



## DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y ANEJOS

### ANEJO N° 19. PLAN DE MANTENIMIENTO



## Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	PRINCIPIOS RECTORES DEL MANTENIMIENTO.....	5
2.1	GENERALIDADES.....	5
2.2	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.....	6
2.2.1	Inventario.....	7
2.2.2	Inspecciones.....	8
2.2.3	Operaciones de mantenimiento.....	8
3	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y SUS ELEMENTOS.....	9
3.1	IDENTIFICACIÓN.....	9
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	11
3.3	ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONTEMPLADOS EN EL PRESENTE PLAN DE MANTENIMIENTO.....	15
4	CLASES DE EXPOSICIÓN Y VIDA ÚTIL CONSIDERADA.....	15
4.1	CLASES DE EXPOSICIÓN.....	15
4.2	VIDA ÚTIL.....	16
4.2.1	Estimación de la Vida Útil de las estructuras.....	17
5	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS PREVISIBLES.....	17
5.1	ELEMENTOS DE FÁBRICA.....	17
5.2	ELEMENTOS METÁLICOS.....	18
5.2.1	Cerchas de acero y tablero metálico.....	18
5.3	SISTEMA DE DRENAJE.....	19
6	CRITERIOS DE INSPECCIÓN.....	19
6.1	INSPECCIONES BÁSICAS O RUTINARIAS.....	19
6.2	INSPECCIONES PRINCIPALES.....	19
6.3	INSPECCIONES ESPECIALES.....	20
7	DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ACCESO.....	20
8	CRITERIOS DE EVALUACIÓN (UMBRALES DE RECHAZO).....	20
9	MANTENIMIENTO.....	21
9.1	DEFINICIÓN.....	21
9.2	MANTENIMIENTO BÁSICO U ORDINARIO.....	21
9.3	MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO.....	21
10	VALORACIÓN DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.....	22



# 1 INTRODUCCIÓN

El Plan de Mantenimiento describe las pautas que deben seguirse para el mantenimiento y la inspección periódicos de la estructura, en orden a asegurar la vida útil adicional de la misma, a partir de la fecha de recepción de la obra original o de reparación.

Esta forma de proceder está en sintonía con las exigencias que plantea la Instrucción EHE-08, pionera en este ámbito, al definir las estrategias de durabilidad, vida útil y mantenimiento. En particular, el Art. 103º *Mantenimiento* prescribe la redacción de un Plan de Inspección y Mantenimiento para todas las estructuras de nueva planta que se proyecten y construyan con arreglo a dicha Instrucción. Las presentes estructuras no son precisamente obras de nueva planta, pero no por ello deben quedar sin plan de mantenimiento por sus especiales características y por la ejecución de un tablero nuevo. Por el contrario, son precisamente las estructuras existentes que han sido sometidas a una inspección especial, como es el caso, las que permiten redactar un plan de mantenimiento que sea coherente con el diagnóstico realizado y con la propuesta terapéutica que se formula en el proyecto de rehabilitación.

Así, la Instrucción española EHE-08 requiere que, a partir de la entrada en servicio de la estructura, la Propiedad programe y lleve a efecto las actividades que se recogen en el Plan de Mantenimiento, de forma coherente con los criterios adoptados en el proyecto. La nueva EAE-10, para estructuras metálicas, se suma a este planteamiento.

En el contexto, ya inevitable, de los planteamientos de sostenibilidad y economía global, debe entenderse que el mantenimiento es una actividad de carácter preventivo, que detecta, evita o retrasa la aparición de problemas que, de lo contrario, tendrían una resolución más complicada y una cuantía económica muy superior. En este sentido, todos los agentes implicados en el proyecto, la construcción y la explotación de una infraestructura deben tener presente las distintas etapas del ciclo de vida de la estructura, que incluyen el conjunto de su vida útil. Además, las diferentes fases de la estructura (proyecto, ejecución y control, vida de servicio) no pueden considerarse totalmente independientes, sino interrelacionadas, por lo que determinadas decisiones típicas de la fase de proyecto, tales como la selección de los materiales, la geometría de los elementos y, en su caso, los aparatos de apoyo, las juntas, etc., deben tomarse teniendo muy presentes las previsiones de mantenimiento que se adopten.

La reglamentación española se abre así al ámbito de la hasta ahora ignorada dimensión temporal de las construcciones de hormigón, al periodo de servicio de las estructuras, y es que se ha dedicado poca atención técnica y normativa al mantenimiento de las construcciones, lo que contrasta con el merecido reconocimiento que tiene el mantenimiento en ámbitos tan diferentes como el del automóvil o el de la aviación. La Instrucción EHE-08 introduce, por vez primera, pautas acerca del mantenimiento que son coherentes con el tratamiento de la durabilidad y la vida útil, en sintonía también con la sostenibilidad tan justamente reclamada.

## 2 PRINCIPIOS RECTORES DEL MANTENIMIENTO

### 2.1 GENERALIDADES

Se entiende por mantenimiento de una estructura el conjunto de actividades necesarias para que el nivel de prestaciones, para el que ha sido proyectada con arreglo a los criterios indicados en el proyecto o en la normativa de referencia, no disminuya durante su vida útil de proyecto por debajo de un cierto umbral, vinculado a las características de resistencia mecánica, durabilidad, funcionalidad y, en su caso, estéticas.

El mantenimiento es una actividad de carácter preventivo, que evita o retrasa la aparición de problemas que, de lo contrario, tendrían una resolución más complicada y una cuantía económica muy superior.

La figura 2.1, tomada de la Instrucción EHE-08, muestra, en abscisas, el tiempo transcurrido desde el final de la construcción (instante  $t_0$ ) y, en ordenadas, un índice de la prestación  $R$  (en sentido amplio: capacidad mecánica, durabilidad, seguridad del usuario, etc.) y de las solicitaciones  $S$  existentes desde

la construcción. A partir del instante  $t_0$  comienza un inexorable proceso por el cual la capacidad prestacional se va degradando (curva  $R(t)$ ) y la sollicitación, en general, crece (curva  $S(t)$ ). El punto  $D$  representa la situación en la que la vida de la estructura sería  $T_L$ . Con el fin de que la vida útil pueda ser prolongada, es decir, la distancia entre  $R$  y  $S$  se mantenga "razonablemente", como mínimo, hasta alcanzar la vida útil de proyecto, habrá sido preciso que, en sucesivos instantes  $t_1, t_2, t_3$  se hayan realizado intervenciones de reparación que permitan mantener la diferencia  $R - S$  en valores satisfactorios. En estos casos, la vida útil de la estructura alcanzaría los valores  $T_{1L}, T_{2L}, T_{3L}$ , en los puntos A, B y C respectivamente, siempre mayores que  $T_L$ , o que  $T'_L$ , consecuencia, por ejemplo, de una acción no prevista o de una ausencia de política adecuada de mantenimiento.

