



*euskal trenbide sarea*

---

Proyecto Constructivo de reparación y  
protección del viaducto de Mundaka

---

# Anejo – 21 Plan de mantenimiento

Noviembre 2022





## Hoja de control de calidad

Documento	Anejo 21: Plan de Mantenimiento	
Proyecto	SE7753. Proyecto Constructivo de reparación y protección del viaducto de Mundaka	
Código	SE7753-PC-AN-21-Mantenimiento-D02.docx	
Autores:	Firma:	JTS
	Fecha:	28/11/2022
Verificado	Firma:	AGU
	Fecha:	28/11/2022

## Índice:

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PRINCIPIOS RECTORES DEL MANTENIMIENTO .....</b>	<b>2</b>
2.1. GENERALIDADES .....	2
2.2. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.....	3
2.2.1. Inventario.....	4
2.2.2. Inspecciones .....	4
2.2.3. Operaciones de mantenimiento .....	5
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y SUS ELEMENTOS.....</b>	<b>5</b>
3.1. IDENTIFICACIÓN.....	5
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA .....	8
3.2.1. VIADUCTO EXISTENTE.....	8
3.2.2. DIQUE .....	10
3.2.3. ESCALERA DE MANTENIMIENTO .....	11
3.2.4. PLATAFORMA PROVISIONAL .....	13
3.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONTEMPLADOS EN ESTE PLAN DE MANTENIMIENTO.....	15
<b>4. CLASES DE EXPOSICIÓN Y VIDA ÚTIL CONSIDERADA.....</b>	<b>16</b>
4.1. CLASES DE EXPOSICIÓN .....	16
4.2. VIDA ÚTIL.....	16
4.2.1. Estimación de la vida útil de la estructura.....	17
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS PREVISIBLES .....</b>	<b>17</b>
5.1. ELEMENTOS DE HORMIGÓN .....	17
5.2. ELEMENTOS DE FÁBRICA.....	18
<b>6. CRITERIOS DE INSPECCIÓN.....</b>	<b>18</b>
6.1. INSPECCIONES BÁSICAS O RUTINARIAS .....	18
6.2. INSPECCIONES PRINCIPALES.....	19
6.3. INSPECCIONES ESPECIALES .....	19
<b>7. DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ACCESO.....</b>	<b>19</b>
<b>8. CRITERIOS DE EVALUACIÓN (UMBRALES DE RECHAZO) .....</b>	<b>20</b>
<b>9. MANTENIMIENTO .....</b>	<b>20</b>
9.1. DEFINICIÓN .....	20
9.2. MANTENIMIENTO BÁSICO U ORDINARIO.....	20
9.3. MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO .....	20
<b>10. VALORACIÓN DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>21</b>

## Índice de figuras:

Figura 1. Diferencias entre los costes totales, en la fase de explotación, cuando se dispone de un sistema de gestión y cuando se actúa sólo cuando ya no hay alternativa. Fuente: Bulletin N.44 Concrete structure management: Guide to ownership and good practice. Féderaton International du Béton, fib, 2008.....	2
Figura 2. Evolución en el tiempo de solicitaciones y capacidad resistente.....	3
Figura 3. Diagrama de flujo típico de la gestión de estructuras .....	4
Figura 4. Ubicación dentro de la C.A.P.V.....	6
Figura 5. Ubicación dentro del entorno de Urdaibai .....	6
Figura 6. Ubicación dentro del municipio de Mundaka .....	7
Figura 7. Vista general del alzado lado mar .....	7
Figura 8. Ubicación viaducto de Lamiaran visto desde el mar.....	8
Figura 9. Alzado estructura lado mar .....	8
Figura 10. Acotaciones alzado .....	9
Figura 11. Pila 1      Figura 12. Pila 7.....	9
Figura 13. Plata dique de protección .....	10
Figura 14. Alzado dique de protección .....	11
Figura 15. Unión en coronación      Figura 16. Uniones en alzado .....	11
Figura 17. Escalera en canto de zapata.....	11
Figura 18. Alzado y sección de las escaleras .....	12
Figura 19. Planta de cimentación y descansillo, así como detalle de zancas .....	12
Figura 20. Escalera proyectada.....	13
Figura 21. Planta de encaje de plataforma provisional .....	14
Figura 22. Longitudinal y transversal de rampa .....	14
Figura 23. Plataforma proyectada .....	15
Figura 24. Plataforma proyectada .....	15
Figura 25. Evolución en el tiempo de solicitaciones y prestaciones de una estructura. ....	17

# Anejo 21.- Plan de Mantenimiento

---

## 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.

Así, la Instrucción española EHE-08 requiere que, a partir de la entrada en servicio de la estructura, la Propiedad programa 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 EAE-11, para estructuras metálicas, se suma a este planteamiento.

Una publicación de referencia para la realización del plan de mantenimiento es la monografía 27 de ACHE (Asociación española de ingeniería estructural), editada conjuntamente con ATC-AIPCR, con el título “Guía para la redacción del plan de mantenimiento en puentes”.

En el contexto de los planeamientos 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 apartados de apoyos, juntas, etc, deben tomarse teniendo muy presentes las previsiones de mantenimiento que se adopten.

