

ANEJO N°9

Estructuras

Índice

1	Introducción	1
2	Viaductos	2
2.1	Viaducto 0+115 (Ramal de Enlace BI-4613)	2
2.2	Viaducto 1+840 (Tronco BI-630)	3
2.3	Viaducto 2+130 (Tronco BI-630)	6
2.4	Viaducto 2+400 (Tronco BI-630)	8
3	Muros de escollera verde	11
4	Pasos de fauna sección cajón	13

1 Introducción

El objeto de este Anejo es la descripción, a nivel de proyecto de trazado, de todas las estructuras y obras de fábrica existentes en el presente **“Proyecto de Construcción de rectificación de trazado y ensanche de la carretera BI-630, Tramo: Traslaviña-Trucios”**.

Así, a continuación se expondrán las características más representativas de cada estructura y los distintos condicionantes (funcionales, hidráulicos, medioambientales, geotécnicos, económicos...) que han intervenido en el prediseño de las mismas.

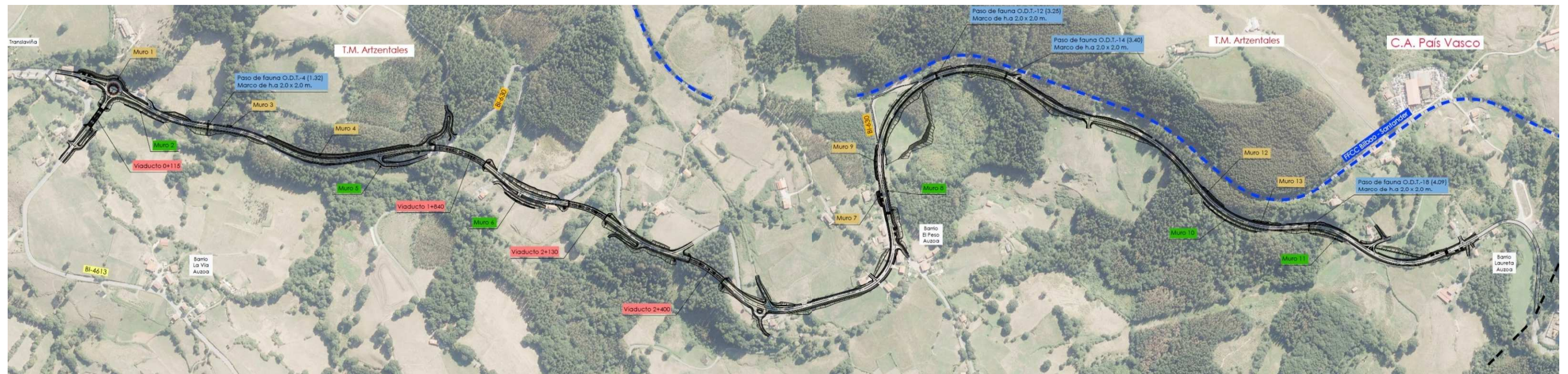
En concreto, como se muestra en la imagen adjunta, el proyecto contempla la ejecución de cuatro viaductos sobre cauces fluviales de distinta entidad, trece muros de escollera con función de contención o sostenimiento de tierras y cuatro pasos de fauna en sección cajón bajo el nuevo trazado de la BI-630.

Su descripción gráfica detallada se recoge en el apartado 8 del Documento nº2 de planos del proyecto en base al siguiente índice:

- 8.1. Estructuras. Plano guía
- 8.2.1. Estructuras. Viaductos. VD 0+115
- 8.2.2. Estructuras. Viaductos. VD 1+840
- 8.2.3. Estructuras. Viaductos. VD 2+130
- 8.2.4. Estructuras. Viaductos. VD 2+400

- 8.3.1. Estructuras. Muros. Muro 1
- 8.3.2. Estructuras. Muros. Muro 2
- 8.3.3. Estructuras. Muros. Muro 3
- 8.3.4. Estructuras. Muros. Muro 4
- 8.3.5. Estructuras. Muros. Muro 5
- 8.3.6. Estructuras. Muros. Muro 6
- 8.3.7. Estructuras. Muros. Muro 7
- 8.3.8. Estructuras. Muros. Muro 8
- 8.3.9. Estructuras. Muros. Muro 9
- 8.3.10. Estructuras. Muros. Muro 10
- 8.3.11. Estructuras. Muros. Muro 11
- 8.3.12. Estructuras. Muros. Muro 12
- 8.3.13. Estructuras. Muros. Muro 13
- 8.4.1. Estructuras. Pasos de fauna. ODT-4 (1.32)
- 8.4.2. Estructuras. Pasos de fauna. ODT-12 (3.25)
- 8.4.3. Estructuras. Pasos de fauna. ODT-14 (3.40)
- 8.4.4. Estructuras. Pasos de fauna. ODT-18 (4.09)

En los siguientes apartados de este anejo se describen con más detalle las características más significativas de cada una de estas estructuras.



2 Viaductos

El proyecto contempla la construcción de cuatro nuevos viaductos cuya función principal es salvar vaguadas por cuyo fondo discurren cauces fluviales de mayor o menor entidad.

En concreto el Viaducto 0+115 forma parte del nuevo Ramal de Enlace de la BI-4613 y permite el cruce de este nuevo vial sobre el arroyo Rolante. Por su parte los Viaductos 1+840, 2+130 y 2+400 salvan tres vaguadas como consecuencia de la corrección de trazado propuesta para las curvas más cerradas de la actual carretera BI-630.

En todos los casos se plantea el cruce sobre dichas vaguadas íntegramente en estructura al objeto de evitar terraplenar sobre éstas, minimizando con ello la afección a la vegetación existente en la zona, así como a los cursos de agua que fluyen por su parte más baja.

Por este mismo motivo se ha propuesto una solución estructural para los tableros que evite el empleo de cimbras durante su construcción, optando por tanto por el uso de vigas prefabricadas que serán colocadas, bien mediante lanzavigas en el VD 1+840 debido al alto valor ambiental de la vegetación existente en la vaguada, o bien mediante grúas convencionales autopropulsadas en el resto de los casos.

A continuación se procede a describir los aspectos más significativos de cada uno de ellos.

2.1 Viaducto 0+115 (Ramal de Enlace BI-4613)

El primero de los viaductos forma parte del nuevo Ramal de Enlace de la BI-4613 con el Tronco de la BI-630 y su función es posibilitar el paso de esta carretera sobre el cauce del arroyo Rolante.

En la actualidad este cruce se materializa mediante una bóveda de hormigón de 2,9 m de ancho y unos 5 m de alto hasta la clave, por la cual desagua una superficie de cuenca drenante de 3,1 Km².



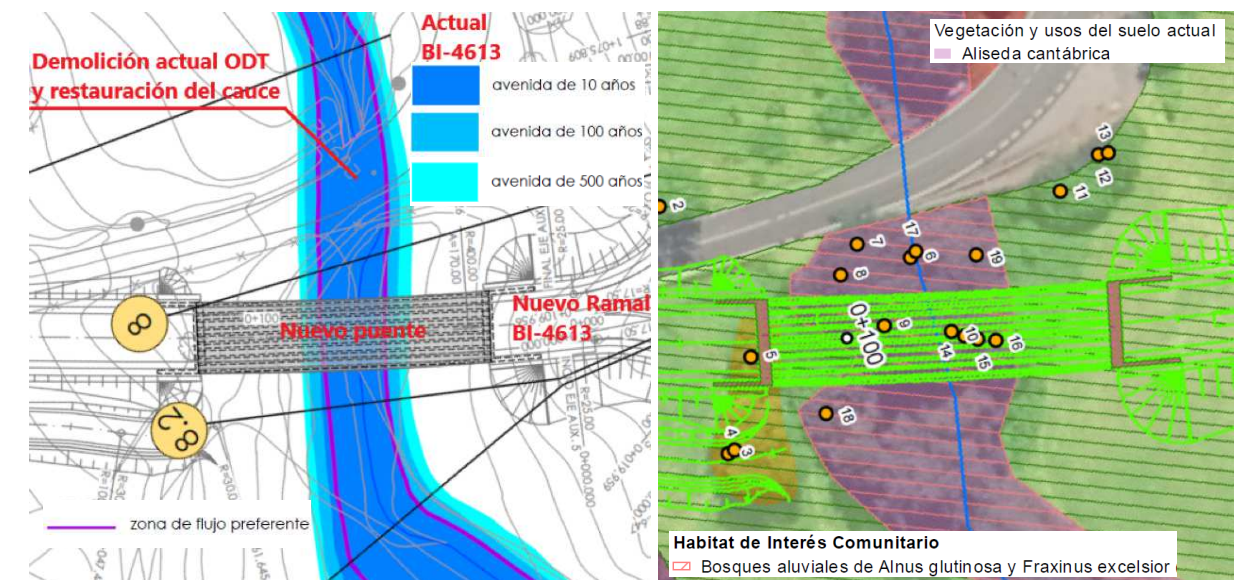
Cruce actual de la BI-4613 sobre el arroyo Rolante

Para determinar qué sección de desagüe necesita el nuevo paso se ha realizado un estudio hidráulico (recogido en el Apéndice N°7.5 del anejo de Drenaje) en el que se han tenido en consideración los requisitos que establece la Agencia Vasca del Agua (URA) en los cruces sobre los cauces. En concreto:

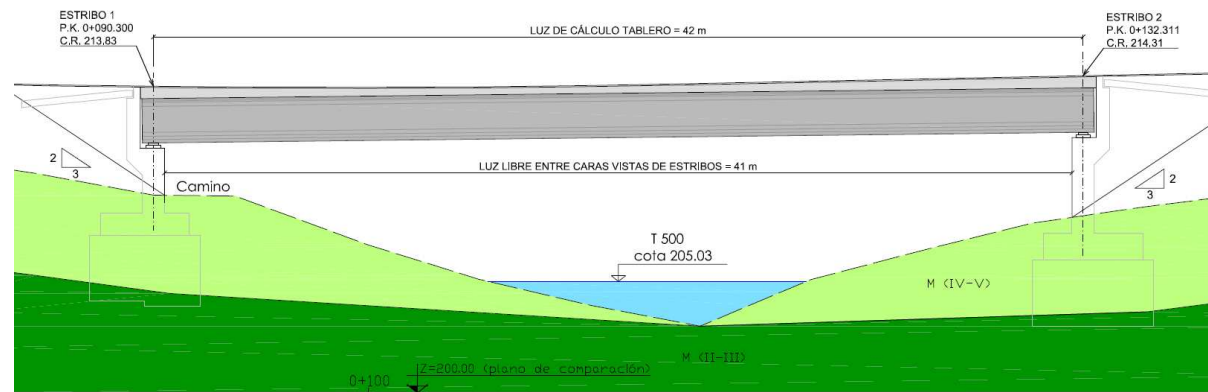
- Los estribos deben situarse fuera de la Zona de Flujo Preferente (ZFP). Como se muestra en la planta de condicionantes, en nuestro caso los estribos del nuevo paso se encuentran no sólo fuera de la ZFP, sino incluso fuera de las superficies de inundación correspondientes a las diferentes avenidas.
- Las nuevas actuaciones no deben empeorar la Inundabilidad de la zona (sobreelevación de la lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno inferior a 10 cm). En este caso la sección hidráulica del nuevo puente es muy superior a la de la actual ODT, la cual será demolida, por lo que este aspecto queda garantizado.
- Resguardo mínimo de 1 m de la cara inferior del tablero respecto a la cota de lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno. En nuestro caso la cota inferior del nuevo tablero ronda los 211,4 m, muy superior a la cota 205,03 m correspondiente a la citada avenida de 500 años, por lo que el resguardo mínimo se cumple sobradamente.

Además de lo anterior, la nueva estructura debe respetar los requerimientos ambientales relacionados con los mapas de “hábitats de interés comunitario, vegetación actual y usos de suelo”. En concreto la posición del estribo 1 se ha visto condicionada por la presencia de vegetación de ribera en la margen norte del cauce (Aliseda cantábrica/Bosques aluviales de Alnus glutinosa y Fraxinus excelsior).

Así, con una luz libre entre caras vistas de estribos de 41 m, el nuevo paso proyectado sustituirá a la actual bóveda de hormigón, la cual deberá ser demolida para posteriormente proceder a restituir el cauce natural en toda la zona de afección. Este cauce forma parte del plan de gestión del visón europeo y es un corredor de fauna actual cuyas condiciones se van a ver muy mejoradas con esta actuación. Así pues, además del evidente beneficio medioambiental, como se ha mencionado anteriormente la construcción del nuevo puente mejora notablemente la actual inundabilidad de la zona.

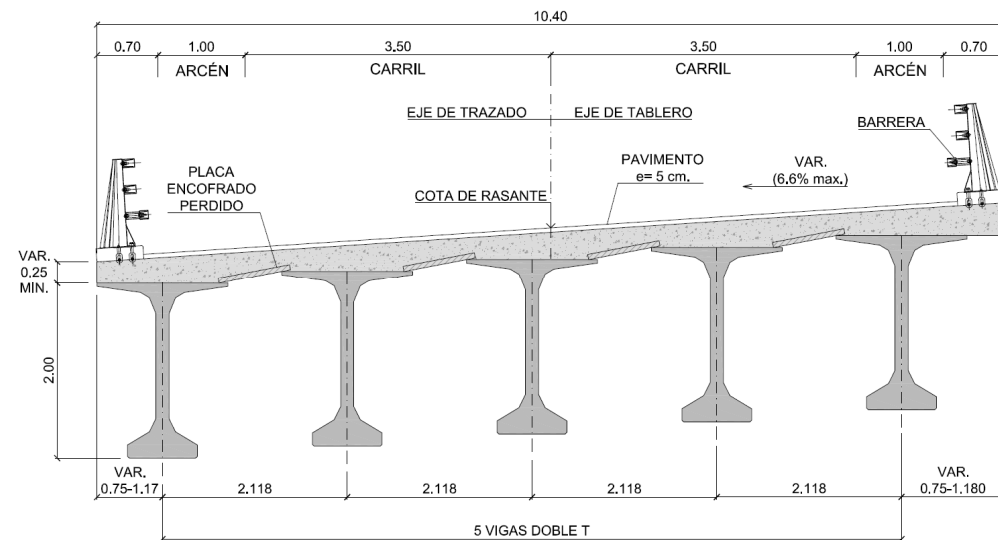


Planta de condicionantes hidráulicos y medioambientales VD 0+115



Perfil longitudinal Viaducto 0+115

Desde un punto de vista estructural el tablero de este puente se ha resuelto con un único vano isostático de 42 m de luz de cálculo (Pk 0+090,300 a 0+132,300), compuesto por 5 vigas prefabricadas pretensadas en sección doble T de 2,0 m de canto y una losa de compresión, de 0,25 m de espesor mínimo, de hormigón armado ejecutado in situ al amparo de unas placas, también prefabricadas, a modo de encofrado perdido. Tanto las vigas como las placas de encofrado perdido se montarán desde la parte exterior del tablero mediante el empleo de grúas autopropulsadas convencionales, lo cual evitará cimbrar sobre el cauce del arroyo Rolante, minimizando con ello las posibles afecciones.



Sección tipo Viaducto 0+115

La anchura del tablero es constante e igual a 10,40 m, repartida en dos carriles de 3,50 m, arcenes de 1,00 m y 0,70 m en ambos extremos para ubicar el sistema de contención de vehículos, para el cual se propone un pretil metálico Mosa 16 o similar (H2/W3/B/D=0,50 m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 5 cm (AC16 surf S).

En esta zona del trazado el tablero se encuentra inmerso en un acuerdo curvo en planta (clotoide A=170 y R=400 m), de ahí que la plataforma presente un peralte variable (máximo 6,6%) en prácticamente toda su longitud. El hecho de que el tablero sea curvo en planta hace que la distancia de las vigas

laterales a los bordes sea también variable (entre 0,75 y 1,18 m), mientras que su intereje es constante e igual a 2,12 m.

En alzado la pendiente longitudinal vuelve a ser variable (acuerdo cóncavo), con un máximo del 2,04%, lo cual obliga a realizar recrecidos en el espesor de la losa (hasta un máximo de 0,44 m) en ambos extremos del tablero debido a que las vigas son rectas y de canto constante.

Por otro lado, junto al paramento visto del estribo 1 discurre en la actualidad un camino de acceso a fincas que se propone reponer en paralelo al Ramal de Enlace (Acceso a senda bajo viaducto -eje 78-) debido a que la actual BI-4613 desde la que ahora se accede va a quedar cortada tras la demolición de la ODT existente. No obstante, si así se desea, este camino se va a poder seguir usando como senda peatonal ya que el gálibo vertical resultante tras la implantación del tablero es superior a 2,2 m.

El tablero se apoyará lateralmente en los estribos a través de aparatos de apoyo de neopreno zunchado convencionales y éstos serán de hormigón armado de tipología cerrada, esto es, con muro frontal ciego y aletas en vuelta empotradas en la zapata. La aletas tendrán una longitud suficiente para evitar que el derrame lateral de tierras sobrepase la cara vista de los estribos.

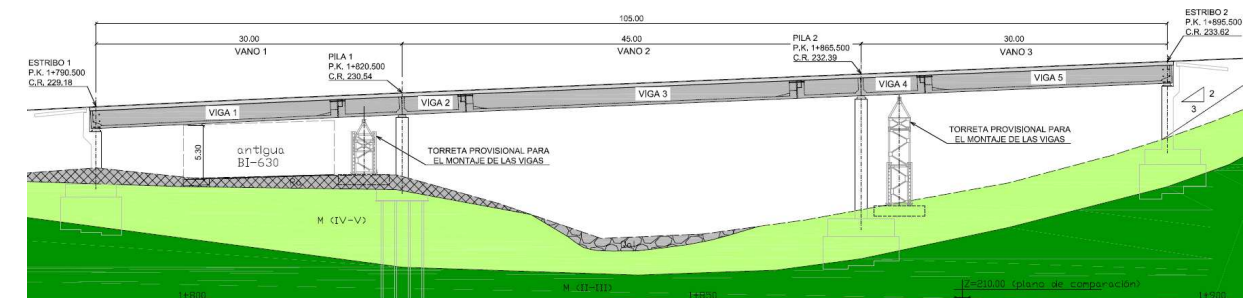
Al objeto de minimizar las excavaciones y, con ello, la afección a las riberas del arroyo, la cimentación de la estructura será semiprofunda mediante pozos de hormigón en masa o ciclópeo empotrados un mínimo de 0,50 m en el sustrato de roca ligeramente alterado (Lutitas y Areniscas GM: II-III). En estas condiciones se ha considerado una tensión admisible sobre el terreno de apoyo de 5 Kp/cm².

Durante la construcción del estribo 1, del lado de la seguridad se adoptará una pantalla provisional de carriles hincados UIC-54 c/0,5 m, en paralela a la actual carretera BI-4613, al objeto de garantizar su no afección durante el periodo en el que ésta se encuentre aún en servicio.

La definición gráfica detallada correspondiente a este primer viaducto se puede consultar en el apartado 8.2.1 del documento de planos del proyecto.

