



ANEJO Nº1. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Redactor:

Ángel Andújar Zabal



ANEJO Nº1: ESTUDIO DE SOLUCIONES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. CONDICIONANTES
 - 2.1 Naturales
 - 2.2 Funcionales
 - 2.3 Estéticos
 - 2.4 Constructivos
 - 2.5 Económicos
3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS INICIALES
4. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
 - 4.1 Arco de tablero superior con tableros simétricos
 - 4.2 Arco de tablero superior en celosía
 - 4.3 Viga triangulada de acero
5. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS
6. SOLUCIÓN ADOPTADA
7. EVOLUCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA
 - 7.1 Celosía
 - 7.2 Tablero
 - 7.3 Subestructuras
 - 7.4 Equipamientos
 - 7.4.1 Barandillas
8. CONCLUSIÓN



1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente Anejo es el estudio de las diferentes alternativas como solución a la pasarela sobre el río Segura en Blanca, Murcia.

A continuación se muestra el proceso llevado a cabo en la elección de la solución final para la pasarela y que incluye tanto la selección de la tipología que mejor se adapta a las necesidades del proyecto como las diferentes soluciones de tablero y equipamientos.

2. CONDICIONANTES

2.1. Naturales

2.1.1. Topografía

La pasarela se haya ubicada en el término municipal de Blanca, Provincia de Murcia.

El río supone un impedimento natural que coarta la ubicación de posibles apoyos intermedios. Se deberán buscar soluciones que eviten la construcción de pilas en el interior del mismo o en las cercanías de sus márgenes con el fin de no interrumpir su curso natural ni cambiar las condiciones hidráulicas así como para evitar la socavación que se produce por la erosión del agua sobre las pilas. La socavación que se pudiera dar en los estribos queda cubierta por la profundidad a la que estos se encuentran y por el recubrimiento de escollera dispuesto en ambas márgenes.

2.1.2. Hidrología

La pasarela se haya ubicada en el término municipal de Blanca, Provincia de Murcia.

El río supone un impedimento natural que coarta la ubicación de posibles apoyos intermedios. Se deberán buscar soluciones que eviten la construcción de pilas en el interior del mismo o en las cercanías de sus márgenes con el fin de no interrumpir su curso natural ni cambiar las condiciones hidráulicas así como para evitar la socavación que se produce por la erosión del agua sobre las pilas. La socavación que se pudiera dar en los estribos queda cubierta por la profundidad a la que estos se encuentran y por el recubrimiento de escollera dispuesto en ambas márgenes.

Es uno de los ríos con mayor aprovechamiento hidrológico, conocido también por su irregularidad causante de grandes inundaciones alternadas con periodos largos de sequía. Por este motivo, el nivel medio de la lámina de agua no condiciona el diseño de la geometría de la pasarela, sin embargo, la circulación de piragüistas por el cauce a lo largo del año sí que condiciona el gálibo bajo la misma.

Por otra parte, en su máxima avenida, correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, la lámina de agua queda situada a una cota de 140,00 msnm, resultando conveniente evitar la entrada en carga de la estructura estableciendo que la cota inferior del tablero en la mayor parte de su longitud sea superior a la mencionada con un resguardo suficiente.

2.1.3. Acciones naturales

La estructura se puede ver sometida fundamentalmente a dos tipos de acciones naturales:

- Acciones climáticas (lluvia, nieve, viento y temperatura): Se diseñará la estructura de forma que resista las variaciones de longitud debidas a la temperatura y pueda evacuar las pluviales de forma eficiente en las épocas otoñales (gota fría).
- Acciones sísmicas: a pesar de tratarse de una zona sísmica las condiciones del presente proyecto establecen que se obvie su efecto.

2.1.4. Zona de valor ambiental

Se deben de buscar soluciones y procesos constructivos con poca afección al terreno y al cauce del río.

2.1.5. Paisaje

Justificación de una tipología de puente que esté integrado con el entorno natural que lo rodea ya que la estructura se encuentra situada entre un parque de grandes dimensiones en la margen izquierda del río y una zona sin edificar en la margen derecha.

2.1.6. Geotecnia

El terreno competente para cimentar se encuentra a una profundidad de 7,5 metros. Es recomendable buscar soluciones que minimicen el empuje horizontal contra el terreno.

El sistema de cimentación elegido (cimentación superficial) permite que en el caso de ser necesario una modificación, los costes económicos correspondientes al nuevo sistema queden cubiertos.

2.2. Funcionales

2.2.1. Trazado

En planta la pasarela sobre el Río Segura debe resolver la conexión con los paseos de ribera, a la altura de la plaza semi-circular del Parque de Las Cuevas. No existen limitaciones a la geometría del mismo.

El trazado en alzado queda esencialmente sujeto a la normativa de accesibilidad vigente en la Comunidad Autónoma de Murcia que limita la pendiente longitudinal máxima a un 6%.

2.2.2. Anchura del tablero

El ancho útil mínimo exigido es de 3 metros, reservado para peatones.

Existe la posibilidad de introducir un carril para bicicletas.



2.2.3. Gálibo

Existe la necesidad de respetar una distancia de seguridad para evitar molestias o daños a los usuarios (piragüistas) ya que el río Segura constituye un canal navegable.

2.2.4. Pendientes

En caso de necesidad se exigirá una pendiente transversal máxima del 1,5% para evacuación de pluviales.

La pendiente longitudinal máxima debe respetar el máximo del 6% exigido por la normativa de accesibilidad vigente.

2.2.5. Conductos para servicios

Debe preverse el espacio suficiente para ubicar 4 conducciones de 110 milímetros de diámetro.

2.3. **Estéticos**

2.3.1. Estética + durabilidad, funcionalidad y seguridad

Se dará especial preferencia a las soluciones englobadas en la seguridad y durabilidad sin despreciar el factor estético y sin descuidar el carácter creativo.

2.3.2. Núcleos urbanos próximos

Diseño estético cuidado del conjunto, integrándolo con las estructuras próximas a la zona de actuación. Se deberá prestar especial atención a la forma de los equipamientos.

2.4. **Constructivos**

2.4.1. Presencia de maquinaria pesada

Será necesario habilitar una zona para el almacén de la maquinaria y facilitar un vial de acceso con anchura suficiente para el paso y maniobras de la misma.

2.4.2. Relleno

Para satisfacer la normativa de accesibilidad se necesitará la ejecución de un relleno para la construcción de las rampas de entrada.

2.4.3. Plazos de ejecución

Es conveniente establecer un plazo máximo de ejecución que abarque la estación seca para evitar problemas relacionados con avenidas del río Segura. Se deberán buscar soluciones con procedimientos de construcción que agilicen la ejecución.

2.4.4. Legislación

Cumplimiento de la normativa técnica vigente en este país, así como de la redacción y cumplimiento de un estudio de seguridad y salud e impacto ambiental.

2.5. **Económicos**

A pesar de no existir una limitación de presupuesto es conveniente tener en cuenta en todo momento el coste global tanto de la estructura como de su mantenimiento para tratar de encontrar una solución lo más económica posible sin dejar de lado la funcionalidad, seguridad y estética.

3. **PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS INICIALES**

En primer lugar se expondrán las tipologías estructurales que, en base a las limitaciones y condicionantes expuestos en el apartado anterior, mejor se adaptan a los requisitos.

Desde un principio se descartan todas aquellas soluciones cuyo elemento resistente se encuentra por encima del tablero para tratar de reducir al máximo el impacto visual en la zona. De esta forma, se descartan las tipologías siguientes:

-Pasarela atirantada: la necesidad de construir una torre a la que anclar los tirantes conlleva un impacto visual que provoca que la pasarela pase a convertirse en el elemento principal del parque.

-Pasarela con arco de tablero inferior: la altura alcanzada por el arco superior para que el canto total de la estructura soporte las solicitaciones conduce al mismo inconveniente que la solución atirantada.

-Pasarela colgante: la propia naturaleza de esta tipología hace que sea descartada desde un primer momento, dado que la luz a salvar es de tan solo 50 metros.

Una vez reducidas las posibilidades se plantean dos soluciones en arco de tablero superior:

-Con tableros simétricos.

-En celosía.

En el apartado siguiente se describe el proceso de valoración de estas alternativas y el hecho que conduce a incluir entre ellas una tercera solución:

-Viga triangulada de acero.



4. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Existen un conjunto de características que se pueden fijar desde un primer momento y que serán comunes a todas las soluciones:

- Constarán de un único vano de entre 47 y 50 metros.
- El ancho del tablero permitirá la incorporación de un carril bici.
- El gálibo inferior deberá respetar un resguardo de 1,80 metros aproximadamente para asegurar la cómoda circulación de los piragüistas.
- La pendiente longitudinal máxima no superará el 6%.

4.1 Arco de tablero superior con tableros simétricos.

En primer lugar se plantea una solución en la que los peatones y los ciclistas circulan por tableros diferenciados. De esta forma se incrementa la seguridad percibida por los viandantes al evitar las posibles interferencias que se puedan dar entre ellos y a su vez permite otorgarle a la estructura una estética diferenciada.

Su desarrollo en planta es curvo y simétrico con respecto al eje del arco.

En alzado mantiene un trazado recto que une ambas márgenes del río.



Figura 4.1.a. Alzado Alternativa 1

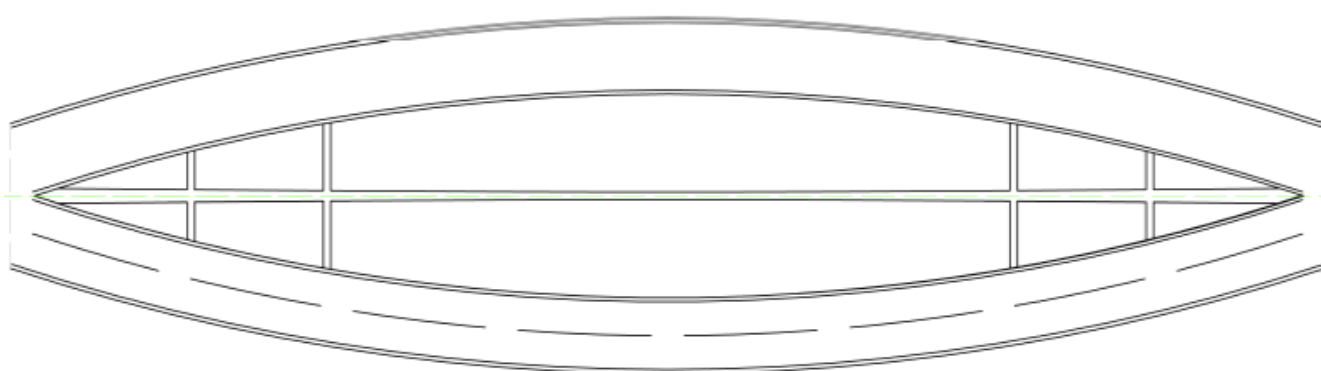


Figura 4.1.b. Planta Alternativa 1

Como sistema primario se plantea un único arco de hormigón sobre el que descansan unos jabalcones que a su vez sostienen los dos tableros. Las dimensiones de dicho arco son variables, partiendo de los apoyos con una sección de 0,6x0,3 metros y alcanzando en su punto central una sección de 0,3x0,6 metros, proporcionándole una mayor rigidez en los entronques para resistir los esfuerzos horizontales del viento.

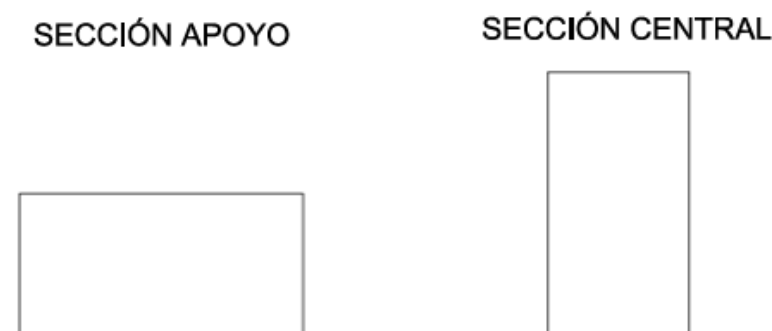


Figura 4.1.c. Secciones del arco

Cada uno de los tableros estaría conformado por dos vigas armadas en cajón unidas por IPE 160 cada 2,5 metros que servirían de apoyo a un pavimento de hormigón armado.

Las secciones armadas tendrían unas dimensiones de 0,3x0,6 metros y 5 cm de espesor mientras que la losa de hormigón contaría con un espesor de 20 cm.

Con el fin de aportarle un acabado más estético al tablero en su cara inferior, esta quedará cubierta con una chapa convexa de acero autopatinable.

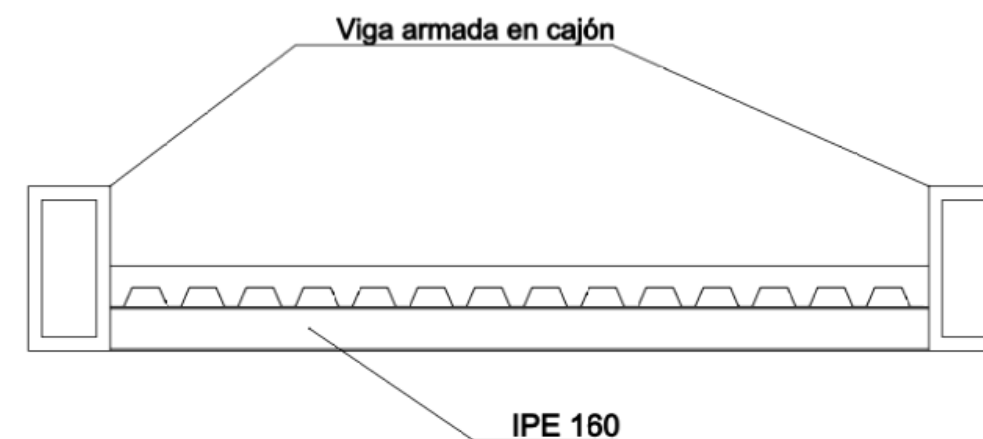


Figura 4.1.d. Tablero Alternativa 1



Como variante de este diseño se propone también la posibilidad de incorporar una plaza central que una ambos caminos. En este caso el arco sobrepasaría la cota de la rasante aflorando en el centro de dicha plaza.

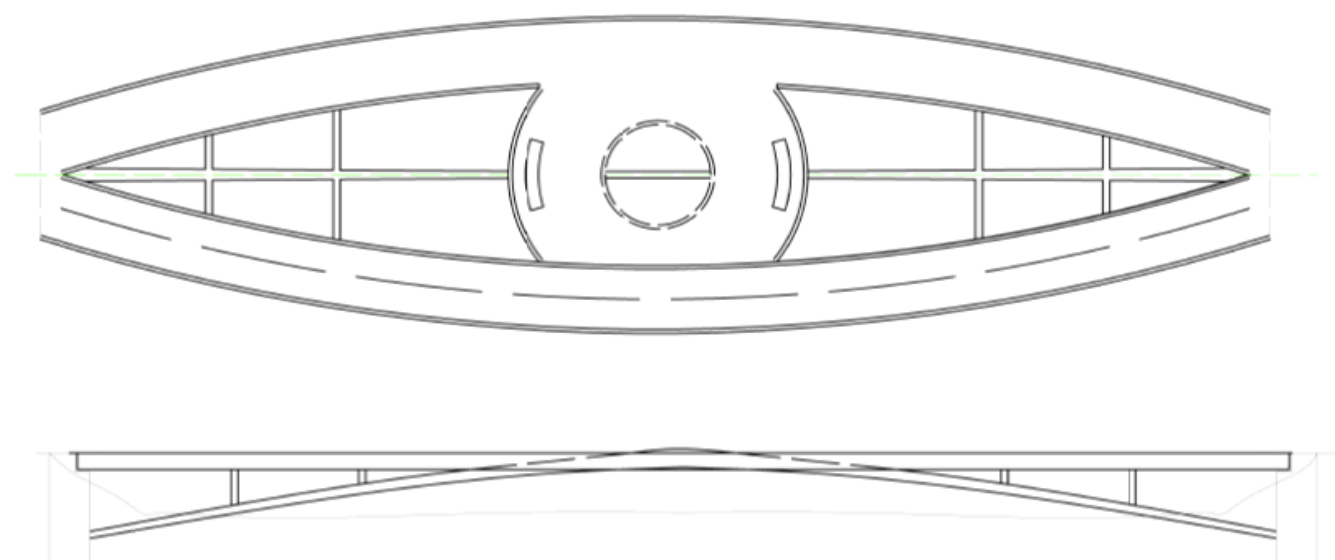


Figura 4.1.e. Planta y alzado variante Alternativa 1

4.2 Arco de tablero superior en celosía.

Esta segunda alternativa, también en arco, abandona la idea de diferenciar el camino peatonal del carril para bicicletas separándolos en dos tableros. En este caso la estructura consiste en un único tablero de 5,35 metros de ancho máximo, dejando un ancho útil para los peatones de 3,2 metros y de 1,85 metros para los ciclistas que quedan separados por una diferencia de cota de 15 cm.

El desarrollo en planta de la estructura es completamente recto, con una longitud total de 47 metros, mientras que en alzado el trazado es curvo, con una pendiente máxima del 5,2%.

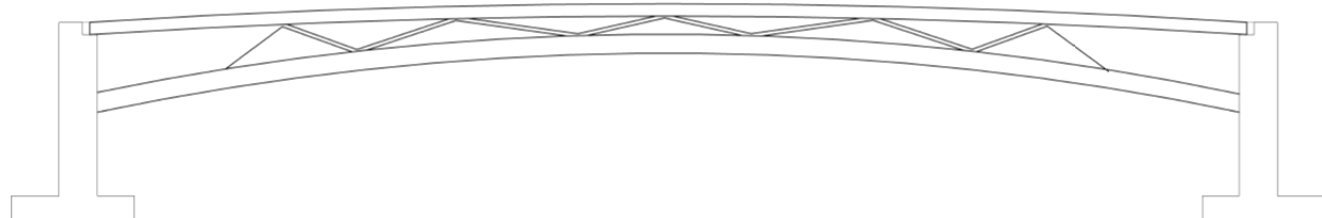


Figura 4.2.a. Alzado Alternativa 2

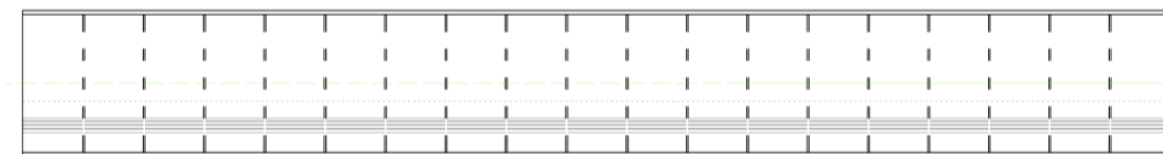


Figura 4.2.b. Planta Alternativa 2

El sistema primario, a diferencia de la solución anterior, consiste en un arco de acero que recibe el peso del tablero a través de un conjunto de diagonales con las que forman dos celosías de trazado paralelo.

El canto conjunto de la estructura varía desde los 3,7 metros en los apoyos hasta los 2 metros en el punto central. La sección del arco tiene forma de diamante, con un canto de 0,8 metros, mientras que las diagonales están formadas por perfiles rectangulares de 0,15x0,2 m.

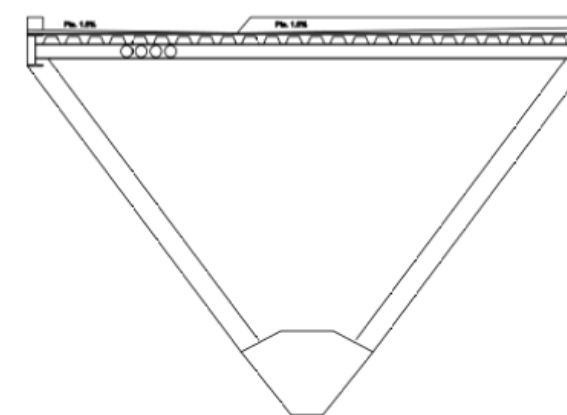


Figura 4.2.c. Sección tablero Alternativa 2

El tablero lo conforman dos perfiles IPE 300 longitudinales a los que se une transversalmente un perfil IPE 140 cada 2,5 metros. Sobre estos se dispone una chapa grecada y se hormigona una losa de hormigón de 10 centímetros de espesor. Para conseguir el desnivel en la zona peatonal se colocan listones de madera longitudinales sobre los que descansan unos segundos listones de madera vista transversales.



4.3 Viga triangulada de acero.

En tercer lugar se plantea un sistema biapoyado en el que la parte resistente de la estructura se sitúa por encima del tablero.

Esta solución consiste en dos planos de celosía tipo Warren inclinados 15 grados respecto de la vertical y con un trazado paralelo, unidos mediante vigas de piso materializadas en perfiles IPE 300. El canto de la celosía varía desde 1,65 metros hasta 3,2 metros.

Siguiendo la línea del arco de tablero superior en celosía, en este caso se mantiene un único tablero por el que circularan tanto peatones como ciclistas diferenciados, igual que en la anterior alternativa, por una diferencia de cota de 15 centímetros.

Su desarrollo en planta es recto mientras que en alzado también es curvo, con una pendiente máxima inferior al 6% que impone la normativa de accesibilidad.

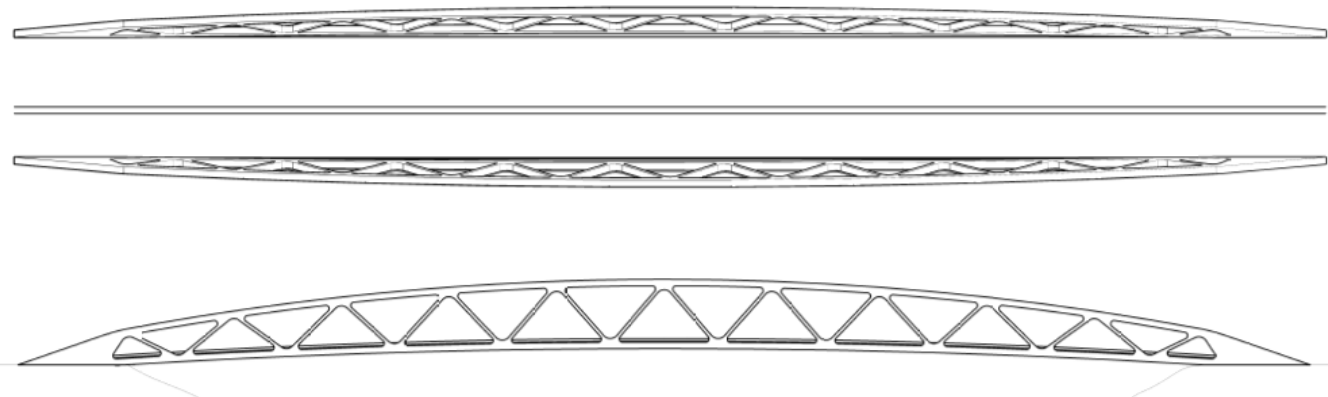


Figura 4.3.a. Planta y alzado Alternativa 3

El tablero lo forman únicamente los perfiles IPE transversales. Sobre estos se disponen perfiles IPE 140 longitudinales que aportan la diferencia de cota entre el carril bici y la zona peatonal y dan apoyo a los listones de madera que conforman su pavimento. El pavimento de carril bici quedará resuelto únicamente por una rejilla electrosoldada (Trámex).

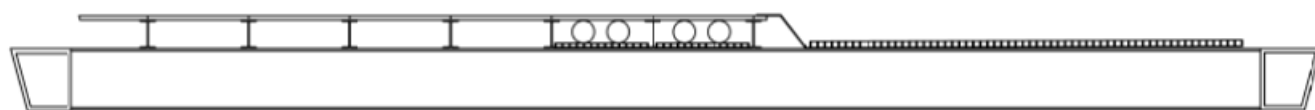


Figura 4.3.b. Sección tablero Alternativa 3

5. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

Una vez expuestas las tres alternativas se valoran las ventajas e inconvenientes que presentan cada una de ellas y finalmente se selecciona la solución que mejor se adapte a las necesidades.

La primera alternativa presenta una clara ventaja estética e innovadora frente a las otras dos soluciones al plantear una disposición de tableros curvos y simétricos que vuelan a ambos lados del arco. Además, aporta un valor añadido en cuanto a seguridad, puesto que garantiza la no interferencia de peatones con ciclistas en ningún punto del recorrido.

El diseño de esta estructura debe estudiarse detenidamente para asegurar la eficiencia del sistema resistente. Como se puede observar en las Figuras 5.1.a. y 5.1.b., el perfil del terreno impone un importante rebajamiento del arco, que unido a la separación de los dos tableros hace que los jabalcones que unen estos elementos queden en una posición prácticamente horizontal. Por este motivo, de escoger finalmente esta alternativa, se deberían pulir estos aspectos del diseño y adoptar las siguientes medidas:

- Estudiar una posible disminución del rebajamiento del arco trabajando en la disposición de los estribos.
- Disminuir la separación de los dos tableros con el fin de reducir el ángulo de los jabalcones.
- Aumentar la cota de los tableros, manteniendo el rebajamiento actual del arco, permitiendo así la disminución del ángulo ya mencionado. En este caso se debería estudiar en profundidad la llegada de la pasarela a cada una de las márgenes puesto que sería necesaria la construcción de rampas de acceso que cumplan la pendiente máxima establecida por accesibilidad y que no ocupasen un espacio excesivo.

Se debe tener en cuenta que pese a llevar a cabo estas modificaciones el esquema resistente de esta solución no es el más adecuado frente a cargas asimétricas. En caso de incluir la plaza central sería posible utilizar como riostras transversales de los tableros la estructura que la conforma, mejorando así este comportamiento.

La segunda solución inclina la balanza a favor de la eficiencia estructural, presentando una sección que, al contrario que la alternativa anterior, aporta mucha inercia y un buen comportamiento bajo cargas asimétricas. Otro punto a favor de esta sección es la posibilidad de hacer funcionar al tablero como estructura mixta con losa de hormigón colaborante, puesto que existe la opción de hacer trabajar de forma conjunta las vigas longitudinales y la losa de hormigón, mejorando así su comportamiento frente a esfuerzos de flexión.

Además es una estructura que, en función de las restricciones de movimiento que se establezcan en sus extremos, puede diseñarse como arco o como viga.

Es una solución que, con una buena elección de los equipamientos y de los materiales, puede dar un buen resultado estético y no suponer un gran impacto visual al entorno.

El coste de esta alternativa vendría determinado por la cimentación, puesto que este tipo de esquema resistente transmite unos empujes horizontales a los estribos que el terreno ha de ser capaz de soportar. Podría estudiarse la posibilidad de pretensar el tablero de forma que éste absorbiese parte de los empujes horizontales.



Por último se plantea una estructura con un esquema resistente mucho más simple, consistente en dos vigas trianguladas que funcionan simplemente apoyadas sobre los estribos. Al tratarse de un sistema biapoyado se solventa el problema de la transmisión de empujes horizontales y la necesidad de pretensar el tablero.

Una clara ventaja que presenta esta alternativa frente a las otras dos es que en ningún caso será necesaria la construcción de rampas de acceso al ser posible la llegada directa del tablero a la cota del terreno.

Su pavimento carente de losa de hormigón y conformado por perfiles metálicos, madera y trámex dota a la estructura de una gran ligereza cuyos beneficios se verán reflejados a la hora de diseñar las subestructuras. Por otra parte, esta combinación de elementos convierte el tablero en una estructura autodrenante, asegurando en todo momento la correcta evacuación de pluviales y evitando las posibles acumulaciones de agua locales.

Sin embargo, al situar sobre el tablero los elementos resistentes, la estética limpia sobre las márgenes del río que se buscaba en un primer momento se pierde completamente por lo que es necesario otorgarle un diseño con líneas más elegantes.

En la siguiente lista se resumen las ventajas e inconvenientes de cada una de las tres soluciones:

Arco de tablero superior con tableros simétricos

Ventajas:

- Elevado valor estético.
- Importante ganancia en seguridad al presentar zonas de circulación diferenciadas para viandantes y ciclistas.

Inconvenientes:

- Necesidad de pulir el diseño actual en busca de una solución más eficiente.
- Comportamiento estructural deficiente frente a cargas asimétricas.
- Peso de la estructura muy superior al poseer dos tableros.
- Coste de subestructuras al tratarse de una estructura con un arco biempotrado en ambos extremos.

Arco de tablero superior en celosía

Ventajas:

- Sección con gran inercia y buen comportamiento estructural bajo cargas asimétricas.
- Existencia de dos alternativas en referencia a su comportamiento estructural: arco o viga.
- Mayor sencillez que la Alternativa 1 en cuanto a diseño y construcción.
- Posibilidad de funcionar como estructura mixta.

Inconvenientes:

- Coste de subestructuras al tratarse de una estructura con un arco biempotrado en ambos extremos (en caso de diseñarse como arco).
- Mayor peso al estar formado por algunos elementos de hormigón.

Viga triangulada de acero

Ventajas:

- Mayor ligereza que las soluciones anteriores.
- Sencillez del esquema estructural.
- Tablero autodrenante.
- Llegada directa del tablero a la cota del terreno.

Inconvenientes:

- Elementos resistentes situados por encima del tablero, lo que se traduce en un mayor impacto visual.

6. SOLUCIÓN ADOPTADA

Llevado a cabo el análisis de las tres alternativas que resultaron de mayor interés se estipula que, en base a las ventajas e inconvenientes que presenta, la solución adoptada para el Proyecto Básico “Pasarela sobre el río Segura en Blanca, Murcia” sea la Alternativa 3, correspondiente a una viga triangulada de acero de un único vano de 50 metros de longitud, con dos planos de celosía tipo Warren y canto variable.

A continuación se realiza la descripción completa de la solución adoptada:

Se trata de una pasarela de celosía superior con dos planos de celosía Warren inclinados 15° respecto a la vertical. La estructura es de vano único para evitar interferir en el transcurso del río Segura con 50 metros de longitud entre estribos y una flecha cercana a los 3 metros en el punto central, obteniendo una relación flecha/luz de 1.5/25.

En cuanto al trazado, la pasarela presenta un desarrollo recto en planta y ligeramente curvo en alzado. La pendiente longitudinal es del 5.2% en los arranques de la pasarela y nula en centro-luz.

El apoyo de la pasarela se ha decidido resolver mediante estribos cimentados. Esta consta de una zapata de hormigón armado de 7x5x1 a una cota de 7.5 metros por debajo de la cota actual del terreno y de un estribo cerrado con aletas para la contención de tierras.

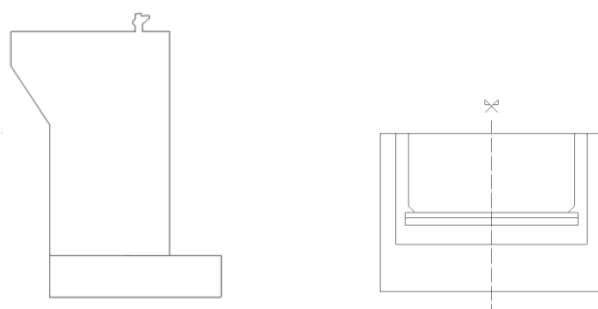


Figura 6.a. Esquema del perfil y la planta de estribos y cimentación

Por lo que respecta al tablero, la anchura es de 5,5 metros en los arranques aumentando de forma parabólica hasta los 5,9 metros en el punto central. Las dos zonas de paso, carril bici y paso peatonal, están diferenciadas mediante una variación de nivel de 160 mm así como por el uso de distintos pavimentos. El carril bici tiene un acabado en Trámex, mientras que para la zona peatonal se ha escogido un acabado en madera. Las anchuras respectivamente son de 2 metros en el arranque y 2.15 en centro-luz para el carril bici y de 3.2 metros en el arranque y 3.4 metros en el punto medio para el paso de peatones. Dado que el tablero es autodrenante únicamente se le ha dotado de un peralte 1% en la zona peatonal por recomendación del fabricante de las maderas sintéticas.

En cuanto al sistema resistente, la celosía Warren presenta un canto variable, con 1.65 metros en los apoyos (donde el momento es nulo) y 3.2 metros en el centro de luz (donde el momento es máximo).

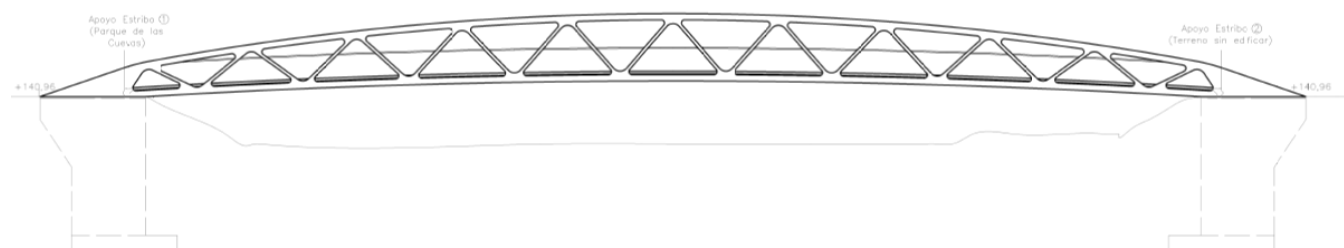


Figura 6.b. Vista general del alzado de la pasarela

La celosía está totalmente conformada por perfiles metálicos armados en cajón con un espesor constante de 20mm en almas y alas. Las alas del cordón superior serán de 300mm de ancho y de 310mm de alto con una inclinación de 75° respecto a la horizontal (siguiendo el plano de la celosía). En el cordón inferior el ala inferior será de 220mm y la superior de 300mm de ancho; el alma sobre la que se suelda la viga de piso será vertical de 300mm y la exterior de 310 mm e inclinada 75° respecto a la horizontal (siguiendo el plano de la celosía).



Figura 6.c. Esquema de los cordones que forman la pasarela

Las diagonales se disponen con una separación longitudinal de 5 metros y están formadas por perfiles comerciales rectangulares de 300 x 150 mm.

El acero empleado será un S 355 J2 W (acero corten), tanto para las diagonales como para los cajones de los cordones.

Para unir ambas celosías y dar soporte al pavimento se ha optado por la disposición de vigas de piso cada 2.5 metros. Los perfiles empleados son perfiles comerciales IPE300 de acero S 355 J2, soldados al cordón inferior de la celosía de modo que se genere un nudo rígido (transmisión de momentos, axiles y cortantes). A fin de aumentar la rigidez de las vigas de piso en su eje débil, se han dispuesto unos rigidizadores en K mediante perfiles comerciales IPE140 de acero S 355 J2.

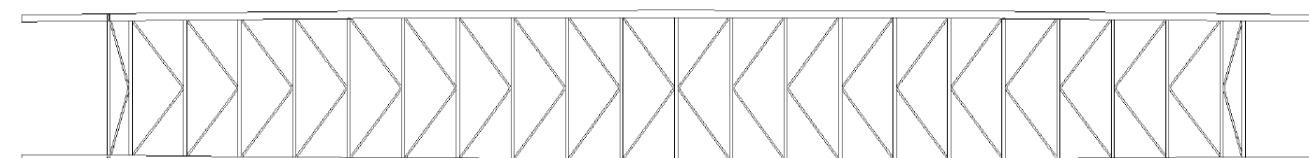


Figura 6.d. Esquema de la planta de la estructura

Referente a la parte no estructural del tablero, en el carril bici, se coloca directamente sobre las vigas de piso unos paneles de Trámex de 2.50 m x ancho del carril bici. Este presenta unas dimensiones de malla de 30 x 30 mm, con portantes de 40mm y separadores de 5mm. Para evitar la caída de objetos y brindar más seguridad a los usuarios al Trámex se le ha incorporado una tela de seguridad. Para luces de 2.5m tiene una capacidad portante de 8KN/m².

Por lo que respecta al resto del tablero, en la zona peatonal, se dispondrán longitudinalmente 7 perfiles comerciales IPE140 de acero S 355 J2. El primero a 344 mm de la unión entre viga de piso y cordón, el último a 29 mm antes del final de la zona peatonal colocando los 5 restantes a una distancia equidistante. Encima de estos, van dispuestos tableros de madera tecnológica anclados a los IPE.

Ambas zonas están separados por un bordillo de 200 mm. Este está diseñado con una chapa metálica de 5 mm de espesor y se inclina con un ángulo de 52° permitiendo una transición suave entre la zona peatonal elevada y el carril para bicicletas. Además, dentro de este bordillo, se alojará la iluminación del carril bici.



Como equipamiento a la pasarela, se ha diseñado una barandilla acristalada sujeta a los IPE 300 cada 2.5 metros. En el pasamanos se alojará la iluminación para la zona peatonal.

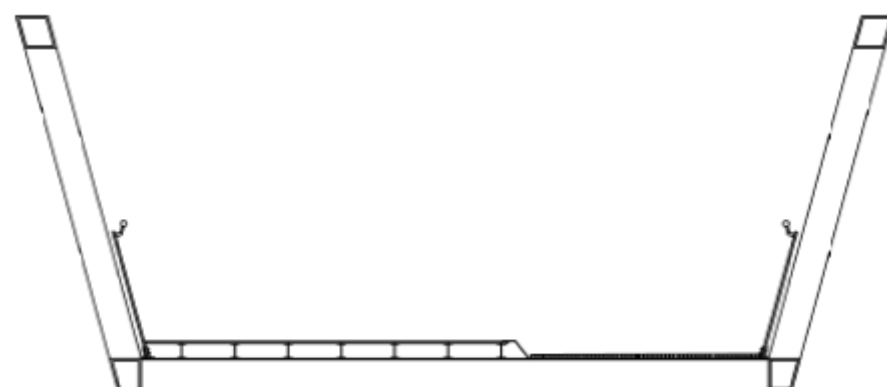


Figura 6.e. Sección tipo de la estructura

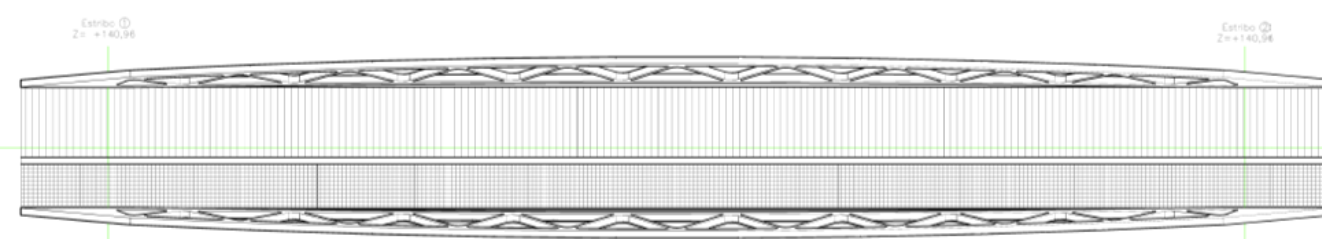


Figura 6.f. Vista general de la planta de la pasarela

7. EVOLUCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación se expone la evolución que ha experimentado el diseño de la pasarela escogida desde sus inicios hasta el resultado final. Este proceso se ha dividido en los diferentes elementos que componen la estructura, comenzado por la parte resistente y finalizando por los equipamientos.

7.1 Celosía

Los primeros bocetos que se llevaron a cabo apostaban por una celosía tipo Warren con montantes y diagonales, buscando una triangulación marcada. Desde el primer momento se quiso dotar a la estructura de un canto variable, tratando de que en la entrada a la pasarela el cordón superior quedase a media altura del cuerpo de un peatón, aproximadamente a la altura que se encontraría una barandilla.

Lo que no se decidió tan pronto es la curvatura en alzado del cordón inferior, que se planteó tanto horizontal como en forma de arco.

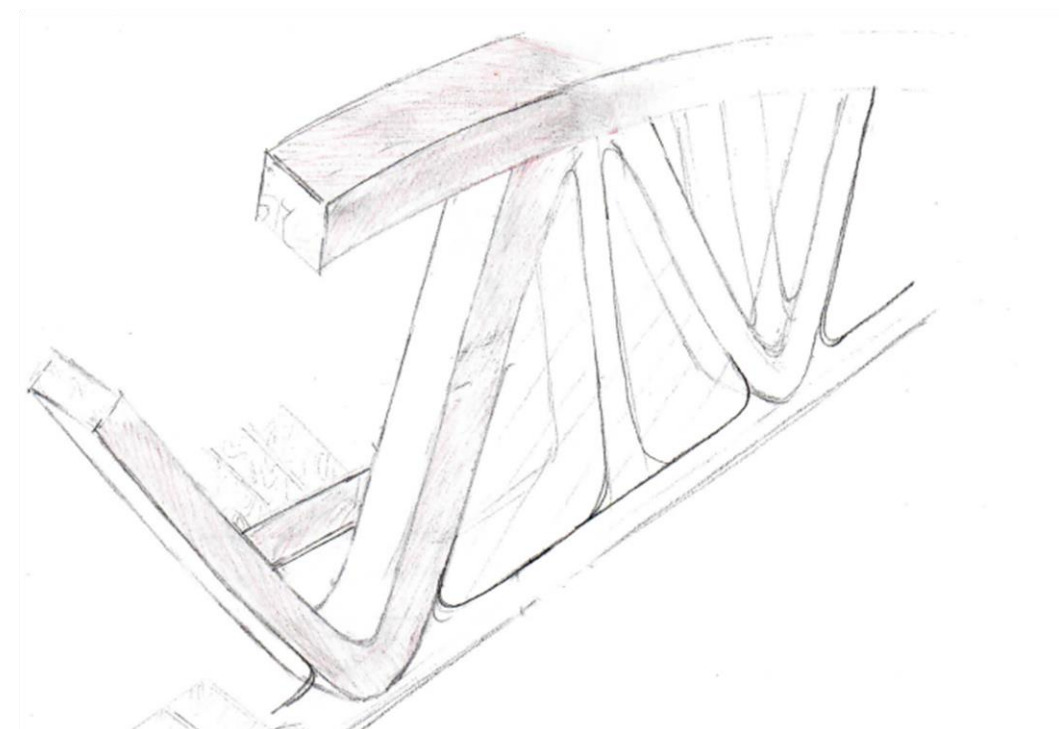


Figura 7.1.a. Primer esbozo de la celosía (boceto de Mª Isabel García Puchades)

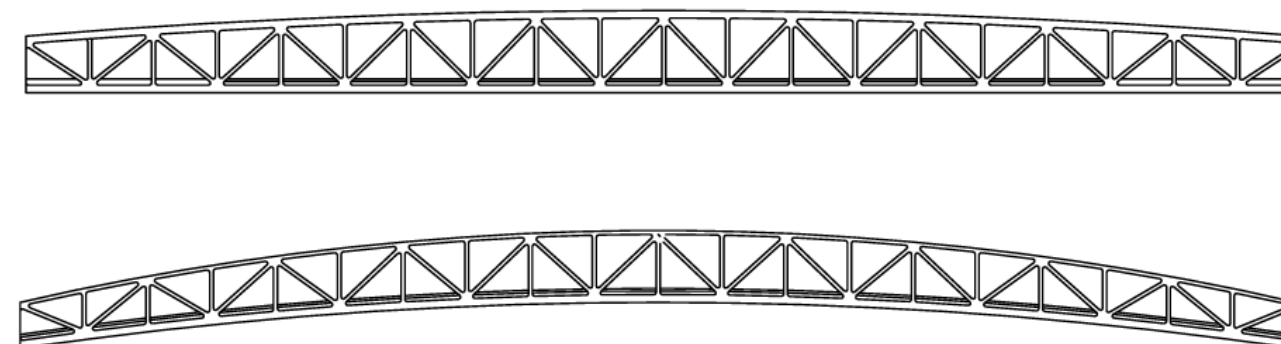


Figura 7.1.b. Primeros diseños de la celosía



De estas dos soluciones se escogió la segunda (celosía con tablero curvo) por poseer unas líneas mucho más elegantes que la primera, haciendo que su diseño avanzara en esta dirección.

Una vez escogida la geometría de la cercha se propone una variante en su diseño: prolongar el cordón superior de forma que comience y finalice a cota de rasante. Esta variante le otorgó una mayor elegancia al diseño inicial y se estableció como uno de los puntos característicos de su diseño final.

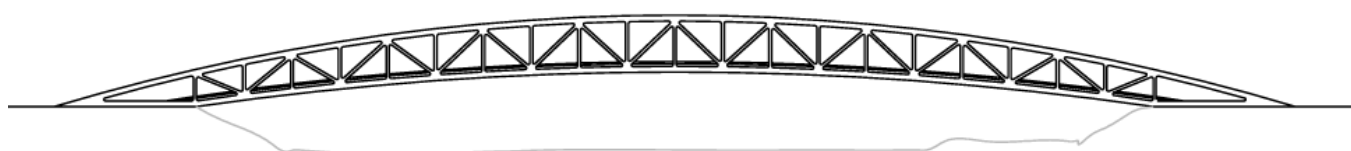


Figura 7.1.c. Primeros diseños de la celosía: prolongación de los cordones superiores

Este aspecto elegante adquirido por la pasarela tras las últimas modificaciones lleva a plantearse reducir la triangulación de la celosía eliminando los montantes y proporcionándole un aspecto más limpio al alzado.

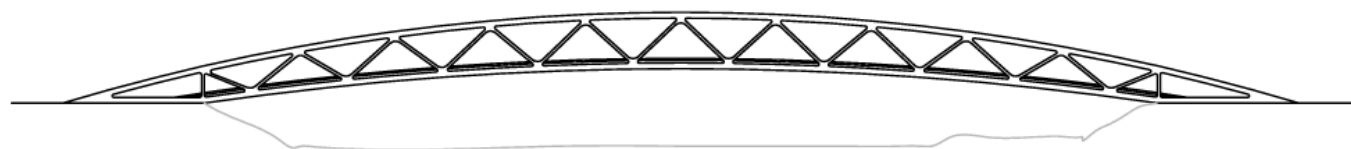


Figura 7.1.d. Primeros diseños de la celosía: supresión de los montantes

A continuación se propone la posibilidad de que esta zona final de la celosía no funcione como parte estructural de la pasarela y sea un elemento meramente estético. Esto lleva a diseñar un elemento macizo en lugar de abierto como se había planteado en un primer momento, formado por dos chapas no estructurales rigidizadas en su interior para evitar posibles abolladuras. Esta nueva incorporación, además, mejoraba la estética del alzado.

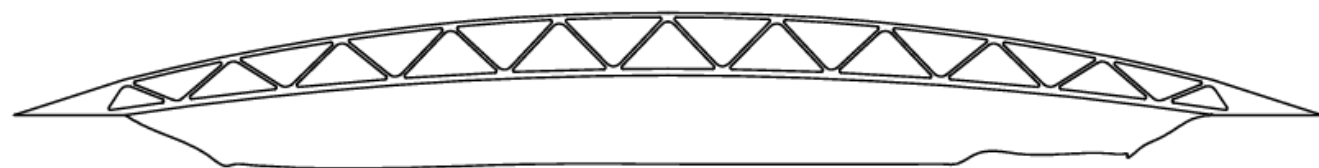


Figura 7.1.e. Primeros diseños de la celosía: elemento no estructural macizo

Tras haber pulido el alzado de la pasarela hasta alcanzar el diseño esperado se comienzan a barajar diferentes posibilidades de sección transversal.

De forma similar al primer planteamiento del alzado, se establecen dos opciones: colocar las dos celosías en planos paralelos formando 90 grados con la horizontal o inclinarlas 75 grados con respecto a esta.

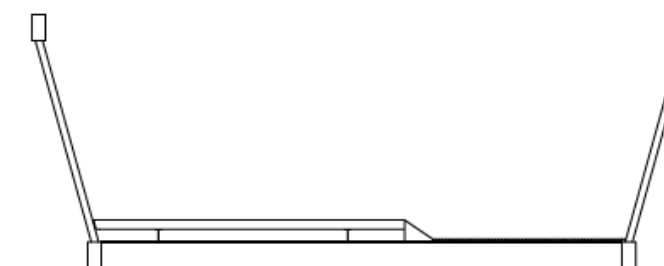
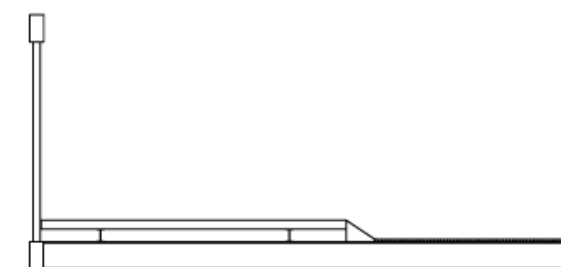


Figura 7.1.f. Primeros diseños de la celosía: secciones transversales

La estética dinámica que presentaba la segunda opción unida a la amplitud percibida por el usuario al dirigirse hacia la entrada de la pasarela hizo que se apostase por las celosías inclinadas.

Como se observa en la Figura 7.1.f., el primer diseño representaba las diagonales con un canto diferente de los cordones. Este aspecto se pulió más adelante con el fin de evitar vistas quebradas de la estructura y aportar una mayor uniformidad a la vista frontal.

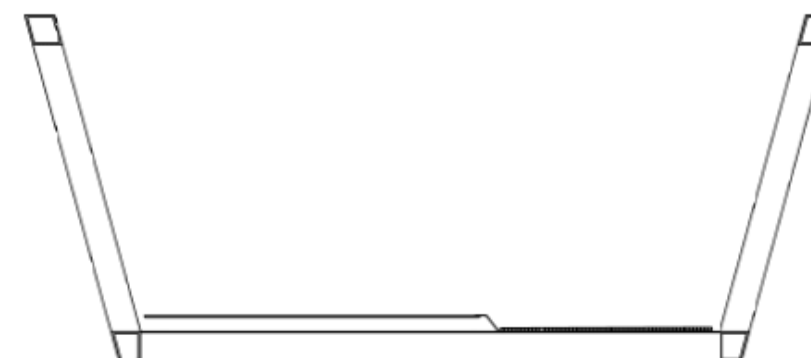


Figura 7.1.g. Primeros diseños de la celosía: sección transversal definitiva

Estas son las líneas seguidas por el diseño de la geometría de la celosía. Una vez cerrada esta fase se traslada el modelo al programa de cálculo estructural comercial SAP2000.

Después de una primera comprobación, se observa que la flecha asociada al 40% de la sobrecarga de uso supera el límite que establece la IAP-11 ($L/1200$). Se estudia entonces un incremento del canto máximo de la estructura y del espesor de las secciones (hasta ahora este espesor era de 10 milímetros para los cordones y de 5 milímetros para las diagonales). A partir de este momento el canto de la celosía pasaba de 2,70 metros a 2,90 metros (entre ejes) y los espesores de los cordones se incrementaban a 20 milímetros.

A esto se une la limitación de pendiente máxima exigida por la normativa de accesibilidad vigente y que el diseño actual no cumplía.

Una vez realizadas las modificaciones pertinentes se llega al diseño final.

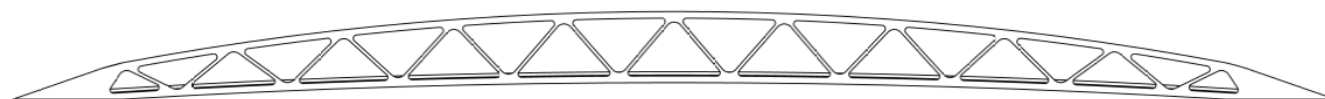


Figura 7.1.h. Diseño final de la celosía

7.2 Tablero

Paralelamente al diseño de la celosía se valoraron diferentes secciones transversales. El primer diseño incluía una losa de hormigón que abarcaba tanto la zona peatonal como el carril bici, proporcionando la diferencia de cota empleando unos listones de madera longitudinales de mayor canto sobre los que se apoyaban los transversales.

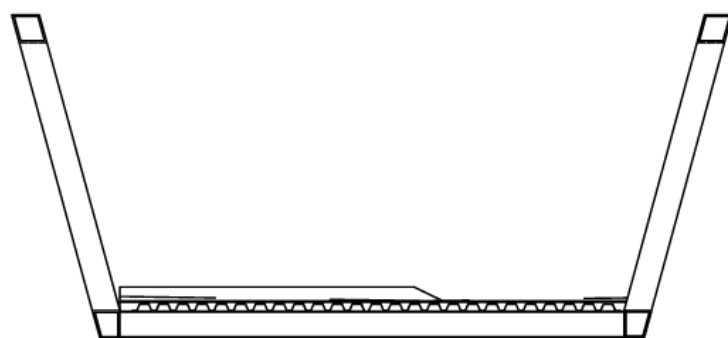


Figura 7.2.a. Tablero con losa de hormigón

Una vez realizado un primer dimensionamiento de la celosía se comprueba que su peso es excesivo si se pretende diseñar con un canto moderado y no convertir la estructura en un elemento de grandes dimensiones.

Se retira la losa de hormigón para aligerar el tablero y en su lugar, sobre la zona peatonal, puesto que los listones que antes soportaban el pavimento de madera no era estructurales, se colocan perfiles IPE 140 longitudinales que aporten la diferencia de cota y den soporte a los listones de madera transversales.

Para el carril bici se valoraron diversas posibilidades:

- Mantener la losa de hormigón únicamente en este ancho.
- Emplear el mismo tipo de pavimento de madera que en la zona peatonal.
- Colocar un pavimento de cristal antideslizante.
- Sustituir el actual pavimento por una rejilla trámex.

De estas cuatro posibilidades el trámex proporciona una mayor ligereza, le otorga la característica de autodrenante también al carril bici, es autoportante e incluyendo una malla de seguridad de 8x8 se evita el inconveniente de la posible caída de objetos o la posible sensación de vértigo.

A fin de aumentar la rigidez de las vigas de piso en su eje débil, se disponen unos rigidizadores en K mediante perfiles comerciales IPE140.

Finalmente el tablero queda constituido por:

- Perfiles comerciales IPE 300 transversales.
- Sobre estos, y extendidos a lo ancho de la zona peatonal, 7 IPE 140 longitudinales que dan soporte al pavimento de madera.
- Perfiles IPE 140 que actúan como rigidizadores de las vigas de piso.
- Un pavimento de madera tecnológica (sintética) para la circulación peatonal.
- Una rejilla electrosoldada (trámex) de 40x5 y 55 kg/m² que hace de pavimento del carril bici.

Para albergar las conducciones de servicios la solución propuesta consiste en añadir dos mallas de trámex situadas entre los últimos 3 perfiles IPE 140, de un espesor de 10 mm, sobre las que apoyaran estos 4 conductos.

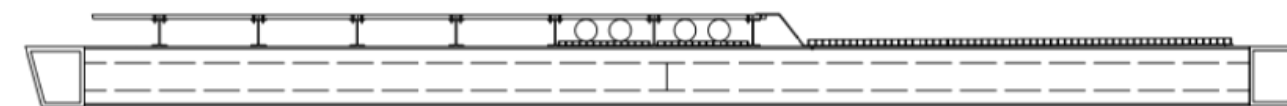


Figura 7.2.b. Diseño final del tablero (sección)

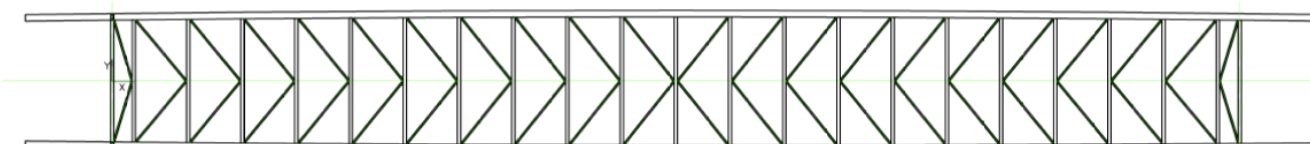


Figura 7.2.c. Diseño final del esqueleto del tablero (planta)



7.3 Subestructuras

En el proceso de selección del modelo de estribo que mejor se adapte al problema únicamente han existido dos alternativas:

En primer lugar se plantea un estribo cerrado convencional, constituido por un muro frontal de un metro de espesor y dos aletas cuya única función es la de contención de tierras. La zapata sobre la que se cimenta el estribo se plantea de 7x5x1 metros.

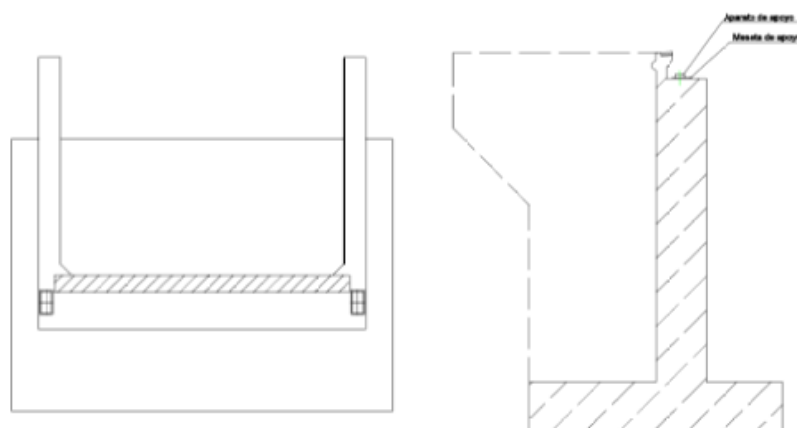


Figura 7.3.a. Planta y sección estribo cerrado convencional

Por otra parte, por si una vez realizados los cálculos no fuese suficiente, se plantea una segunda alternativa consistente en un estribo cerrado en cajón con mismo espesor de muro y una zapata de 7x7x1. Su interior albergaría un relleno de tierras.

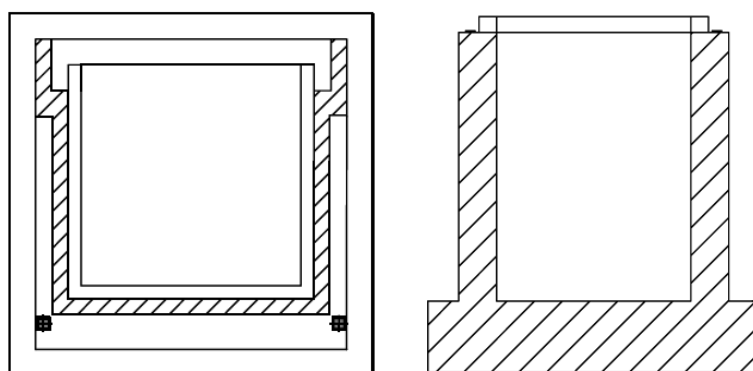


Figura 7.3.b. Planta y sección estribo cerrado en cajón

Realizado el predimensionamiento y comprobado el correcto funcionamiento de la primera alternativa, más simple, más ligera y más barata, se escoge esta como solución final.

7.4 Equipamientos

7.4.1 Barandillas

Por último, para concluir con el análisis de la evolución de la alternativa escogida, se presentan las diferentes soluciones que se han planteado para resolver el problema de las barandillas sin incluir un elemento convencional que, con montantes intermedios, interfiriera en la vista general de la pasarela y se analizan las ventajas e inconvenientes de cada una.

Pasarela acristalada

La primera solución consistía en cerrar los huecos de la celosía mediante un acristalamiento con la posibilidad de incluir distintos colores. Con ello se impide por completo la caída de cualquier tipo de objeto al río y, en el caso más desfavorable, de cualquier usuario.

Los cristales se sostendrían a la celosía mediante perfiles en L que servirían de guía a estos y permitirían una colocación sencilla sin modificar los propios perfiles de la cercha.

Ventajas:

- Vista frontal más limpia y con mayor sensación de amplitud.
- Mayores posibilidades estéticas.

Inconvenientes:

- Dificultad de mantenimiento de la cara vista del panel.
- Puede tentar a los usuarios a sentarse en los cordones y diagonales de la celosía con la consecuente falta de seguridad.

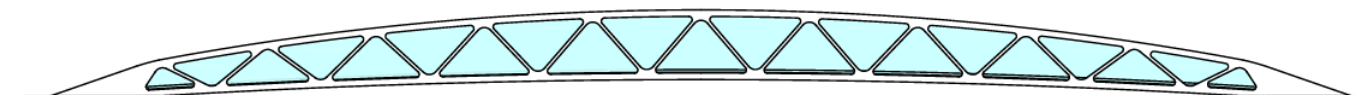


Figura 7.4.1.a. Modelo de pasarela acristalada

Pasamanos anclado a la celosía y cordones intermedios

Aprovechando la separación aproximada de 2,50 metros entre diagonales a la altura del pasamanos, pueden emplearse estas mismas para anclarlo a ellas y evitar la necesidad de colocar montantes. Para cumplir con la normativa de seguridad se colocarían 4 cordones intermedios que se sostendrían gracias a unas arandelas ancladas a la celosía.

Ventajas:

- No requiere el difícil mantenimiento que necesitaban los cristales.
- Incluye un pasamanos que puede servir de guía y apoyo a personas discapacitadas.
- Evita la tentación de sentarse sobre la celosía.



Inconvenientes:

- Solución menos estética que las otras dos.

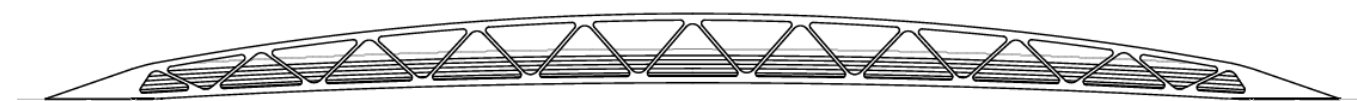


Figura 7.4.1.b. Modelo de barandilla con cordones intermedios

Barandilla panorámica de vidrio

La tercera opción es colocar unos anclajes a las vigas de piso transversales que sostendrían unos paneles de vidrio templado inclinados 15 grados con respecto a la vertical, siguiendo el plano de la celosía. De esta forma no se varía la percepción frontal de la entrada a la pasarela y se cubre por completo cualquier hueco libre que pudiese ocasionar un posible accidente. En este caso el pasamanos se ancla al propio panel de vidrio sin necesidad de interferir en la celosía.

Ventajas:

- No requiere el difícil mantenimiento que necesitaban los cristales.
- Incluye un pasamanos que puede servir de guía y apoyo a personas discapacitadas.
- Impide totalmente el paso de las personas al lado de la celosía.
- Es una solución más estética que la anterior.

Inconvenientes:

- A pesar de requerir un menor mantenimiento que la solución acristalada sigue precisando de una limpieza periódica.

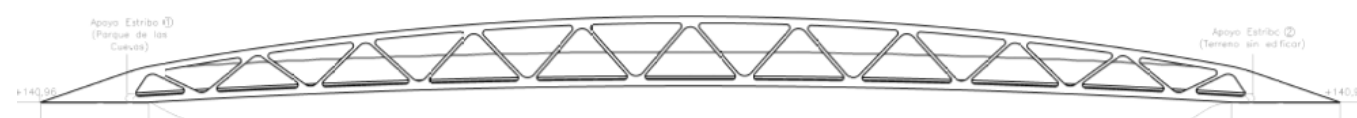


Figura 7.4.1.c. Modelo de pasarela acristalada

La tercera alternativa resulta ser la más adecuada atendiendo a los criterios de seguridad, estética y limpieza, por lo que finalmente es la escogida para ser implantada en el diseño final.

8. CONCLUSIÓN

En el presente documento se ha procedido al planteamiento de alternativas para el proyecto de pasarela sobre el río Segura en Blanca (Murcia).

Se ha partido de la consideración de los condicionantes funcionales, constructivos, estéticos y económicos, analizando las tipologías más adecuadas para el citado puente.

Se han planteado un total de 3 alternativas, realizando una breve descripción de su geometría, estructura resistente y materiales, estudiando sus ventajas y desventajas y escogiendo la alternativa que mejor se adapta a las necesidades.

Se ha escogido la tercera de las alternativas fundamentalmente por criterios estructurales y funcionales, minimizándose los problemas de cimentación y optando por una estructura ligera y autodrenante.