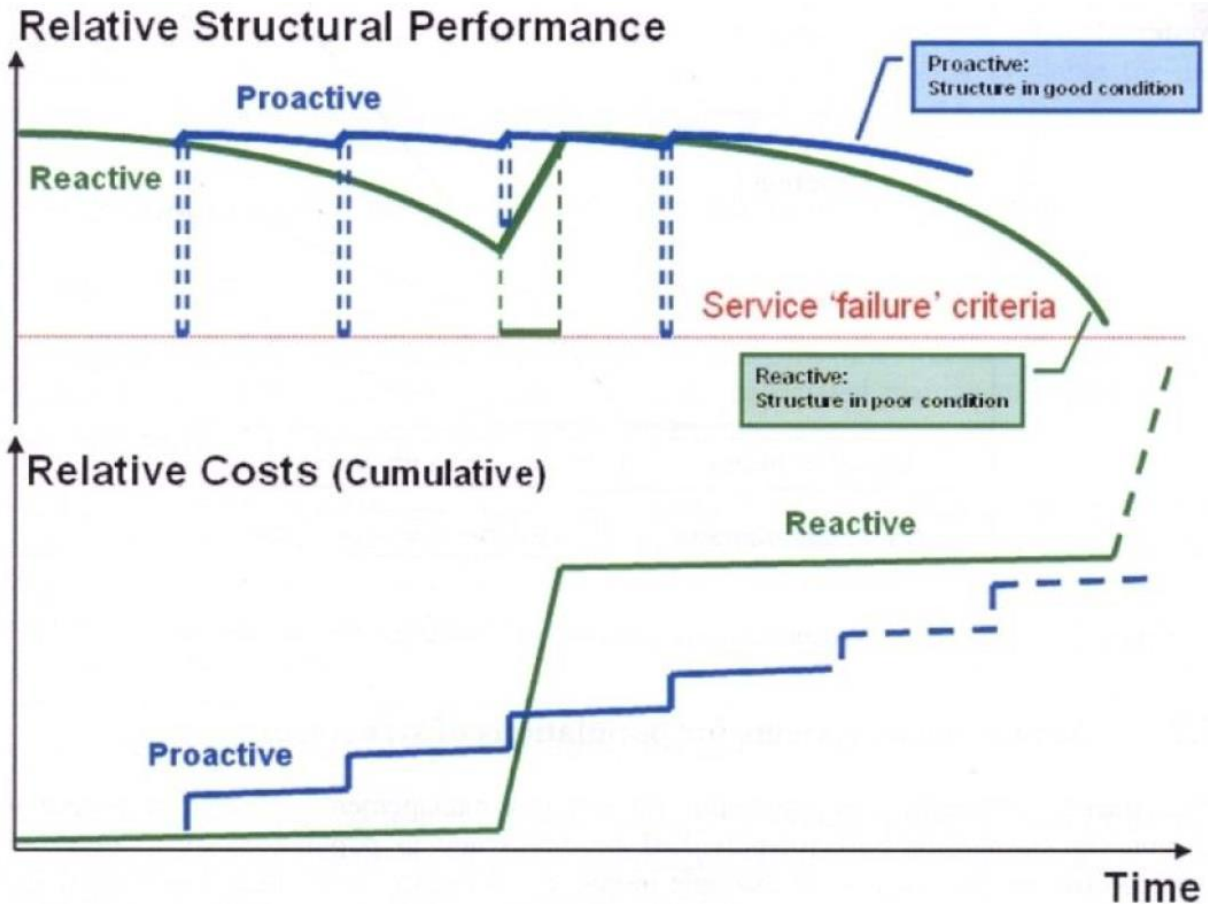


Figura 1. Diferencias entre los costes totales, en la fase de explotación, cuando se dispone de un sistema de gestión y cuando se actúa sólo cuando ya no hay alternativa. Fuente: Bulletin N.44 Concrete structure management: Guide to ownership and good practice. Fédération International du Béton, fib, 2008

## 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 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  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$  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 equivalente a varias veces el de construcción si no se practica una adecuada política de mantenimiento.

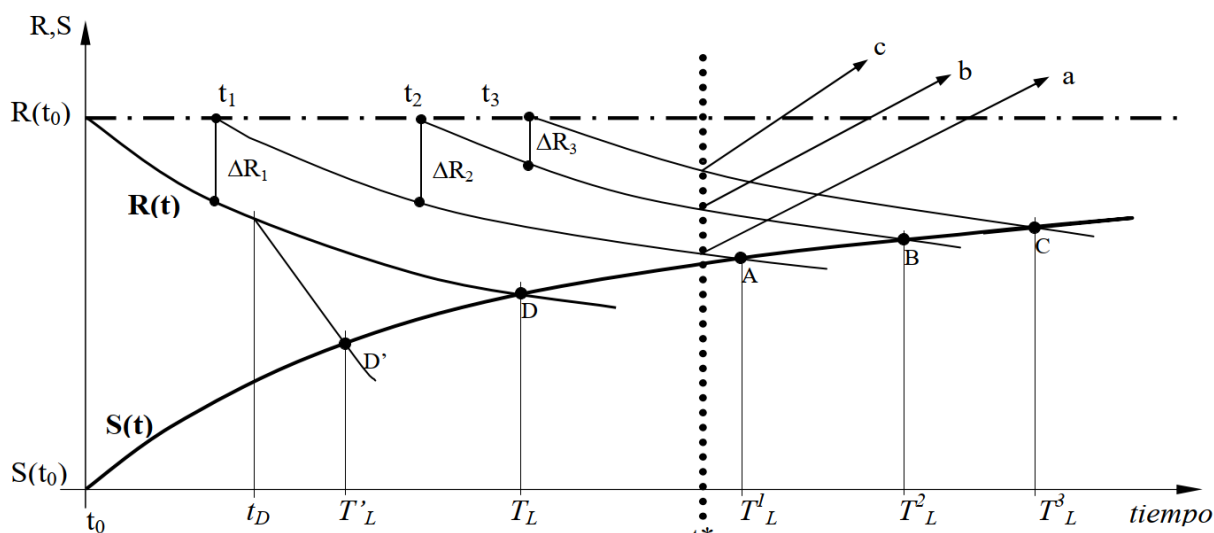


Figura 2. Evolución en el tiempo de solicitaciones y capacidad resistente

## 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
- 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.

En la siguiente figura se 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.





necesaria si, al final de la vida útil prevista, se valora la viabilidad de una rehabilitación, objeto de proyecto específico. Este puente ha sido objeto 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 imbrales 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, reparación 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.

En todo caso, 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 la ubicación del viaducto de Mundaka, en la provincia de Bizkaia, y los detalles de la zona en la que se encuentra, es decir, entre la estación de Mundaka y Bermeo.



Figura 4. Ubicación dentro de la C.A.P.V.



Figura 5. Ubicación dentro del entorno de Urdaibai





Figura 6. Ubicación dentro del municipio de Mundaka



Figura 7. Vista general del alzado lado mar

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

#### 3.2.1. VIADUCTO EXISTENTE

En el punto kilométrico P.K. 27/381 de la línea de ferrocarril Amorebieta-Bermeo, perteneciente a la Administración Ferroviaria Euskal Trenbide Sarea, en el tramo Mundaka-Bermeo, en el término municipal de Mundaka, perteneciente a la provincia de Bizkaia, se encuentra situado la mencionada estructura, sobre la cala de Lamiaran.

Está encastrado entre el barranco de Lamiaran y el mar, estando el primero al Sur, en cuya coronación se encuentra el vial de la DFB, denominado BI-2235, que une los pueblos de Bermeo y Mundaka en trazado paralelo al ferroviario, estando el mar al Norte.

Su situación lo hace estar expuesto en una zona en mar abierto, cobijado parcialmente por el muelle principal de Bermeo. Esta situación implica que tiene que hacer frente a los temporales, haciendo que el comportamiento estructural, y la cimentación del mismo, se vean afectados por los mismos.

Así mismo, la estructura tiene gran exposición al viento, siendo el viento noroeste el dominante.