2.2 Viaducto 1+840 (Tronco BI-630)

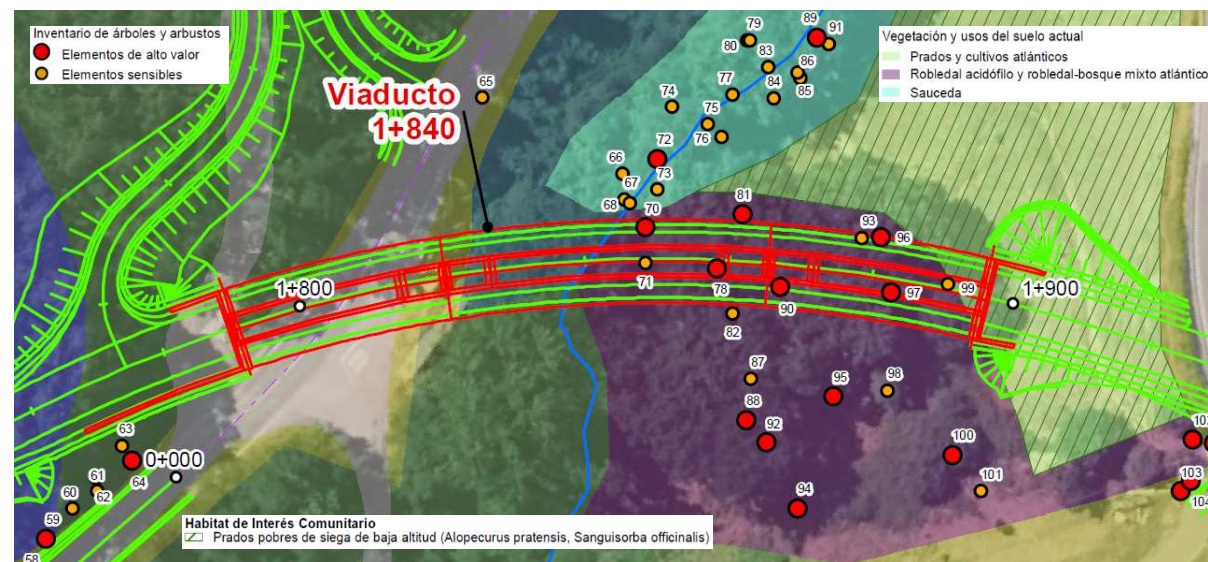
Con 105 m de longitud entre ejes de apoyos extremos, este segundo viaducto es el más largo de los cuatro previstos en el proyecto y se encuentra situado entre los Pks 1+790,500 y 1+895,500 del nuevo trazado proyectado para el Tronco de la BI-630. Consta de 3 vanos de luces 30 + 45 + 30 m.



Perfil longitudinal Viaducto 1+840

Como se ha comentado anteriormente, con el diseño de esta estructura se persigue salvar el cruce sobre la primera de las vaguadas minimizando el terraplén asociado al nuevo trazado y con ello la afección a la vegetación existente en la zona, así como al curso de agua que fluye por su parte más baja.

Desde un punto de vista medioambiental, a continuación se muestra la superposición del nuevo trazado con los mapas de “hábitats de interés comunitario, vegetación actual y usos de suelo” donde se puede observar que la ubicación de las pilas y estribos del viaducto busca minimizar en lo posible la afección a la vegetación de ribera (sauceda), el robledal acidófilo y robledal-bosque mixto atlántico, así como a los árboles y arbustos de alto valor o sensibles existentes en ambas zonas. Además se intenta reducir la ocupación de los prados pobres de siega de baja altitud y los prados y cultivos atlánticos. Por último, el montaje del tablero de este primer viaducto se propone realizarlo íntegramente con lanzavigas, de forma que únicamente será necesario acceder a la vaguada para ejecutar las cimentaciones y alzados de la pila y estribo 2, evitando de esta forma no sólo el empleo de cimbras (como en el resto de viaductos), sino también el de grúas trabajando en sus márgenes.



Planta de condicionantes medioambientales VD 1+840

Desde un punto de vista hidráulico, el condicionante no viene en este caso motivado por la capacidad de desagüe del vano central de la estructura (la superficie de cuenca drenante es de unos 0,5 Km²), que está tremendamente holgado, si no por garantizar que las cimentaciones y excavaciones de las pilas del viaducto respeten los 5 m de servidumbre asociados al cauce de este arroyo. Dicho cauce está dentro del plan de gestión del visón europeo y es un corredor de fauna actual que no se ve afectado por la actuación propuesta.

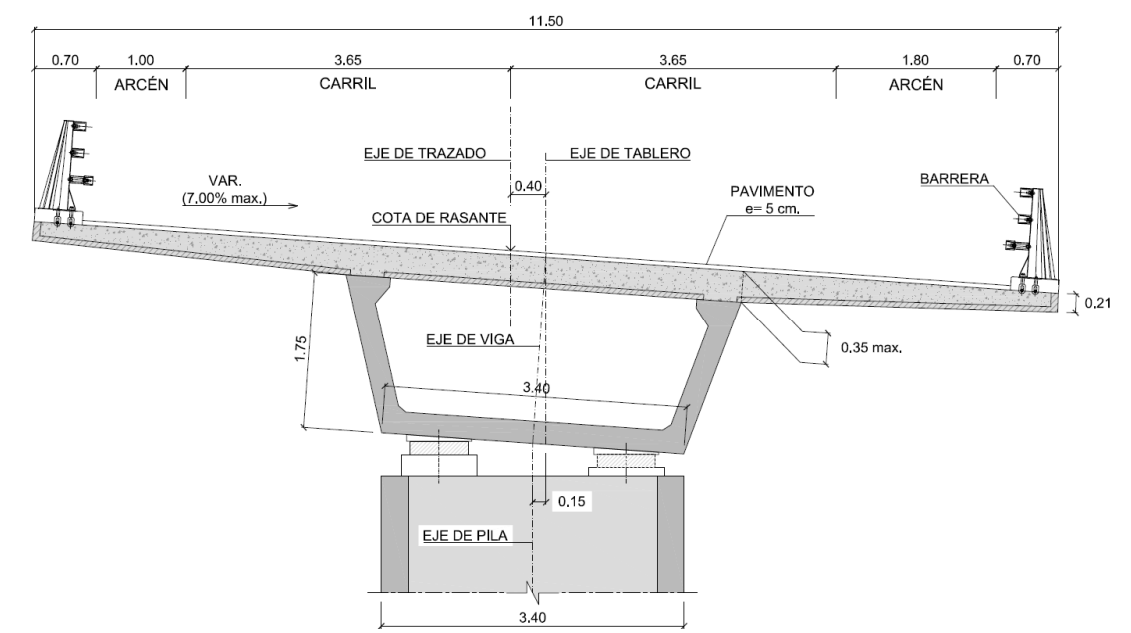
Por otro lado, además de los condicionantes hidráulicos y medioambientales ya comentados, el primer vano de esta estructura debe salvar la carretera actual, la cual en esa zona se quiere mantener en servicio. Ello obliga a adoptar un canto para el tablero que permita garantizar un gálibo vertical mínimo de 5,30 m en dicho cruce.

En concreto se ha adoptado una tipología estructural para el tablero consistente en un cajón hiperestático, de planta curva y canto constante, resuelto con elementos prefabricados. La viga tiene un

canto de 1,75 m y es de tipo “Artesa” de hormigón pretensado con armadura postesa adherente y, por limitaciones de peso y transporte, consta de 5 tramos (23,75 + 12,50 + 32,50 + 12,50 + 23,75 m) que se empalman in situ entre sí, de forma que una vez sean éstos fabricados en taller y transportados a obra pueden ser montados directamente en su ubicación definitiva mediante el empleo de lanzavigas.

Como más adelante se verá, los empalmes entre tramos están situados a 6,25 m de los ejes de las pilas, lo cual implica que las primeras vigas a montar, las situadas sobre las pilas, requieran de un apeo provisional que se retira una vez avanzado el proceso de montaje, cuando ya se ha materializado la continuidad entre todas las vigas y se ha hormigonado parcialmente la losa de compresión.

Esta losa superior tiene espesor variable (máximo 0,35 m) y es de hormigón armado ejecutada in situ al amparo de unas prelosas de nervios que hacen las veces de encofrado perdido. Al igual que las vigas, su montaje se realiza también mediante el empleo de lanzavigas. El canto total del tablero es por tanto de 2,10 m.



Sección tipo Viaducto 1+840

La anchura del tablero es constante e igual a 11,50 m, repartida en dos carriles de 3,65 m (al estar en curva requieren un cierto sobreancho), arcén exterior de 1,00 m e interior de 1,80 m (por motivos de visibilidad) y 0,70 m en ambos extremos para ubicar el sistema de contención de vehículos, para el cual se propone un pretíl metálico Mosa 16 o similar (H2/W3/B/D=0,50 m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 5 cm (AC16 surf S).

En esta zona del trazado el tablero se encuentra inmerso en un acuerdo curvo en planta (R=190 m en los primeros casi 100 m y clotoide A=99,49 en el resto), de ahí que la plataforma presente un peralte constante del 7% en prácticamente toda su longitud. En alzado la pendiente longitudinal es variable al inicio (acuerdo convexo) para luego adoptar un 4,10 % en los casi 70 m finales.

El tablero está empotrado a torsión tanto en pilas como en estribos y el apoyo se materializa en todos los casos a través de aparatos de apoyo convencionales de neopreno zunchado.

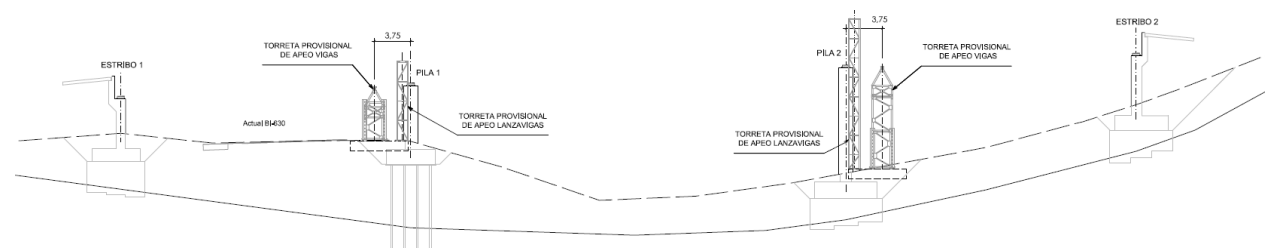
Los estribos son de tipo cerrado con aletas en vuelta empotrados en la zapata y la longitud de éstas es la necesaria para que el derrame lateral de tierras no sobrepase la cara vista de los estribos. En el caso concreto de la aleta derecha del estribo 1, su longitud se prolongará aún más al objeto de evitar que dicho derrame afecte al tramo de la actual BI-630 que en esa zona se mantiene en servicio así como a los árboles y arbustos de alto valor o sensibles allí existentes. Las pilas son de planta rectangular con las esquinas achaflanadas y, al igual que los estribos, se resuelven en hormigón armado ejecutado in situ.

