1**

Las reparaciones del estribo 1 incluyen:

- Sustitución del ala inferior del arriostramiento transversal inferior
- Parcheo de zonas afectadas
- Sustitución de apoyos

El cordón inferior del ala inferior se considera un elemento resistente principal, por lo que es necesario recurrir a su sustitución en periodo sin tráfico ferroviario. Por lo tanto, a criterio del contratista, puede realizarse esta reparación en el mes de corte total de tráfico o distribuirlo en fines de semana si así fuese necesario, aunque se considera mejor alternativa realizarlo dentro del período de corte total.

#### **9.1.8 FASE 7. SUSTITUCIÓN DE ARRIOSTRAMIENTO TRANSVERSAL**

Debido a la existencia de corrosiones, la capacidad resistente de ciertos perfiles se ve comprometida, por ello es necesario su sustitución. Además, las corrosiones indicadas aconsejan llevar a cabo una sustitución por razones de durabilidad. Se utilizarán perfiles de la misma tipología y calibre. En el caso del arriostramiento transversal se trata de perfiles 2xLPN-80.

#### **9.1.9 FASE 8. REPARACIÓN DE LA CELOSÍA CENTRAL**

Se trata de una reparación local, que abarca la sustitución de la chapa de continuidad del cordón inferior situada en el ala superior, así como los tornillos en esta. Estos elementos se encuentran fuertemente corroídos lo que provoca una pérdida de su capacidad resistente.

La chapa de continuidad se encuentra en el módulo 8 del vano 2, siendo el módulo más cercano a la pila el módulo 1 y el más cercano al estribo el módulo 10.

La sustitución de estos elementos se realizará por chapas y tornillos de la misma geometría y calibre.

#### **9.1.10 FASE 9. ACONDICIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA FERROVIARIA**

Como se comentó anteriormente, aprovechando el corte total de tráfico del mes en cuestión, se pueden realizar estas actuaciones de forma simultánea a la sustitución de mamparos de pila y estribos 2.

Se debe destacar que el proceso de bateado de las vías es el único que debe realizarse una vez acabadas las actuaciones de cambio de mamparo en pila y estribos, por tanto se realizará en los últimos días del mes de corte de tráfico total. El peso de la bateadora no puede ser resistido por la

estructura en reparación, con lo que que necesario que las actuaciones de refuerzo y reparación hayan terminado para que pueda circular la bateadora.

Estas actuaciones comprenden:

1. Desguarnecido y renovación de la vía  
Consiste en el desguarnecido de la vía (cable de euroloop, carril, traviesas y balasto) y sustitución de los citados elementos por los nuevos.
2. Sistema de drenaje de la plataforma.  
Aprovechando el desguarnecido de la vía, se propone el sellado de los actuales desagües y se propone la ejecución de unos taladros en la platabanda superior de la estructura de 105 mm de diámetro en el eje de la estructura, separados longitudinalmente 5,10 m, para que existan desagües en cada uno de los módulos que componen las celosías. Estos desagües se dispondrán en la sección intermedia entre arriostramientos transversales y en cada una de las perforaciones de dispondrá un tubo de 100 mm de diámetro que desaguará en un colector de 200 mm y que transportará el agua hacia el estribo 1 para proceder a su desagüe.
3. Montaje de una estructura auxiliar aporticada sobre la plataforma, que se encapsulará exteriormente y que permitirá ejecutar el chorreo en un espacio confinado. Se propone que esta estructura auxiliar tenga una longitud aproximada de medio vano, que constituiría la zona de trabajo.

Se propone que la plataforma sea móvil sobre ruedas, para que se pueda deslazar longitudinalmente hasta cubrir toda la superficie del puente en 4 puestas distintas.

4. Chorreado y pintado de los muretes guardabalasto  
Los muretes guardabalasto presentan corrosiones superficiales, aprovechando el desguarnecido de la vía, se propone el chorreado de los mismos y la aplicación de pintura de protección en los muretes actuales.
5. Limpieza y pintura de protección en paseos de servicio.  
De forma análoga a las celosías, se plantea también la limpieza de los paseos de servicios laterales mediante chorreado y proyección de abrasivo y aplicación posterior de pintura de protección. Se propone además que la pintura aplicada sea antideslizante.
6. Limpieza y pintura de protección de barandillas laterales.  
Se propone realizar una limpieza manual y repintado
7. Apeo y sustitución de postes de catenaria.  
En la actualidad la plataforma presenta un total de 3 postes de catenaria, de manera que dos de ellos se encuentran cimentados en los muros de contención de los estribos y el otro poste está cimentado en el diafragma de la pila, en su lado izquierdo.  
Ante el mal estado que presentan todos ellos, se ha propuesto el apeo de la catenaria y la sustitución completa de los postes.
8. Reposición de poste hectométrico  
En la plataforma actual existe un poste hectométrico que puede obstaculizar las actuaciones sobre la plataforma, por lo que se ha previsto de manera conservadora su reposición en caso necesario.