Figura 8. Ubicación viaducto de Lamiaran visto desde el mar

La estructura se enmarca dentro de un trazado recto en planta y con una pendiente en alzado de 13,194‰, de ancho métrico y vía única, con una anchura de tablero de 5 m, cruzando sobre un acantilado a 15 m de altura y consiste en una obra de fábrica de hormigón ciclópeo revestido de sillería, de 90 m de longitud mediante 10 vanos con bóvedas de medio punto. Para la nomenclatura, se utiliza la numeración en sentido PK, es decir, de Este a Oeste, disponiendo de 2 estribos y 9 pilas.

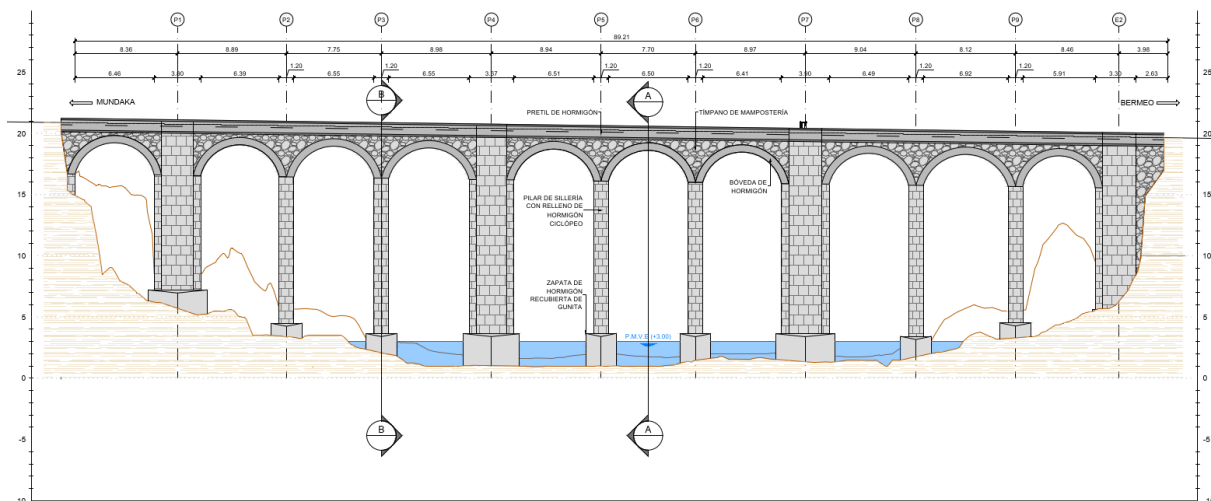


Figura 9. Alzado estructura lado mar





Figura 10. Acotaciones alzado

Las bóvedas son regulares, de una anchura de 5 m y una luz de 6,5 m. La flecha de la clave está en torno a 3,4 m, por lo que es un arco de medio punto. El canto de la bóveda es de 0,6 m, y la naturaleza de la misma es de hormigón. Se desconoce si el mismo está armado o no, pero la inexistencia de restos de óxido indican que posiblemente sea de hormigón en masa.

Respecto a los tímpanos, son de mampostería careada, al ser mampuestos regulares en los que se han eliminado las piedras de pequeña dimensión o ripios. Los tímpanos tienen una altura máxima de 3,5 m. Se observa así mismo la existencia de mechinales en el arranque de la bóveda.

En lo que respecta a las pilas, tienen una anchura, en coronación, de 1,20 m, en concordancia con los 0,6 m de espesor de clave de bóveda. En su base, la anchura es de 1,64. Dado que la altura media de pila es de 9 m, por lo que tendrían un talud longitudinal de 1/40. La obra proyectada consiste en una pasarela peatonal metálica que cubre 55,72m en total y que sustituye a la pasarela existente actualmente, la cual no cumple con los criterios de accesibilidad.

En lo que respecta a las pilas-estribos, las mismas son verticales en ambas dimensiones, con un ancho de 2,6 m para el apartadero, y de 3,7 m para la sección completa (0,6+2,6+0,6). En lo que respecta a la dimensión perpendicular, es de 6,3 m (0,65+5,00+0,65).

En lo que respecta a la composición de la misma, consisten en estructuras de hormigón ciclópeo, mediante árido de material heterogéneo y grandes dimensiones, con geometría de lajas y probablemente proveniente de la cala. Este hormigón se encuentra revestido por sillares, que protegen al hormigón de las inclemencias meteorológicas.

Las cimentaciones originales consisten en zapatas directas mediante sillares, cuya matriz de unión se materializa mediante un hormigón pobre con base de cal, apoyadas sobre la cala. En las pilas donde es posible observar estas zapatas, se observa que la naturaleza y la geometría de la roca difiere. Si bien en la pila 1 se observan cantos rodados, posiblemente provenientes de la cala, en la pila 7 se observan bloques tallados, de naturaleza caliza.

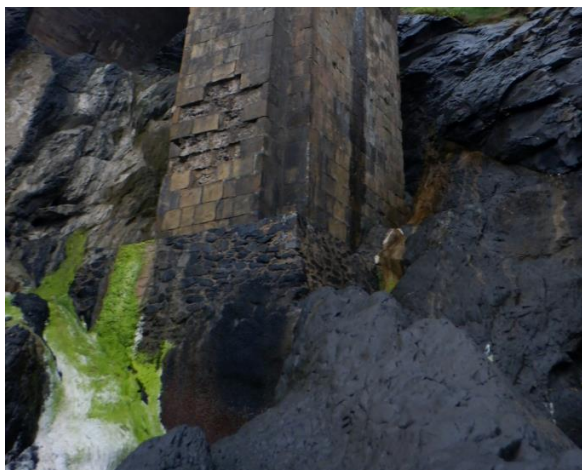


Figura 11. Pila 1



Figura 12. Pila 7

En cuanto a las dimensiones de las mismas, difieren según:

- Tipología: debido a la existencia de pilas-estribos cada 2 pilas
- Terreno apoyo: distinguiendo las cimentaciones centrales de las laterales

Las cimentaciones de pilas que se ubican en carrera de mareas y con superficie para desarrollo de una geometría más amplia, disponen de una longitud de 8 m, una anchura de 3 m y un canto de 3,2 m. Así mismo, disponen de tajamar.

Así mismo, las zapatas de las pilas-estribos disponen también de una longitud de 9 m, una anchura de 4,5 m y un canto de 3,2 m, también con tajamar.

En lo que respecta a las cimentaciones excavadas en la ladera, directamente apoyadas en roca y a una cota superior a la de la cala, las mismas tienen unas dimensiones particularizadas para el recinto de excavación realizado para las mismas.

En cuanto a la superestructura, la misma consiste en la plataforma de 5 m, con capa de balasto sobre el relleno granular. La vía es única y electrificada, formada por carriles soldados de 54 kg/m fijos a traviesa monobloque mediante sujeciones elásticas tipo HM con tirafondos. La banqueta de balasto tiene un espesor que oscila alrededor de 0,30 m medido sobre el nivel de relleno.

### 3.2.2. DIQUE

Actualmente la protección frente al oleaje del puente se compone de 10 dados de hormigón anclados al suelo de roca de la cala. Debido a que los mismos dados se encuentran en un estado de ruina y, principalmente, son rebasados constantemente por el oleaje no cumpliendo la función de protección, se proyecta un dique, previa demolición de los dados existentes.

El dique se proyecta en la zona de entrada del oleaje en la cala, paralela al viaducto, en una longitud de 60,70m, sobre roca, estando formado por hormigón en masa micropilotado, ejecutado en 2 niveles. Sobre una bancada de regularización con acabado en la cota +1,20 (NMMA), se ejecuta un primer nivel de hormigón, hasta la cota +4,50, con una anchura constante de 4,38 m, con tajamares en lado mar de 3,54 m y una profundidad de 1,78 m, disponiéndose los mismos cada 4 m. Este primer nivel se ejecuta en 3 fases, mediante 2 juntas de construcción.

El segundo nivel consta de 14 bloques de 2,5mx2,5m, con cara delantera orientada hacia el mar, alcanzando la cota +6,50. Este segundo nivel se dispone cosido al primero mediante 4 micropilotes con diámetro de perforación Ø225 mm y armadura tubular Ø168 x 12 mm.

Así mismo, dado que no se dispone de mayor espacio para la ejecución del dique y no se pretende alcanzar cotas mayores al rebase de la ola, con las dimensiones existentes el dique deslizaría frente a las acciones de oleaje (Apéndice 1. Cálculo Dique), por lo que es preciso micropilotarlo, habiendo establecido 4 micropilotes en los tajamares.

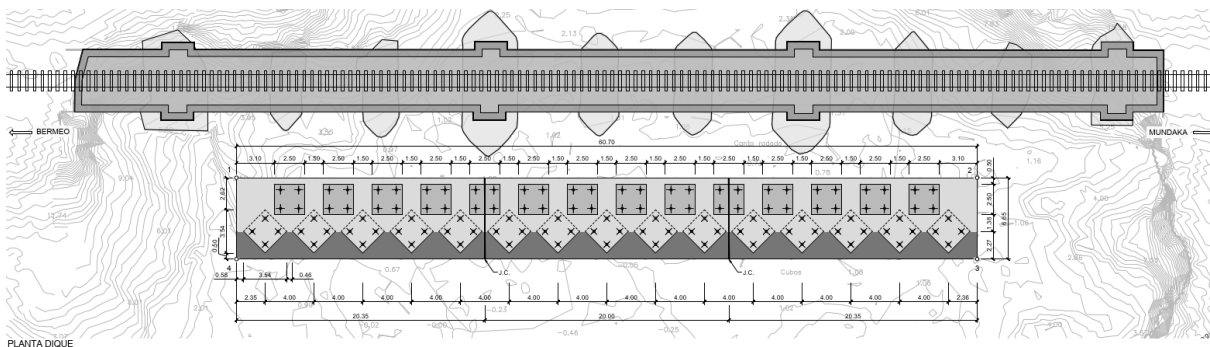


Figura 13. Plata dique de protección



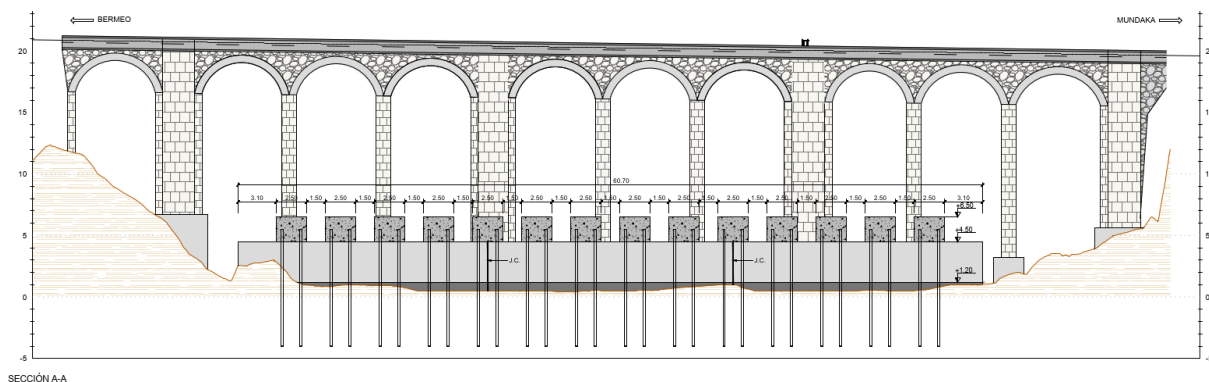


Figura 14. Alzado dique de protección

### 3.2.3. ESCALERA DE MANTENIMIENTO

Existe una escalera de gato de mantenimiento en la pila 7 dispuesta en 2004 y de acero inoxidable, que comunica el tablero con la parte superior de la zapata. Sin embargo, las pletinas y tornillos de sujeción de la misma, es decir, sus uniones al viaducto, se encuentran oxidados, al no ser inoxidable.



Figura 15. Unión en coronación



Figura 16. Uniones en alzado

Así mismo, existe una escalera para desembarcar desde la parte superior de la cimentación de la pila 7, punto de acceso de las escaleras a tablero, a la base de la cala.



Figura 17. Escalera en canto de zapata

Se proyecta sustituir la escalera de gato o escala existente en la pila por una nueva escalera, en acero inoxidable, que renueve la existente y mejore la accesibilidad de la misma para el mantenimiento.

La escalera cuenta con una anchura útil de 55 cm, conformada por 2 perfiles IPE200 separados a eje 650 mm, que se apoyan en una viga transversal IPE300 al llegar al descansillo y en otro perfil IPE200 al final del voladizo del descansillo. Los peldaños se conforman mediante perfiles en L 35x4 sobre los que se dispone un tramex 34x38 con un canto de 30 mm y un espesor de 3 mm.

Los descansos se ubican cada 5,5 m de altura. Los pilares tienen unión en su punto medio para facilitar su montaje debido al emplazamiento de la misma.