A título de comentario, debe tenerse presente que la actividad de mantenimiento ocupa la práctica totalidad del ciclo vital, puesto que la fase inicial de proyecto y construcción comprende un intervalo de tiempo equivalente a una pequeña fracción de la vida útil. La fase de demolición comporta una fracción de tiempo aún menor. En términos económicos, una rehabilitación estructural (devolverle al menos una parte de las prestaciones perdidas) al cabo del período de amortización puede requerir de desembolsos equivalentes a varias veces el de construcción si no se practica una adecuada política de mantenimiento.

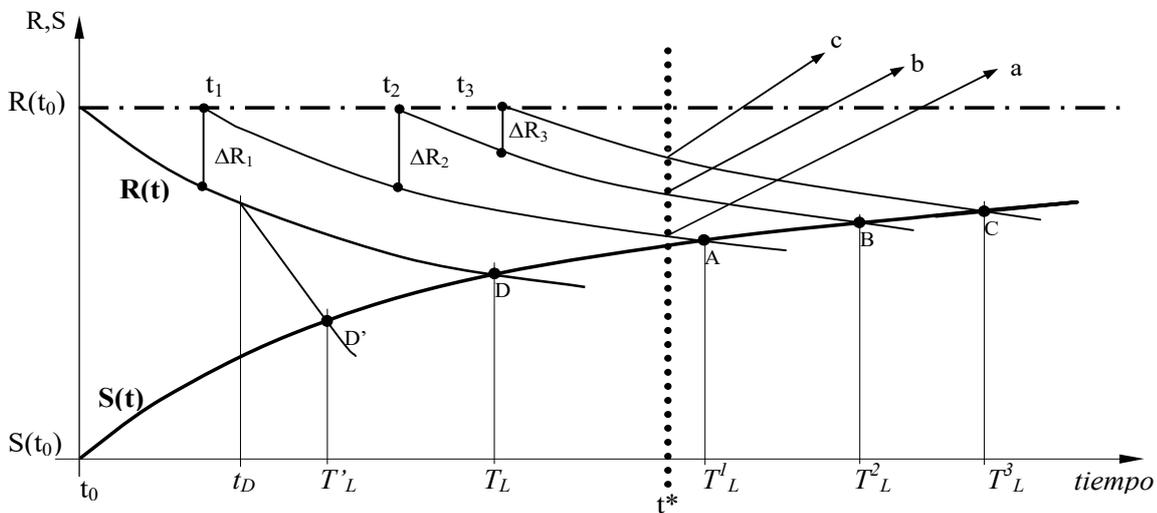


Figura 2.1. Evolución en el tiempo de sollicitaciones y capacidad resistente.

## 2.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Las actividades relacionadas con el mantenimiento se sitúan en un contexto general más amplio que puede denominarse gestión de la infraestructura. En dicha gestión se contemplan los siguientes conceptos:

- inventario, que se refiere a los datos identificativos y descriptivos disponibles;
- inspecciones, planteadas para controlar con cierta periodicidad el estado real de la infraestructura; y
- mantenimiento propiamente dicho, que comprende tanto las operaciones corrientes y pautadas de mantenimiento ordinario, de carácter esencialmente preventivo, como las actuaciones especiales o de carácter terapéutico, bien entendido que para situaciones accidentales.

La figura 2.2 muestra un esquema típico de las fases por las que atraviesa el proceso de gestión de estructuras en fase de uso o explotación. En principio, el esquema de actuación en el sistema de gestión es aplicable a cualquier construcción, con los matices correspondientes en cada caso.