### 9.1.11 FASE 10. OTRAS ACTUACIONES

En esta fase se incluyen las demás actuaciones que pueden realizarse sin corte ferroviario y que por tanto pueden solaparse con cualquier otra fase constructiva o incluso podrían realizarse en días en los que tráfico ferroviario tiene su actividad normal.



- Desmontaje y disposición de unas nuevas escaleras de acceso a los estribos y pila. Se propone la sustitución de las actuales escaleras de acceso por otras de nueva ejecución que aporten una seguridad adicional a los equipos de inspección o de mantenimiento que deben acceder hasta las plataformas de inspección.
- Limpieza y pintura de protección de la estructura. Se plantea la limpieza de la estructura mediante chorreado y proyección de abrasivo y aplicación posterior de pintura de protección. Antes de aplicar la imprimación y después de realizado el chorreado y limpieza deberán sellarse todas las juntas, oquedades metálicas o espacios entre paquetes de chapas susceptibles de provocar acumulación de agua y futuras corrosiones con un producto elástico de poliuretano SIKAFLEX 11 FC de aplicación con pistola de silicona o con medios manuales. En caso necesario, se realizará también una regularización del perfil o chapa metálica con Betopox 920 P o similar, que es un adhesivo estructural bicomponente a base de resinas epoxi sin disolventes y cargas seleccionadas, tixotrópico, especialmente diseñado para el pegado de materiales de construcción.

La pintura de imprimación consistirá en una capa de 240 micras de SIGMAFAST 278, que constituye un sistema anticorrosivo a base de resina epoxi pigmentada, que se aplica con sistema airless neumático con un orificio de boquilla entre 0.46 – 0.53 mm.

Por lo que respecta a la pintura de acabado, antes de aplicar esta capa de protección se asegurará una limpieza de la superficie mediante el baldeo con agua eliminando todas las suciedades que se hayan podido generar por el paso del tiempo desde la aplicación de la capa previa de imprimación.

La capa de pintura de acabado estará formada por una capa de 80 micras de SIGMADUR 550H con el color RAL final elegido. Se trata de producto de acabado de poliuretano alifático resistente a los rayos ultravioleta de dos componentes, que se aplica con sistema airless neumático con un orificio de boquilla entre 0.43 – 0.48 mm. Este producto se aplicará siempre cumpliendo las especificaciones de humedad y temperatura prescritas por el fabricante en su ficha técnica.

- Restauración de los elementos de fábrica en pilas y estribos. Como se ha mencionado, será necesario el montaje de un andamio para el acceso al paramento de sillería que, en el caso de la pila, además deberá estar encapsulado. Una vez montado el andamio se procederá a la recomposición de las formas y volúmenes de dicho paramento junto al rejuntado necesario de las piezas. Se hará un saneo de desconchones en los recrecidos de hormigón dónde sea necesario.

### 9.1.12 LIMPIEZA Y TERMINACIÓN DE LAS OBRAS

Dicha fase consistirá en la limpieza, terminación y retirada de escombros de toda la obra, así como la restitución de vegetación, retirada de cerramientos y desmantelado de las casetillas de obra y zonas de trabajo.

## 9.2 DURABILIDAD DE MATERIALES

El anejo N° 6 Climatología, hidrología y durabilidad de los materiales describe las consideraciones observadas en el proyecto acerca de la durabilidad de los materiales, aspecto altamente valorado en el proyecto dadas las condiciones ambientales y la necesidad de conseguir una eficacia de la actuación que debe medirse a largo plazos.

En el caso del puente de Zumaia se puede extraer las siguientes conclusiones:

- Las precipitaciones son altas en la zona (1507 mm de precipitación media total anual). Este hecho hace que se deba prestar atención a aquellos fenómenos de deterioro que tengan al agua como agente principal.

