

Pasarela sobre la Playa de Vías de la Estación de Mérida

Pedestrian bridge over the train station of Mérida

Óscar Ramón Ramos Gutiérrez^a, Guillermo Ortega Carreras^b, Jorge Quintana García^c, Ricardo Rafael Pereira de Sousa^d, Pablo Carrión Mantilla^e

^aDr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. ORRAMOS INGENIERÍA. CEO. Universidad de Cantabria.

oramos@orramoseng.com

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. ORRAMOS INGENIERÍA. Jefe de Proyecto. gortega@orramoseng.com

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. ORRAMOS INGENIERÍA. Ingeniero de Puentes. jquintana@orramoseng.com

^dIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. ORRAMOS INGENIERÍA. Ingeniero de Puentes. rpereira@orramoseng.com

^eIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. ORRAMOS INGENIERÍA. Ingeniero de Puentes. pcarrion@orramoseng.com

RESUMEN

La nueva pasarela sobre la playa de vías de la estación de Mérida permite la comunicación del centro de la ciudad con los barrios residenciales de la zona norte, evitando los grandes rodeos actuales. La pasarela, de ancho constante de 3.2 m permite el tráfico de peatones y ciclista, consta de un vano central de 63 m de luz, resuelto mediante un cajón mixto acero-hormigón, una rampa sur de 1 vano, que continúa la tipología del vano principal, y una rampa norte compuesta por una empalizada y un tablero de 4 vanos (ambos con tablero tipo losa). El diseño de la pasarela tiene en cuenta, de manera especial, el carácter monumental de la ciudad de Mérida con la presencia de los acueductos de Los Milagros y San Lázaro.

ABSTRACT

The new pedestrian bridge over the train station of Mérida connects the center of the city of Mérida with the north residential neighborhoods, avoiding then the current detours. The bridge, which is 3.2 m width to allows the transit of both pedestrians and cyclist, consists of a central span of 63 m length solved by a steel-concrete composite deck, a south ramp with 1 span, following the main span typology, and a north ramp solved by a palisade and a 4-span deck (reinforced concrete deck both). The design of the bridge considers the monumental nature of the city of Mérida with the presence of both Los Milagros and San Lázaro aqueducts.

PALABRAS CLAVE: pasarela, sección mixta, estación, acueducto

KEYWORDS: pedestrian bridge, composite section, train station, aqueduct

1. Descripción de la estructura

Desde el punto de vista de la permeabilidad peatonal Norte-Sur de la ciudad de Mérida, la ejecución de la pasarela dota de un paso accesible a ciclistas y peatones sobre la barrera arquitectónica que supone la presencia de las vías a la misma cota que las calles. Actualmente

existen dos pasos disponibles para peatones y ciclistas, bajo las vías, y muy espaciados. La pasarela supone un paso sobre las vías en un punto medio entre los anteriores.

Debido a las grandes limitaciones de espacio para la ubicación de la pasarela, fue de

fundamental importancia el análisis de los condicionantes y características del entorno a la hora de acometer el diseño de la estructura. Por un lado, el acceso sur debe proporcionar un acceso directo a la calle Cardero y tener continuidad con los propios accesos a la estación para personas de movilidad reducida. Además, también condiciona el punto de cruce de la pasarela sobre la playa de vías, toda vez que el único espacio disponible para alojar la pasarela es a través del patio interior trasero de los edificios de instalaciones auxiliares de la propia estación.



Figura 1. Condicionantes en zona de acceso sur

En el acceso norte, la rampa debe discurrir paralela al vial Camino Viejo de Mirandilla manteniendo espacio suficiente para el tráfico rodado del polígono y de acceso a la terminal de mercancías, y compatible con los gálibos horizontales mínimos a las vías de ferrocarril existentes.



Figura 2. Condicionantes en zona de acceso norte

Atendiendo a estas limitaciones se presenta una composición de pasarela

tramificada en un vano central, una rampa sur y una rampa norte. El diseño de la pasarela se ha realizado teniendo en cuenta, de manera especial el carácter monumental de la ciudad de Mérida. La pasarela se encuentra ubicada entre los acueductos romanos de Los Milagros y el acueducto de San Lázaro. Esta influencia se ha tenido en cuenta con la implementación de superficies curvas y de secciones de cantos variables circulares tanto en el tablero como en la subestructura, evocando así las formas de los acueductos mencionados.



Figura 3. Acueducto de Los Milagros



Figura 4. Acueducto de San Lázaro

Se procede a continuación a describir las diferentes partes que componen la pasarela: acceso sur, vano principal y acceso norte.

1.1 Vano principal

El vano central, con un único vano biapoyado de 63 metros de luz sobre la playa de vías con el objetivo de no limitar la funcionalidad de la explotación ferroviaria, es el elemento que configura el carácter de la pasarela. La sección transversal es de tipo cajón mixta acero-hormigón.

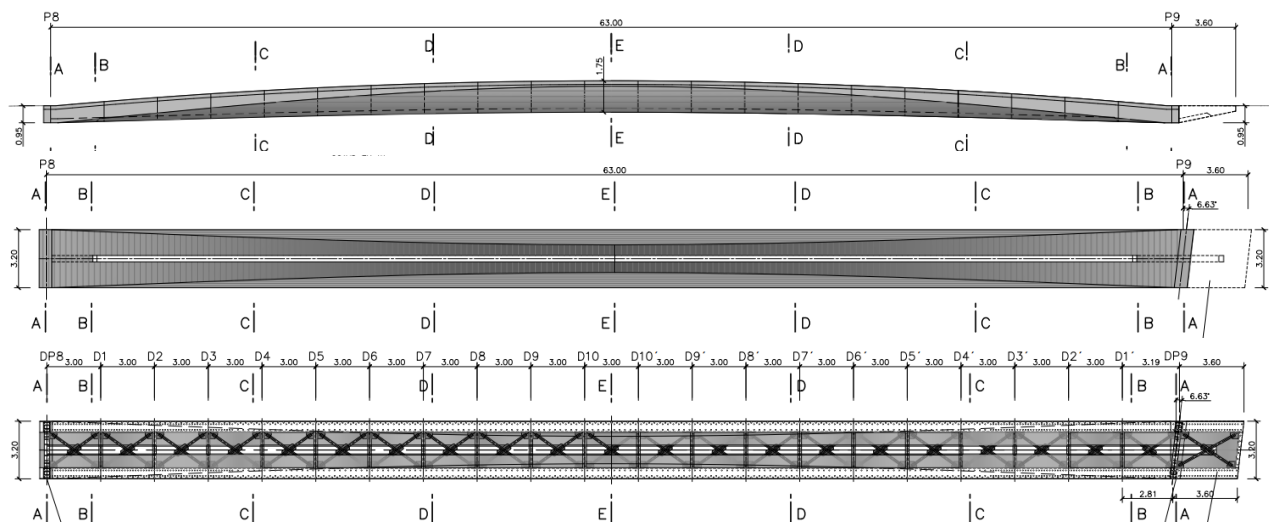


Figura 5. Alzado longitudinal y planta del vano principal

La anchura superior de la pasarela es constante de 3.2 m, mientras que la chapa de fondo tiene una anchura variable que va acostándose hacia el centro de luz.

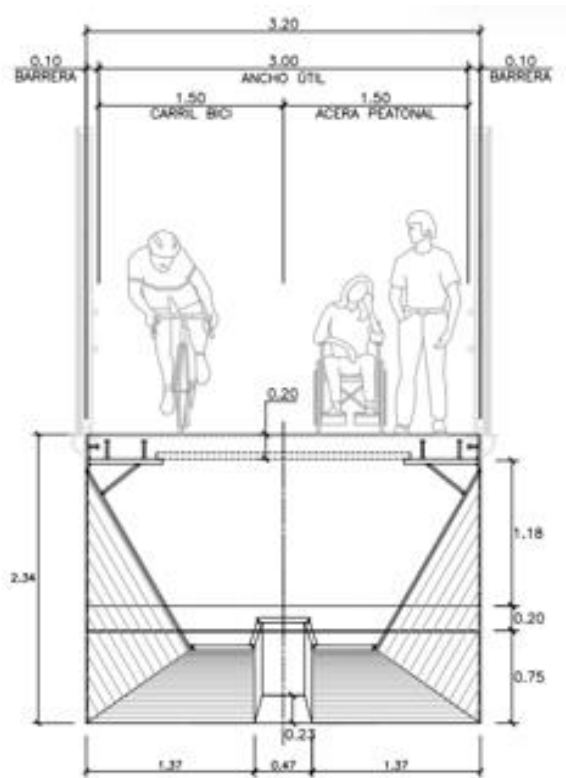


Figura 6. Sección transversal

El tablero está compuesto por un cajón metálico de canto variable desde 0.95 m hasta 1.75 m, una chapa de fondo variable y unas platabandas superiores de 600 mm de anchura.

Entre la platabanda superior y el alma se disponen de unas “torsionetas” que aportan una mayor capacidad a torsión de la sección y limitan la longitud de pandeo de las alas y las platabandas superiores. La losa superior de hormigón tiene un espesor de 20 cm y se hormigona apoyándose en prelasas colaborantes de 5 cm d espesor. Sobre esta losa se sitúa una capa de 2.5 cm de microaglomerado para el tráfico de peatones y bicicletas.

En cuanto a la rigidización transversal de la estructura metálica, se disponen marcos transversales de alma llena cada 3 m. El arriostramiento en planta se resuelve mediante una celosía en forma de cruces de San Andrés resueltas con angulares L120.12 soldados a las platabandas y a los marcos.

Finalmente, la estructura metálica del vano principal tiene un voladizo en la zona norte que sirve de descansillo y de unión con la losa de la empalizada.

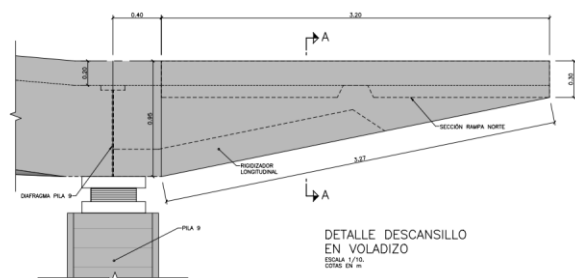


Figura 7. Detalle descansillo en voladizo

En cuanto a la subestructura, el tramo principal se apoya sobre pilas en forma de pórtico unidas en su cabeza por un dintel de canto variable entre 0.40-0.54 m, que evoca la forma de los acueductos. Los dos fustes están formados por una sección rectangular de 0.75 m de ancho por 0.6 m de canto. Cada fuste se cimenta sobre un encepado de 1.5x1.5x1 m sobre los que se disponen 4 micropilotes de 250 mm de perforación y una armadura tubular de 177 mm de diámetro y 11 mm de espesor. Además, cuenta con dos voladizos para el apoyo de la rampa sur.

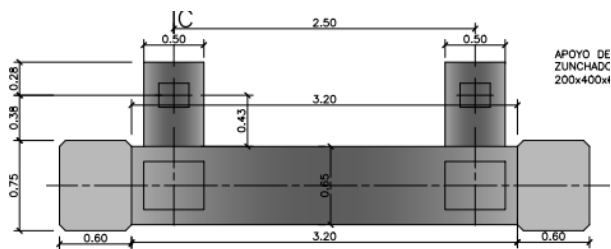


Figura 8. Apoyos del vano principal y del acceso sur

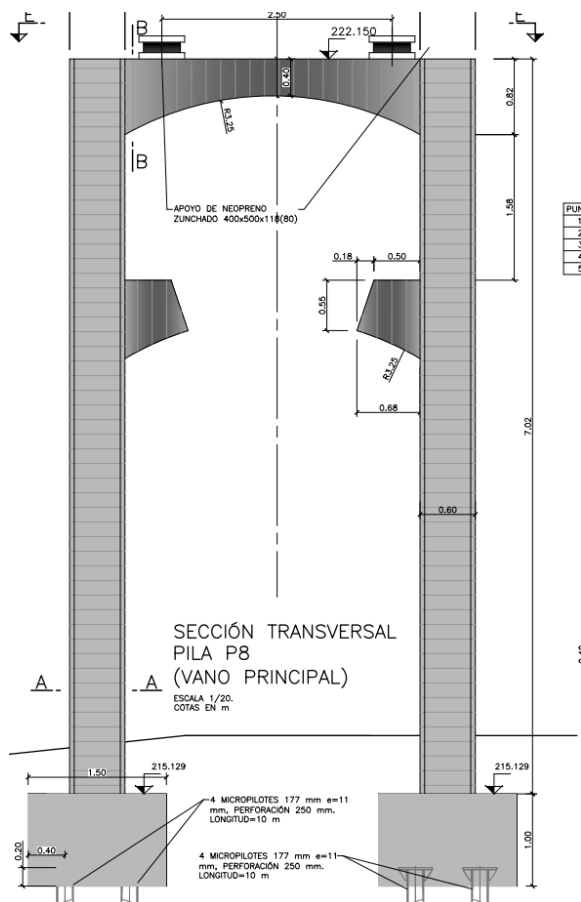


Figura 9. Pila vano principal

1.2. Rampa Norte

La rampa norte se compone de dos tipologías diferenciadas, la rampa empalizada al oeste de la pila 9 y la rampa de acceso norte. La rampa empalizada se trata de un tablero de chapa colaborante de 14 cm de espesor, que realiza un giro de 180 grados y que se sostiene mediante perfiles HEB metálicos que sustentan la chapa colaborante y se empotran a una serie de columnas de hormigón armado equiespaciadas a 3.10 m, con una altura total de 12.00 m y unas dimensiones de 0.75 m de ancho y de 0.75 m de canto.

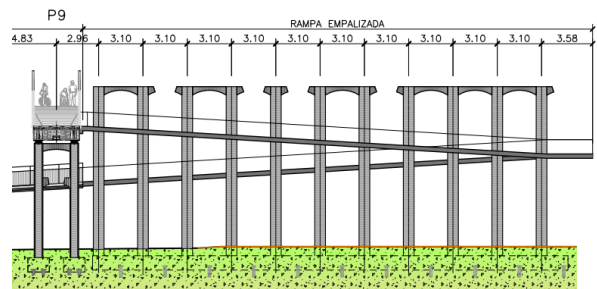


Figura 10. Alzado de la rampa empalizada

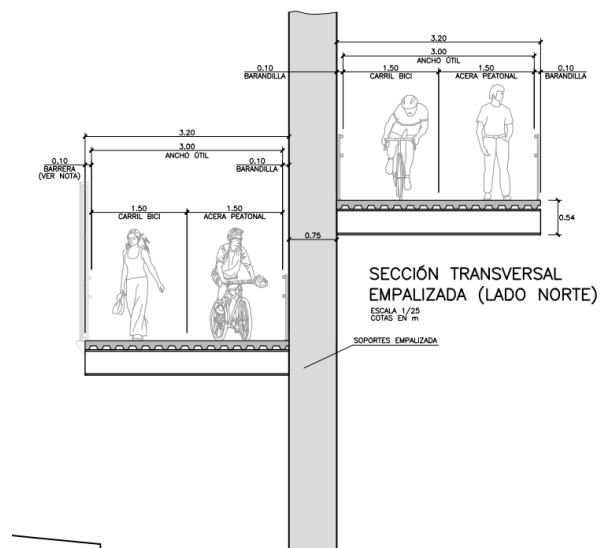


Figura 11. Sección transversal de la rampa empalizada

Esta rampa arranca desde el lado Norte del vano principal, se desarrolla hacia el lado oeste unos 37.5 m, con una pendiente de un 6%, donde al final realiza un giro de 180 grados mediante un descansillo, para volver a la cercanía

de la pila P9, donde arranca la rampa acceso Norte, con una pendiente del 5%.

La cimentación de esta rampa se trata de una cimentación continua micropilotada, con 12 pares de micropilotes, equidistantes cada 3.10 m y colocados entre las columnas, empotrados en un encepado de 1.10 m de ancho y 1.0 m de canto. Los micropilotes utilizados para la cimentación tienen una tubería Ø139.7 x 9 mm y perforación 200 mm, con una longitud total de 10.0 m.

La rampa acceso Norte da continuidad a la rampa empalizada, desarrollándose hacia este desde la cercanía de la pila P9 hasta llegar al estribo 2.

El tablero de esta rampa está formado por una losa de hormigón armado continua de 3.2 m de ancho y de 0.40 m de espesor, continua que se empotra en los dos fustes de la pila P9 y se apoya, sobre apoyos de neopreno, en los fustes de las pilas P10, P11, P12 y en el estribo 2.

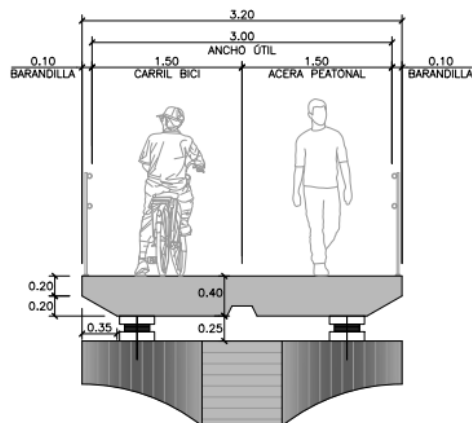


Figura 12. Sección transversal de la rampa norte

Las luces de los diferentes vanos son: 2.50 m (entre fustes de pila P9) + 2.98 m + 13.00 m + 13.00 m + 9.00 m

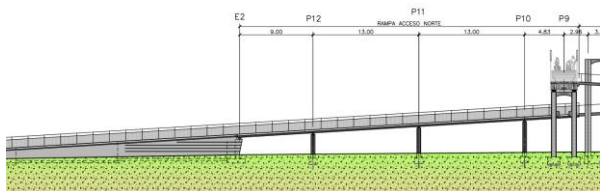


Figura 13. Alzado de la rampa norte

La rampa se empotra en las columnas P9 ya descritas en la rampa principal y en unas pilas en forma de martillo en las Pilas 10, 11 y 12. Las

pilas 10, 11 y 12 son iguales que las descritas en el acceso sur, tanto su geometría como su cimentación.

El estribo 2 se trata de un estribo cerrado, con un muro frontal de espesor variable de 0.70 m en base hasta los 0.86 m en la meseta. La altura del estribo es de 2.94 m. Tanto el murete como los muros laterales tienen un espesor de 0.20 m. La cimentación del estribo es directa, mediante una zapata de 2.30 m de longitud y 3.2 m de ancho y longitud de la puntera de 0.60 m.

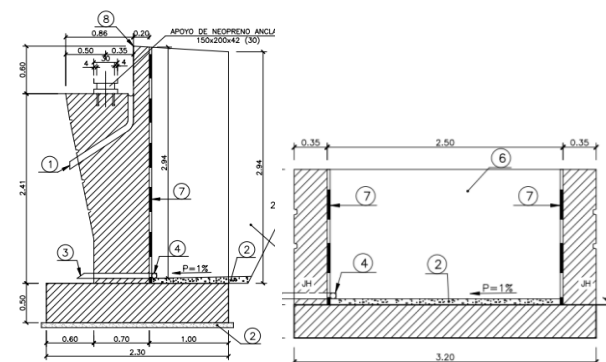


Figura 14. Geometría del estribo y muros de acompañamiento en U

1.3. Rampa Sur

A raíz de que el ayuntamiento adquiriese un terreno cercano a la estación de Mérida se propuso que el acceso sur desembocase directamente en este nuevo terreno, con un vano recto en prolongación del principal y con una sección transversal de canto constante con el canto pequeño del vano principal. Esta nueva desembocadura de la pasarela estará conectada con la estación a través de un nuevo itinerario peatonal al nivel del terreno existente. En la siguiente imagen puede verse la propuesta en desarrollo del nuevo desembarco sur de la pasarela. Este es el principal cambio que se introduce en el Proyecto Modificado respecto al original (donde el acceso sur continuaba mediante dos estructuras hasta alcanzar el nivel de la estación de Mérida).

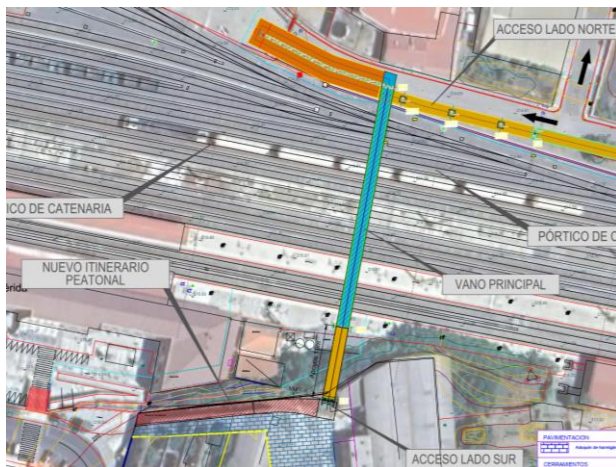


Figura 15. Configuración final del desembarco sur de la pasarela

Por tanto, finalmente la rampa de acceso Sur continúa estructuralmente con la tipología del vano principal, con el que comparte el apoyo en la pila P8. El acceso sur está formado por un único vano de recto de 19 m de luz en continuación con el vano principal. La tipología es la misma que la sección de estribo del vano principal, con un canto total de 0.95 m (0.75 m de cajón metálico más 20 cm de losa de hormigón) para dar una continuidad visual a la solución.

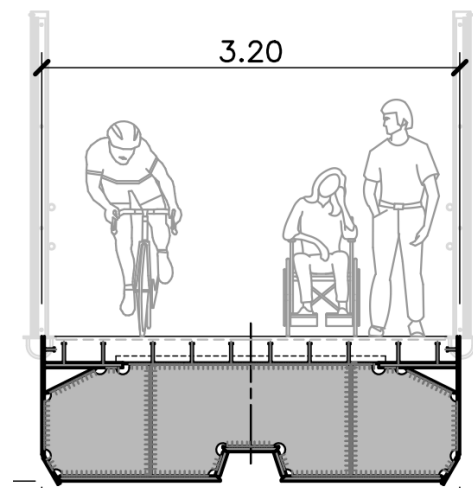


Figura 16. Sección tipo acceso sur

En cuanto a la subestructura la rampa de acceso sur apoya sobre la pila 8 del vano principal (a través de unas ménsulas en el dintel de la pila) y sobre un cargadero en la zona de desembarco de la pasarela. Este cargadero está formado por una viga de hormigón cimentada directamente sobre el terreno de 3.20 m de anchura con un murete y unas aletas para la contención de tierras.

En las siguientes infografías puede verse el aspecto final de la pasarela.



Figura 17. Infografía 1 – Aspecto final de la pasarela



Figura 18. Infografía 2 – Aspecto final de la pasarela



Figura 19. Infografía 3 – Aspecto final de la pasarela

2. Cálculo de la pasarela

Para cada tramo de los descritos anteriormente se ha elaborado un modelo de cálculo con la geometría de los planos.

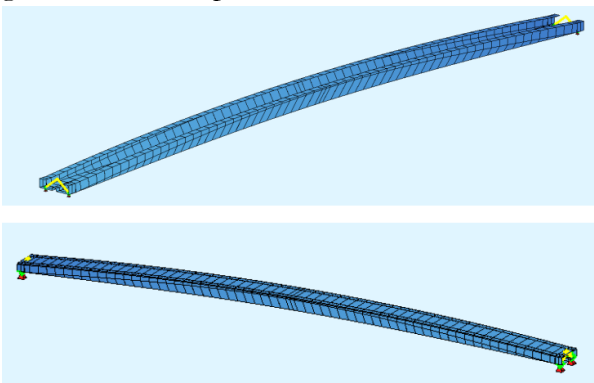


Figura 20. Vano principal

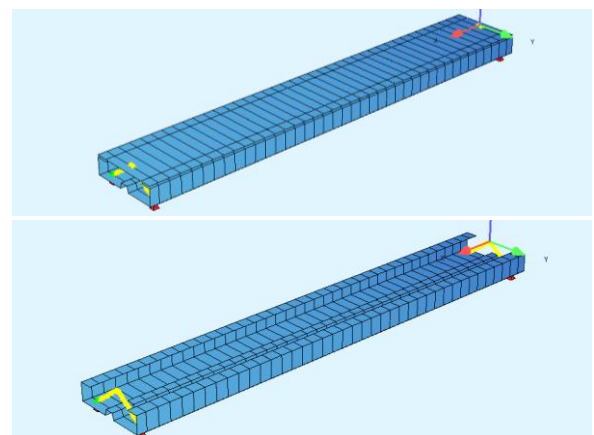


Figura 21. Acceso Sur

En el caso de la empalizada se ha modelado con láminas y con un cálculo no lineal teniendo en cuenta la fisuración. Este cálculo busca tener un control más certero de las flechas de este tramo ya que se trata de voladizos de

cierta entidad que pueden tener una flecha elevada por los fenómenos diferidos del hormigón.

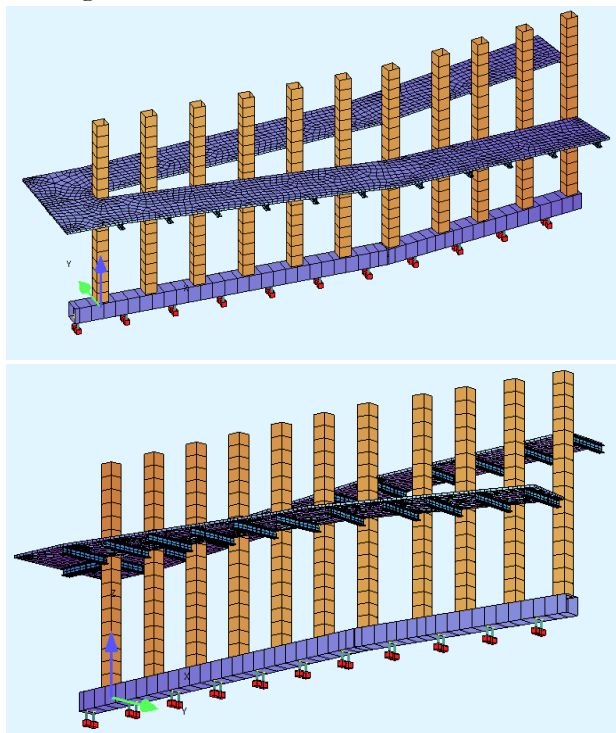


Figura 22. Modelo de empalizada

Cabe destacar también el cálculo de la rampa de salida norte, donde el primer vano de la rampa se encuentra adherido en voladizo a los soportes de la pila 9, por tanto, se ha hecho un modelo conjunto de pila y rampa Norte para el dimensionamiento de estos elementos. La subestructura se ha modelado mediante elementos tipo viga mientras que el tablero se ha modelado con láminas. Con este modelo se ha comprobado que los modos de vibración entran dentro del rango aceptable para pasarelas y, mediante un cálculo no lineal, se ha comprobado que las flechas (teniendo en cuenta fisuración y fluencia) también son admisibles, tanto en la zona en voladizo como en la zona apoyada.

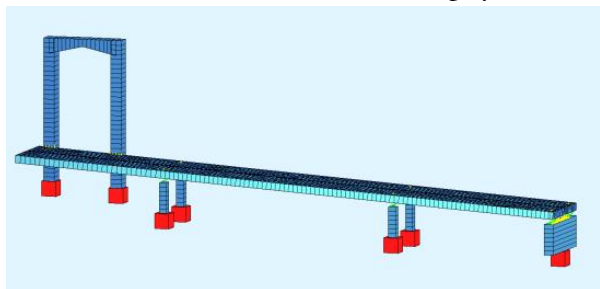


Figura 23. Modelo de rampa Norte

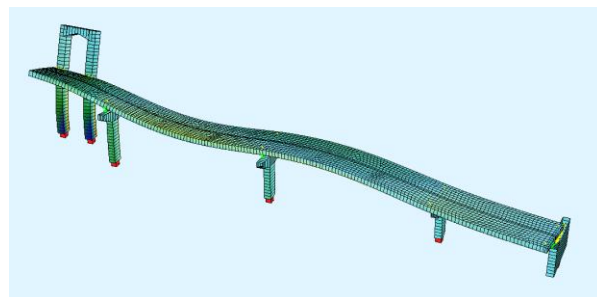
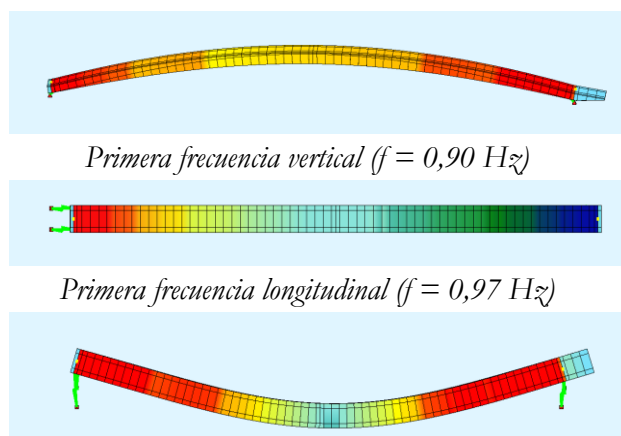


Figura 24. Modo de vibración vertical rampa Norte

En lo que se refiere al control de vibraciones del tramo principal, de acuerdo con UNE-EN 1990:2019, en su artículo AN.4.3.2, se considera verificado el estado límite de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera de los siguientes rangos.

- ✓ Rango crítico para vibraciones verticales y longitudinales: de 1.25 Hz a 4.60 Hz
- ✓ Rango crítico para vibraciones laterales: de 0.50 Hz a 1.20 Hz



Primera frecuencia vertical ($f = 0,90 \text{ Hz}$)

Primera frecuencia longitudinal ($f = 0,97 \text{ Hz}$)

Primera frecuencia transversal ($f = 3,40 \text{ Hz}$)

Figura 25. Frecuencias propias de vibración del vano principal

Adicionalmente, la RPX-95 exige en pasarelas peatonales que se verifique que la aceleración máxima sea igual a la mitad de la raíz cuadrada de la frecuencia principal de vibración.

- ✓ Frecuencia principal de vibración = 0.90 Hz
- ✓ Factor de configuración “k” = 1.00
- ✓ Factor de respuesta dinámica “Ψ” para 63 m = 15.25

$$y_{\text{límite}} = \frac{\sqrt{0.90}}{80 * 0.90^2 * 1 * 15.25} = 0.96 \text{ mm}$$

Esta flecha límite se compara con la obtenida del modelo de cálculo al introducir una carga puntual de valor 750 N en el centro de luz.

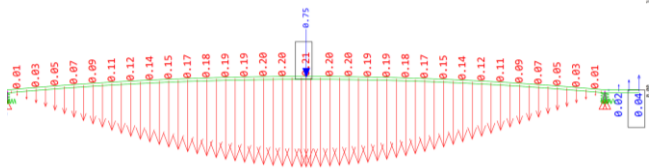


Figura 26. Flecha producida por la carga del peatón (mm)

La flecha obtenida es $0.21 \text{ mm} < 0.96 \text{ mm}$, por lo que se satisface el requerimiento de la RPX-95.

3. Singularidades de la obra

Durante las excavaciones para ejecutar las cimentaciones de las pilas 9 y 10 aparecieron restos arqueológicos (tumbas, muros y restos humanos) que entraban en conflicto con los micropilotes, por lo que, con la aprobación de patrimonio, hubo que redistribuir los micropilotes y modificar las cimentaciones. En las siguientes imágenes puede verse los restos arqueológicos encontrados y la solución propuesta para salvarlos.



Figura 27. Restos arqueológicos pila 9 y nueva configuración



Figura 28. Restos arqueológicos pila 10 y nueva configuración

Además, debido a la premura de los plazos de entrega no se desarrolló en fase de Proyecto un trabajo geotécnico específico de la zona de la pasarela, que sí se ha llevado a cabo en la fase de obra. Esto ha dado lugar a la definición de unas nuevas longitudes de micropilote ya particularizadas para cada apoyo de la pasarela.

4. Estado actual

Actualmente se están ejecutando los micropilotes y las cimentaciones del lado norte de la pasarela y paralelamente se está cortando y soldando la chapa del vano principal de la pasarela. Actualmente se encuentran montados en taller los dos primeros módulos de pasarela.

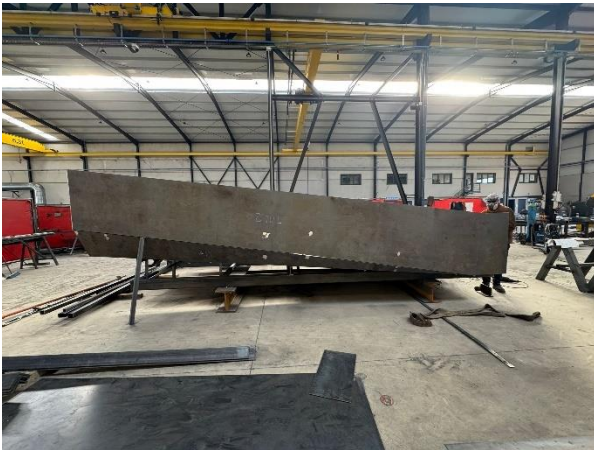


Figura 29. Alzado actual de la pasarela en taller



Figura 30. Diafragma de pila



Figura 31. Diafragma intermedio



Figura 32. Cimentación de la empalizada



Figura 33. Cimentación de la Pila 9

Agradecimientos

La nueva pasarela sobre la Playa de Vías de a Estación de Mérida ha sido promovida por ADIF, el Ayuntamiento de Mérida y la Junta de Extremadura. La asistencia técnica de los trabajos está siendo realizada por LACER INGENIERÍA, mientras que la construcción corre a cargo del grupo SEVILLA NEVADO.