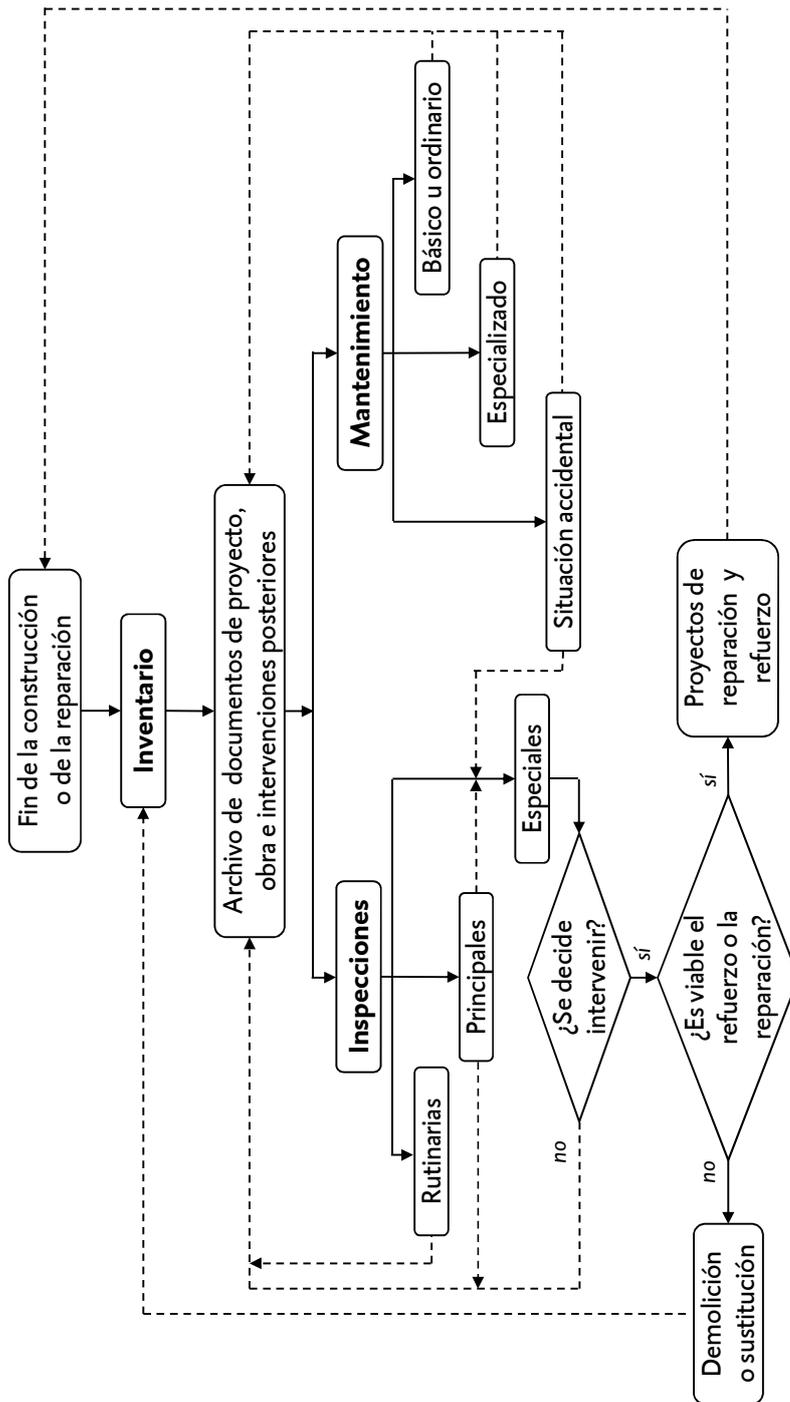


Figura 2.2. Diagrama de flujo típico de la gestión de estructuras.

### 2.2.1 Inventario

Consiste en el archivo documental completo de la obra, que incluye el Proyecto de Construcción, así como los proyectos que, eventualmente, le sucedan en virtud de reparaciones, refuerzos, ampliaciones, etc., y las memorias o informes vinculados a la historia de la estructura.

Dicha estructura se encuentra inventariada en el listado de estructuras de ETS con el código BI-DO-079/036-4.

En este caso no se dispone del proyecto de construcción original del puente, de modo que sólo se dispone de los resultados de las inspecciones realizadas en 2011, 2020 y en 2021, así como de la documentación de los proyectos correspondientes a las intervenciones de 1989 y 2003.

### 2.2.2 Inspecciones

Se gradúan en función de la intensidad, especialización y frecuencia:

- **Inspecciones básicas o rutinarias**, que permitan asegurar el correcto funcionamiento de los elementos vinculados a la operación y durabilidad de la obra. La frecuencia de estas inspecciones no será menor a una vez al año.
- **Inspecciones principales** son las realizadas por técnicos cualificados y con experiencia en este tipo de trabajos. A esos técnicos ha de resultarles también de utilidad el presente Plan de Mantenimiento, en la medida en que se puedan detectar, en su caso y a ojos de inspectores expertos, discrepancias entre la previsión de comportamiento explicada en este Manual y la realidad observada. En ese caso, cabe la posibilidad de efectuar modificaciones en el Manual de Conservación si las indicaciones dadas se hubiesen mostrado ineficaces. La frecuencia de estas inspecciones será de 60 meses, salvo que, tras una inspección principal, se adviertan síntomas de un incremento de la velocidad de los deterioros.
- **Inspecciones especiales y pruebas de carga**, que requieren de la auscultación específica de la estructura y de su valoración analítica posterior para la formulación de diagnósticos. Por razones equivalentes a las expuestas para el caso de las inspecciones principales, este Plan de Mantenimiento servirá de ayuda para la correcta interpretación de los deterioros eventualmente observables. En el contexto del aludido “ciclo vital”, cabe indicar que la inspección especial volverá a ser necesaria si, al final de la vida útil prevista, se valora la viabilidad de una nueva rehabilitación, objeto de proyecto específico. Como se ha indicado ya en otro lugar, este puente ha sido objeto ya de una inspección especial en este contexto.

### 2.2.3 Operaciones de mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento han de servir para asegurar que, durante la vida útil definida, el nivel de prestaciones de la estructura se mantiene por encima de los límites o umbrales de aceptación definidos.

En el contexto del presente documento, el “nivel de prestaciones” ha de entenderse en términos de seguridad estructural, comportamiento en servicio, seguridad del usuario y durabilidad.

Se diferencian los siguientes niveles de actuación:

- **Mantenimiento básico u ordinario**, pautado y regular. No requiere personal especializado.
- **Mantenimiento especializado** pautado y de alcance pequeño o moderado. Su frecuencia no siempre es fija, sino el resultado de las inspecciones rutinarias y principales. A título de ejemplo, operaciones como reparación de rasponazos, pequeños impactos por sucesos menores, reparaciones de elementos de drenaje afectados por fuertes lluvias o vientos, etc. caben dentro de este tipo de mantenimiento.
- **Intervenciones especializadas** para el caso en que se den situaciones accidentales de alcance. Es importante destacar que no se incluyen aquí las reparaciones que se corresponden con el deterioro y degradación previsible de los materiales o elementos constructivos, puesto que precisamente la vida útil se habrá definido en función del final previsible de las prestaciones de dichos elementos y que caen en el ámbito del mantenimiento especializado. Estas operaciones serán el resultado dictaminado por inspecciones especiales, según 2.2.2.

En todo caso (figura 2.2), se llevará registro documental de las labores de mantenimiento, haciendo especial hincapié en las incidencias registradas. Su análisis constituye una fuente muy valiosa de interpretación del funcionamiento de la estructura y sus instalaciones (la más importante desde el punto de vista de la durabilidad de la estructura suele ser el sistema de drenaje, por ejemplo).

### 3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y SUS ELEMENTOS

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN

Las figuras siguientes muestran, sucesivamente, la ubicación del Puente sobre el río Urola y los detalles de la zona en la que se encuentra.

En la figura 3.4 se muestran un alzado de la estructura tomada en una de las visitas

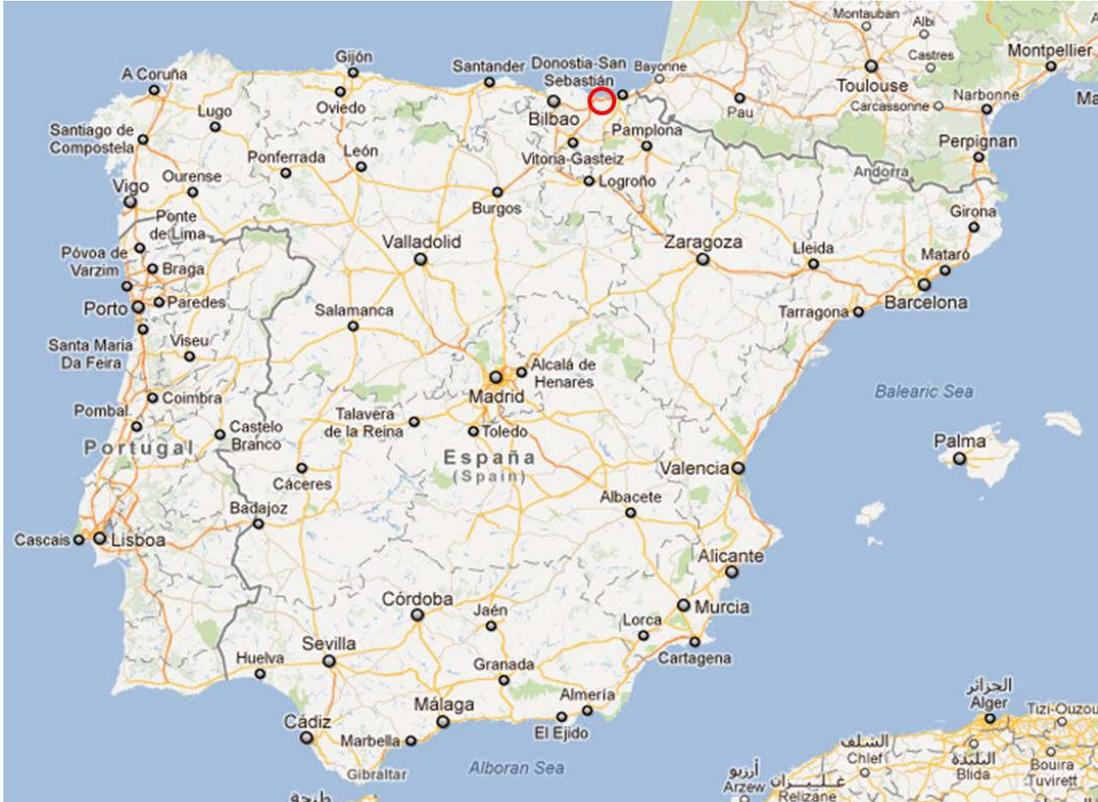


Figura 3.1. Situación del puente en la provincia de Guipúzcoa



Figura 3.2. Situación del Puente de la línea Bilbao-Donostia en el municipio de Zumaia

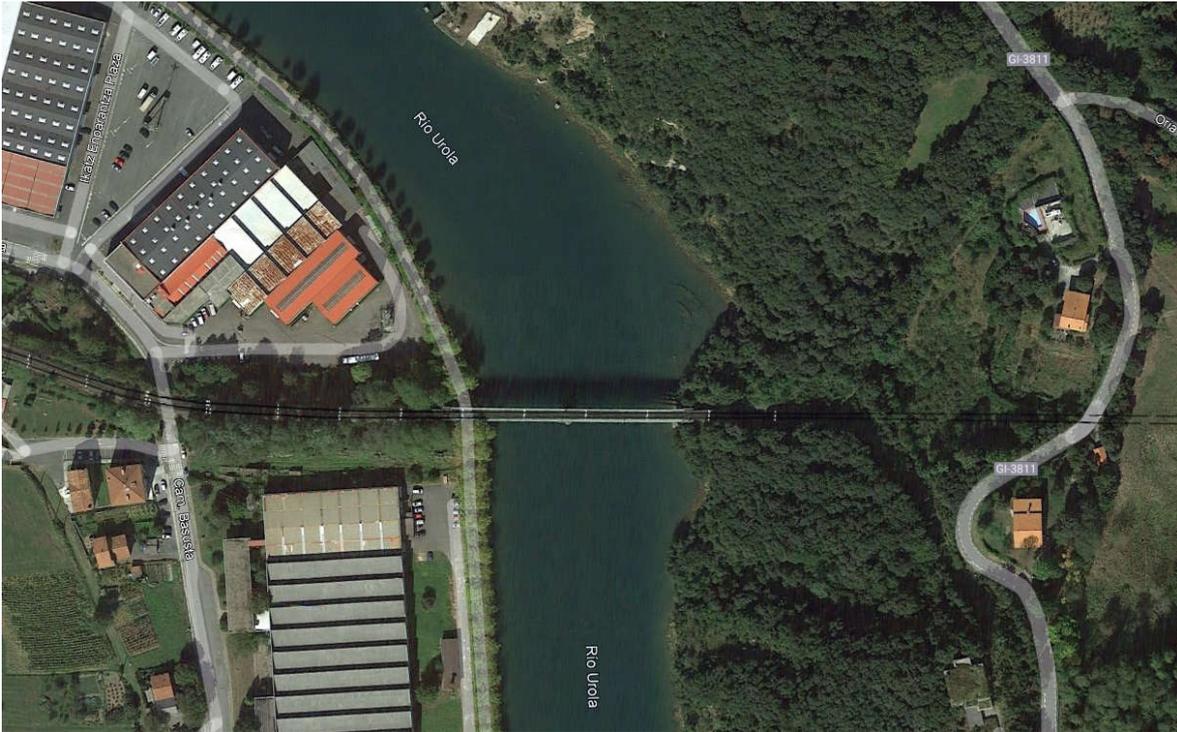


Figura 3.3. Situación del Puente de la línea Bilbao-Donostia en el municipio de Zumaia



Figura 3.4. Vista en escorzo desde lado izquierdo del estribo 1

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura objeto de este documento se encuentra en el PK 079/036 de la línea Bilbao-Donostia, junto al polígono industrial Batusta Bidea en Zumaia, Guipúzcoa.

A continuación se muestra la localización de la estructura:

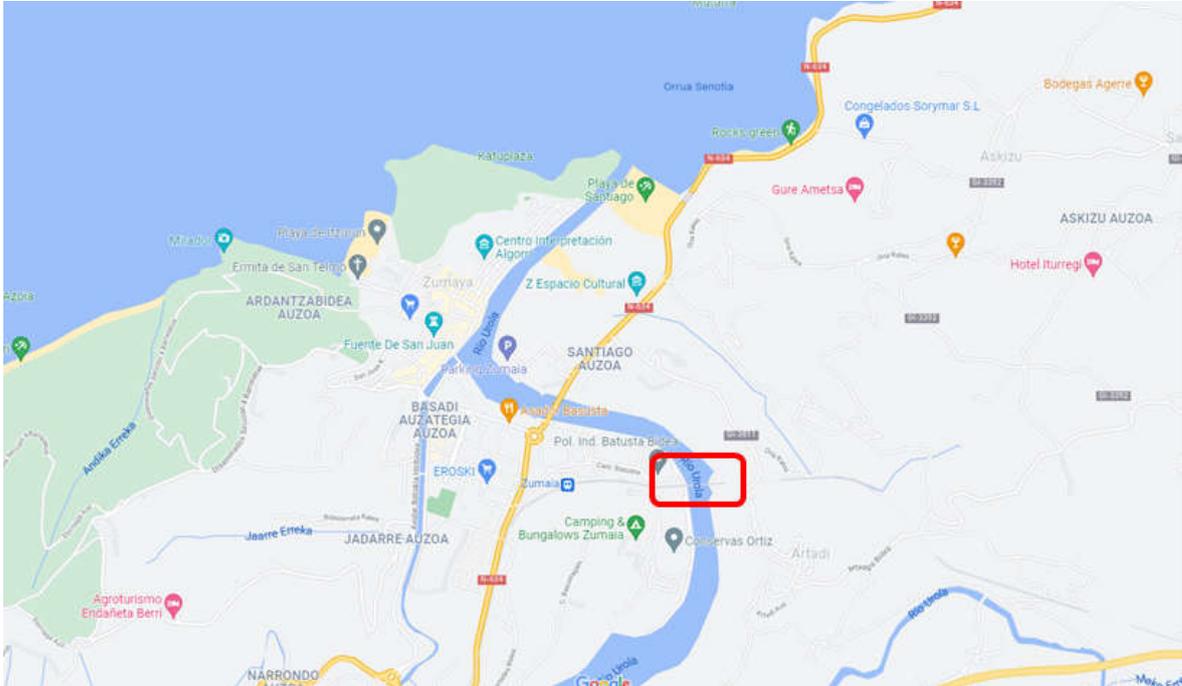


Figura 3.2.1. Ubicación del Puente sobre el río Urola

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:

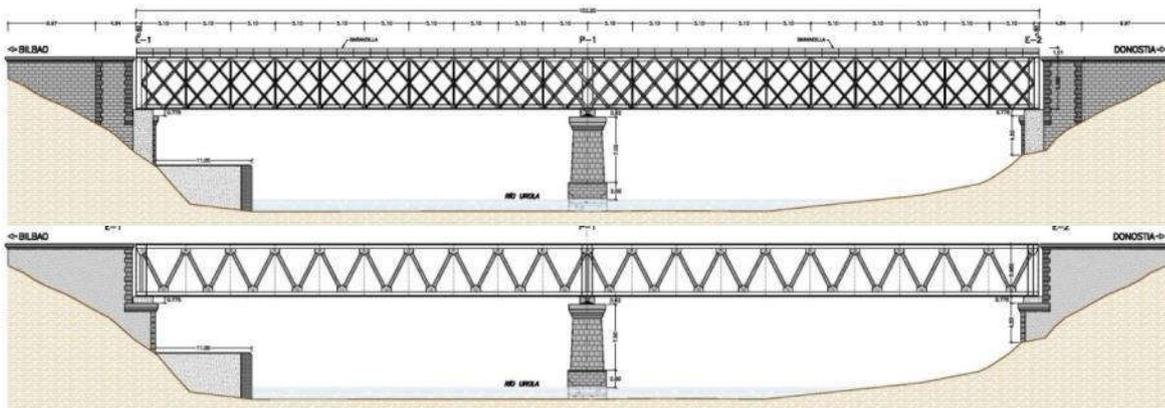


Figura 3.2.2. Alzado lateral y central del puente sobre el río Urola

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 3.2.3. Vista en escorzo desde lado izquierdo del estribo 1.

El tablero está constituido por un emparrillado 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 3.2.4. 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 3.2.5. Alzado de estribo 1.

Como se ha comentado, existen durmientes de hormigón, construidos 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 3.2.6. 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 3.2.7. 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 3.2.8. Vista de la plataforma en sentido PK decreciente desde el estribo 2.

### 3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONTEMPLADOS EN EL PRESENTE PLAN DE MANTENIMIENTO

En este Plan de Mantenimiento se contemplan los siguientes elementos estructurales:

- a) Cerchas metálicas
- b) Pilas y estribos de sillería arenisca.

## 4 CLASES DE EXPOSICIÓN Y VIDA ÚTIL CONSIDERADA

### 4.1 CLASES DE EXPOSICIÓN

A continuación se muestra un resumen de las condiciones climáticas a las que se ve sometida el puente, definidas en el Anejo 6, *Climatología y durabilidad de los materiales*, del presente proyecto.

Para ello se han analizado los datos extraídos de la estación meteorológica de Igueldo (San Sebastián), por ser la más cercana a la zona de estudio, en el período comprendido entre 1972 y 2000.

- En cuanto a las temperaturas, no se han registrado valores superiores a los 38,6°C ni inferiores a -12,1°C. En cuanto a la media máxima, se da en el mes de agosto, alcanzando 22,2°C
- La precipitación anual total es de 1507 mm, siendo julio el mes menos lluvioso. El porcentaje de días de lluvia por año se encuentra en torno al 38,66%. Los meses con menor número de días de lluvia son julio, agosto y septiembre. En cuanto al porcentaje de días de tormenta, está alrededor de un 7,5%. Por lo que respecta al porcentaje de días de nieve, es de un 1,10 %
- Durante el período de estudio, número medio de días de helada al año fue de 7 días.
- Durante el período de estudio no se detectó ningún día de helada

En el Anejo de Climatología se extrajeron las siguientes conclusiones a la vista de los resultados mostrados anteriormente:

- 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 estable 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.

Las condiciones ambientales son especialmente desfavorables en el caso del acero estructural ya que, una vez que se ha perdido la capa de protección del mismo la exposición en un ambiente húmedo provoca la aparición de corrosión, que se puede ver agravada por la presencia de cloruros de origen marino.

A partir de la caracterización geométrica de la estructura, y a la vista de los resultados de la inspección efectuada, se puede concluir que el ambiente en el que se encuentra ubicado el puente influye en el estado general de la estructura frente a los mecanismos de degradación, y en el caso del tramo metálico el estado de deterioro es avanzado, observándose en determinados puntos del mismo importantes corrosiones con pérdidas de sección, sobre todo, en los mamparos de pila y estribo 2.

De esta forma, el ambiente considerado es el C4 de acuerdo con UNE-EN ISO 12.944-2.

## 4.2 VIDA ÚTIL

Se entiende por vida útil (también se conoce como “período de servicio”) de la estructura el período de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución, durante el que debe mantenerse el cumplimiento de las exigencias. Durante ese período requerirá una conservación normal, que no implique operaciones de rehabilitación.