- Las épocas de finales de primavera y parte del verano son las más propicias para que aparezcan eflorescencias por cristalización de sales en la superficie, épocas donde se combinan precipitaciones e insolación que favorecen el fenómeno.
- No existen grandes diferencias entre las temperaturas extremas, por lo que son menos probables los deplacados y exfoliaciones.
- Dada la existencia de 7 días al año con helada, se considera improbable el hecho de que se produzcan ataques de hielo-deshielo.
- Se establece que los 34,02 m/s velocidad límite para el desmontaje del encapsulado del andamio principal de la estructura.
- El andamio de la pila nunca podrá disponerse por debajo de los +2,70 m para evitar que pueda quedar situado bajo la lámina de agua con carrera máxima, tomando como referencia que la cota del paseo de servicio anexo al puente es la +3,10 m.

### 9.3 EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES

En este documento se recogen todas las expropiaciones y ocupaciones temporales necesarias para la ejecución de las obras. Para las obras que se definen en el presente proyecto no será necesaria la ocupación de parcelas de titularidad privadas.

La ejecución de los trabajos descritos en el presente proyecto requiere de la ocupación temporal de los terrenos indicados en el plano 7.3 *Ocupaciones temporales*, recogido dentro del Documento nº2 Planos del presente proyecto, y únicamente afectan a la margen izquierda del río Urola. Dicha ocupación será necesaria para instalar todas las instalaciones propias de la obra, recibir y acopiar los materiales, así como generar los accesos a los distintos tajos de trabajo.

De acuerdo con lo anterior, se requiere ocupar una superficie total de 2.817,07 m<sup>2</sup>. De este total, 545,79 m<sup>2</sup> corresponden al aparcamiento situado del lado de aguas abajo del puente cuya propiedad es municipal. El resto de 2.271,28 m<sup>2</sup>, están situados en el paseo de ribera que figura dentro de la zona de servidumbre de protección, aunque este paseo está incluido dentro del parcelario municipal de Zumaia.

#### OCUPACIÓN TEMPORAL

Relación concreta e individualizada de bienes y derechos afectados:

Nº	PROPIETARIO y DOMICILIO	SUPERFICIE	PARCELA		
		OCUPACIÓN (m <sup>2</sup> )	Nº	ZONA	REFERENCIA CATASTRAL
<b>TERMINO MUNICIPAL DE ZUMAIA</b>					
1	AYUNTAMIENTO DE ZUMAIA (APARCAMIENTO)	545,79	-	-	-
2	AYUNTAMIENTO DE ZUMAIA (PASEO DE RIBERA)	2.271,28	-	-	-

### 9.4 PLAN DE OBRA

El plazo previsto para la realización de las obras es de sesenta y tres (63) semanas, es decir, quince (15) meses.

En el anejo N° 12 Plan de Obra se incluye un diagrama de Gantt con el plan de obra detallado de la estructura, indicando con un código de colores los trabajos que se realizan en horario diurno, dentro de las bandas de mantenimiento, en horario diurno y nocturno con corte total de tráfico durante el mes de corte total y en horario diurno y nocturno con corte total en fin de semana.

## 9.5 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

En el anejo N° 13 se ha redactado el estudio de seguridad y salud para las obras.

Dicho Estudio ha sido elaborado en aplicación del Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, y en él se identifican los riesgos laborales que pueden presentarse durante la ejecución de las obras, indicándose también las medidas técnicas y preventivas tendentes a evitarlos, controlarlos o reducirlos según el caso. Asimismo se incluye la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que debe estar dotado el centro de trabajo.

Este Estudio servirá de base para la redacción por la Empresa Constructora del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones aquí contenidas, en función de sus propios sistemas constructivos.

## 9.6 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Para el cálculo del precio unitario de la mano de obra se ha tenido en cuenta la tabla de retribuciones del Convenio del Sector de la construcción de la provincia de Gipuzkoa para el año 2021.

Además se han considerado: la cotización en la Seguridad Social (23,60%), la contribución al Fondo de Desempleo (6,70%), al Fondo de Garantía Salarial y Formación Profesional (0,80%) y Seguro de Accidentes (6,70%), y también los conceptos de: plus de antigüedad, suplemento voluntario (de acuerdo con el mercado laboral), pagas extraordinarias, vacaciones pagadas, curso extrasalarial, partida en concepto de desgaste de herramientas y ropa de trabajo y reserva para indemnizaciones por despido, enfermedad y muerte. Adicionalmente, se ha tenido en cuenta la repercusión del coste de los equipos de protección individual EPIs, con lo que se ha incrementado el coste de la mano de obra en un 5%.