Al objeto de minimizar las excavaciones la cimentación de la estructura se plantea semiprofunda mediante pozos de hormigón en masa o ciclópeo empotrados un mínimo de 0,50 m en el sustrato de roca ligeramente alterado (Lutitas y Areniscas GM: II-III), para el cual se ha considerado una tensión admisible de 5 Kp/cm². Sin embargo, el espesor de suelos existente en la pila 1 hace inviable esta solución de cimentación, por lo que en este caso se recurre a una cimentación profunda mediante micropilotes empotrados en dicho sustrato rocoso.

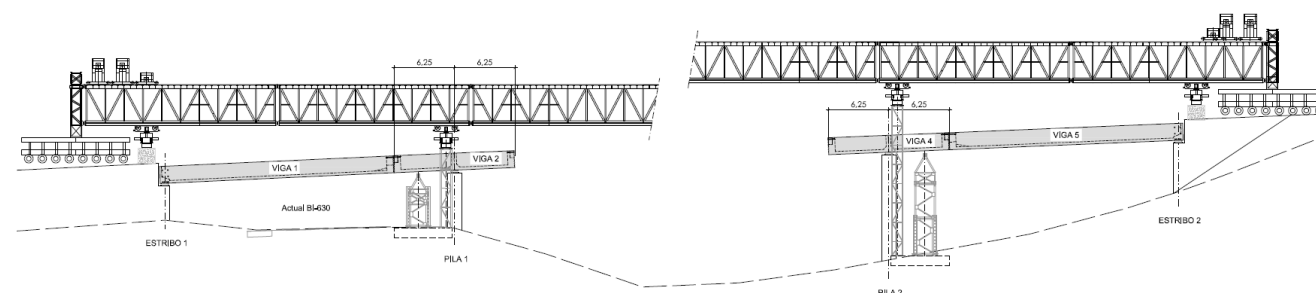
Durante la construcción del estribo 1, aunque se ha previsto un pequeño desvío de la actual BI-630 en esa zona, del lado de la seguridad en su esquina más próxima a ésta se adoptará una pantalla provisional de micropilotes al objeto de garantizar su no afección durante el periodo en el que se encuentre aún en servicio. Del mismo modo, a la altura de la pila 1 se dispondrá en paralelo a la carretera una nueva pantalla provisional, en este caso de carriles hincados. Por último, de cara a no afectar con la excavación de la pila 2 a un elemento de alto valor (81) existente en esa zona, en su borde más próximo se dispondrá nuevamente una pantalla provisional de micropilotes.

Por último, la ejecución del tablero se realizará en base a la siguiente secuencia:

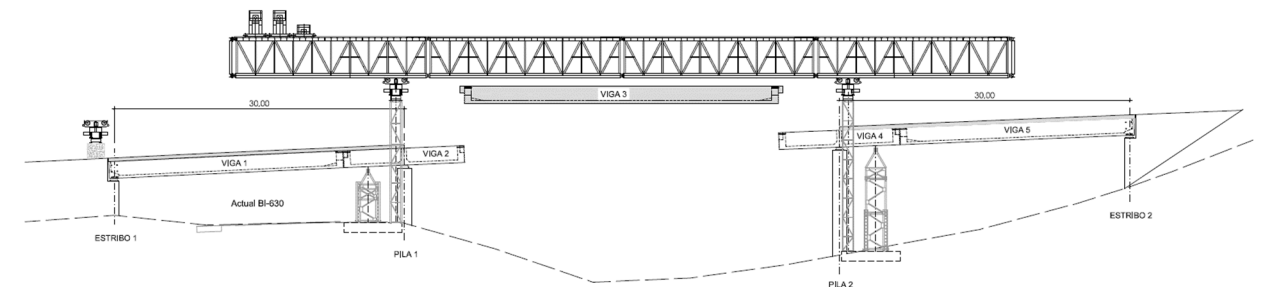
- Fase 1. Ejecución de cimentaciones y alzados de pilas y estribos, así como colocación de las torretas de apeo provisionales para asegurar la estabilidad de los tramos de viga durante el montaje y posibilitar el apoyo del conjunto lanzavigas.



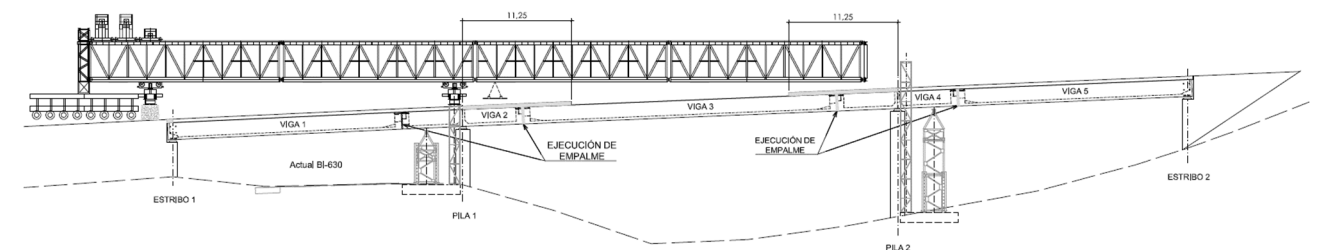
- Fases 2 y 3. Montaje de los tramos de viga prefabricada mediante lanzavigas según la siguiente secuencia: viga martillo 2, viga martillo 4, viga lateral 1 y viga lateral 5.



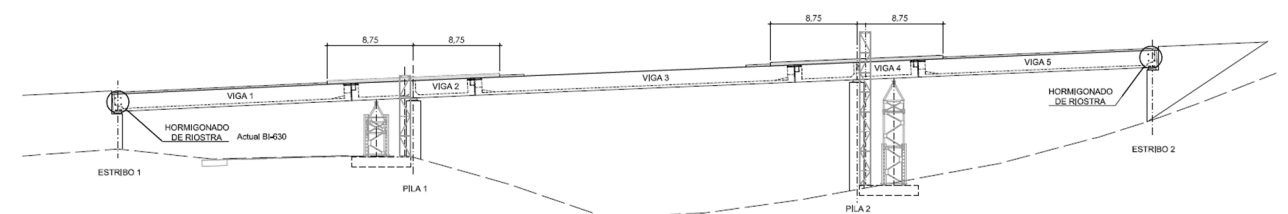
- Fases 4 y 5. Montaje, mediante lanzavigas, de las prelosas Ia (vanos laterales completos hasta eje de pilas) y, a continuación, montaje de la viga central 3.



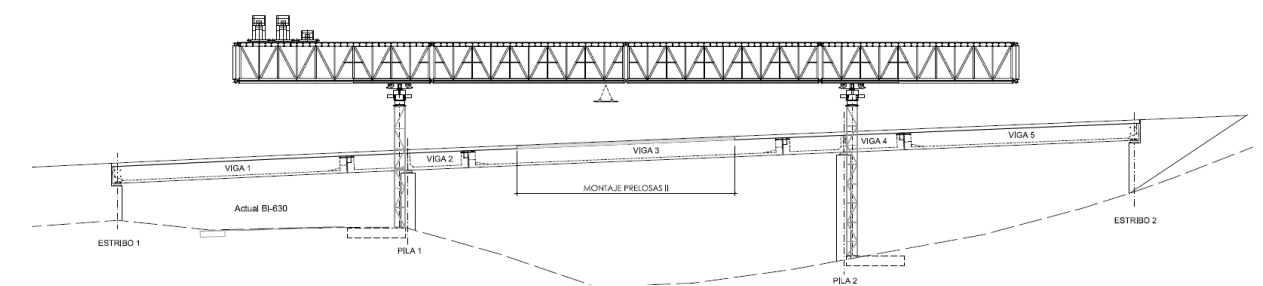
- Fases 6 y 7. Montaje con lanzavigas de las prelosas IIa (11,25 m desde ejes de pilas hacia el centro del vano central), ejecución de empalmes entre tramos de viga y liberación de las barras de anclaje a las torretas de apeo provisionales.



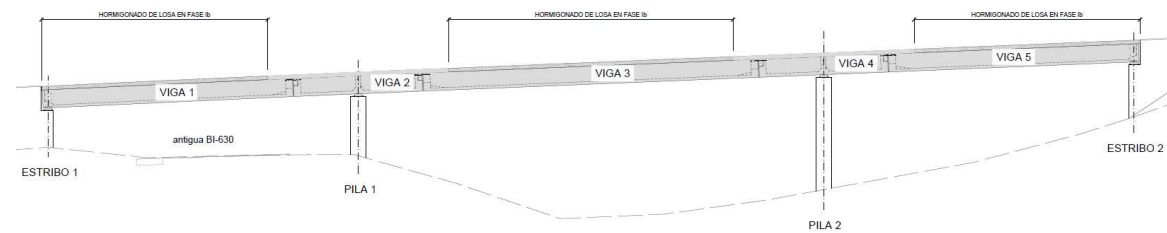
- Fase 8. Hormigonado de la zona central de la losa superior (Fase I) en 8,75 m a cada lado de los ejes de las pilas y hormigonado de las vigas riostras de apoyo en estribos.



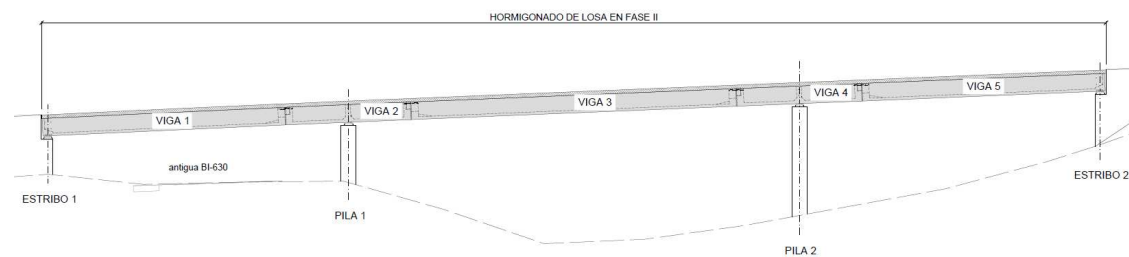
- Fase 9. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 7 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder a la retirada de las torretas de apeo.
- Fase 10. Montaje con lanzavigas de prelosas II en los 22,5 m restantes del vano central.



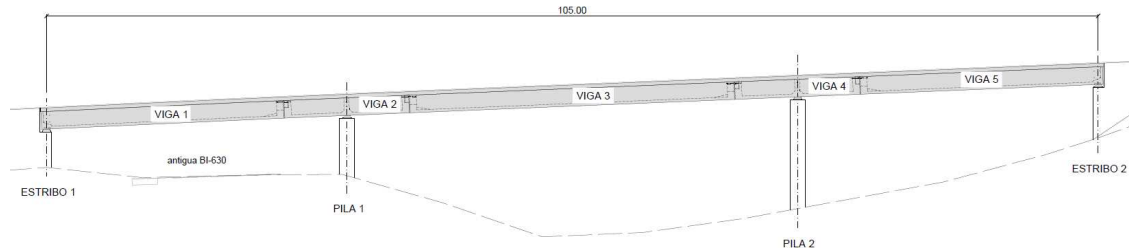
- Fase 11. Hormigonado de la zona central de la losa superior (Fase I) en el resto del tablero (sobre pilas ya se había realizado en la Fase 7).



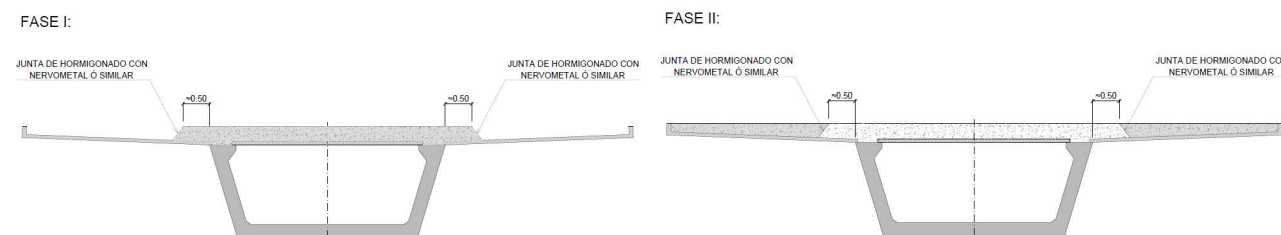
- Fase 12. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 10 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder al hormigonado de los voladizos de la losa (Fase II) en todo el tablero.



- Fase 13. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 11 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder a disponer las juntas de calzada, pavimentar el tablero, así como a la colocación de las barreras de seguridad.



- Fase 14. Realización de la prueba de carga como paso previo a la puesta en servicio del puente.
- Las fases de hormigonado de la losa superior son las que se muestran a continuación:

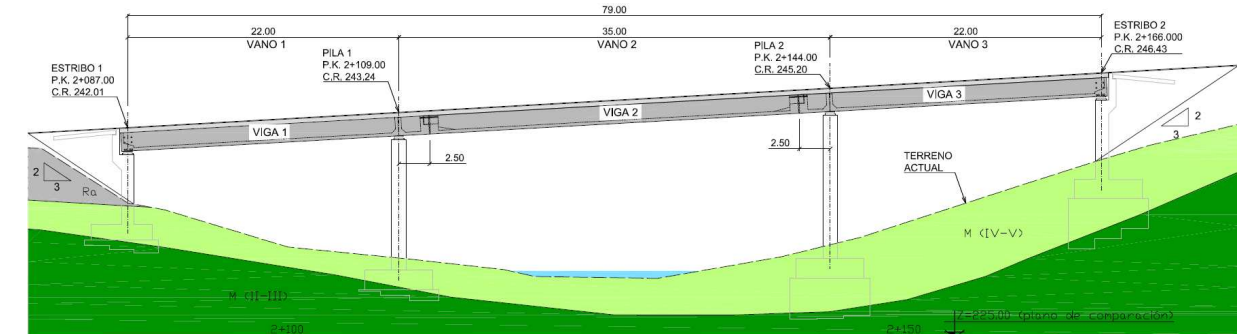


Fases de hormigonado de la losa superior

La definición gráfica detallada correspondiente a este segundo viaducto se puede consultar en el apartado 8.2.2 del documento de planos del proyecto.

2.3 Viaducto 2+130 (Tronco BI-630)

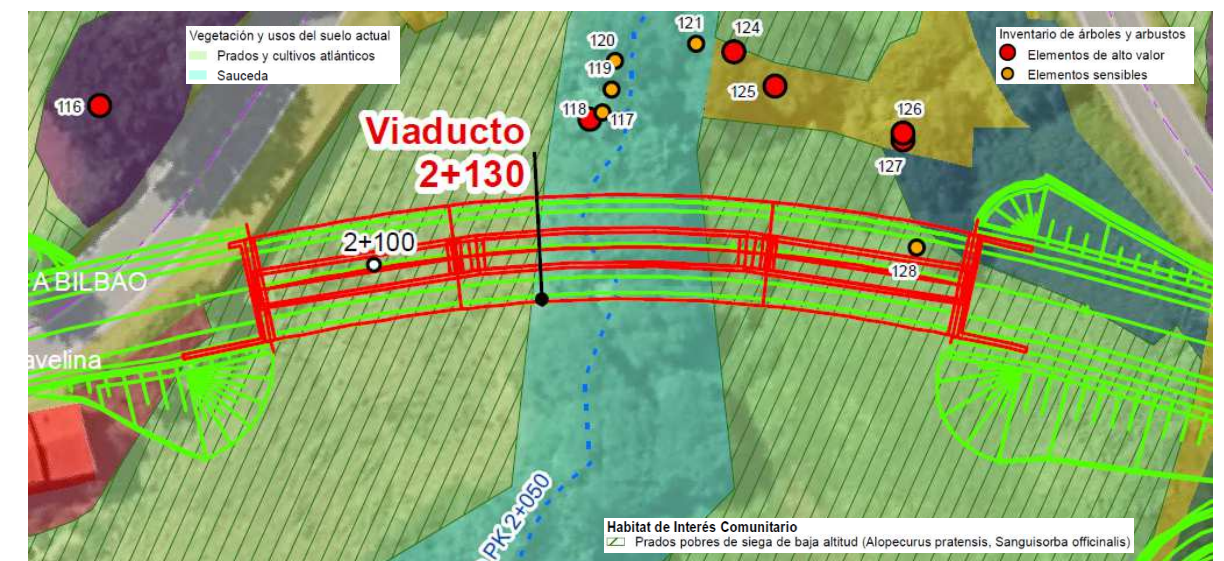
El tercer viaducto previsto en el proyecto tiene una longitud de 79 m entre ejes de apoyos de estribos y se encuentra situado entre los Pks 2+087 y 2+166 del nuevo trazado proyectado para la BI-630. Al igual que el viaducto anterior consta de 3 vanos, pero en este caso de luces 22 + 35 + 22 m.



Perfil longitudinal Viaducto 2+130

Con el diseño de esta estructura se persigue salvar el cruce sobre la segunda de las vaguadas del Tronco de la BI-630 minimizando el terraplén asociado a su nuevo trazado y con ello la afección a la vegetación existente en la zona, así como al curso de agua que fluye por su parte más baja.

Desde un punto de vista medioambiental, a continuación se muestra la superposición del trazado proyectado con los mapas de "hábitats de interés comunitario, vegetación actual y usos de suelo" donde se puede observar que la ubicación de las pilas y estribos del viaducto busca minimizar en lo posible la afección a la vegetación de ribera (sauceda), así como a los árboles y arbustos de alto valor o sensibles existentes en la zona. Además se intenta reducir la ocupación de los prados pobres de siega de baja altitud y los prados y cultivos atlánticos.



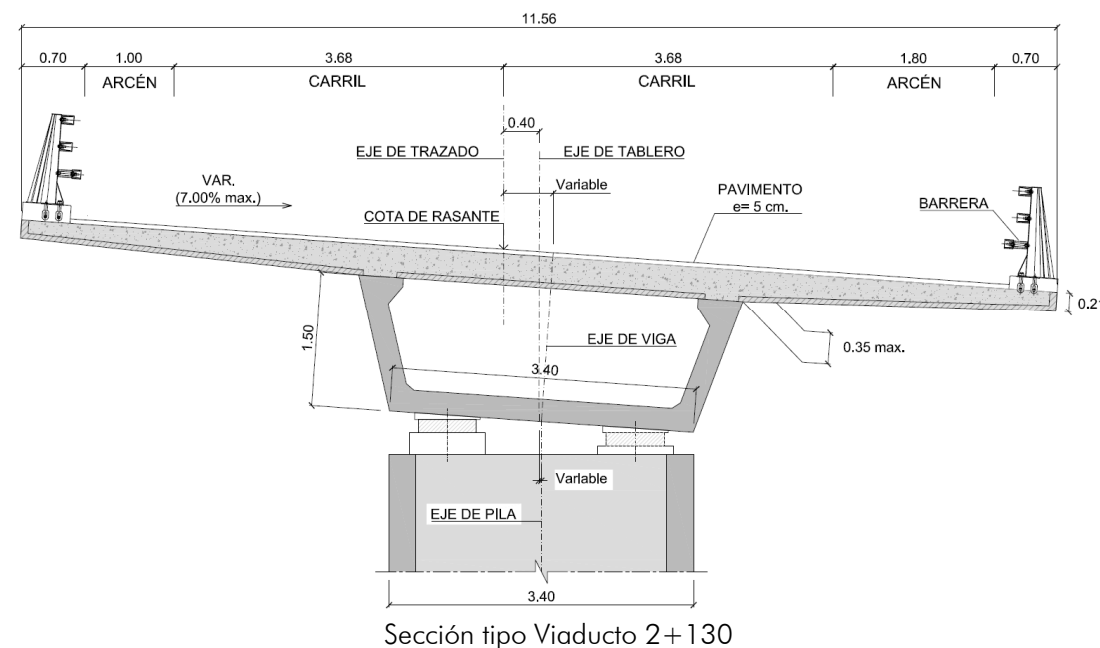
Planta de condicionantes medioambientales VD 2+130

Desde un punto de vista hidráulico, el condicionante no viene en este caso motivado por la capacidad de desagüe del vano central de la estructura (la superficie de cuenca drenante es de unos 0,13 Km²), que está tremendamente holgado, si no por garantizar que las cimentaciones y excavaciones de las pilas del viaducto respeten los 5 m de servidumbre asociados al cauce de este arroyo. Dicho cauce está dentro del plan de gestión del visón europeo y es un corredor de fauna actual que no se ve afectado por la actuación propuesta.

Como el viaducto anterior, la tipología estructural adoptada para el tablero consiste en un cajón hiperestático, de planta curva y canto constante, resuelto con elementos prefabricados. La viga tiene un canto de 1,50 m y es de tipo "Artesa" de hormigón pretensado con armadura postesa adherente y, por limitaciones de peso y transporte, consta de 3 tramos (24,50 + 30,00 + 24,50 m) que se empalman in situ entre sí, de forma que una vez sean éstos fabricados en taller y transportados a obra pueden ser montados directamente en su ubicación definitiva mediante el empleo de grúas autopropulsadas convencionales.

Como más adelante se verá, en este caso sólo hay dos empalmes entre tramos, los cuales están situados a 2,50 m de los ejes de las pilas hacia el centro del tablero, por lo que no se requiere del empleo de ningún apeo provisional durante el montaje.

Esta losa superior tiene espesor variable (máximo 0,35 m) y es de hormigón armado ejecutada in situ al amparo de unas prelosas de nervios que hacen las veces de encofrado perdido. Al igual que las vigas, su montaje se realiza también mediante el empleo de grúas, por lo que en ningún momento se precisa cimbrar sobre la vaguada. El canto total del tablero es por tanto de 1,85 m.



La anchura del tablero es constante e igual a 11,56 m, repartida en dos carriles de 3,68 m (al estar en curva requieren un cierto sobreancho), arcén exterior de 1,00 m e interior de 1,80 m (por motivos de visibilidad) y 0,70 m en ambos extremos para ubicar el sistema de contención de vehículos, para el cual

se propone un pretil metálico Mosa 16 o similar (H2/W3/B/D=0,50 m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 5 cm (AC16 surf S).

En esta zona del trazado el tablero se encuentra inmerso en un acuerdo curvo en planta (R=160 m en el tramo central y clotoides A=91,21 a la entrada y salida), de ahí que la plataforma presente un peralte variable, con un valor máximo del 7 %. En alzado la pendiente longitudinal es también variable al inicio (acuerdo convexo) para luego adoptar un 5,60 % constante en los casi 75 m finales.

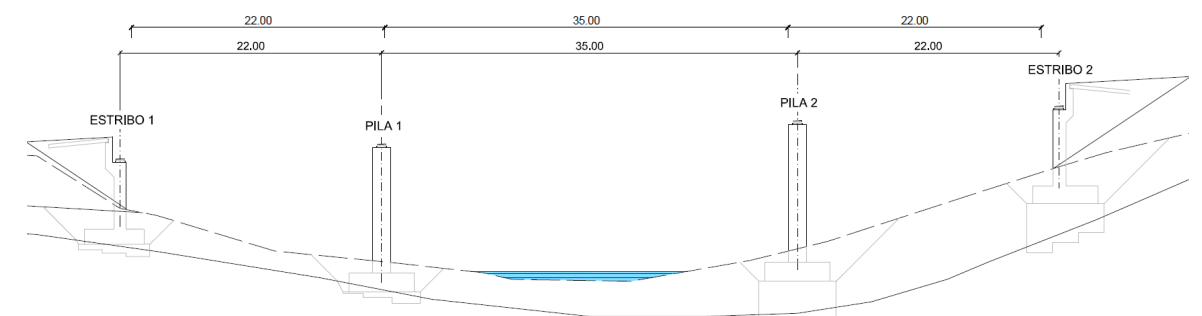
El tablero está empotrado a torsión tanto en pilas como en estribos y el apoyo se materializa en todos los casos a través de aparatos de apoyo convencionales de neopreno zunchado.

Los estribos son de tipo cerrado con aletas en vuelta empotrados en la zapata y la longitud de éstas es la necesaria para que el derrame lateral de tierras no sobrepase la cara vista de los estribos. Las pilas son de planta rectangular con las esquinas achaflanadas y, al igual que los estribos, se resuelven en hormigón armado ejecutado in situ. La cimentación de la estructura se plantea directa mediante zapatas empotradas un mínimo de 0,5 m en el sustrato rocoso ligeramente alterado (Lutitas y Areniscas GM: II-III) y, al objeto de minimizar las excavaciones, se recurrirá a apoyar éstas en pozos de hormigón en masa o ciclópeo cuando el espesor de los suelos así lo requiera. En estas condiciones se ha considerado una tensión admisible del terreno de apoyo de 5 Kp/cm².

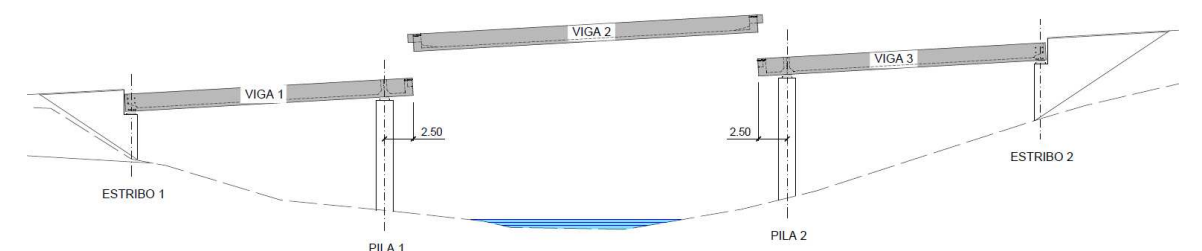
Durante la construcción del estribo 1, aunque en esta zona la actual BI-630 posee un importante sobreancho, del lado de la seguridad en su esquina más próxima a la carretera se adoptará una pantalla provisional de micropilotes, en paralelo a ésta, al objeto de garantizar su no afección durante el periodo en el que se encuentre aún en servicio.

Por último, la ejecución del tablero se realizará en base a la siguiente secuencia:

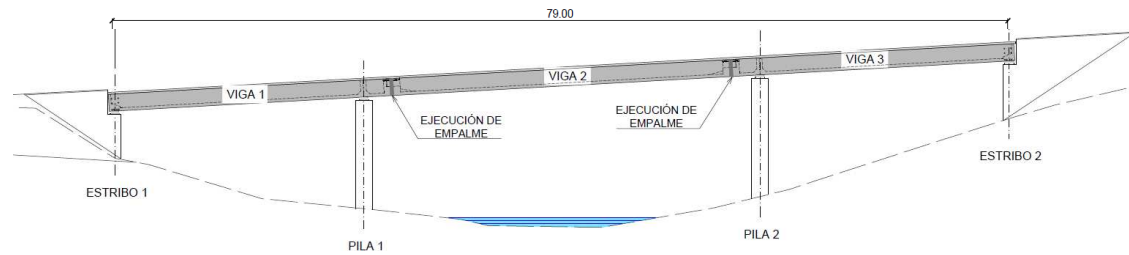
- Fase 1. Ejecución de cimentaciones y alzados de pilas y estribos.



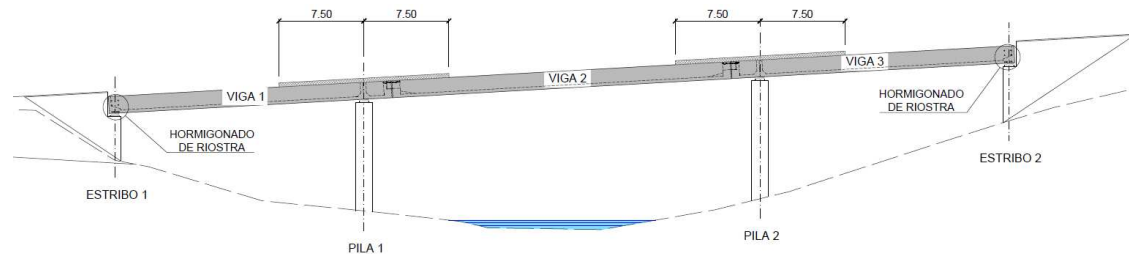
- Fase 2. Montaje de los tramos de viga prefabricada mediante grúas según la siguiente secuencia: viga lateral 1, viga lateral 3 y viga central 2.



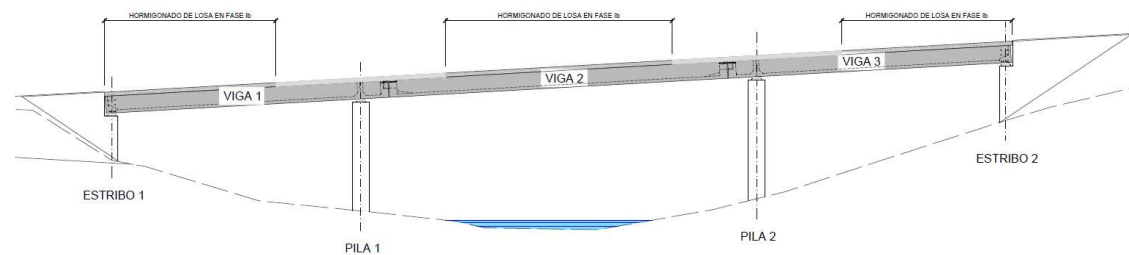
- Fases 3 y 4. Montaje, mediante grúas, de las prelasas en todo el tablero y ejecución de empalmes.



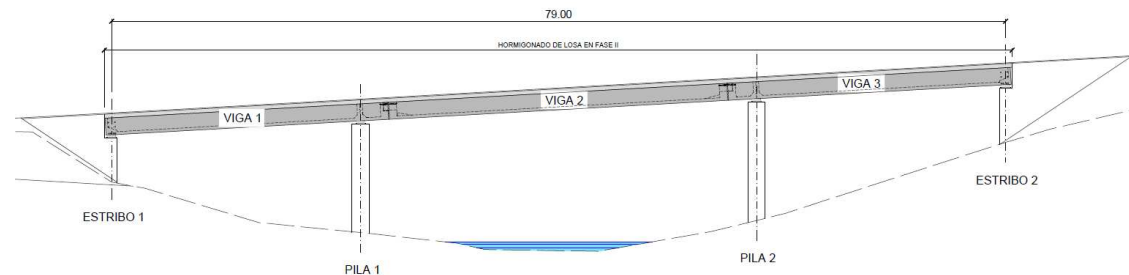
- Fase 5. Hormigonado de la zona central de la losa superior (Fase Ia) en 7,50 m a cada lado de los ejes de las pilas y hormigonado de las vigas riostras de apoyo en estribos



- Fase 6. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 5 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder al hormigonado de la zona central de la losa superior (Fase Ib) en el resto del tablero (sobre pilas ya se había realizado en la Fase 5).

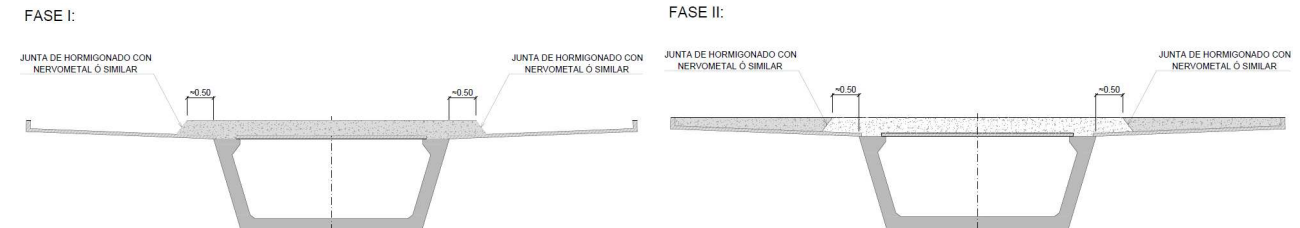


- Fase 7. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 6 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder al hormigonado de los voladizos de la losa (Fase II) en todo el tablero.



- Fase 8. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 7 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder a disponer las juntas de calzada, pavimentar el tablero, así como a la colocación de las barreras de seguridad.
- Fase 9. Realización de la prueba de carga como paso previo a la puesta en servicio del puente.

Como en el caso anterior, las fases de hormigonado de la losa superior son las siguientes:

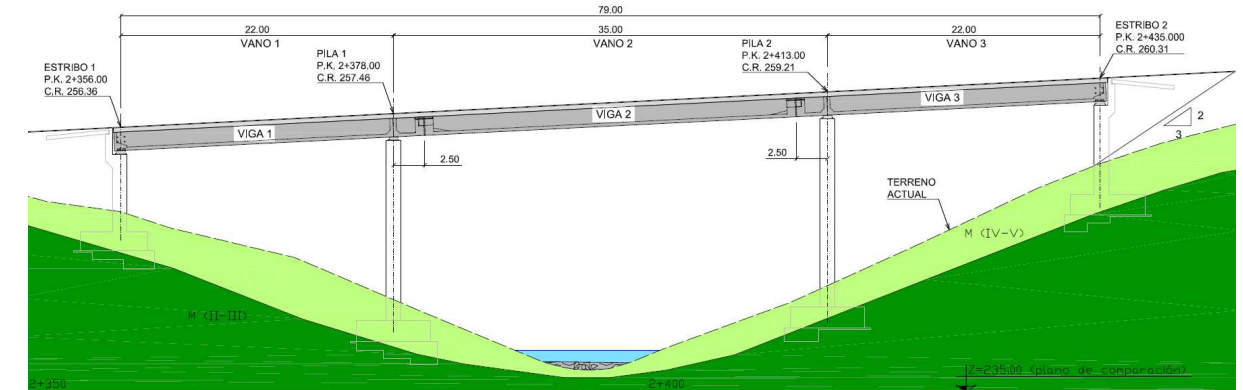


Fases de hormigonado de la losa superior

La definición gráfica detallada correspondiente a este segundo viaducto se puede consultar en el apartado 8.2.3 del documento de planos del proyecto.

2.4 Viaducto 2+400 (Tronco BI-630)

El último de los viaductos recogidos en el proyecto es “gemelo” del VD 2+130 y al igual que éste posee una longitud entre ejes de apoyos en estribos de 79 m repartida en tres vanos de 22 + 35 + 22 m de luz de cálculo. En concreto se encuentra situado entre los Pks 2+356 y 2+435 del nuevo trazado proyectado para la BI-630.

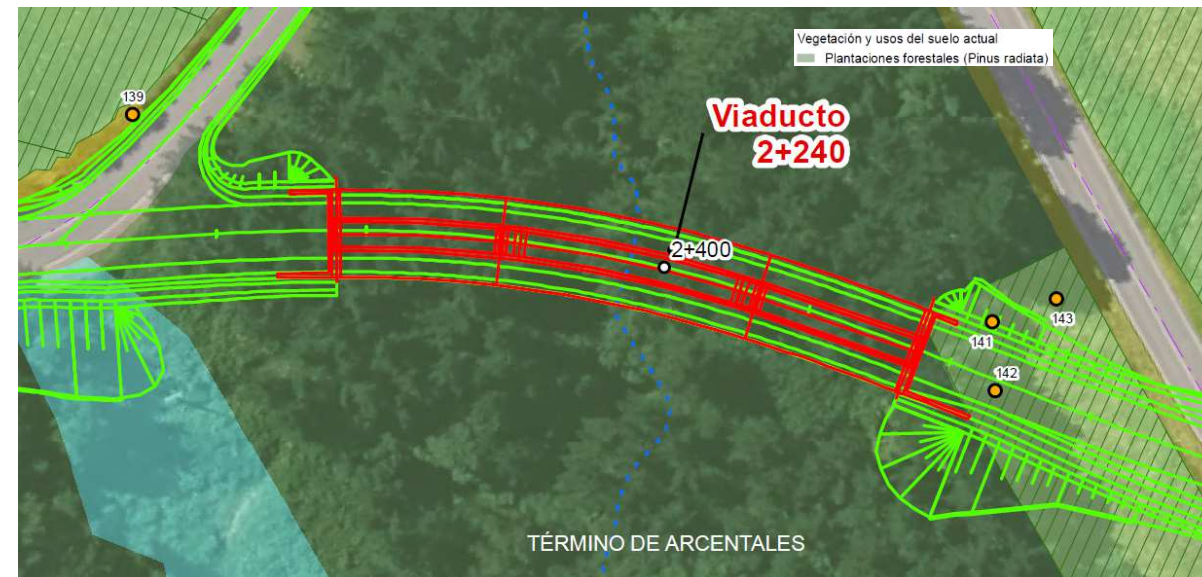


Perfil longitudinal Viaducto 2+400

Con el diseño de esta estructura nuevamente se persigue salvar el cruce sobre la tercera de las vaguadas del Tronco de la BI-630 minimizando el terraplén asociado a su nuevo trazado y con ello la afección a la vegetación existente en la zona, así como al curso de agua que fluye por su parte más baja.

Desde un punto de vista medioambiental no existen condicionantes de tipo “hábitats de interés comunitario, vegetación actual y usos de suelo”, aunque como en el resto de los casos sí de Fauna

ligados al plan de gestión del visón europeo y a corredores de fauna actuales que discurren por el fondo de la vaguada y que no se ven afectados por la actuación propuesta.



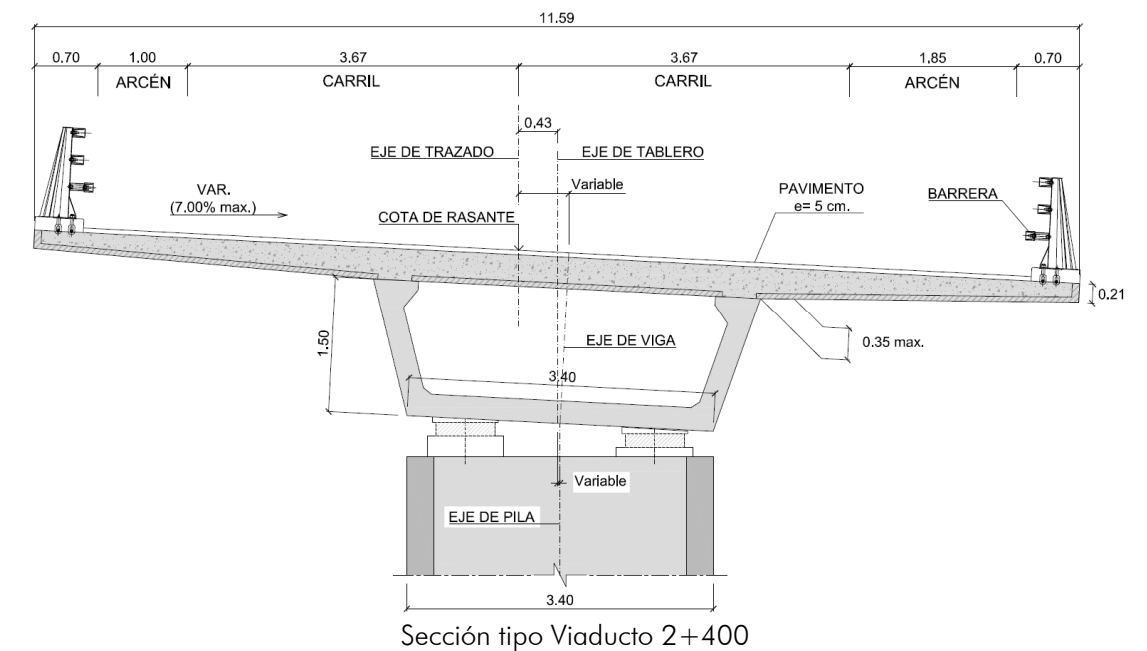
Planta de condicionantes medioambientales VD 2+400

Desde un punto de vista hidráulico, el condicionante no viene tampoco en este caso motivado por la capacidad de desagüe del vano central de la estructura (la superficie de cuenca drenante es de unos 0,1 Km²), que está tremendamente holgado, si no por garantizar que las cimentaciones y excavaciones de las pilas del viaducto respeten los 5 m de servidumbre asociados al cauce de este arroyo.