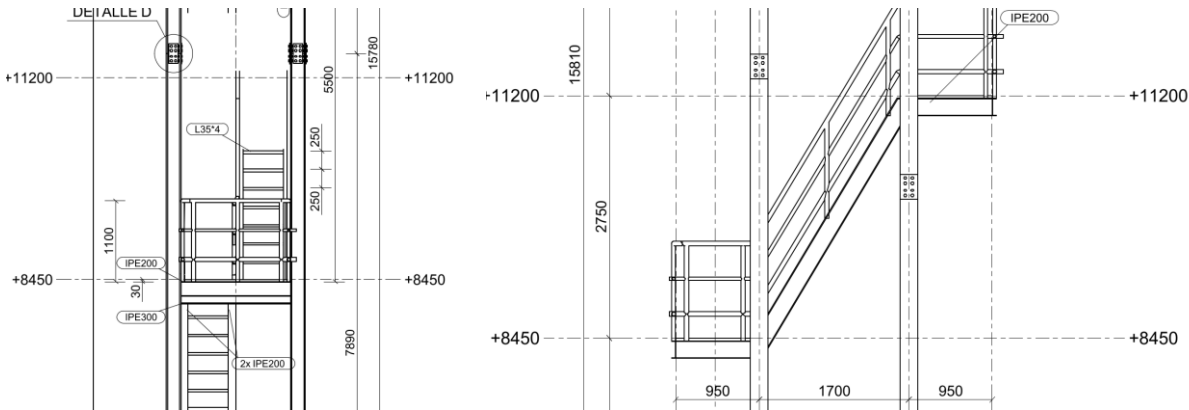


Figura 18. Alzado y sección de las escaleras

Las IPE 300 se unen a los pilares HEB200, que están anclados a la zapata existente mediante anclajes químicos. Los pilares se disponen entre sí a 1,7 m a eje de pilar, siendo todos los apoyos excéntricos. Se plantea la nivelación y recrecido de la zapata existente para garantizar la planeidad de la placa base.

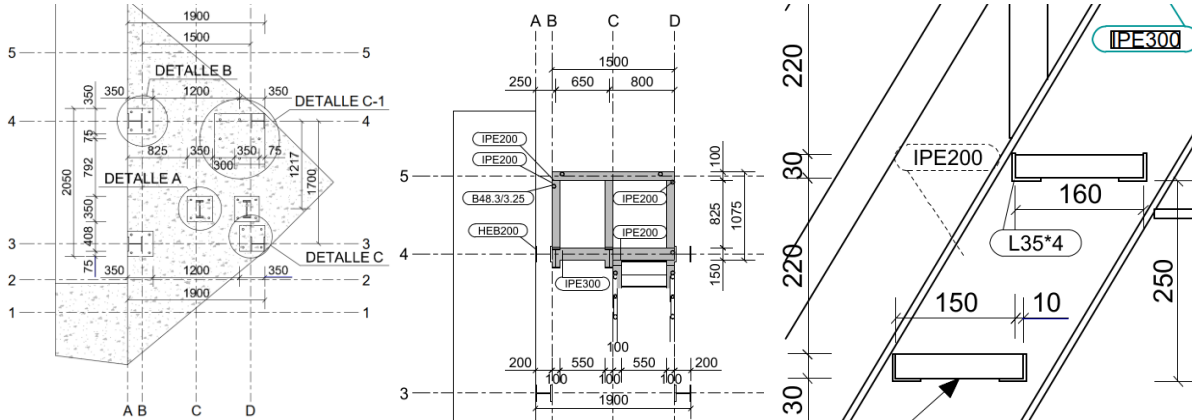


Figura 19. Planta de cimentación y descansillo, así como detalle de zancas

Todos los perfiles, así como los anclajes son de acero inoxidable AISI316.



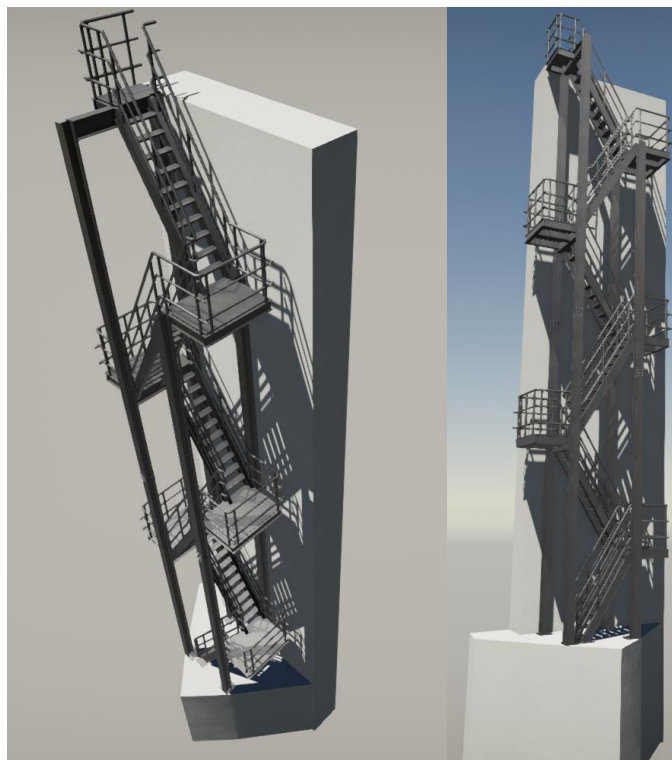


Figura 20. Escalera proyectada

#### 3.2.4. PLATAFORMA PROVISIONAL

Se proyecta una estructura provisional metálica compuesta por pilares y vigas HEB 200 S275 que servirá como plataforma de acopio de material y como refugio para la maquinaria durante las pleamares, dado que los ciclos de trabajo para la ejecución del dique se limitan a las bajamares, al ser la cota mínima de la cala la +1 con respecto al NMMA.

Por ello, se proyecta una plataforma cuya rasante se ubica en la +5.80 con respecto al NMMA, de manera que no sea rebasada por olas de hasta 2,8 m con una pleamar máxima equinoccial (+3,00). La cota de la plataforma viene también condicionada por la imposibilidad ambiental de plantear excavaciones en la cala, más allá de remover los cantos existentes para garantizar una firme cimentación en el sustrato de la cala mediante hormigón de nivelación. Por ello la cota 5,80 también responde a la necesidad de poder dar apoyo a la fila extrema sobre cimentación sin realizar excavación.

En lo que respecta a la plataforma, tiene una anchura de 5,7 m para permitir el cruce de 2 maquinas de no más de 2,5 m de anchura, así como una rampa de 2,9 m de anchura y una zona amplia de giro en las inmediaciones de la rampa.

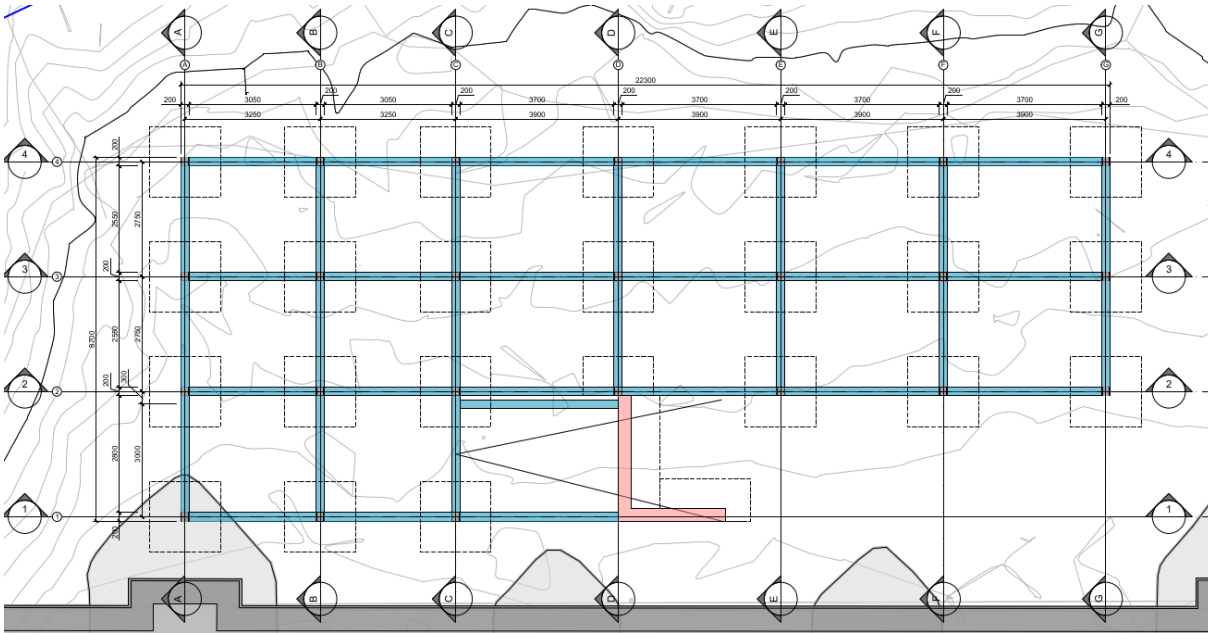


Figura 21. Planta de encaje de plataforma provisional

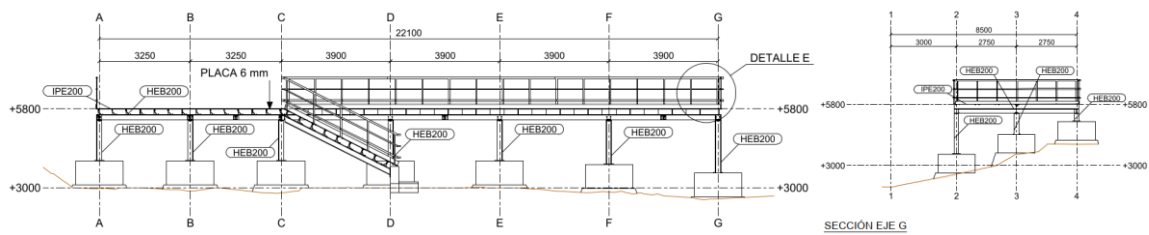


Figura 22. Longitudinal y transversal de rampa

Al ser un elemento provisional, es posible plantear su utilización dentro del deslinde marítimo-terrestre siempre y cuando todos los elementos sean provisionales.

Para facilitar las maniobras de la maquinaria, tanto de acceso como de desplazamiento dentro de la plataforma, se ha dispuesto una rampa al 50%, pendiente admisible para maquinaria de orugas, como las miniretroexcavadora y micropilotadora propuesta. Debido a la fuerte pendiente transversal del terreno, el primer tramo de rampa no se ejecuta en estructura, sino que se dispone un muro en L que contendrá un relleno de material procedente de los bolos retirados para apoyo de las zapatas. Este muro se parte en 2 para la posibilidad de ser descargado mediante la grúa ferroviaria, cuya carga máxima es de 10t.

La estructura por tanto consiste en perfiles HEB200 dispuestos en mallas de 3,25-3,9m en sentido transversal y 2,9 m en sentido longitudinal, sobre los que descansan correas IPE200 dispuestas cada 50 cm, sobre la que apoya una chapa de acero de 6 mm.

Los pilares se conforman mediante HEB200, con una altura máxima de 3,6 m. Los perfiles de mayor longitud se presentan con uniones longitudinales para poder fragmentarlos a la hora de transportar e instalar.

Los pilares descansan sobre zapatas de 1,7 m x 1,7 m x 0,85 m. Las zapatas apoyan directamente sobre el terreno natural de la cala, siendo necesario únicamente la limpieza de la roca de apoyo y la retirada de los cantos rodados que interfieran con la ejecución de las zapatas.

Tanto las zapatas como los muros serán preconstruidos en el recinto habilitado junto a la estación de Bermeo, siendo transportadas y descargadas en horario nocturno por las vías ferroviarias.

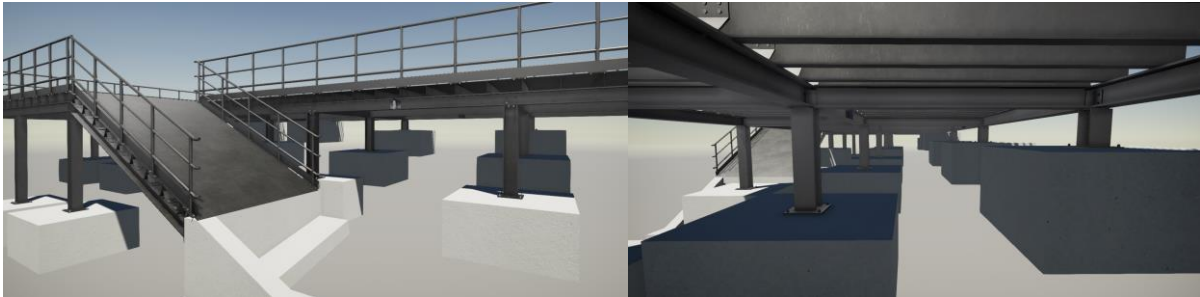


Figura 23. Plataforma proyectada

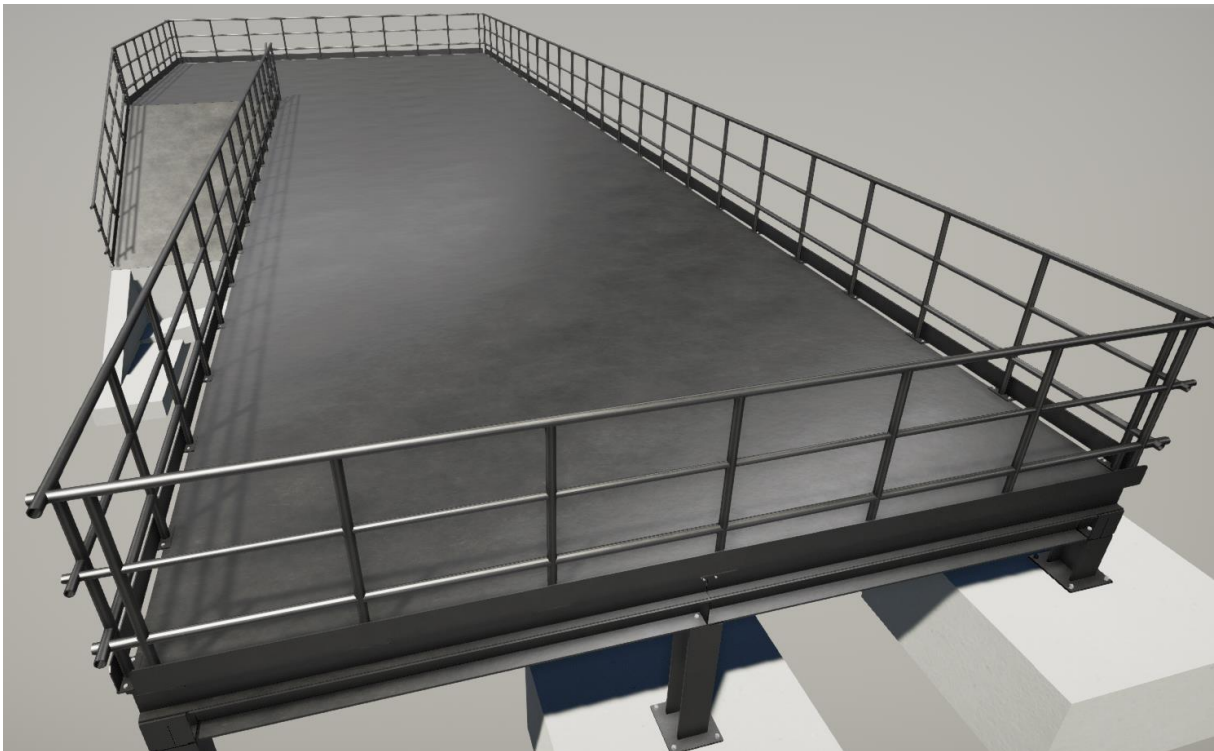


Figura 24. Plataforma proyectada

### 3.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONTEMPLADOS EN ESTE PLAN DE MANTENIMIENTO

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

- Viaducto existente
  - Cimentaciones
  - Alzados
  - Bóvedas
  - Tímpanos
  - Nueva escalera proyectada
- Dique

## 4. CLASES DE EXPOSICIÓN Y VIDA ÚTIL CONSIDERADA

### 4.1. CLASES DE EXPOSICIÓN

En el caso de los morteros de reparación empleados en la restauración de los paramentos de fábrica, se empleará un mortero mixto, de cal y cemento blanco C 42,5 N/MR UNE 80303-2, con una dosificación 1/4-1/5

Para los elementos de hormigón cuya vida útil es mayor que el plazo de ejecución de la obra, al ser elementos de hormigón en masa, no requieren clase general (I, IIa, IIb....) sino clase específica

En lo que respecta a las clases específicas de exposición, se establece:

- Qb: ataque químico por ser un elemento en contacto con el agua de mar
- E: abrasión por ser un dique

En lo que respecta a los micropilotes, según EN 1993-5, se adopta un ambiente de agua marina a temperatura ambiental en la zona de gran ataque (bajamar y zona de rompiente).

En lo que respecta al acero estructural de la escalera, será cerp inoxidable AISI316

- Nombre: X2CrNiMo17-12-2
- Grado: 1.4404
- Mínima resist. transversal al 0.2%RP0,2 e<75 mm: 220 MPa
- Resistencia última a tracción: 520-670 MPa
- Alargamiento de rotura mínimo: 45%
- Densidad a 20°C: 7.9 kg/dm<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad a 20°C: 193 GPa
- Coeficiente de dilatación térmica: 15.9 x 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>

### 4.2. VIDA ÚTIL

Se entiende por vida útil (o “periodo 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. Como ya se ha comentado en apartados anteriores, el incremento de vida útil nominal considerada para la estructura es de 100 años. Durante ese período requerirá una conservación normal, que no implique operaciones de rehabilitación.

En la imagen siguiente 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 tráfico, 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<sub>L</sub>

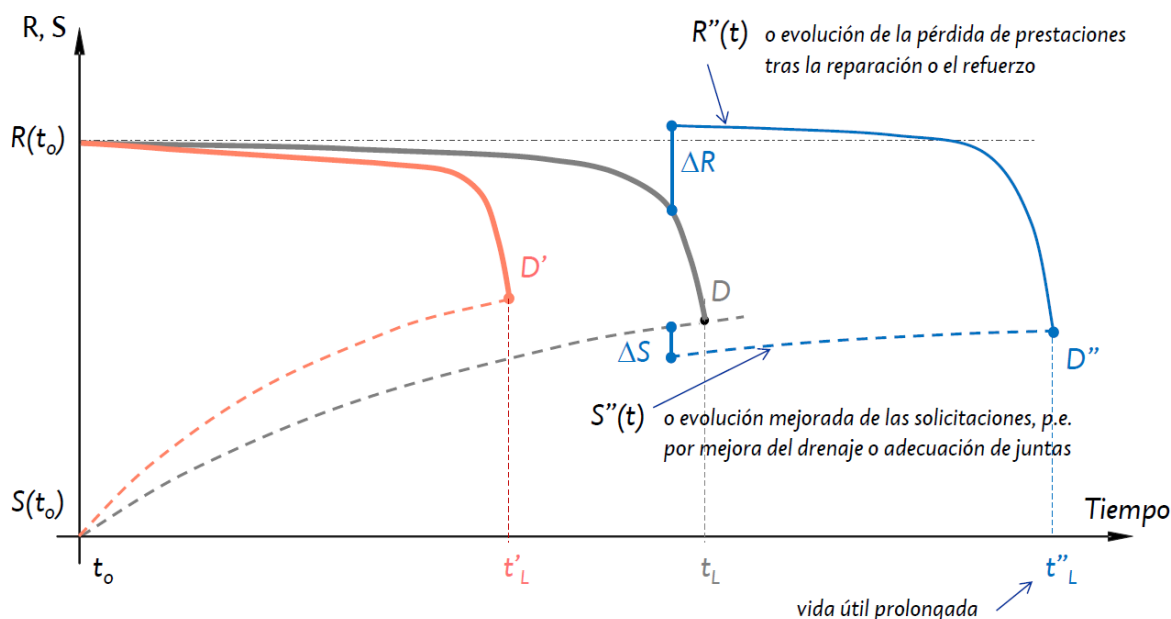


Figura 25. Evolución en el tiempo de solicitaciones y prestaciones de una estructura.

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 o mantener adecuadamente 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 imagen 6) y la vida útil residual, correspondiendo a Autoridad Portuaria 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 la estructura

En este caso en el que la reparación se lleva a cabo en la práctica totalidad de la estructura, así como la ejecución de una estructura de abrigo frente a clima marítimo, se estima poder prolongar la vida útil del viaducto en 50 años tras la realización de las obras, valor elevado debido a la magnitud de las reparaciones planteadas, consistentes en la reparación de las socavaciones existentes principalmente.

## 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, o relacionados con las acciones del oleaje, en el caso de que el cambio climático genere mayores oleajes y niveles del mar de lo esperado.

Si la ejecución de las medidas correctoras no es cuidada, no se emplean los materiales adecuados o éstos no han sido mezclados en las cantidades o proporciones adecuadas, es posible que puedan

aparecer fisuras de retracción, que acabarán desembocando en última instancia en la desconche y rotura de la protección del hormigón ciclópeo del núcleo de pila.

Asociado a la elevada pluviometría y humedad de la zona, es bastante probable que proliferen la vegetación enraizada en las zonas de actuación de la estructura, aunque en la actualidad no se han observado daños significativos asociados a este fenómeno.

El descalce de la cimentación se corrige mediante un relleno de la zona socavada y se protege con un zuncho. Se deberá comprobar la eficacia del zuncho perimetral dispuesto como medida de protección contra la socavación en las pilas 6, 7 y 8. Así mismo, se recomienda un seguimiento del estado de las cimentaciones de las pilas 1 y 2, pero principalmente del Estribo 2, debido a que no existen medidas previas que permitan saber la erosión del terreno bajo el que cimentan, apreciándose un resguardo nulo entre borde de cimentación y coronación de talud.

## **5.2. ELEMENTOS DE FÁBRICA**

Los paramentos de fábrica presentan vegetación enraizada así como algas y musgos adheridos a la superficie, que aunque se eliminen lo más probable es que vuelvan a aflorar debido a las condiciones de humedad en las que se encuentra la estructura.

Las pátinas, manchas, costras calcáreas y eflorescencias debidas a la presencia de humedad y sustancias y sales disueltas en el agua hacen probable que vuelvan a aparecer si la impermeabilización de la plataforma no se ejecuta correctamente. Si la impermeabilización es correcta tampoco es probable el lavado de juntas siempre y cuando el rejuntado se realice con los materiales adecuados descritos en el proyecto y de forma correcta.

No se prevé que las fisuras y grietas de la fábrica se reproduzcan, ya que no existen fisuras actualmente.

De la misma forma, los elementos de fábrica cuya geometría y forma se va a recomponer no deben experimentar fisuraciones de retracción o decoloraciones si se ejecutan correctamente y con los materiales adecuados. Además, dado que en la zona de ubicación de la estructura no se prevén heladas importantes (menos aún en el momento de la ejecución de las labores de reparación), no es previsible que se produzcan daños en los morteros, lechadas y resinas por baja temperaturas.

## **6. CRITERIOS DE INSPECCIÓN**

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

### **6.1. INSPECCIONES BÁSICAS O RUTINARIAS**

Son las efectuadas por el personal encargado del mantenimiento de la estructura, 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, 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 por la propiedad.



## 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:

- Adecuada señalización para el control y seguridad del tráfico
- Cámara fotográfica digital;
- Prismáticos;
- Medidor de abertura de fisuras;
- Espejo;
- Cinta de medir y distanciómetro
- 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 (casco, botas, chalecos reflectantes, etc.).

## 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 un vehículo, 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.

En estas inspecciones se pretende alcanzar un conocimiento de la estructura mediante campañas de toma de ensayos destructivos y no destructivos, en el cual se realiza un diagnóstico de la estructura y se determina la necesidad o no de realizar un proyecto de rehabilitación y/o refuerzo, así como la magnitud y número de actuaciones a incluir en el mismo.

## 7. DEFINICIÓN DE LOS MEDIOS DE ACCESO

El puente soporta un tráfico ferroviario medio en jornada diurna, con una frecuencia próxima a los 20', al que es posible acceder por vía mediante piloto homologado por ETS, descendiendo a la cala por la escala de la pila 7.

## 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 proyecto de reparación:

- Giro o asiento de una pila, tras un gran temporal
- Fisuras o grietas en las pilas y, sobre todo, en las bóvedas, debidas a asientos o giros en las cimentaciones, de abertura superior a 0,5 mm
- Fisuras en el dique tras periodos de fuertes temporales
- Micropilotes a la vista en el dique como consecuencia de socavación debido al batir del oleaje contra el dique

## 9. MANTENIMIENTO

### 9.1. DEFINICIÓN

Las operaciones de mantenimiento han de servir para asegurar, durante la vida útil definida por ETS, 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. El mantenimiento rutinario es de gran importancia; y descuidar este mantenimiento 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 humedades, pátinas biológicas y vegetación perjudicial. Esta operación se llevará a efecto cada 6 meses, coincidiendo con el final de la primavera o el otoño.
- Revisión de las uniones en elementos metálicos (escalera de acceso metálica)

### 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, con lo que quedan fuera las actuaciones urgentes o que traten de resolver daños graves para el conjunto de la estructura.



- Reposición de elementos drenaje y ejecución de nuevos drenajes si los existentes evidencian no ser eficaces por ubicación o por variaciones en la red de drenaje superior.
- Reparaciones localizadas en paramentos, como parcheos en zonas de hormigón con impactos 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 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 4 cm.
- Reparaciones en los paramentos de fábrica tales como la reposición o reparación de sillares desprendidos o fracturados, o el rejuntado de las piezas
- Consolidación e hidrofugación de los paramentos de fábrica a base de silicona (hidrofugante) y resina acrílica (consolidante)
- Es conveniente reparar las impostas del puente para evitar accidentes del personal de mantenimiento.
- 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, cuyo deterioro pueda ocasionar peligro para los trenes o peatones ocasionales (mantenimiento), tal y como barandillas o señalización vertical, 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 0,5% 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, con cimentación directa, podría rondar los 1.400€/m<sup>2</sup>, con lo que los costes anuales de mantenimiento podrían estimarse en:

$$2.100\text{€/m}^2 \times (5 \text{ m} \times 90 \text{ m}) \times 0,5\% = 4.725 \text{ €/año.}$$