Para el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se han determinado sus costes directos e indirectos, obteniéndose después los precios de la unidad, mediante la aplicación de las fórmulas que se detallan en el anejo N° 15.

## 9.7 COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS Y SERVICIOS AFECTADOS

Como se pone de manifiesto en el anejo N° 9 Coordinación con otros organismos y anejo N° 10 Servicios Afectados, existe una conducción de agua propiedad del CONSORCIO DE AGUAS DE GIPIZKOA que utiliza la estructura del tablero del puente para atravesar el río Urola. Esta conducción no se verá afectada por la ejecución de las obras, únicamente será necesario desconectar las bridas que conectan esta conducción con el cordón inferior de la celosía central en las proximidades de los apoyos de pilas y estribos, previo al gateo de los apoyos, para proceder a la sustitución del cordón inferior de las celosías laterales y apoyos de neopreno.

De la misma forma, en los paseos de servicio izquierdo de la plataforma de la estructura existen conducciones telefónicas propiedad de EUSKALTEL, que tampoco se verán afectadas por las obras de reparación de la estructura. En este caso, durante los trabajos de chorreo y pintado de la plataforma del puente, se necesitará desplazar ligeramente estos servicios con el fin de tratar todas las superficies metálicas. Esta manipulación en ningún caso general ninguna afección al servicio y se reduce a levantar los servicios de la superficie en la que apoyan para poder trabajar sobre esta.

Durante los trabajos de chorreo, estos servicios se protegerán convenientemente para evitar que acaben dañándose por el impacto material abrasivo.

## 9.8 RENOVACIÓN DE VÍA E INSTALACIONES FERROVIARIAS

En el anejo N° 16 se realiza una descripción detallada de los trabajos previstos en la plataforma ferroviaria para la sustitución de los postes de la catenaria, de la propia catenaria y del sistema Euroloop.



## 9.9 NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DEL P.A.C. Y VALORACIÓN DE ENSAYOS

Dada la naturaleza de la obra, los ensayos necesarios no precisan un presupuesto adicional, quedando cubiertos en una cantidad no superior al 1% del presupuesto de ejecución material, tal como se indica en el anejo N° 17 Control de calidad y valoración de ensayos

## 9.10 GESTIÓN DE RESIDUOS

En el anejo N° 18 del presente proyecto se da cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, y a lo indicado en la normativa propia de Euskadi en concreto en el Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y en la Orden de 12 de enero de 2015, de la Consejera de Medio Ambiente y Política Territorial por la que se establecen los requisitos para la utilización de los áridos reciclados procedentes de la valorización de residuos de construcción y demolición.

En relación con el cumplimiento de la LEY 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi, en el apartado 3 del artículo 84 de la misma se indica que:

*“En la redacción de los pliegos de cláusulas administrativas y prescripciones técnicas particulares para la ejecución de contratos de obras se indicarán los porcentajes de subproductos, materias primas secundarias, materiales reciclados o provenientes de procesos de preparación para la reutilización que se tengan que utilizar para cada uno de ellos. El porcentaje mínimo de utilización de dichos materiales será del 40 %, salvo que por motivos técnicos justificados este porcentaje deba ser reducido.”*

Según esto, tras analizar los materiales previstos en el proyecto constructivo, y cuyo detalle se adjunta en el anejo de Gestión de residuos, se determina que un 58% de los materiales empleados son reciclados o reutilizables, encontrándose entre los materiales reciclados el acero empleado para la reparación de los diferentes elementos y entre los reutilizables los diferentes medios auxiliares necesarios para la ejecución de los trabajos, como pueden ser la cimbra, el encapsulado y los andamios.

## 9.11 PLAN DE MANTENIMIENTO

En el anejo N° 19 del presente proyecto se describe el plan de mantenimiento que se propone poner en marcha a partir de la puesta en servicio de las obras de paso tras la ejecución de las reparaciones, con vistas a garantizar la durabilidad, vida útil y condiciones resistentes de la estructura.