En la figura 4.2, conceptualmente equivalente a la figura 2.1, se muestra un diagrama que, en abscisas, presenta el eje temporal desde el final de la construcción y, en ordenadas, de forma genérica, las prestaciones que ofrece la estructura ( $R$ ) y las solicitaciones ( $S$ ) que actúan sobre ella, en forma de cargas, agresión ambiental, etc.

Las curvas de trazo blanco se corresponden con una situación “normal”. La capacidad resistente  $R$  (de trazo continuo) decae como consecuencia del inexorable deterioro de los materiales. Tal degradación es lenta al principio pero se acelera más adelante. Así por ejemplo, la corrosión de acero se manifiesta bastante tiempo después de concluida la construcción, y los deterioros y la pérdida de capacidad resistente se aceleran a partir de entonces. Las solicitaciones (curva  $S(t)$ , de trazo discontinuo) crecen, porque los tráfico, cargas muertas, etc. han ido aumentando y la agresión ambiental también (ingreso de cloruros, etc.). Cuando ambas curvas se cortan es que se ha llegado al umbral de aceptación (se ha omitido, por claridad, el margen de seguridad) y, por consiguiente, se habrá alcanzado la vida útil  $t_L$ .

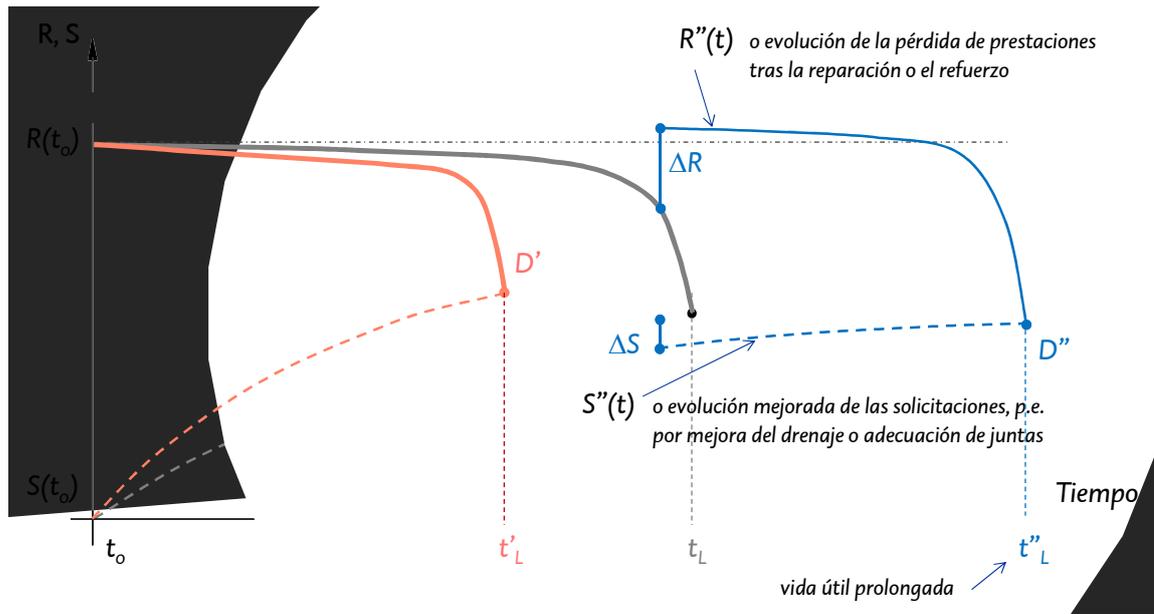


Figura 4.2. Evolución en el tiempo de solicitaciones y prestaciones de una estructura

Las curvas de color rojo muestran el mismo esquema de funcionamiento, pero con una vida útil  $t'_L$  menor porque las solicitaciones aumentaron, quizás, más rápidamente y las degradaciones progresaron también más deprisa. Además, sin duda, no se ejerció actividad alguna de mantenimiento que habría permitido, como muestran las curvas de trazo azul, recuperar una parte (o la totalidad o incluso más) de la capacidad prestacional inicial y, al mismo tiempo, reducir parte de la solicitación, como, por ejemplo, mejorar el sistema de drenaje para eludir la agresión que conlleva siempre el agua. El final de la vida útil se habrá prorrogado hasta  $t''_L$ . Un sistema de gestión de estructuras sirve precisamente para determinar en qué estado se encuentran  $R$  y  $S$  en un instante  $t$  y, por tanto, decidir si hay que emprender alguna medida correctora o ésta puede esperar.

Al concluir la vida útil nominal de la estructura cabe aún la posibilidad de realizar sobre ella una inspección especial que dictamine su seguridad estructural residual (el margen  $R - S$  en la figura 4.1) y la vida útil residual, correspondiendo a la Propiedad decidir, tras este trabajo de ingeniería, si se puede prolongar aún su uso o se debe proceder a su demolición o reutilización.

#### 4.2.1 Estimación de la Vida Útil de las estructuras

En el caso en el que la reparación completa de la estructura se lleve a cabo con los procedimientos que se proponen en el presente proyecto, la vida útil de la estructura se prolongará en torno a 50 años tras la realización de las obras, valor similar a la vida útil de una estructura prácticamente de nueva construcción debido a la magnitud de las reparaciones planteadas.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS PREVISIBLES

### 5.1 ELEMENTOS DE FÁBRICA

Los paramentos de fábrica presentan en la actualidad extensiones muy pequeñas de vegetación enraizada y, sobre todo, algas y musgos adheridos a la superficie. Lo más probable es que estos deterioros vuelvan a aflorar como consecuencia de la abundante humedad de la zona, debida tanto a las elevadas precipitaciones como a la presencia próxima de la costa.

Las pátinas, manchas, costras calcáreas y eflorescencias pueden volver a aparecer si las operaciones de drenaje no se realizan correctamente. Si el rejuntado de la fábrica no se realiza correctamente o no se emplean los materiales adecuados, es probable el lavado de juntas, aunque dado que el nivel de daño actual de estribos y pila es muy bajo, no son esperables daños importantes.

De igual modo, si las operaciones de reparación relacionadas con la durabilidad no se ejecutaran según las especificaciones del proyecto, podrían aparecer daños nuevos, como nuevas arenizaciones, exfoliaciones y pérdidas de masa.

Otro daño previsible a lo largo de la vida útil de la estructura es la meteorización de las piezas de fábrica de la pila y los estribos.

En cualquier caso, como se ha comentado, no son esperables daños importantes en las piezas de fábrica de estribos y pila ante el buen estado que presentan en la actualidad.

## 5.2 ELEMENTOS METÁLICOS

Tanto las cerchas metálicas, especialmente los elementos inferiores, que componen la superestructura, así como el tablero y las barandillas metálicas, son susceptibles de sufrir descascarillamientos de pintura o desgaste superficial, al tratarse de elementos que reciben constantemente agua de la lluvia. Adicionalmente si el drenaje de la estructura no se realiza correctamente y se produce acumulación de agua sobre estos elementos metálicos, se puede crear una pátina de óxido sobre el elemento metálico que con el paso del tiempo produce la corrosión de la pieza y pérdida de sección resistente.

Las barandillas se tratan de unos elementos especialmente sensibles al mantenimiento ordinario, que se debe realizar correctamente.

Para la consecución de la vida útil nominal en el caso de los elementos de acero al carbono, se han seguido las prescripciones de la norma UNE-EN ISO 12.499.

### 5.2.1 Cerchas de acero y tablero metálico

Este apartado se refiere al acero estructural empleado en el tablero metálico y en las cerchas de la estructura.

El ambiente en el que está ubicado la superficie exterior del tablero, de acuerdo con UNE-EN ISO 12.944-2, es el C4, correspondiente a agresividad alta. El puente está situado sobre el río Urola en una zona próxima a la costa con pérdidas de masa entre 200 y 400 g/m<sup>2</sup> tras el primer año de exposición y pérdidas de espesor comprendidas entre las 25 y las 50 µm para el mismo período.

Al objeto de racionalizar el mantenimiento del sistema de protección, se ha contemplado la necesidad de que éste sea de durabilidad alta (categoría H de la UNE-EN ISO 12.944-5), lo que permite plantear un mantenimiento de la misma cada 15 años. En esa misma línea, si bien algo más concreta, el Paper 477 de la National Association of Corrosion Engineers (NACE) diferencia entre:

- la vida útil ideal del sistema, entendida como el período hasta que se requiere intervenir sobre una superficie comprendida entre el 3 y el 5% de la zona protegida, no existiendo aún ningún tipo de corrosión activa.
- la vida útil práctica del sistema, entendida como el período hasta que se requiere intervenir sobre una superficie comprendida entre el 5 y el 10% de la zona protegida, existiendo además corrosión activa.

Así, en fase de proyecto se definió un esquema de pintura consistente en:

- Chorreado con abrasivo grado Sa 2,5 (UNE EN ISO 8501-1).
- Imprimación: Aplicación de una capa de 240 micras de SIGMAFAST 278, que es sistema anticorrosivo a base de resina epoxi pigmentada.
- 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 pintura de acabado consiste en la aplicación de 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.

Este producto se aplicará siempre cumpliendo las especificaciones de humedad y temperatura prescritas por el fabricante en su ficha técnica.

La vida útil práctica del sistema de protección con pintura es superior a los 15 años, que, como se ha comentado anteriormente, se considera como el período a partir del cual se realiza el primer repintado de mantenimiento.

### 5.3 SISTEMA DE DRENAJE

No son de esperar comportamientos anómalos, diferentes de los ya conocidos, en el conjunto de desagües, en el supuesto de que se efectúan sobre éstos las labores rutinarias adecuadas de limpieza (mantenimiento ordinario). La experiencia demuestra que las causas más frecuentes de deterioro son el atasco de las conducciones por pérdida de sección debido a la acumulación de sedimentos o residuos.

Los daños asociados son bien conocidos: manchas de agua, goteras, etc. Por todo ello se hace especialmente recomendable que, además del mantenimiento ordinario, se preste especial atención a la limpieza y, en su caso, reparación del sistema de drenaje después de tormentas o lluvias importantes.

En todo caso, se prestará atención a todo tipo de mancha de humedad que pudiera estar evidenciando un mal funcionamiento del sistema de drenaje.

## 6 CRITERIOS DE INSPECCIÓN

Se plantean tres niveles de inspección: básicas o rutinarias, principales y especiales.

### 6.1 INSPECCIONES BÁSICAS O RUTINARIAS

Son las efectuadas por el personal encargado del mantenimiento de la obra, es decir, de la propia empresa concesionaria o de la empresa que ésta contrate con este propósito. Su objetivo es hacer un seguimiento del estado de la obra de manera simultánea a las operaciones rutinarias de mantenimiento, para detectar así lo antes posible fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de conservación o reparación si no son corregidos a tiempo. La realización de esta inspección supone completar una ficha tipo de inspección básica, en la que se han de destacar, de todos los daños posibles, los de mayor trascendencia. La cadencia de estas inspecciones será semestral, coincidiendo con el verano y con el invierno.

Como consecuencia de cada inspección rutinaria se derivarían, en su caso, las siguientes acciones:

- Operaciones de mantenimiento ordinario, que se describirán en los apartados siguientes, y otras adicionales, si no hay daños significativos de mayor importancia.
- Inspecciones de nivel superior (principales o especiales) si se detectan problemas de tipo evolutivo que deben ser analizados por técnicos especializados. Estas inspecciones, así como las solicitudes de órdenes de estudio para la elaboración de proyectos, se propondrán al Ministerio.

### 6.2 INSPECCIONES PRINCIPALES

Son las efectuadas por personal especializado para la determinación minuciosa, de forma visual, del estado de los deterioros de los elementos, rellenando finalmente una ficha sistematizada. A diferencia de las anteriores, se requiere de la participación de ingenieros especializados, que saben qué mirar, dónde hacerlo y cómo interpretar lo que ven. El resultado de la inspección permitirá evaluar los deterioros de los distintos elementos de la obra, para finalmente obtener un "índice de daño".

La cadencia propuesta para estas inspecciones es de 60 meses a partir de una inspección principal inicial o de estado cero, que debería ser coincidente con la recepción de la obra.

La inspección principal sólo requiere de medios visuales y es indispensable que los inspectores vayan equipados con:

- cámara fotográfica digital;
- prismáticos;
- medidor de abertura de fisuras;
- espejo;
- cinta de medir y distanciómetro; y
- martillo para detectar la eventual existencia de exfoliaciones.

De manera complementaria, se recuerda la necesidad de que los inspectores, debidamente acreditados ante la autoridad competente, vayan dotados de los elementos de seguridad correspondientes (botas, chalecos reflectantes, etc.). En ciertos casos, como la inspección en calzada, será necesario gestionar cortes y desvíos provisionales de tráfico.

### 6.3 INSPECCIONES ESPECIALES

Son las realizadas con todo tipo de equipos especiales y personal especializado para poder estudiar en detalle las patologías estructurales, y poder elaborar consecuentemente informes de estado o proyectos de reparación de la obra. Se decide acometer una inspección especial sólo si de resultados de una inspección básica o de una principal se ha detectado un vicio oculto o una evolución rápida de algún deterioro (fisuras en soldaduras o en perfiles metálicos, por ejemplo) que pueda dar lugar a pérdida del nivel de seguridad, de funcionalidad o de seguridad de los usuarios. Sería el caso también de una circunstancia accidental, como un impacto de una embarcación en la pila, tras cuya ocurrencia resultase necesario evaluar el estado de la estructura y dictaminar la necesidad de reparar o reforzar.

Los inspectores además deberán llevar los instrumentos enumerados en el caso anterior, así como la acreditación correspondiente.

## 7 DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ACCESO

Por lo general, la inspección detallada de esta estructura no requerirá medios especiales de acceso, teniendo en cuenta la existencia actualmente de plataformas móviles metálicas dispuestas sobre vigas carrileras conectadas al cordón inferior de las celosías laterales.

Al contrario, para la ejecución de las reparaciones sí que sería necesario el empleo de andamios que permitan acceder a las celosías metálicas, es decir, andamios tubulares.

## 8 CRITERIOS DE EVALUACIÓN (UMBRALES DE RECHAZO)

A continuación se describen ciertos daños que servirán para alertar al inspector de fallos en algún elemento de los viaductos y que desencadenarían automáticamente la necesidad de realizar una inspección principal e incluso especial, y en su caso, un nuevo proyecto de reparación:

- Giro o asiento de la pila, sobre todo, tras una crecida importante del cauce o avenidas importantes
- Fisuras o grietas en elementos metálicos o en soldaduras.
- Roturas o perforaciones de perfiles metálicos de las cerchas o arriostramientos.
- Deformaciones inadmisibles de las celosías metálicas incompatibles con el servicio de la estructura.

## 9 MANTENIMIENTO

### 9.1 DEFINICIÓN

Las operaciones de mantenimiento han de servir para asegurar, durante la vida útil definida por la Propiedad, el nivel de prestaciones de la estructura (en términos de seguridad estructural, comportamiento en servicio, seguridad del usuario y durabilidad) por encima de los límites o umbrales de aceptación definidos. Su clasificación y vinculación con el resto de operaciones propias de la gestión de la infraestructura ya han sido enunciadas en este Plan de Mantenimiento.

### 9.2 MANTENIMIENTO BÁSICO U ORDINARIO

Es el que se lleva a cabo de manera regular y pautada y tiene un carácter esencialmente preventivo. Es de gran importancia. Descuidar el mantenimiento ordinario trae consigo un incremento de la velocidad de los deterioros y, consiguientemente, unas peores prestaciones de la infraestructura y un coste de puesta al día mucho más que proporcionalmente mayor que el coste derivado de las labores de mantenimiento ordinario.

Dentro de las operaciones de mantenimiento básico u ordinario, que en general no exigirán la presencia de personal y medios especializados, se encuentran, entre otras, las siguientes:

- Limpieza y mantenimiento en buen estado de funcionamiento del sistema de drenaje y desagües. Se realizará cada tres meses y siempre después de fuertes lluvias o tormentas que puedan producir arrastres, prestando especial atención a la eliminación de sólidos, sedimentos, etc. que tienden a obturar los sumideros.
- Revisión de las soldaduras y conexiones de los elementos metálicos.
- Seguimiento de potenciales corrosiones en los puntos más sensibles de la estructura, tales como mamparos o montanes de pila y estribos o los cordones inferiores de las celosías laterales.
- Supresión de pátinas biológicas y vegetación perjudicial. Esta operación se llevará a efecto cada 6 meses, coincidiendo con el final de la primavera y el otoño.

### 9.3 MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO

Se refiere al conjunto de actuaciones pautadas, con frecuencia no definida, que requieren del concurso de especialistas para la sustitución programada de elementos o piezas cuya vida útil ha llegado a término. Se acomete este tipo de mantenimiento tras inspecciones rutinarias o principales cuyo dictamen concluya la necesidad de intervenir. También en este grupo de actuaciones se incluyen las de reparación ordinaria de corto alcance.

- Reposición de elementos drenaje y desagüe del tablero y ejecución de nuevos drenajes si los existentes evidencian no ser eficaces por ubicación o por variaciones en la red de drenaje superior, y si se observa que hay filtraciones que puedan propiciar la aceleración de la corrosión de las cerchas metálicas.
- Arreglos localizados en paramentos, como reposición de pintura de protección o rejuntado de piezas, siempre que se trate de incidencias menores durante cualquier maniobra habitual en la vida operativa de la infraestructura. En ese sentido, se entenderá como incidente “menor” en elementos metálicos aquel que no dé lugar a pérdidas de sección en porcentaje mayor del 5% de su sección.
- Todos los elementos dañados por accidentes, vandalismo o cualquier otra causa puntual deben ser repuestos o reparados en función de la gravedad del daño.
- Los elementos de seguridad en la circulación, cuyo deterioro pueda ocasionar peligro para los trenes o peatones, tal y como barandillas, señalización vertical o catenaria, deberán repararse tan pronto como se detecte el fallo.

- Realización de 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

## 10 VALORACIÓN DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

La valoración de los costes de mantenimiento resulta muy complicada de determinar, por no ser posible conocer de antemano con precisión los daños o desórdenes que se van a producir en el futuro.

Como valor aproximado de los costes de las operaciones de mantenimiento, se puede estimar una cantidad anual aproximada de un 0,5 % del valor de construcción de un puente nuevo en el mismo emplazamiento.

En este caso, se puede asumir que el coste por metro cuadrado de un puente de nueva ejecución de las mismas características y con cimentación profunda podría rondar los 8.000 €/m<sup>2</sup>, con lo que los costes anuales de mantenimiento podrían estimarse en:

$$8.000 \text{ €/m}^2 \times (102,00 \times 6,00) = 4.896.000,00 \text{ €}.$$

$$0,5/100 \times 4.896.000,00 = 24.480,00 \text{ €/año} \approx 24.500,00 \text{ €/año}.$$