DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO Nº 20. 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 8
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 LAESTRUCTURA 10
3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONTEMPLADOS EN EL PRESENTE PLAN DE MANTENIMIENTO 14
4 CLASES DE EXPOSICIÓN Y VIDA ÚTIL CONSIDERADA 14
4.1 CLASES DE EXPOSICIÓN 14
4.2 VIDA ÚTIL 15
4.2.1 Estimación de la Vida Útil de las estructuras 16
5 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS PREVISIBLES 16
5.1 ELEMENTOS DE HORMIGÓN 16
5.2 ELEMENTOS DE FÁBRICA 17
5.3 ELEMENTOS METÁLICOS 17
5.4 SISTEMA DE DRENAJE 17
6 CRITERIOS DE INSPECCIÓN 18
6.1 INSPECCIONES BÁSICAS O RUTINARIAS 18
6.2 INSPECCIONES PRINCIPALES 18
6.3 INSPECCIONES ESPECIALES 19
7 DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ACCESO 19
8 CRITERIOS DE EVALUACIÓN (UMBRALES DE RECHAZO) 19
9 MANTENIMIENTO 19
9.1 DEFINICIÓN 19
9.2 MANTENIMIENTO BÁSICO U ORDINARIO 20
9.3 MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO 20
10 VALORACIÓN DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO 20

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 solicitación, 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.

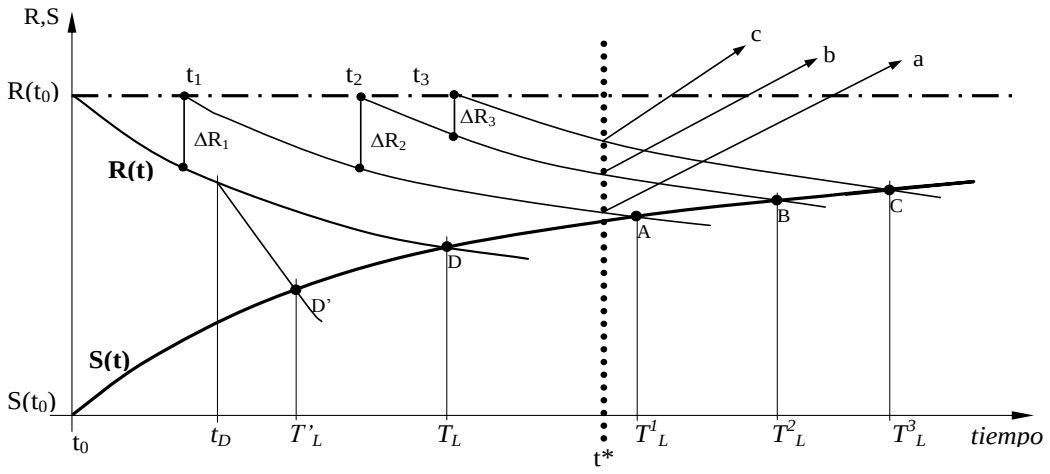

Figura 2.1. Evolución en el tiempo de solicitaciones y capacidad resistente.

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.

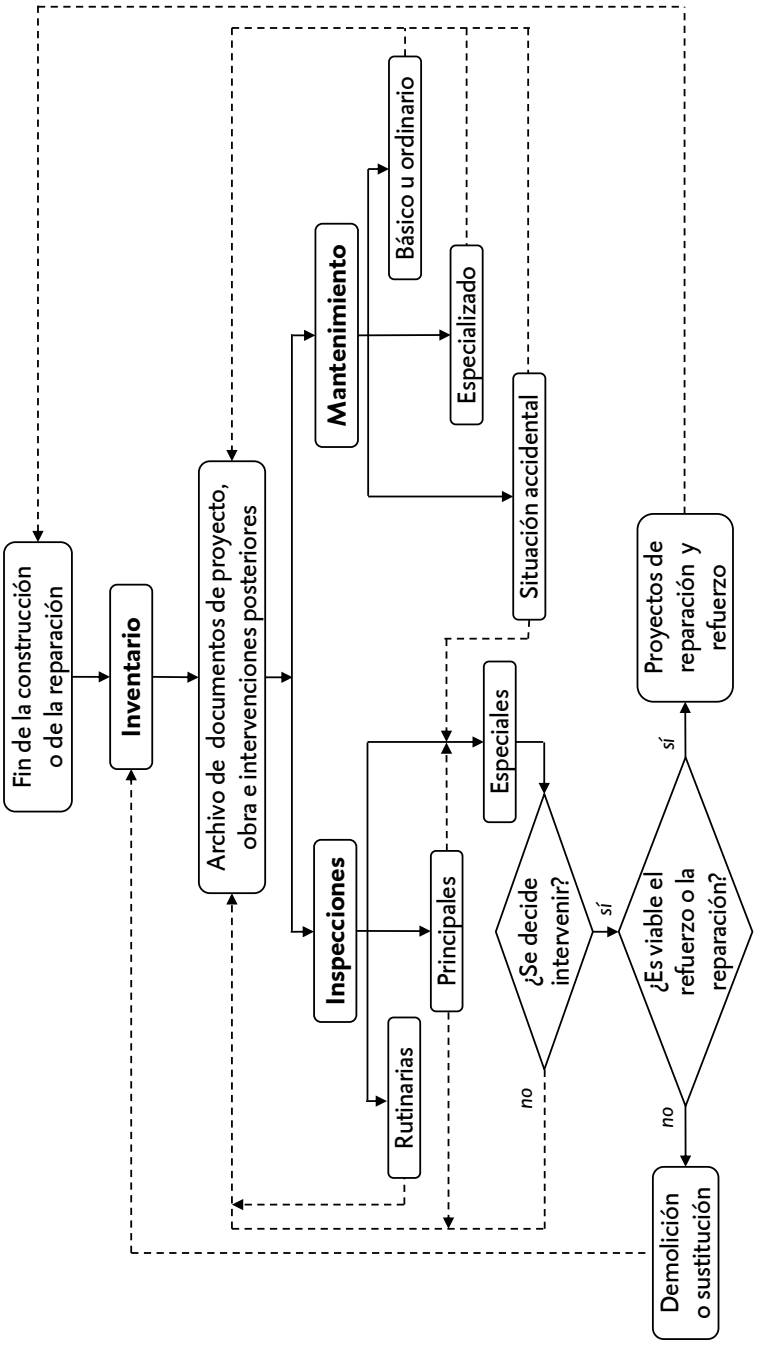

Figura 2.2. Diagrama de flujo típico de la gestión de estructuras.

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 1334-01-089,293. Como se ha comentado en el presente proyecto, esta estructura ha sido inventariada nuevamente e inspeccionada en el año 2011, con el código BI-DO 089+293-U.

En este caso no se dispone del proyecto de construcción original del viaducto, de modo que sólo se dispone de los documentos pertenecientes al proyecto de reparación del año 2000 y 2001, así como los resultados de los inventarios realizados en 2003 y en 2011.

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 Viaducto de Aia-Orio y los detalles de la zona en la que se encuentra.

En la figura 3.3 se muestran un alzado de la estructura tomado en la visita de mayo de 2011.

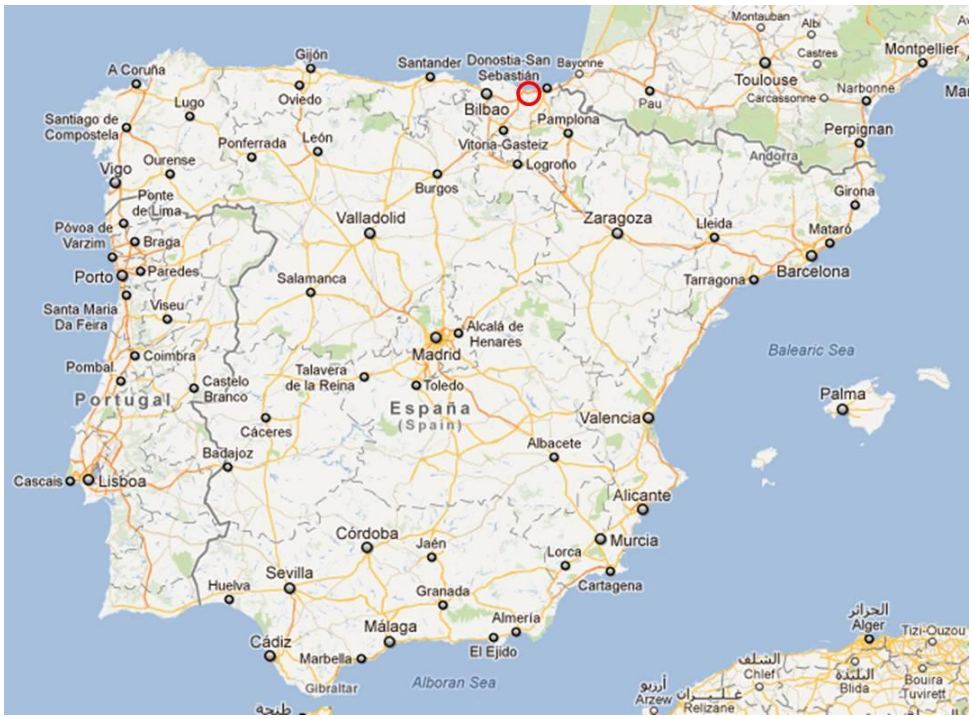

Figura 3.1. Situación del puente en la provincia de Guipúzcoa

Figura 3.2. Situación del Viaducto en el PK 89/293 de la línea Bilbao-Donostia en el municipio de Aia. Guipúzcoa

Figura 3.3. Alzado derecho del viaducto de Aia-Orio

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAESTRUCTURA

La estructura objeto de este documento se encuentra en el PK 089/293 de la línea Bilbao-Donostia, junto al polígono industrial de Ubegun, en Aia, Gipuzkoa.

A continuación se muestra la localización de la estructura:

Figura 3.2.1. Ubicación del Viaducto de Aia-Orio

La estructura está formada por siete vanos, con una longitud total de 87,88 m aproximadamente, medida sobre el eje curvo de la estructura entre las caras interiores de los estribos, de modo que cada uno de los vanos tiene una luz de 9,50 m, medida entre las caras interiores de pilas.

Bajo el último de los vanos circula la carretera GI-3161, mientras que bajo el segundo de los siete vanos discurre un arroyo parcialmente encauzado a su paso por el puente, que desemboca directamente en el mar.

La estructura es aproximadamente recta en alzado, sin apenas pendiente longitudinal, mientras que en planta presenta una curva a izquierdas bastante pronunciada, por lo que la vía férrea tiene pendiente transversal.

En la imagen siguiente se muestra una imagen general de la estructura.

Figura 3.2.2. Alzado general derecho

La sección transversal, de 4,60 m de ancho aproximadamente, está compuesta por una vía única con dos hilos, provista de barandillas laterales de hormigón y muros guardabalasto. El material de vía es convencional, con traviesas de hormigón y cama de balasto, tal como se puede observar en la imagen que se presenta a continuación:

Figura 3.2.3. Vista de la plataforma desde el estribo 1

Cada una de las bóvedas está formada por fábrica de sillería con rellenos rígidos interiores a base de hormigón ciclópeo. La luz de cada una de las siete bóvedas es de 9,50 m, con una flecha de 4,75 m aproximadamente, por lo que resulta un índice de rebajamiento de f/L ≈ ½ (bóvedas de medio punto).

Figura 3.2.4. Vista de una de la bóveda del vano 4

Como se puede apreciar en la imagen anterior, las bóvedas de la estructura sufrieron una intervención en el pasado en base a un proyecto de reparación, dividido en dos fases, redactado durante los años 2001 y 2002, de forma que la reparación de las diferentes bóvedas de la estructura se dividía también en dos fases diferenciadas, contemplando el bulonado de las bóvedas y tímpanos de todos los vanos, acompañado de un gunitado armado de 15 cm de espesor de estas mismas superficies como medida de refuerzo frente a los asientos registrados y los graves daños detectados en las bóvedas.

Adicionalmente, se planteaban otra serie de actuaciones de menor alcance, sobre todo, la limpieza de todos los paramentos de fábrica y eliminación de la vegetación.

Las pilas, compuestas por una sillería de tipo arenisca, tienen el mismo ancho que la plataforma en el encuentro con las bóvedas, aumentando ligeramente hacia las cimentaciones por estar ataluzadas. El canto aproximado de las pilas (en la dirección del eje de la estructura) es de 2,40 m, salvo las pilas 2 y 5 que presentan un canto mayor, de 3,70 m. La altura de las pilas es variable siendo la máxima de 9,57 m aproximadamente.

Figura 3.2.5. Vista de las pilas de la estructura

Las pilas presentan aristones de sillería de mejor calidad en las esquinas laterales, mientras que el resto de las pilas están formadas por fábrica de piedra arenisca.

Los estribos presentan una altura y anchura similar a las de las pilas y están acompañados de muros en vuelta, constituidos por la misma fábrica que la empleada en los aristones de las pilas. Estos muros en vuelta tienen una longitud de 15,04 m en el caso del estribo 1 y de 23,41 m en el caso del estribo 2.

La cimentación es directa, con pozos de cimentación en todos los casos, tanto estribos como pilas, formados por hormigón ciclópeo, con un sobreancho respecto a las pilas de 0,60 m aproximadamente, aunque la geometría de los pozos es ligeramente diferente en función del caso.

3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONTEMPLADOS EN EL PRESENTE PLAN DE MANTENIMIENTO

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

a) Bóvedas de sillería arenisca, rellenas de hormigón ciclópeo, que actualmente presentan un gunitado exterior de hormigón armado, al igual que los tímpanos.
b) Pilas, de sillería arenisca, con un relleno de hormigón ciclópeo
c) Cimentaciones de hormigón armado

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 1565 mm, siendo julio el mes menos lluvioso. El porcentaje de días de lluvia por año se encuentra en torno al 39,2%. 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 8,5%. Por lo que respecta al porcentaje de días de nieve, es de un 0,82 %
- Durante el período de estudio, número medio de días de helada al año fue de 48 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 (1565 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.

De esta forma, la clase general y específica de exposición para el hormigón de las cimentaciones (micropilotes, solera y recrecidos) será:

- Clase general de exposición IIIb , correspondiente a elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar. (tabla 8.2.2 de la EHE-08)
- Clase específica de exposición Qb, debido a la agresividad química de los suelos y el agua. (tabla 8.2.3.a de la EHE-08)

Las características de los cementos a emplear serán:

- Resistencia a los sulfatos: SR, según el artículo 37.3.5 de la EHE-08
- Resistencia al agua de mar : MR, según el artículo 37.3.6 de la EHE-08

4.2 VIDA ÚTIL

Siguiendo a la Instrucción EHE-08, 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 las armaduras y la pérdida de recubrimiento 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 tráficos, cargas muertas, etc. han ido aumentando y la agresión ambiental también (carbonatación del hormigón, 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.

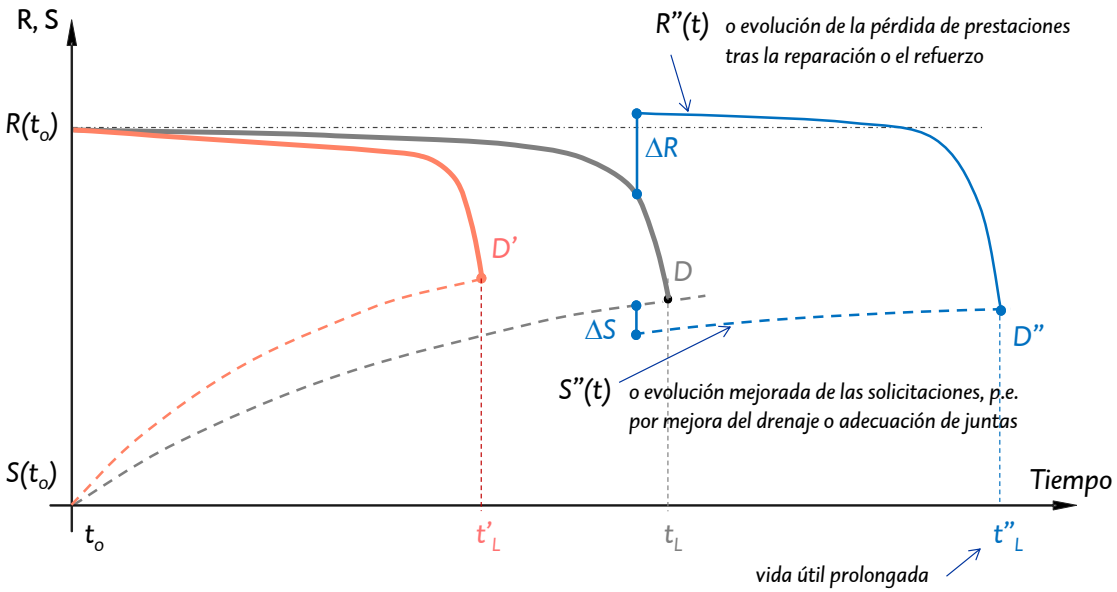

Figura 4.2. Vista de la estación durante la visita del 10 de noviembre de 2010.

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. La ejecución de los micropilotes y recrecidos o marcos en todas las pilas equivaldría a una cimentación prácticamente nueva.

En lo referente al resto de elementos de la estructura, las vidas útiles estimadas tras su reparación o restitución han sido las reflejadas en el cuadro siguiente:

COMPONENTES	VIDA ÚTIL NOMINAL
Drenaje	10 años
Barandilla	15 años
Imposta	15 años

5 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS PREVISIBLES

5.1 ELEMENTOS DE HORMIGÓN

Tras la reparación propuesta en el presente proyecto no se prevén daños especialmente notables, salvo que vuelvan a reaparecer daños ya detectados al final de la vida útil, tales como el desgaste del material y la vegetación enraizada.

En cuanto a los elementos de drenaje, si las medidas propuestas no se realizan adecuadamente podrían aparecer humedades, manchas, depósitos calcáreos, pátinas y eflorescencias en los intradoses de las bóvedas a través de las fisuras que pudieran reproducirse.

Teniendo en cuenta que en la reparación anterior se dispuso un gunitado armado en las bóvedas es posible que se produzca la corrosión de las armaduras por fenómenos de carbonatación y por ataque de cloruros de origen marino.

En cuanto a las cimentaciones, los riesgos de asiento se han reducido prácticamente a cero al disponer, tras la reparación, micropilotes que garantizan su estabilidad estructural, de modo que no es en absoluto previsible la aparición de nuevos asientos. En cualquier caso, se deberá revisar en las inspecciones la pérdida de alineación de la imposta, que sería un síntoma de la aparición de asientos de los elementos de la cimentación.

Hay que tener en cuenta que si la ejecución de los recrecidos y soleras no es correcta y cuidada, no se emplean los materiales en las proporciones adecuadas o no se realiza un correcto curado y vibrado es probable que aparezcan daños como coqueras, nidos de grava o fisuras de retracción, que suponen vías de entrada preferente para los agentes agresivos, favoreciendo la aparición de corrosiones, filtraciones o eflorescencias. Además, en este caso, dadas las características agresivas del agua y la elevada cota del nivel freático, se pueden producir problemas graves de corrosión. En el caso de los micropilotes la ejecución ha de ser especialmente cuidadosa, ya que son elementos enterrados sin posibilidad de intervención posterior.

En cuanto a las bóvedas, las fisuras existentes antes de la reparación de 2001 en los riñones indicaban la articulación de las mismas, por lo que es posible que dichas fisuras vuelvan a reproducirse en el gunitado de hormigón, al tratarse de un mecanismo resistente de la propia bóveda.

5.2 ELEMENTOS DE FÁBRICA

Los paramentos de fábrica presentan en la actualidad extensiones pequeñas de vegetación enraizada, así como 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.

Hay que tener en cuenta que los gunitados de hormigón ejecutados en las bóvedas y en los tímpanos impiden la inspección del elemento resistente fundamental, que es la fábrica de piedra, con lo que se deberá prestar especial atención a la aparición de daños en el gunitado, tales como fisuras o deformaciones que pudieran advertir un daño más grave en las bóvedas o tímpanos.

5.3 ELEMENTOS METÁLICOS

En cuanto las barandillas metálicas, éstas son susceptibles de sufrir descascarillamientos de pintura o desgaste superficial, al tratarse de elementos que reciben constantemente agua de la lluvia. Se trata de un elemento especialmente sensible al mantenimiento ordinario, que se debe realizar correctamente.

5.4 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 resultas de una inspección básica o de una principal se ha detectado un vicio oculto o una evolución rápida de algún deterioro (fisuras de abertura creciente no justificadas en la campaña previa) 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 un vehículo en las pilas, 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, salvo en el caso en el que se desee observar con detalle la parte superior de las bóvedas y el zoom de la cámara fotográfica o prismáticos no lo permita.

Al contrario, para la ejecución de las reparaciones sí que sería necesario el empleo de andamios que permitan acceder a la parte alta de pilas y bóvedas.

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 una pila, sobre todo, tras una crecida importante del cauce
- Fisuras o grietas en las pilas y, sobre todo, en las bóvedas debidas a giros o a la reaparición de asientos en las cimentaciones.
- Micropilotes a la vista tras una crecida importante del cauce, con fenómenos de socavación asociados, sobre todo, en la pila 1.

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.
- 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.
- Reparación de pequeños desconchones no estructurales que revistan poca importancia

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 despasivación de las armaduras y su corrosión.
- Arreglos localizados en paramentos, como parcheos en zonas de hormigón como impactos o desconchones, 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 armaduras o elementos metálicos aquel que no dé lugar a pérdidas de sección en porcentaje mayor del 5% de su sección. En el caso del hormigón, incidente “menor” será aquel que no dé lugar a pérdida de sección mayor que el recubrimiento de las armaduras (unos 4 cm).
- 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 vial, cuyo deterioro pueda ocasionar peligro para los vehículos o peatones, tal y como barandillas, señalización vertical y elementos de iluminación, deberán repararse tan pronto como se detecte el fallo.

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 0,3 % 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 1100 €/m^2, con lo que los costes anuales de mantenimiento podrían estimarse en:

2600 €/m^2 x (126,32 x 5,20) = 1.707.846,40 €.

0,3/100 x 1.707.846,40 = 5.123,54 €/año ≈ 5.200,00 €/año.