## 9.12 INTEGRACIÓN AMBIENTAL

En el anejo N° 20 se realiza un completo estudio ambiental de las obras de reparación, incluyendo las medidas ambientales necesarias para asegurar que no se producen afecciones. Asimismo, se incluye un presupuesto ambiental de las actuaciones planteadas.

Con fecha 21 de diciembre de 2021 se recibió el informe del Servicio de Fauna y Flora Silvestres, perteneciente al Departamento de Promoción Económica, Turismo y Medio Rural de la Diputación Foral de Gipuzkoa, donde se da su aprobación a la ejecución de las obras que recoge el presente proyecto, siguiendo las medidas ambientales definidas en el mencionado anejo n°20.

### 9.13 PRESUPUESTOS

El Presupuesto de Ejecución Material asciende a 3,566,949.44 € desglosados por capítulos como se indica en el cuadro siguiente:

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
01	ACTUACIONES EN PLATAFORMA	324,529.31	9.1%
02	INSTALACIONES FERROVIARIAS	36,768.88	1.0%
03	MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN	110,580.64	3.1%
04	MEDIOS AUXILIARES Y ACCESOS	863,865.92	24.2%
05	REHABILITACIÓN ESTRUCTURA METÁLICA	1,987,275.19	55.7%
06	REHABILITACIÓN ESTRIBOS	32,226.50	0.9%
07	REHABILITACIÓN PILA	33,403.44	0.9%
08	GESTIÓN DE RESIDUOS	75,239.81	2.1%
09	GESTIÓN AMBIENTAL	31,440.00	0.9%
10	SEGURIDAD Y SALUD	71,619.75	2.0%
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>3,566,949.44</b>	
16.00 % Gastos Generales		570,711.91	
6.00 % Beneficio Industrial		214,016.97	
Suma G.G. y B.I.		784,728.88	
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>		<b>4,351,678.32</b>	
21.00 % I.V.A.		913,852.45	
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN + IVA</b>		<b>5,265,530.77</b>	

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la cantidad de TRES MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (3.566.949,44 €).

El presupuesto base de licitación tiene en cuenta los gastos generales (16%) y el beneficio industrial (6%). El monto total del Presupuesto Base de Licitación asciende a la cantidad de CUATRO MILLONES TRESCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL SEISCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS (4,351,678.32 €).

Los impuestos indirectos (IVA) son un 21 % del Presupuesto Base de Licitación y suman un total de NOVECIENTOS TRECE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS (913,852.45 €).

La suma del Presupuesto Base de Licitación más IVA asciende a un total de CINCO MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS TREINTA EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS (5,265,530.77 €).

El Presupuesto para conocimiento de la administración resulta de sumar al Presupuesto Base de Licitación más IVA las cantidades que tiene que pagar la Administración debido a actuaciones diferentes a las del contratista, como son las expropiaciones, el programa de vigilancia ambiental o, en este caso, el coste del servicio alternativo de autobuses que es preciso ofrecer al usuario de ETS en el tramo de vía en el que se realiza el corte total de tráfico ferroviario, tanto durante el mes completo

con corte total de tráfico como durante los fines de semana en los que es necesario interrumpir también el servicio.

Según la información suministrada por ETS, el coste de este servicio alternativo de autobuses se determina a partir de los precios diarios para días laborables y para sábados, domingos y festivos, de la siguiente manera:

Laborable:

- Sentido Donostia: tramo afectado Zumaia -Zarautz: desde Zarautz continúan en tren
- Sentido Bilbao: tramo afectado Zarauz - Elgoibar: desde Elgoibar continúan en tren.

Sábado, Domingo y Festivo:

- Sentido Donostia: tramo afectado Zumaia -Donostia.
- Sentido Bilbao: tramo afectado Zarautz - Kukullaga: desde Kukullaga continúan en tren

Coste diario por tipo de día:

- Laborable: 11 autobuses x 17 h.x 40 km/h x 1,40 € km: **10.472 €**
- Sábado, Domingo o Festivo: 15 autobuses x 16 h.x 40 km/h x 1,40 € km: 13.440 €
- Autopistas: 32 viajes x 12,73 €: 407,36€
- Total sábado, domingo y festivo: **13.847,36 €**

Número de días con corte total por tipo de día:

- Laborable: **22 días** del mes con corte completo
- Sábado, Domingo o Festivo:
  - Días del mes con corte completo: 4 fines de semana x 2 días + 1 día festivo = 9 días
  - Días de fin de semana: 20 fines de semana x 2 días = 40 días
  - TOTAL: **49 días**

Coste del servicio alternativo de autobuses:

- Laborable: 10.472 € x 22 días = 230.384,00 €.
- Sábado, Domingo o Festivo: 13.847,36 € x 49 días = 678.520,64 €.
- TOTAL: **908.904,64 €**
- TOTAL CON IVA: **1.099.774,61 €**

De esta forma, el Presupuesto para Conocimiento de la Administración queda como sigue:

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN+ IVA	5,265,530.77 €
EXPROPIACIONES	0,00 €
PRESUPUESTO DE VIGILANCIA AMBIENTAL	0,00 €
SERVICIO ALTERNATIVO DE AUTOBUESES POR CORTE TOTA	1.099.774,61 €
<b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN</b>	<b>6,365,305.38 €</b>

Asciende el Presupuesto para Conocimiento de la Administración a la expresada cantidad de SEIS MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS CINCO EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS (6,365,305.38 €).



## 10 CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE

De acuerdo con los artículos 231 a 236 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre de 2017, de Contratos del Sector Público, se considera que el proyecto que se presenta contiene todos los documentos necesarios para la completa y correcta definición de las obras.

El presente proyecto se refiere necesariamente a una obra completa, entendiéndose que es susceptible de ser entregadas al uso general o al servicio, de acuerdo con el artículo 125 del Reglamento General de Ley de Contrato de las Administraciones Públicas.

## 11 DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE COSTAS

Conforme al artículo 44.7 de la Ley 22/1988 de 28 de julio de Costas, y el artículo 96.1 del Reglamento General para su desarrollo y ejecución, correspondiente al Real decreto 1471/1989 de 1 de diciembre, se declara expresamente que el "Proyecto constructivo para reparación y refuerzo del puente sobre el río Urola en el P.K. 79/036 de la línea Bilbao - Donostia de ETS en Zumaia, Guipúzcoa" cumple las disposiciones de la citada Ley de Costas, así como las normas generales y específicas que se dicten para su desarrollo y aplicación.

## 12 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

### DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

- Anejo nº 1. Normativa
- Anejo nº 2. Antecedentes administrativos
- Anejo nº 3. Documentación existente
- Anejo nº 4. Auscultación de la estructura. Informes de inspección de la estructura
- Anejo nº 5. Reportaje fotográfico
- Anejo nº 6. Climatología, hidrología y durabilidad de los materiales
- Anejo nº 7. Evaluación estructural
- Anejo nº 8. Proceso constructivo
- Anejo nº 9. Coordinación con otros organismos
- Anejo nº 10. Servicios afectados
- Anejo nº 11. Expropiaciones y ocupaciones temporales
- Anejo nº 12. Plan de Obra
- Anejo nº 13. Estudio de Seguridad y Salud
- Anejo nº 14. Clasificación del contratista
- Anejo nº 15. Justificación de precios
- Anejo nº 16. Renovación de vía e instalaciones de ferrocarril
- Anejo nº 17. Control de Calidad y Valoración de ensayos
- Anejo nº 18. Gestión de residuos
- Anejo nº 19. Plan de Mantenimiento
- Anejo nº 20. Estudio Medioambiental

### DOCUMENTO Nº 2. PLANOS

### DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

### DOCUMENTO Nº 4.- PRESUPUESTO

#### 4.1. MEDICIONES

- 4.1.1. Mediciones
- 4.2 CUADROS DE PRECIOS
  - 4.2.1 Cuadro de Precios nº 1
  - 4.2.2 Cuadro de Precios nº 2
- 4.3 PRESUPUESTO
  - 4.3.1. Presupuestos Parciales
  - 4.3.2. Presupuesto de Ejecución Material
  - 4.3.3. Presupuesto Base de Licitación
- 4.4 RESUME DE PRESUPUESTO

## 13 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con todo lo expuesto, el ingeniero que suscribe considera debidamente justificadas y detalladas todas las actuaciones previstas en el presente Proyecto, por lo que lo somete al examen de la Superioridad esperando merecer su aprobación.

Madrid, enero de 2022

Los Ingenieros Autores del Proyecto



Fdo. Alberto Martín Galán  
Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos



Fdo. I. Jaime Azpiazu  
Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos