

Pasarela Iñurritza: un cachalote en la playa

Iñurritza footbridge: a cachalot on Zarautz Beach

Mario Guisasola Ron^a

^aDr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. ANTA IC. Director. mgr@anta-ic.com

RESUMEN

La pasarela Iñurritza se encuentra junto a la playa de Zarautz. Sustituye a una estructura previa de madera de aproximadamente 30 años de antigüedad con graves patologías. La finalidad de la pasarela es dar continuidad a un sendero de la playa de Zarautz junto al mar cantábrico y conectarlo con una zona de biotopo protegido situado al otro lado de la regata Iñurritza. El uso de la pasarela es mayoritariamente lúdico y su silueta alude a la fauna marina. La disimetría del paisaje condujo a una estructura empotrada - apoyada y su ley de momentos flectores generó una forma que recordó a un cachalote.

ABSTRACT

The Iñurritza Footbridge is located next to Zarautz Beach. It replaces a previous wooden structure, approximately 30 years old with serious pathologies. The main purpose of the footbridge is to provide continuity to a coastal path along Zarautz Beach by connecting it to a protected biotope area located on the opposite side of the Iñurritza stream. The footbridge is predominantly used for recreational purposes, and its silhouette pays homage to marine wildlife. The asymmetry of the surrounding landscape led to a fixed-supported structure, whose bending moment distribution inspired a form reminiscent of a cachalot.

PALABRAS CLAVE: pasarela, paisaje, empotramiento, canto variable, simplicidad, leyes de momentos

KEYWORDS: footbridge, landscape, fixed-hinged, variable depth, simplicity, bending moment diagram

1. Introducción

La pasarela de Iñurritza se encuentra junto a la playa de Zarautz en España. Sustituye a una estructura previa de madera de aproximadamente 30 años de edad que debía ser remplazada pues presentaba diversas patologías que suponían una merma de su capacidad estructural. Las obras de la pasarela concluyeron en el mes de mayo de 2023.

La finalidad de la pasarela es dar continuidad a un sendero de la playa de Zarautz

junto al mar cantábrico y conectarlo con una zona de biotopo protegido situado al otro lado de la regata Iñurritza.

El uso de la pasarela es mayoritariamente recreativo (paseo al borde del mar y conexión con alojamientos turísticos cercanos a la playa) y su silueta alude a la fauna marina sin merma de eficiencia estructural.



Figura 1. Vista panorámica del emplazamiento.

2. Condiciones de contorno

La zona donde se ubica la pasarela corresponde a un biotopo protegido de dunas, marisma y litoral rocoso.

La pasarela se sitúa en la desembocadura de la regata Iñurritza al mar cantábrico junto a la playa de Zarautz. La margen izquierda del río es un terreno de dunas en el que se ubica un campo de golf y la playa. Entre ambos discurre un sendero de costa. La margen derecha es una abrupta ladera en cuyo pie transcurre un sendero rodeado de vegetación.

Las dos márgenes del río son muy diferentes: la izquierda es un terreno llano de dunas apenas salpicado de flora, mientras que la derecha es un terreno montañoso rocoso y repleto de vegetación.

El estribo izquierdo del puente es un muro vertical que delimita la playa, mientras que en el lado derecho existe un sobreancho. Así se establece un apoyo simple a la izquierda y un estribo de empotramiento a la derecha, resaltando la falta de simetría del paisaje al mismo tiempo que se integra en el terreno.

Por otra parte, es necesario señalar que la pasarela debe ubicarse en todo momento a una cota superior a la altura de la pleamar y permitir el desagüe hidráulico de la regata Iñurritza. Ello

implica que la estructura se ubique encima de la cota 3.



Figura 2. Estructura empotrada - apoyada.

3. Criterios de proyecto

Los criterios adoptados para el diseño de la estructura no se fundamentan en requisitos indispensables, pero establecen el carácter del puente.

La obra se ubica en el mismo emplazamiento que la anterior pasarela para aprovechar los desembarcos existentes y así economizar la inversión. Además, el volumen del puente debe ser inferior al existente para reducir su impacto visual. El pavimento es del mismo material que el sendero de la playa: madera.



Figura 3. Antigua pasarela de madera (izquierda) y nueva pasarela metálica (derecha).

El paisaje donde se ubica el puente es un río encauzado que desemboca en una playa a mar abierto. La aproximación al paisaje de monte y dunas ha sido respetuosa y modesta. El puente se funde geoméricamente con el terreno, realizándolo y reforzando sus aspectos positivos. Además, se acentúa la asimetría existente entre monte y playa.

El uso de la obra corresponde al de paseo junto a la playa y conexión con alojamientos turísticos. Este aspecto se refleja en la forma del puente con claras reminiscencias marinas. A pesar de ello, la estructura debe ser un fiel reflejo de su comportamiento estructural.

Por último, el diseño prima la sencillez de la obra, se elimina todo elemento superfluo y se dota a la obra solo de componentes esenciales y robustos de reducido mantenimiento.

4. Descripción de la pasarela

La pasarela está constituida por dos vigas longitudinales de 24.4 metros de longitud, separadas tres metros entre sí y unidas por viguetas transversales dispuestas cada 0.488 metros.

La estructura se encuentra empotrada en el lado del monte y simplemente apoyada en el lado de la playa y su gráfica de momentos flectores inspira la forma del puente. La silueta del puente se asemeja a un pez con la cola en el empotramiento y la cabeza en el estribo opuesto. Para reforzar esta forma se curvó el extremo superior del puente junto a la playa y se dispusieron unas aperturas con lamas.

Se obtiene así una estructura que expresa el comportamiento estructural del puente, resulta eficiente pues en cada zona el canto se adapta a la sollicitación que debe soportar y además presenta un aspecto lúdico, pues resulta similar a un cetáceo.

La sección resistente de las vigas longitudinales es un cajón formado por cinco chapas. Tres de las chapas son el alma interior del cajón y las alas superior e inferior. Las otras dos chapas son alabeadas y generan la cara exterior del puente. Podría decirse que la chapa alabeada superior representa la zona de momentos negativos, mientras que la inferior corresponde a la de momentos positivos. La intersección de ambas superficies es una línea de dos ramas (recta en el estribo de empotramiento y curva en el resto) que se encuentra permanentemente comprimida.

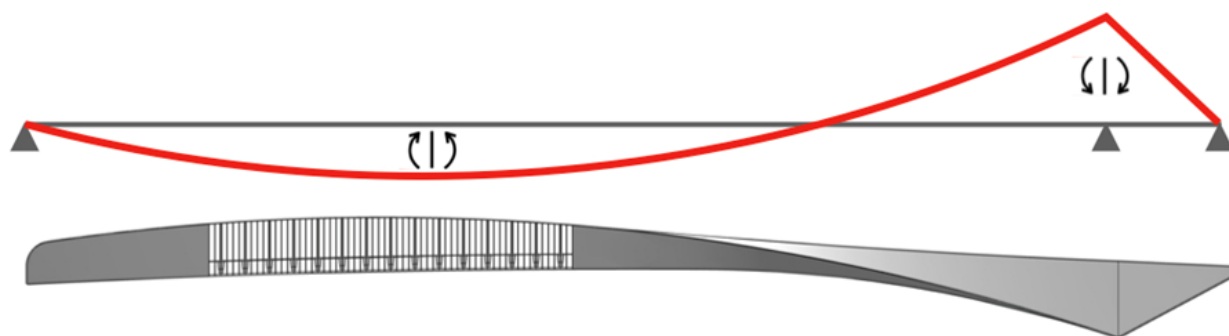


Figura 4. La ley de momentos inspiradora de la silueta del puente.

La forma de las vigas longitudinales se genera gracias a la disposición interna de múltiples rigidizadores transversales de forma trapezoidal que generan exteriormente superficies alabeadas como en una clásica construcción naval.

Con la finalidad de dotar de mayor permeabilidad al tablero en la zona de centro de vano, las chapas correspondientes al alma del cajón se eliminan y se multiplican los rigidizadores interiores del cajón, transformándose en lamas equidistanciadas 122 mm. Surge de este modo una viga Vierendeel con múltiples montantes. Este aligeramiento se realiza en la zona donde los esfuerzos cortantes presentan un valor más reducido.

El empotramiento se establece disponiendo dos ejes de apoyo contiguos en el estribo de la margen derecha: el interior se encuentra comprimido y el exterior traccionado. Esta disposición genera un momento negativo de valor elevado en el empotramiento que reduce drásticamente el momento positivo en centro de vano. Se logra así una estructura esbelta. Los apoyos del estribo de empotramiento se encuentran completamente embebidos en este y cada uno de ellos corresponde a una chapa dotada de conectores que transmiten el axil de compresión o tracción al hormigón por rasante.



Figura 5. Estribo de empotramiento.

Las viguetas transversales que unen las dos vigas longitudinales presentan una sección triangular. Ello impide la acumulación de suciedad y la proliferación de nidos de pájaros.

El arriostramiento transversal se logra mediante unas chapas dispuestas en espiga que además soportan el pavimento de madera.



Figura 6. Viguetas de sección triangular y arriostramiento en espiga.

Los componentes estructurales básicos de la pasarela son:

- Dos vigas cajón longitudinales.
- Unas viguetas transversales que solidarizan las vigas longitudinales, separadas una distancia de 0.488 m entre ejes.
- Los rigidizadores transversales de las vigas cajón que se encuentran alineados con las viguetas transversales, constituyendo con estas unos marcos equidistantes que impiden la distorsión angular y el pandeo lateral de las vigas longitudinales. La geometría trapezoidal de los rigidizadores es el patrón interior que genera la forma de los cajones longitudinales.

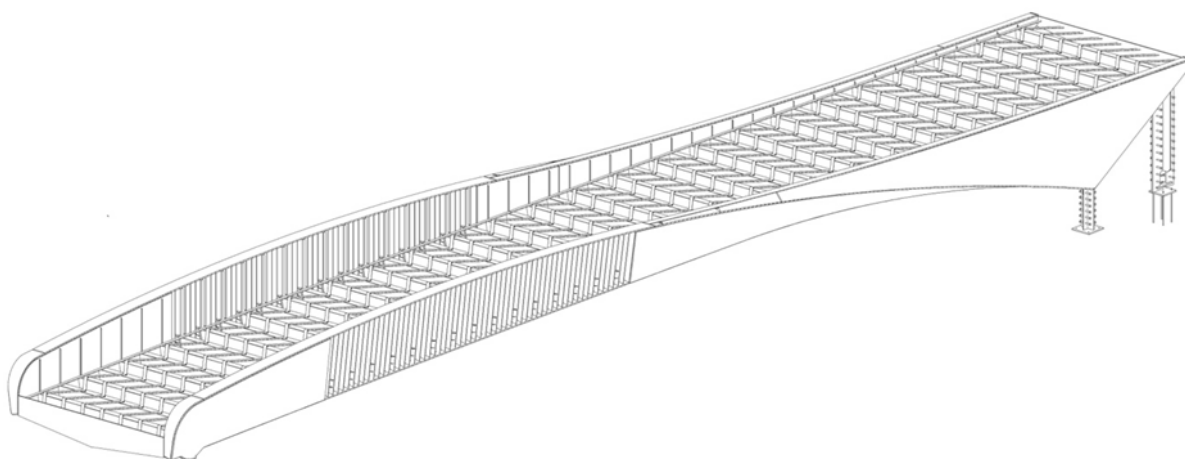


Figura 7. Modelo geométrico (chapas de empotramiento con conectores en lado derecho)

- Un arriostramiento en espiga que rigidiza transversalmente la estructura y sirve de base, a su vez, al pavimento de madera sin la necesidad de disponer elementos adicionales.

El cajón de las vigas principales es un trapecio de base principal inferior en el empotramiento, y base principal superior en centro de vano.

La relación entre el vano lateral y el vano central es de 1 a 11: 1.952 frente a 21.471 metros. El puente presenta sendos apéndices de 0,88 metros y su longitud total es 24.4 metros.

La altura máxima de las vigas principales del puente en los empotramientos vale aproximadamente 1.5 m, y 1.2 m en centro de vano. El canto mínimo de las vigas es 0.315 metros. Las viguetas transversales presentan un canto mínimo de 0.265 metros. Sobre las mismas se dispone un arriostramiento en espiga de 15 milímetros, y unos listones de madera de 35 milímetros.

5. Cálculos

Debido a la complejidad de la estructura en la zona de la viga Vierendeel y para verificar el nivel tensional de las distintas chapas que forman la estructura, se creó un modelo de elementos finitos. Se modelizan con elementos lámina cada cajón, los mamparos, las lamas y las viguetas.

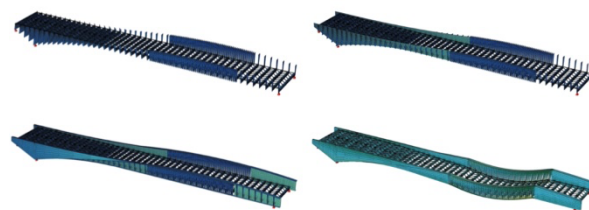


Figura 9. Modelo de cálculo Sofistik.

El modelo de cálculo fue realizado con Sofistik y permitió constatar el buen comportamiento estructural del puente. La deformación de las sobrecargas frecuentes en Estado Límite de Servicio es de 1,5 centímetros, inferior a $L/1200$ ($21.472 \text{ m}/1200 = 1.8$ centímetros). Esta limitación asegura un buen comportamiento dinámico.

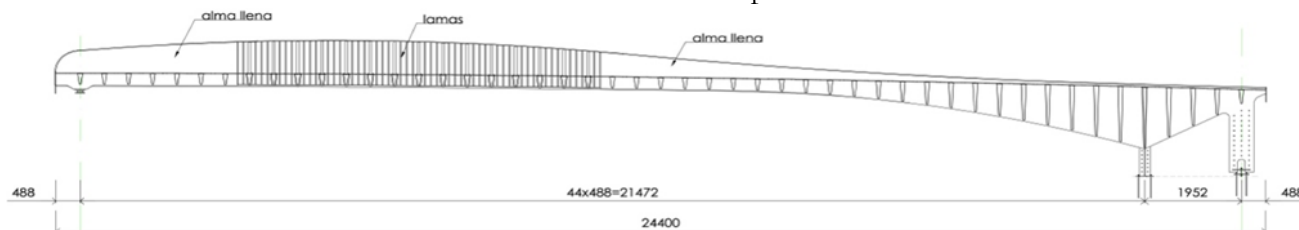


Figura 8. Viga longitudinal

La tensión máxima de las vigas principales en Estado Límite Último es 280 MPa, valor netamente inferior al límite de 355 MPa.

6. Construcción

La construcción en taller del puente no presenta aspectos relevantes. La ejecución de las vigas longitudinales se inicia con la disposición de los rigidizadores interiores que paso a paso van cubriéndose con las chapas exteriores que conforman el cajón. Su alma interior presenta una serie de aberturas rasgadas que permite soldar los rigidizadores interiores desde el exterior.

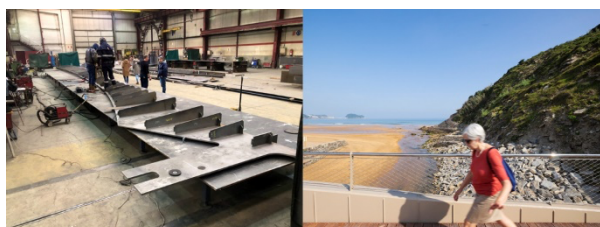


Figura 10. Rigidizadores transversales interiores y rasgado de alma.

El emplazamiento donde se ubica el puente no presenta acceso rodado. Ello condicionó considerablemente el montaje de la pasarela, pues hubo que transportarla en una única pieza a través de la playa durante dos kilómetros, al igual que la grúa necesaria para su montaje.

Con la finalidad de que el transporte no quedara atascado en la arena de la playa, sus

ruedas circularon sobre unos tablones de madera que se desplazaban acompasadamente con el camión. Una máquina de orugas era la encargada de desplazar estas piezas de madera a medida que el transporte avanzaba lentamente.

El trayecto de aproximadamente dos kilómetros se realizó en un par de jornadas y el montaje pudo completarse de manera exitosa.

7. Conclusiones

La nueva pasarela Iñurritza en Zarautz, finalizada en 2023, sustituye a una antigua estructura de madera deteriorada. Su diseño refleja la asimetría del lugar, el comportamiento estructural y su uso recreativo, centrándose en el paisaje, la propia estructura y los usuarios que la disfrutaran. La forma de la pasarela responde a la falta de simetría del paisaje, resultando en una estructura bijácena de 24.4 metros de longitud, empotrada en un lado y simplemente apoyada en el lado opuesto. La ley de momentos flectores inspiró una silueta que se modificó ligeramente para darle una apariencia marina, en línea con su carácter recreativo y su ubicación costera. Para evitar impactos en el biotopo protegido, la pasarela fue transportada a través de la playa utilizando un sistema rudimentario e ingenioso propuesto por el contratista, que resultó exitoso.



Figura 11. Transporte por la playa sobre tablones de madera.

Agradecimientos

Los promotores de la obra son el Ayuntamiento de Zarautz y la Diputación Foral de Gipuzkoa. La ejecución de las obras se realiza durante el invierno y la primavera de 2023 por la empresa Construcciones Mariezcurrena. El taller encargado de la construcción metálica es Goros.

El proyecto y la dirección de obra fueron confiados a ANTA, con un equipo dirigido por Mario Guisasola en el que destacan Esther Azcona, Haritz Iriondo y Lore Mutiloa.

Referencias

- [1] Guisasola Ron, Mario (2021) *Design Philosophy Based on the Span's Internal Forces*. Suiza, Structural Engineering International.
- [2] Guisasola Ron, Mario (2021) *Desarrollo de nuevas formas parametrizadas para Pasarelas Eficientes y Elegantes*. España, Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] Guisasola Ron, Mario (2022) *Diseño de pasarelas: paisaje, simplicidad y forma estructural*. España, Revista de Obras Públicas.



Figura 9. La pasarela Iñurritza en un día de verano