

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE PASARELA SOBRE EL RÍO JÚCAR EN CASA DE LOS NUEVOS, TT.MM. DE ALARCÓN Y SISANTE (CUENCA)

## STRUCTURAL DESIGN OF A FOOTBRIDGE OVER THE JÚCAR RIVER IN CASA DE LOS NUEVOS, TT.MM. OF ALARCÓN AND SISANTE (CUENCA)

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS – UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



AUTOR: CARMEN DEL MAR PÉREZ DELGADO

SUBTÍTULO: DISEÑO Y COMPROBACIÓN DE LAS SUBESTRUCTURAS Y LA ESTRUCTURA

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: CARLOS MANUEL LÁZARO FERNÁNDEZ

CURSO: 2016/2017

COTUTOR: JOSÉ CASANOVA COLÓN

VALENCIA, JUNIO 2017

# DOCUMENTO Nº1

## MEMORIA Y ANEJOS

CURSO 2016-2017

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: CARLOS MANUEL LÁZARO FERNÁNDEZ

COTUTOR: JOSÉ CASANOVA COLÓN

AUTOR: CARMEN DEL MAR PÉREZ DELGADO



## INDICE

<b>1. OBJETO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>4</b>
1.1 Alcance del trabajo final de grado .....	4
<b>2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>5. LIMITACIONES Y CONDICIONANTES</b> .....	<b>5</b>
<b>6. NORMATIVA APLICADA</b> .....	<b>6</b>
<b>7. TOPOGRAFÍA</b> .....	<b>6</b>
<b>8. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA</b> .....	<b>6</b>
8.1 Geología general .....	6
8.2 Sismicidad .....	6
8.3 Nivel freático .....	6
8.4 Calidad de las aguas .....	6
8.5 Campañas de reconocimiento .....	7
<b>9. ESTUDIO DE SOLUCIONES</b> .....	<b>7</b>
9.1 Estudio previo: localización.....	7
9.2 Alternativas propuestas .....	7
9.2.1 Alternativa 1: Puente viga asimétrico .....	8
9.2.2 Alternativa 2: Puente viga de sección en cajón .....	8
9.2.3 Alternativa 3: Puente viga articulado.....	8
9.2.4 Alternativa 4: Puente viga con forma triangular.....	8
9.3 Análisis de alternativas .....	9
9.4 Justificación de la solución adoptada .....	9
<b>10. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA</b> .....	<b>9</b>
10.1 Geometría general .....	9
10.2 Esquema resistente.....	10
10.3 Subestructuras .....	10
10.4 Equipamientos .....	11
10.4.1 Barandilla .....	11
10.4.2 Iluminación.....	11
10.4.3 Pavimento .....	11

## MEMORIA

10.4.4 Drenaje .....	11
<b>11. PROCESO CONSTRUCTIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>12. PROGRAMA DE TRABAJOS.....</b>	<b>12</b>
<b>13. VALORACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>12</b>
<b>14. DOCUMENTOS. ÍNDICE GENERAL DEL ANTEPROYECTO .....</b>	<b>12</b>
<b>15. CONCLUSIONES .....</b>	<b>13</b>

## 1. OBJETO DEL DOCUMENTO

El objeto de este documento es el desarrollo del Trabajo Final de Grado de Adrianna Porebska y Carmen del Mar Pérez Delgado, alumnas del Grado en Ingeniería Civil. El trabajo se ha planteado a nivel de anteproyecto, desarrollándose toda la documentación técnica básica correspondiente a este tipo de documento, haciendo uso de todos los conocimientos adquiridos a lo largo del grado cursado.

En lo relativo a la organización, se ha realizado una parte del trabajo de forma común, mediante una colaboración estrecha entre las integrantes del grupo, y una vez definida la parte básica del trabajo, identificando los condicionantes y limitaciones del mismo, se ha realizado la parte individual.

Debido a que la lengua natal de una de las integrantes del equipo de trabajo no es el Castellano, apoyándose en lo expuesto en la normativa de la Escuela y la Universidad, se ha desarrollado el trabajo de forma bilingüe, redactando los documentos comunes en castellano y los individuales en inglés y castellano.

Los documentos desarrollados, tanto de forma individual como conjunta son los siguientes:

### ❖ DOCUMENTO Nº1 MEMORIA Y ANEJOS

- Memoria

Autoras: Carmen del Mar Pérez Delgado y Adrianna Porebska

- Anejo 1. Estudio de Soluciones

Autora: Adrianna Porebska

- Anejo 2. Informe Geotécnico

Autora: Carmen del Mar Pérez Delgado

- Anejo 3. Diseño y comprobación de la cimentación y subestructuras

Autora: Carmen del Mar Pérez Delgado

- Anejo 4. Diseño y comprobación de la estructura

Autora: Carmen del Mar Pérez Delgado

- Anejo 5. Diseño de equipamientos

Autora: Adrianna Porebska

- Anejo 6. Proceso Constructivo

Autora: Adrianna Porebska

- Anejo 7. Programa de Trabajos

Autora: Carmen del Mar Pérez Delgado

### ❖ DOCUMENTO Nº2 PLANOS

Autoras: Adrianna Porebska y Carmen del Mar Pérez Delgado

### ❖ DOCUMENTO Nº3 PRESUPUESTO

Autora: Adrianna Porebska

## 1.1 ALCANCE DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

Dado que se trata de un trabajo académico, ciertos aspectos se verán limitados debido a tal circunstancia, además, ya que se ha desarrollado a nivel de anteproyecto, ciertos documentos quedan excluidos del mismo.

Los documentos que quedan fuera del alcance de este trabajo son:

- ❖ Anejo de justificación de precios
- ❖ Estudio de impacto ambiental
- ❖ Estudio de Seguridad y Salud
- ❖ Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
- ❖ Cuadros de precios Nº1 y Nº2

Además, dado que se dispone como dato de partida un “Estudio Hidrológico” y un “Estudio Hidráulico” relativo al emplazamiento de la estructura, quedarán excluidas las comprobaciones hidrológicas e hidráulicas correspondientes.

En cuanto a las comprobaciones de seguridad, se incluye en el trabajo las verificaciones geotécnicas y estructurales, limitándose a la comprobación de las secciones y elementos críticos para la seguridad de la construcción, así como los Estados Límites de Servicio relacionados con la funcionalidad y la durabilidad. Sin embargo, queda excluido del cálculo cualquier tipo de cálculo dinámico, incluido el sismo, y las comprobaciones de fatiga.

## 2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El objeto es la definición de dos pasarelas que permitan el paso sobre el río Júcar, dando así continuidad al itinerario ambiental “Los Nuevos”, situado en la provincia de Cuenca, entre los términos municipales de Alarcón y Sisante.

En la zona donde se ubican las pasarelas se encuentra proyectado el paso de una ruta de senderismo de Gran Recorrido (GR 64), sin embargo, aunque se ha definido en su totalidad su trazado y se ha habilitado y señalizado el tramo inicial y final, la zona central todavía no se ha ejecutado.

Las rutas de Gran Recorrido (RG) son rutas de senderismo que se identifican con los colores blanco y rojo, presentan una longitud mínima de 50 Km y están gestionadas por la federación autonómica correspondiente a su ubicación.

La zona donde se localizan las pasarelas definidas en este Trabajo se encuentra en el tramo central de la Ruta, entre la aldea de Los Nuevos y el límite provincial con Albacete. Este tramo todavía no se ha ejecutado, sin embargo, existe en la actualidad un itinerario ambiental que recorre una de las islas existente en el cauce del río. Este itinerario forma parte de la Ruta, no obstante, no se ha llevado a cabo la infraestructura que permite cruzar las islas localizadas en el cauce hasta la margen opuesta, por donde se ha proyectado que continúe la misma.

Teniendo en cuenta lo expuesto, el objeto de la ubicación de las pasarelas es claro, ya que permiten la conexión entre el itinerario ambiental con la margen opuesta del río Júcar, por donde en un futuro continuará la Ruta de Gran Recorrido GR64 hasta conectar con el tramo final de la misma, ya existente en la actualidad.

### 3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La obra se sitúa entre los municipios de Alarcón y Sisante, en la provincia de Cuenca, en la comarca de La Manchuela Conquense.



Figura 2. Localización del lugar de actuación



Figura 1. Emplazamiento lugar de actuación

Al norte se encuentra la aldea de Los Nuevecillos y al sur la carretera autonómica CM-3102, y su ubicación exacta es, en coordenadas UTM 30 ETRS 89 son:

- Pasarela 1, L=16 m
- Inicio: X 577637, Y 4357198
- Fin: X 577641, Y 435721

### 4. ANTECEDENTES

El proyecto de “Ejecución del Centro Agroambiental Los Nuevos (Cuenca) Fase III”, es el proyecto donde se engloba la actuación definida, y la necesidad de ubicar pasarelas peatonales que conecten ambas orillas del río y den continuidad a la ruta de Gran Recorrido GR64.

En el proyecto se definió como solución dos pasarelas de madera de igual longitud, prefabricadas, y ubicadas aguas abajo de la aldea de Los Nuevos.

Para la definición de las pasarelas desarrolladas en este documento, se escogió una ubicación aguas arriba de la definida en el proyecto original. En cuanto a la información base empleada en este Trabajo, se ha obtenido del proyecto anteriormente citado, en concreto:

- Topografía de la zona de actuación.
- Informe geológico.
- Información del Estudio Hidrológico.
- Información del Estudio Hidráulico.

### 5. LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

La obra se diseña teniendo en cuenta las diferentes limitaciones y condicionantes que acotan la solución, siendo los factores más relevantes los expuestos a continuación:

#### Condicionantes de ubicación

La obra se ha de localizar de tal forma que conecte las islas existentes en el cauce con la margen derecha del río, esto reduce su colocación a una zona reducida. Además, la estructura debe dar continuidad al sendero localizado en la isla este, salvando el río Júcar y recorriendo la isla oeste hasta la siguiente estructura que permitirá el paso hacia la orilla opuesta.

#### Condicionantes ambientales

Debido al carácter rural de la zona de actuación, la estructura se ha de integrar lo máximo posible con el ambiente, creando un impacto visual positivo a los usuarios del sendero. Esto condicionará a la tipología y a los materiales empleados en el diseño, siendo aconsejable estructuras que se integren en la panorámica del paisaje.

Aunque la zona de actuación no se encuentre próxima a espacios protegidos, ni tampoco cerca de ningún Espacio de la Red Natura 2000, se deberá tomar como premisa la mínima afección al paraje, sobre todo en la determinación del proceso constructivo.



Figura 3. Imágenes de la zona donde se ubicarán las pasarelas

#### Condicionantes geométricos

La luz a salvar se verá condicionada por la topografía del terreno y por la avenida de proyecto considerada en el diseño.

La orografía de la zona no es demasiado accidentada, sin embargo, debido al carácter suave de la pendiente, la luz que permite dejar un resguardo adecuado entre la estructura y la lámina de agua aumenta proporcionalmente con la inclinación de la pendiente.

Dado que las pasarelas discurren por un ambiente rural, conectando senderos, se estima suficiente un ancho útil de 2 m, longitud que permite el cruce de dos peatones de forma cómoda

En lo relativo al nivel de la lámina de agua, la información se extrae del proyecto de "Ejecución del Centro Agroambiental Los Nuevos (Cuenca) Fase III". Ya que no hay normativa específica que establezca el período de retorno a considerar en el diseño de pasarelas, se dimensiona para el período de retorno  $T = 50$  años. La altura de lámina de agua para la avenida de diseño es de 678,24 msnm. Se deberá dejar un resguardo de al menos medio metro entre la estructura y la superficie del agua.

## 6. NORMATIVA APLICADA

La normativa aplicada en el desarrollo de este trabajo final de grado es:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, IAP-11. Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre.
- Guía de cimentaciones de obras de carretera, de 30 de septiembre de 2002.
- Instrucción de Acero Estructural, EAE. Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo.
- Norma 5.2-IC Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero.
- Documento Básico de Seguridad estructural cimientos, SE-C. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Norma de construcción sismorresistente: puentes. NCSP-07. Real Decreto 637/2007, de 18 de mayo.

## 7. TOPOGRAFÍA

La topografía de la zona se ha obtenido del Proyecto citado anteriormente. La zona se encuentra en la cuenca del río Júcar, en un emplazamiento donde existen una serie de islas en su cauce. El terreno presenta suaves pendientes y prácticamente no hay grandes desniveles.

## 8. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

La información necesaria para el cálculo geotécnico se ha obtenido del "Anejo Geológico" del proyecto de "Ejecución del Centro Agroambiental Los Nuevos (Cuenca) Fase III" del proyecto de "Ejecución del Centro Agroambiental Los Nuevos (Cuenca) Fase III".

Esta información se ha empleado como base para la redacción del Anejo que engloba el análisis geológico en este Trabajo, *Anejo N°2. -Informe geotécnico*.

A raíz de esto, se han extraído una serie de conclusiones respecto al tipo de terreno dónde se ubicarán las pasarelas, definiendo las características del suelo, su resistencia y los parámetros geotécnicos de cada estrato.

### 8.1 GEOLOGÍA GENERAL

Desde un punto de vista general, la zona de la actuación se halla sobre relieves blandos asociados a la sedimentación del curso del río Júcar, encontrándose fangos, arenas y gravas. Esta información se ha obtenido del mapa geológico del emplazamiento, carta MAGNA.

### 8.2 SISMICIDAD

Analizando el Mapa Sísmico de la península, se observa que la aceleración sísmica básica tiene un valor  $a_b < 0,04$  g siendo g la aceleración de la gravedad. La obra se puede clasificar como una estructura de importancia normal, ya que en caso de sismo se podrían ocasionar víctimas pero no se interrumpiría ningún servicio imprescindible, según los establecido en la Norma de construcción Sismorresistente.

Por tanto, teniendo en cuenta que la estructura es de importancia normal y su aceleración sísmica básica tiene un valor inferior a 0,04g la Norma no es de aplicación en este caso.

### 8.3 NIVEL FREÁTICO

Se dispone de los resultados de una serie de prospecciones realizadas en zonas próximas a la localización de las estructuras. Los resultados revelan que no se ha hallado nivel freático ni en los sondeos ni en las calicatas, alcanzándose cotas de -11 m y -3,5 m respectivamente. Sin embargo, en la calicata realizada junto al río aunque no se alcanzó el NF sí que se observó que la humedad del suelo era muy alta en la cota de excavación, -3,5 m.

Teniendo en cuenta esto, se concluye que el NF se encontrará a la cota de la lámina de agua en el momento que se realizó el Estudio Hidráulico en el Proyecto del que se ha extraído dicha información.

### 8.4 CALIDAD DE LAS AGUAS

Se realizaron análisis de muestras de agua freática extraída de las cercanías de uno de los sondeos realizados. Los resultados de los que se dispone reflejan que el agua presenta una cantidad de Ión sulfato y de  $CO_2$  agresivo suficientes para considerar un ambiente específico de exposición para los hormigones en contacto con las aguas, según los establecido en el artículo n°8.2.3 de la EHE-08.

Por tanto los hormigones en contacto con el agua, o que puedan encontrarse en contacto en algún momento de la vida útil de la estructura, deberán estar fabricados para un ambiente agresivo medio,  $Q_b$ .

### 8.5 CAMPAÑAS DE RECONOCIMIENTO

La campaña de reconocimiento se ha extraído de la campaña realizada para el proyecto anteriormente citado, "Ejecución del Centro Agroambiental Los Nuevos, (Cuenca) Fase III". Sin embargo, tan solo han sido de utilidad un sondeo realizado en las proximidades del río y dos calicatas localizadas en las márgenes del mismo.

Los resultados de estas prospecciones han permitido estimar el tipo de terreno existente y sus características geotécnicas. Por tanto, la litología que caracteriza la zona donde se ubicarán las pasarelas es:

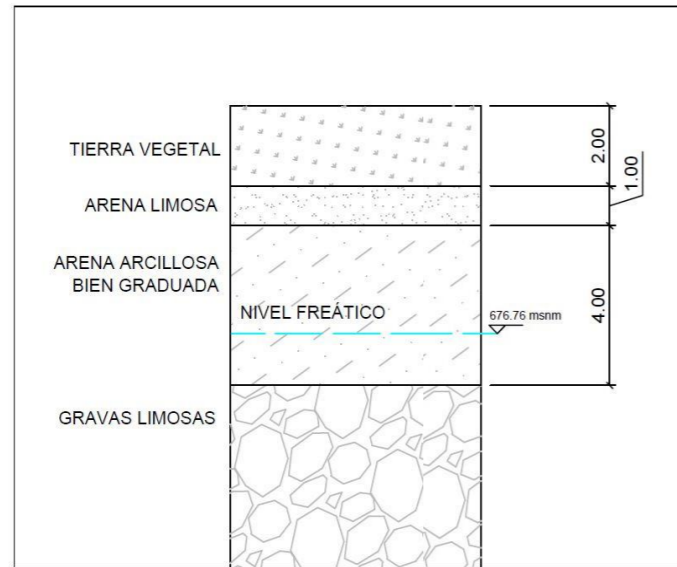


Figura 4. Estatigrafía del terreno

Y sus características son:

- Arena limosa:  
 $\varphi' = 35^\circ$        $\gamma_d = 16,18 \text{ kN/m}^3$
- Arena arcillosa bien graduada:  
 $\varphi' = 35^\circ$        $\gamma_d = 19,62 \text{ kN/m}^3$        $R_u = 322,42 \text{ kN/m}^2$   
 $C_u = 161,21 \text{ kN/m}^2$        $E = 144,84 \text{ MPa}$        $\nu = 0,3$
- Grava limosa  
 $\varphi' = 38^\circ$        $\gamma_d = 19,62 \text{ kN/m}^3$

### 9. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Se ha realizado un estudio de soluciones, cuyo objetivo principal es justificar la elección del emplazamiento, tipología y diseño de la pasarela escogida. Se determinarán diferentes soluciones, para posteriormente analizar cada una de forma que se priorice la funcionalidad, viabilidad, innovación y optimización de cada una de ellas.

### 9.1 ESTUDIO PREVIO: LOCALIZACIÓN

Una de las partes fundamentales del estudio de soluciones es la elección del emplazamiento de las pasarelas, ya que su función principal es conectar un camino rural que recorre una de las islas con la margen opuesta del río, de forma que se pueda continuar el recorrido por la otra orilla.

Para ello se realizó una visita de campo, la cual permitió obtener una idea general del entorno y las circunstancias que rodean las estructuras a diseñar.

La isla donde se encuentra el Itinerario ambiental ofrece varias localizaciones idóneas, la primera se encuentra en las proximidades de la pasarela existente, la segunda junto a un área de descanso hacia mitad del sendero y la tercera es la opción más alejada del inicio del itinerario, cerca de la minicentral eléctrica abandonada.

Se escogió por ser la más óptima la tercera solución, ya que su ubicación permite recorrer la zona y observar el ambiente rural que rodea la localización de las estructuras invitando a realizar la ruta hasta el final, accediendo a los diferentes observatorios de aves que se encuentran en su recorrido.

En cuanto a la disposición en planta, se estudiaron tres posibles opciones.



Figura 5. Alternativas estudiadas para el trazado en planta

La primera son dos pasarelas curvas, la segunda presenta un trazado recto y la tercera son dos estructuras de planta recta pero dispuestas con una leve inclinación. Se escogió la tercera opción por ser la que combinaba todos los beneficios de las restantes alternativas, ya que su inclinación genera una sensación de suavidad en el recorrido al mismo tiempo que se optimiza la luz de las estructuras.

### 9.2 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Una vez escogida la disposición en planta y la localización, se observa que, debido a la orografía de la zona y la altura de los elementos que rodean el paraje la tipología más óptima es un puente viga sin pilas intermedias.



9.2.1 **Alternativa 1: Puente viga asimétrico**

La estructura es un puente viga asimétrico de hormigón armado. Tanto la barandilla como el pavimento son de madera y ambos se prolongan a lo largo de la isla central, creando una sensación de continuidad entre ambas estructuras.

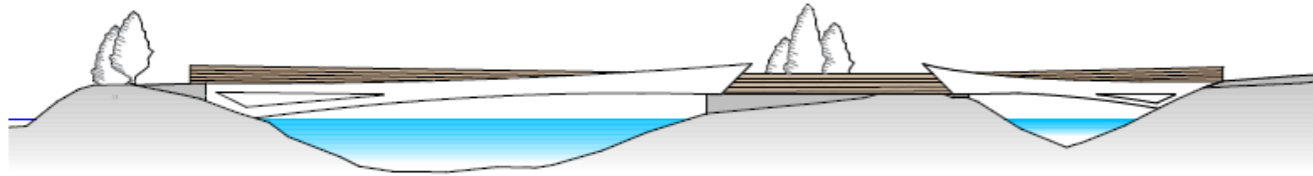


Figura 6. Alternativa 1

9.2.2 **Alternativa 2: Puente viga de sección en cajón**

La segunda alternativa es un puente viga hormigón armado y sección en cajón. La singularidad de este diseño reside en la sección transversal del mismo, ya que los elementos estructurales se integrarían completamente en la estética de la estructura, ya que tendrían una doble función.

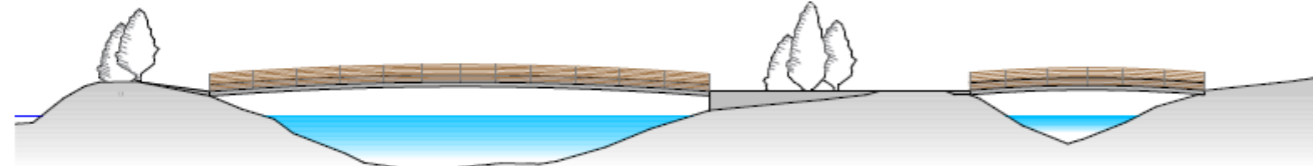


Figura 7. Alternativa 2

La sección, además de su función estructural, se integraría también como parte de los equipamientos de la estructura ya que la parte central podría servir como una especie de banco.

Los elementos estructurales serían de hormigón armado y el pavimento y la barandilla de madera, además las tablas de madera también recubrirían el elemento central de la sección.

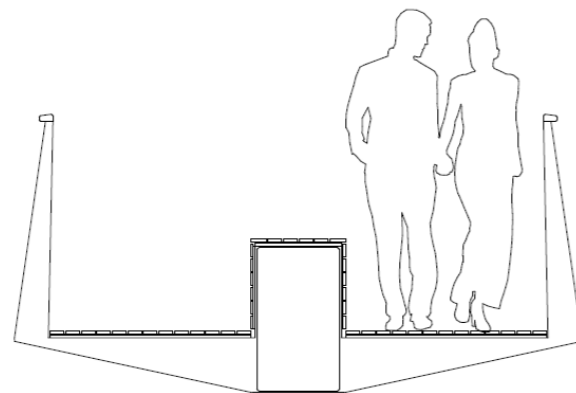


Figura 8. Sección tipo alternativa 2

9.2.3 **Alternativa 3: Puente viga articulado**

Esta pasarela es un puente viga de hormigón con articulaciones en la sección central. Está compuesto por una viga de un solo tramo con secciones laterales en cajón. Estas secciones se van elevando conforme se avanza hacia la sección central, creando así dos formas trianguladas a ambos lados. Estas triangulaciones se unen con una articulación en la parte inferior y con una barra de compresión, con articulaciones a ambos lados, en la parte superior.

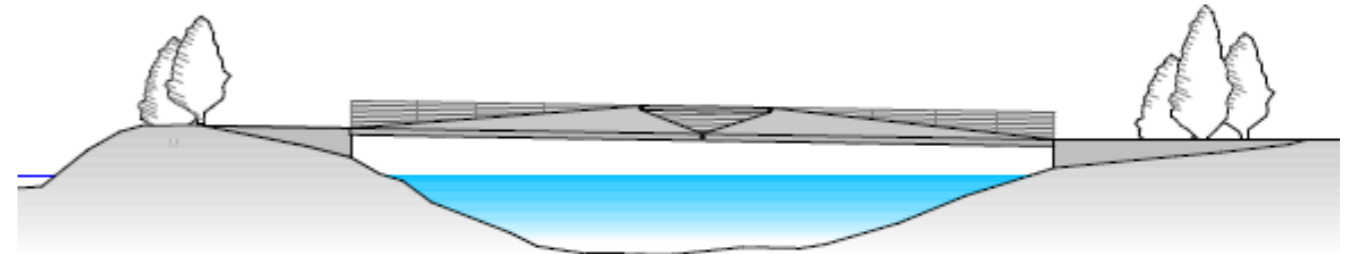


Figura 9. Alternativa 3

9.2.4 **Alternativa 4: Puente viga con forma triangular**

Este diseño es un puente viga metálico de sección singular, pero que simplificando se puede aproximar a una sección en cajón formada por diferentes chapas metálicas soldadas.

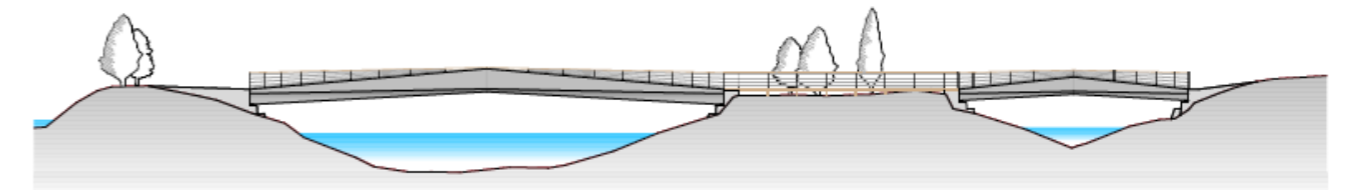


Figura 10. Alternativa 4.

La parte inferior del cajón se encuentra inclinada y gradualmente se va ganando altura con esta inclinación hasta alcanzar la máxima en el centro luz. En la sección transversal también aparecen chapas inclinadas hacia el exterior de la misma, siendo el ángulo de inclinación constante en todas las secciones. De esta manera las chapas inclinadas se encuentran contenidas en un mismo plano. El lateral de la sección estará compuesto por chapas soldadas que ofrecerán el aspecto de una sección rectangular hueca. Los laterales de la sección se encuentran a la misma altura que el pavimento en los apoyos y su longitud irá aumentando conforme se aproxime al centro luz. Esto permitirá que además de su función estructural también contribuyan como parte de los equipamientos ya que actuarán como parte de la barandilla.

Observando el efecto que producen estas características geométricas en la sección transversal, se puede decir que esta se asimila al casco de un barco.

El pavimento será de madera y la barandilla de acero inoxidable.

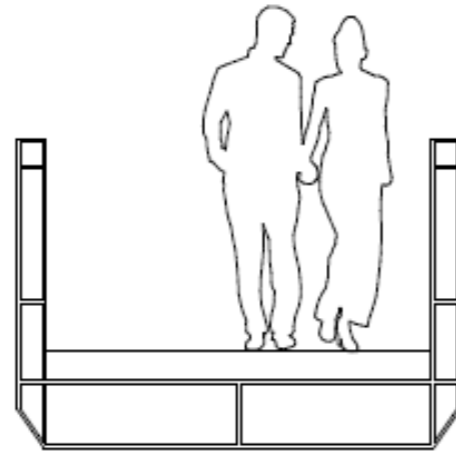


Figura 11. Sección tipo Alternativa 4

### 9.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Una vez planteadas las diferentes opciones se realizó un análisis comparativo entre cada una de las opciones posibles.

La primera alternativa presenta claras ventajas en lo relativo a la estética y a la facilidad de construcción, ya que se construiría mediante secciones prefabricadas en taller y posteriormente se trasladarían y ensamblarían en la obra. Sin embargo, esta opción se diseñó para una orografía diferente ya que, debido a las suaves pendientes de los márgenes los apoyos de la estructura pueden encontrarse demasiado bajos, incluso llegando a introducirse en la lámina de agua.

En cuanto al puente viga de sección en cajón, es la solución que más se integra en el entorno ya que la elección de los materiales revestidos de madera ofrece al viandante un aspecto más acorde con el terreno circundante. Además, se obtenía valor añadido al integrar el elemento estructural resistente como un elemento de confort para el usuario. Sin embargo, al ser el elemento resistente de la sección la viga central, debido a las cargas actuantes y la luz máxima que tiene que salvar, el diseño se vería alterado ya que la viga tendría que tener más altura y espesor que el dado.

En lo relativo a la tercera opción, es un diseño original y el proceso constructivo es más sencillo para este tipo de estructura con ménsulas. Además, el efecto estético y la integración son muy favorables ya que la estructura es bastante “transparente”. Sin embargo, este diseño no sería adecuado para la pasarela de menor luz.

En cuanto a la última alternativa, su diseño singular y original sería un aspecto estético a realzar. Al presentar una forma triangulada en alzado se genera una sensación de continuidad entre las dos estructuras, integrando a la perfección la idea de que las pasarelas se complementen, visualmente hablando. Sin embargo, esta alternativa presenta un problema añadido y es la rigidización de las chapas que conforman la sección para que no se deformen ante las cargas actuantes.

### 9.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución adoptada se escogió de forma objetiva, considerando los aspectos fundamentales relativos a la facilidad de construcción, estética, durabilidad y economía.

Uno de los principales motivos por los que se escogió esta opción es por el fácil encaje de la estructura en el terreno y porque es relativamente sencillo adoptar este diseño para pasarela de menor luz sin alterarlo sustancialmente. Además, el alto nivel de prefabricación es una ventaja a la hora del proceso constructivo, además la elección del material también favorece este hecho ya que la sección de acero es más ligera que de hormigón armado.

## 10. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación, se procederá a definir las características de la solución adoptada, esto se realizará a nivel de anteproyecto reflejando todas las obras que se consideran necesarias para la ejecución de las estructuras.

### 10.1 GEOMETRÍA GENERAL

La estructura es una viga biapoyada cuya sección se puede aproximar a un cajón metálico de canto variable. La sección está compuesta por una serie de chapas metálicas de espesor constante soldadas entre sí para formar un contorno cerrado.

La sección varía su canto mediante la inclinación de la chapa inferior del cajón, aumentando su altura conforme avanza hacia el centro-luz, siendo en este lugar donde alcanza su máxima altura.

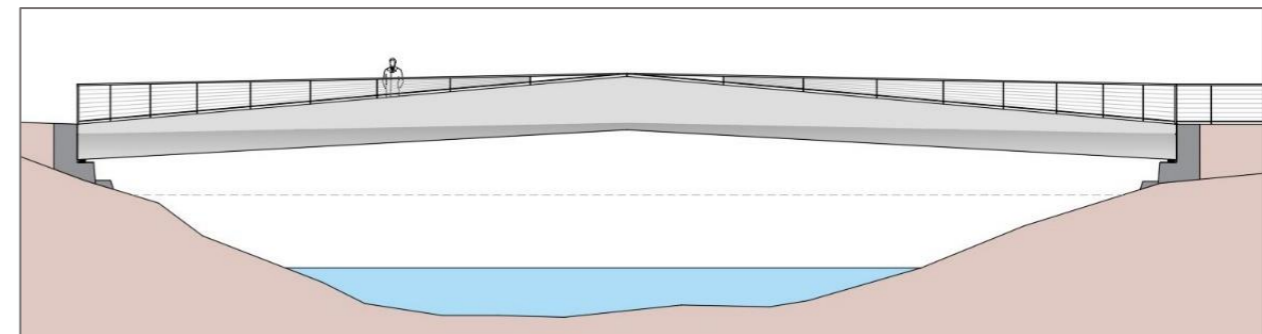


Figura 12. Alzado solución adoptada

En alzado, se aprecia la pendiente ascendente de la chapa inferior del cajón, así como la inclinación de las chapas verticales de sus extremos. Estas chapas además de su función resistente, también forman parte de los equipamientos de la pasarela, ya que conforme se avanza hacia el centro de vano su altura va aumentando hasta casi alcanzar la altura de una barandilla normalizada. Esto ocurre de esta manera en la pasarela de luz mayor, 33 m, sin embargo en la que tiene una luz de 16 m la altura alcanzada por las chapas laterales es proporcionalmente menor.

El diseño de las estructuras ha venido muy condicionado por la situación de las mismas, ya que se debían encajar en el terreno de tal manera que su afección al entorno fuera mínima. Teniendo en cuenta esto la localización idónea es la escogida, ya que las estructuras se encuentran muy próximas los caminos existentes para poder enlazarlos entre sí. Aunque su traza es recta, se les añade cierta inclinación una respecto a la otra, aportando fluidez al recorrido y permitiendo colocar los estribos lo más cerca posible de los caminos anteriormente citados.

El ancho dado es de 2 m, suficiente para permitir el cruce de dos personas sin necesidad de ocasionar molestias entre sí. No se ha dado un mayor ancho útil debido a la localización, ya que aunque se trate de una ruta de senderismo, en situación normal de uso no se darán aglomeraciones de gente en la estructura.

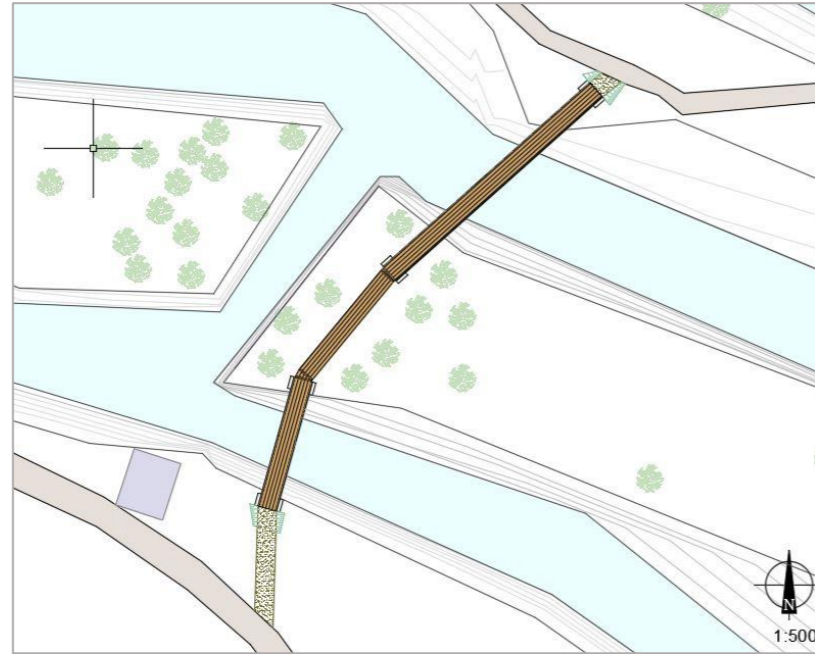


Figura 14. Planta solución adoptada

En cuanto a la avenida de diseño para la que se ha dimensionado es, a falta de normativa específica al respecto, de 50 años. La información relativa a la cota de lámina de agua en situación de avenida se ha obtenido del Estudio Hidráulico del "Proyecto de Ejecución del Centro Agroambiental Los Nuevos (Cuenca) Fase III". Teniendo estos datos, se ha dejado un resguardo mínimo de medio metro entre la estructura y la lámina de agua.

Para facilitar los accesos a la estructura será necesario acondicionar los márgenes previamente, siendo necesario realizar rellenos para alcanzar la cota deseada en el arranque de las pasarelas.

## 10.2 ESQUEMA RESISTENTE

La estructura resistente es una viga metálica cuya forma se asemeja a una sección en cajón. Está compuesta por chapas soldadas, que crean un contorno cerrado que permite resistir los esfuerzos generados sobre la pasarela.

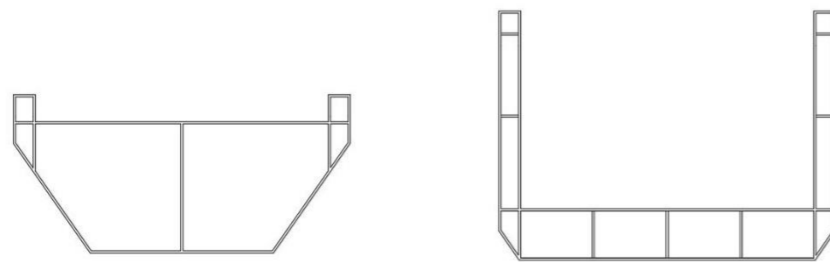


Figura 13. Secciones tipo de la solución adoptada

Como se puede observar la sección es variable a lo largo de toda su longitud, llegando a alcanzar un cajón bastante "esbelto" en la sección centra. Esta variación uniforme de la estructura se obtiene debido a la inclinación de la chapa inferior de la sección, que es ascendente hasta alcanzar su punto más alto en el centro luz. El ángulo de inclinación de las barras inclinadas es siempre el mismo en todas las secciones, 55°. Sin

embargo, la chapa inferior sí presenta un ancho variable, siendo menor en el estribo y mayor en el centro luz. En cuanto a los laterales de la sección, es la parte mencionada anteriormente que además de función estructural también forma parte de los equipamientos.

Todas las chapas son de espesor constante, 15 mm exceptuando a las chapas horizontales superiores que tienen un espesor de 20 ya que su función principal es aportar inercia al conjunto

Teniendo en cuenta las características mecánicas de esta sección cerrada, se puede afirmar que es un conjunto muy resistente frente a los esfuerzos actuantes, debido a la inercia de la sección.

Sin embargo, presenta problemas relativos a la rigidización de las chapas y al fenómeno de abolladura. Para corregir los posibles problemas de rigidez, se planteó introducir una serie de rigidizadores, sin embargo, estos están dimensionados normalmente para obras de puentes de carretera por lo que serían excesivamente grandes para esta situación. Por tanto, se decidió introducir en su lugar una chapa longitudinal en el centro de la sección.

En la sección central de la pasarela de 33 m de luz, se observaron problemas relativos al cumplimiento del estado límite de flechas, por lo que se introdujeron dos chapas longitudinales adicionales que permitieron solventarlo.

En cuanto a los diafragmas transversales introducidos, se colocaron cada 2,5 m en la pasarela de mayor luz y cada 2 m en la de menor.

Una vez definida la sección se realizaron las comprobaciones resistentes de la estructura, verificando que el conjunto resiste frente a los Estados Límite Último y cumple los Estados Límite de Servicio. Todos los cálculos realizados se adjuntan en el Anejo Nº4. *Diseño y comprobación de la estructura*, adjunto en este documento.

## 10.3 SUBESTRUCTURAS

Debido a las condiciones del terreno se ha dimensionado un único tipo de estribo para cada pasarela. La tipología y la disposición es la misma para ambas aunque algunas medidas varían ligeramente.

Son estribos cerrados con aletas en voladizo, el muro frontal presenta una altura de 2,5 m y sobre él se apoyan dos aparatos de neopreno sobre los que apoya la estructura. El ancho del muro es 1,3 m ya que viene limitado por el drenaje del tablero.

La cimentación del estribo es superficial y se puede considerar como una zapata corrida, aunque su longitud está acotada. El ancho de la misma es 0,5 m y la longitud de la puntera y el talón varían de una pasarela a otra. El hormigón empleado en las subestructuras ha de tener características especiales debido a la agresividad de las aguas, el escogido es HA-30/B/20/IIa+Qb.

La información de la que se dispone indica que el nivel freático se encuentra alejado de la superficie, por ello debido a que tres de los cuatro estribos dimensionados se encuentran en las islas se considera que el nivel freático viene dado por la cota de la lámina de agua observada cuando se realizó el Estudio Hidráulico del proyecto de "Construcción del centro Agroambiental Los Nuevos (Cuenca), fase III". De esta forma se dimensionan los estribos quedando del lado de la seguridad.

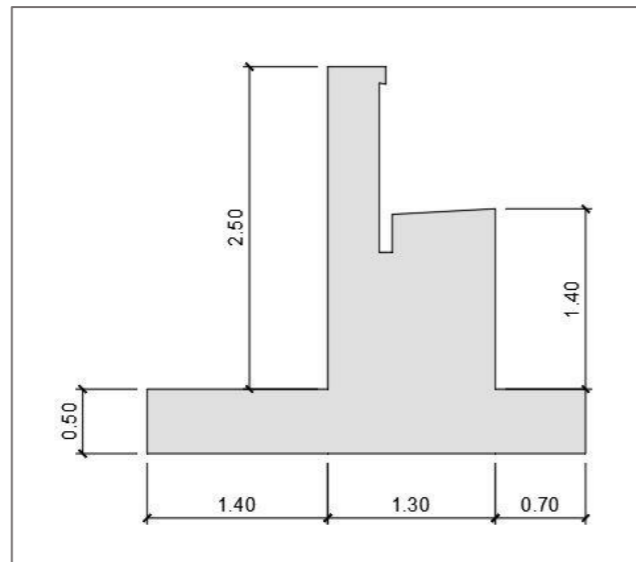


Figura 15. Estribo tipo.

Debido a que el trabajo realizado es a nivel de anteproyecto no se han dimensionado las armaduras, sin embargo, se ha adoptado una cuantía mínima de acero por  $m^3$  de hormigón para poder estimar su coste en la valoración económica.

Todos los cálculos relativos al dimensionamiento y a la comprobación de los Estados Límite de la cimentación se han realizado en el *Anejo N°3.- Diseño y comprobación de la cimentación y las subestructuras*, adjunto en este documento.

## 10.4 EQUIPAMIENTOS

### 10.4.1 Barandilla

La barandilla se complementa con los laterales de la viga en cajón, siguiendo la misma pendiente que sigue esta. Como se ha descrito con anterioridad, las chapas de los extremos aumentan su altura conforme se van aproximando a la sección central pero sin llegar a alcanzar la altura mínima de las barandillas normalizadas. Por tanto, para complementar este aumento de altura de los laterales se ha instalado una barandilla que irá variando su altura con la misma pendiente, pero inversa, que la de la parte superior de la estructura.

Debido a esta particularidad, la barandilla no puede ser un modelo estándar prefabricado, si no que se ha de diseñar a medida para que complemente a la perfección con la sección. Se han diseñado postes de acero inoxidable rectos, manteniendo la simplicidad para no interferir en el diseño triangular del alzado de la pasarela.

La distancia entre los postes disminuye conforme se va alejando de la sección central, de esta forma se genera el efecto óptico de que el puente se “estira” hacia el centro de vano.

### 10.4.2 Iluminación

Dado que la zona donde se encuentra la estructura es un ambiente rural y cuyo uso habitual es diurno, no se considera necesario instalar iluminación en las pasarelas.

### 10.4.3 Pavimento

El material escogido para el pavimento es madera de pino, ya que encaja perfectamente en el ambiente y además presenta la gran ventaja de ser un material muy ligero.

La madera seleccionada es un tipo de madera especial, más resistente y usada habitualmente en el exterior ya que soporta de forma adecuada las acciones climáticas. Se colocarán tabloncillos de forma transversal a lo largo de todo el tablero y, debajo de estos cada 0,5 m se colocará un rastrel de madera.

Para proporcionar a las pasarelas una correcta conexión entre estructuras y, además, una correcta conexión entre las estructuras y el terreno natural se han considerado una serie de caminos de acceso. Estos estarán compuestos, de abajo hacia la superficie, por una capa de grava, una lámina de impermeabilización y, finalmente una capa de gravilla.

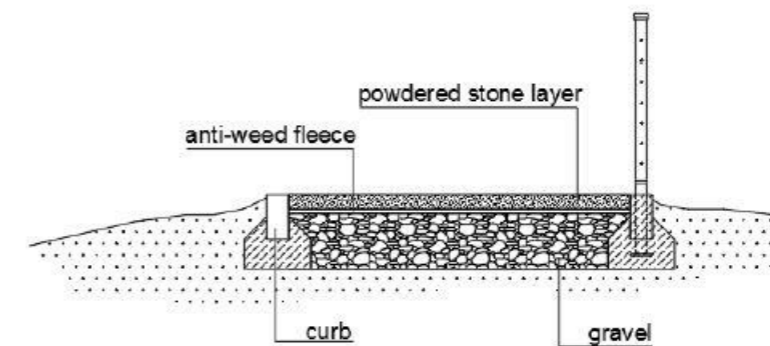


Figura 16. Pavimento para conexión entre estructuras

### 10.4.4 Drenaje

El diseño del drenaje se encuentra ligado a la elección del material del tablero ya que se parte de la premisa de que el agua se infiltre a través de los tabloncillos y desde ahí fluya hacia el estribo donde se encuentra el caño de drenaje. La idea es que el agua fluya hacia los estribos y mediante el encauzamiento de la misma fluya lejos de la cimentación.

## 11. PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo representaba un serio problema a la hora de materializar la obra, ya que la ubicación de las pasarelas condicionaba mucho el método apto tanto técnica como económicamente.

Finalmente, tras estudiar diferentes alternativas se ha obtenido una solución óptima. En primer lugar, se construirá la pasarela de menor luz, los trabajadores podrán acceder al lugar a través de un paso provisional.

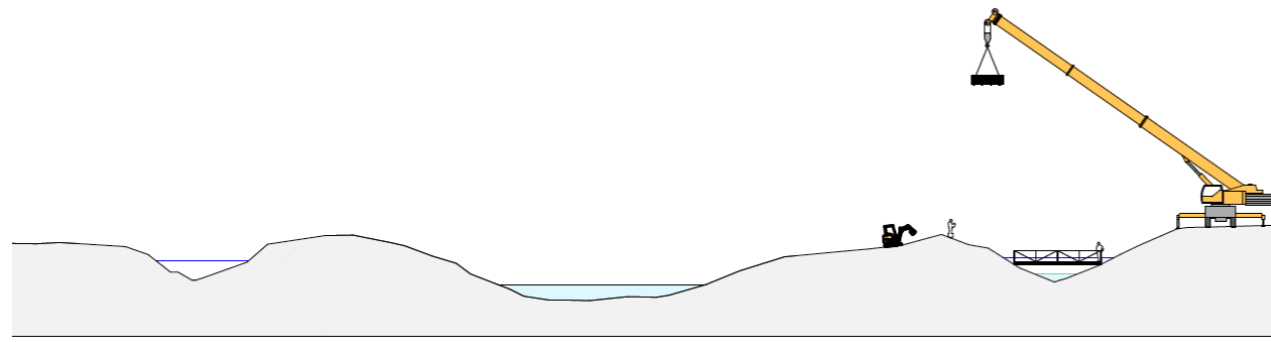


Figura 18. Construcción pasarela 1, a la izquierda el paso provisional

Una vez se ha construido la primera estructura se llevará a cabo la segunda, cuyo acceso es más complicado. Para el paso de la grúa se soterrará el cauce mediante escollera, además la afección no será cuantiosa ya que en dicho punto es donde el flujo del agua es muy calmado y la cota de la lámina de agua es muy baja.

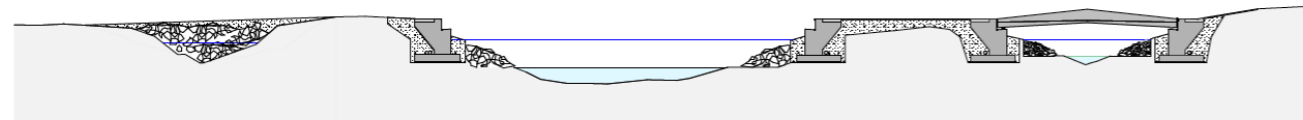


Figura 17. "Presa" granular para el paso de la grúa

Una vez realizado esto se procederá a la construcción de la estructura y, una vez finalizada, se retirará todo rastro de material granular del cauce, dejando la zona en las mismas condiciones que al inicio de las obras, minimizando la afección.

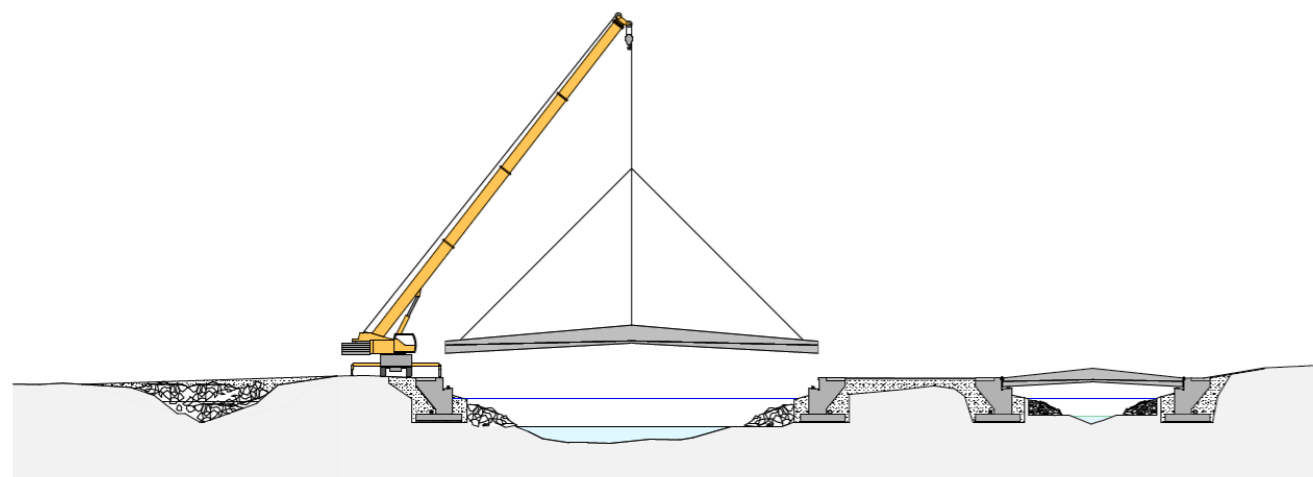


Figura 19. Construcción pasarela 2

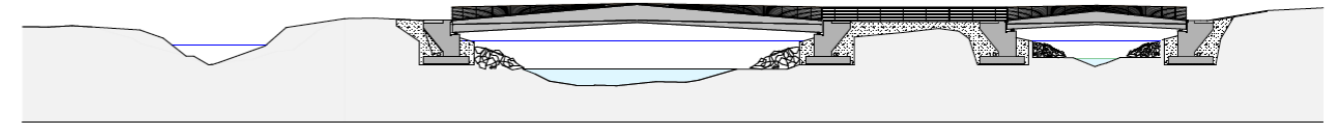


Figura 20. Estado final

## 12. PROGRAMA DE TRABAJOS

Los diferentes trabajos necesarios para llevar a cabo la construcción de las estructuras diseñadas se detallan en el Anejo N°7.-Programa de trabajos, adjunto en este documento.

Los trabajos que figuran en este anejo detallan las diferentes tareas a llevar a cabo durante el plazo de ejecución, que es de 14 meses. Las tareas a realizar se pueden dividir en cuatro grandes grupos: trabajos previos, construcción de las subestructuras, construcción de la superestructura y acabados.

En su correspondiente anejo se detallan más en profundidad estos aspectos.

## 13. VALORACIÓN ECONÓMICA

En el Documento N°3 de este Trabajo, se adjunta la valoración económica de esta estructura teniendo en cuenta el proceso constructivo, los plazos de ejecución, trabajos previos y materiales.

Se dividirá en tres sub-apartados: mediciones, relación valorada, unidades de obra y resumen de presupuesto.

## 14. DOCUMENTOS. ÍNDICE GENERAL DEL ANTEPROYECTO

### ❖ DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y ANEJOS

- Memoria
- Anejo nº1. Estudio de soluciones
- Anejo nº2. Informe geotécnico
- Anejo nº3. Diseño y comprobación de la cimentación y subestructuras
- Anejo nº4. Diseño y comprobación de la estructura
- Anejo nº5. Diseño de equipamientos
- Anejo nº6. Proceso constructivo
- Anejo nº7. Programa de trabajos

### ❖ DOCUMENTO N°2. PLANOS

1. Situación y emplazamiento
2. Planta topográfica de la zona de actuación
3. Planta general
4. Planta, alzado y sección tipo
5. Definición general, sección longitudinal tipo

6. Cimentaciones

7. Equipamientos

8. Representación gráfica

❖ DOCUMENTO Nº3. PRESUPUESTO

- Mediciones
- Relación valorada de unidades de obra
- Resumen de presupuesto

**15. CONCLUSIONES**

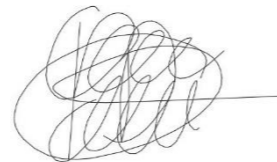
Mediante el presente documento, “Diseño estructural de pasarela sobre el río Júcar en Casa de Los Nuevos, TTMM de Alarcón y Sisante (Cuenca)”, se ha llevado a cabo a nivel de anteproyecto el diseño estructural de dos pasarelas que permiten salvar el río Júcar conectando ambas orillas y proporcionando continuidad al Itinerario ambiental que recorre una de las islas del cauce.

Se ha llevado a cabo el dimensionamiento y comprobación de las estructuras, subestructuras y equipamientos. Adjuntándose los correspondientes planos de definición, el plan de obras y la valoración económica.

Valencia, junio de 2017



Adrianna Porebska



Carmen del Mar Pérez Delgado