La tipología estructural adoptada para el tablero consiste una vez más en un cajón hiperestático, de planta curva y canto constante, resuelto con elementos prefabricados. La viga tiene un canto de 1,50 m y es de tipo "Artesa" de hormigón pretensado con armadura postesa adherente y, por limitaciones de peso y transporte, consta de 3 tramos (24,50 + 30,00 + 24,50 m) que se empalman in situ entre sí, de forma que una vez sean éstos fabricados en taller y transportados a obra pueden ser montados directamente en su ubicación definitiva mediante el empleo de grúas autopropulsadas convencionales.

Como más adelante se verá, en este caso sólo hay dos empalmes entre tramos, los cuales están situados a 2,50 m de los ejes de las pilas hacia el centro del tablero, por lo que no se requiere del empleo de ningún apeo provisional durante el montaje.

Esta losa superior tiene espesor variable (máximo 0,35 m) y es de hormigón armado ejecutada in situ al amparo de unas prelosas de nervios que hacen las veces de encofrado perdido. Al igual que las vigas, su montaje se realiza también mediante el empleo de grúas, por lo que en ningún momento se precisa cimbrar sobre la vaguada. El canto total del tablero es por tanto de 1,85 m.



Sección tipo Viaducto 2+400

La anchura del tablero es constante e igual a 11,59 m, repartida en dos carriles de 3,67 m (al estar en curva requieren un cierto sobreancho), arcén exterior de 1,00 m e interior de 1,85 m (por motivos de visibilidad) y 0,70 m en ambos extremos para ubicar el sistema de contención de vehículos, para el cual se propone un pretil metálico Mosa 16 o similar (H2/W3/B/D=0,50 m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 5 cm (AC16 surf S).

En esta zona del trazado el tablero se encuentra inmerso en un acuerdo curvo en planta (R=170 m en el tramo central y clotoides A=93,57 a la entrada y salida), de ahí que la plataforma presente un peralte variable, con un valor máximo del 7 %. En alzado la pendiente longitudinal es en este caso constante del 5,00 %.

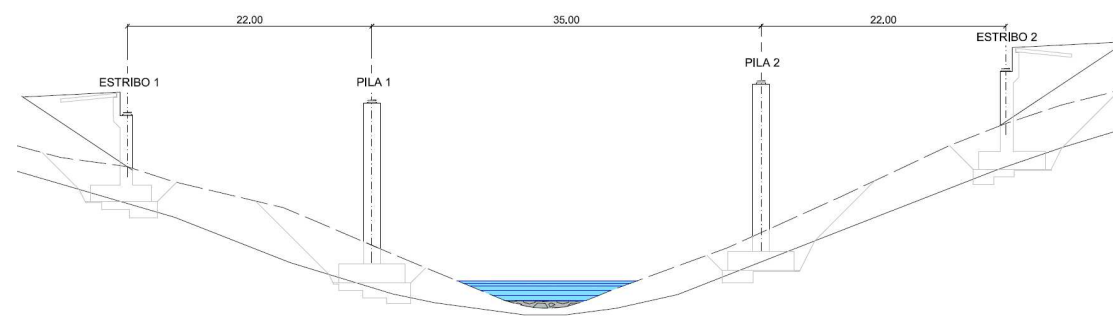
El tablero está empotrado a torsión tanto en pilas como en estribos y el apoyo se materializa en todos los casos a través de aparatos de apoyo convencionales de neopreno zunchado.

Los estribos son de tipo cerrado con aletas en vuelta empotrados en la zapata y la longitud de éstas es la necesaria para que el derrame lateral de tierras no sobrepase la cara vista de los estribos. En el caso concreto de la aleta derecha del estribo 1, su longitud se prolongará aún más al objeto de evitar que dicho derrame afecte a una torre eléctrica de MT que existe en la zona. Las pilas son de planta rectangular con las esquinas achaflanadas y, al igual que los estribos, se resuelven en hormigón armado ejecutado in situ.

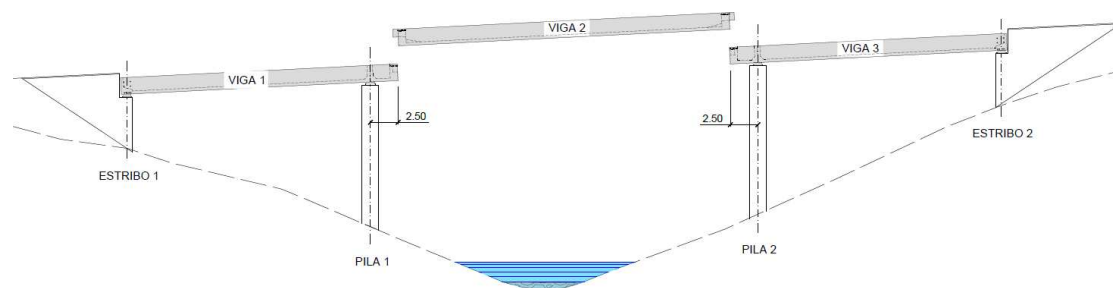
La cimentación de la estructura se plantea directa mediante zapatas empotradas un mínimo de 0,5 m en el sustrato rocoso ligeramente alterado (Lutitas y Areniscas GM: II-III) y, al objeto de minimizar las excavaciones, se recurrirá a apoyar éstas en pozos de hormigón en masa o ciclópeo cuando el espesor de los suelos así lo requiera. En estas condiciones se ha considerado una tensión admisible del terreno de apoyo de 5 Kp/cm².

Por último, la ejecución del tablero se realizará en base a la siguiente secuencia:

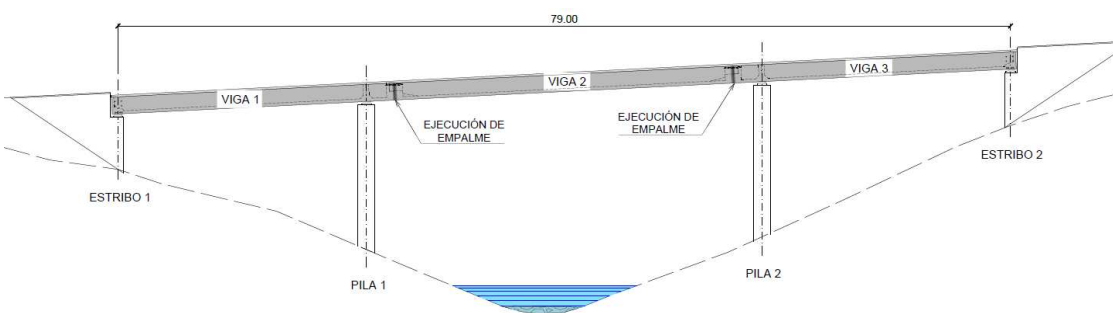
- Fase 1. Ejecución de cimentaciones y alzados de pilas y estribos.



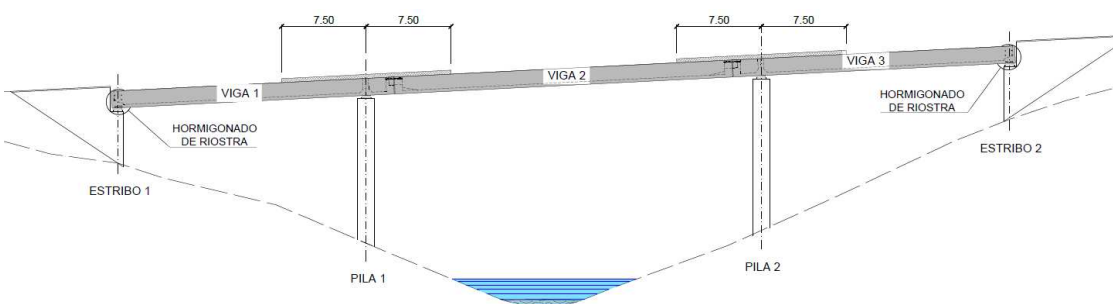
- Fase 2. Montaje de los tramos de viga prefabricada mediante grúas según la siguiente secuencia: viga lateral 1, viga lateral 3 y viga central 2.



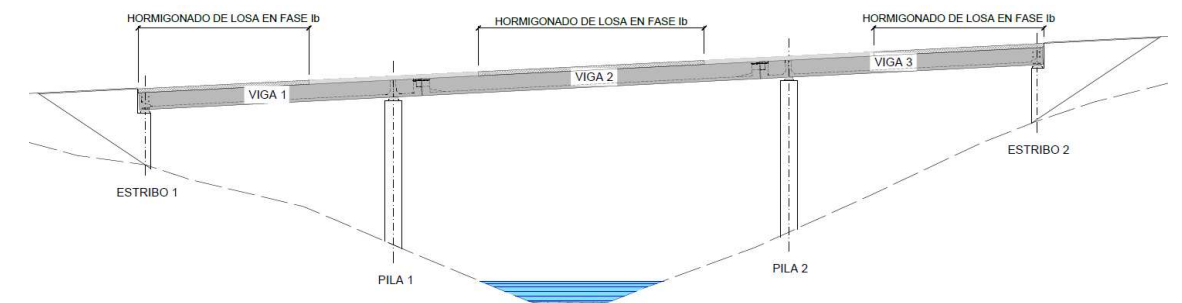
- Fases 3 y 4. Montaje, mediante grúas, de las prelosas en todo el tablero y ejecución de empalmes.



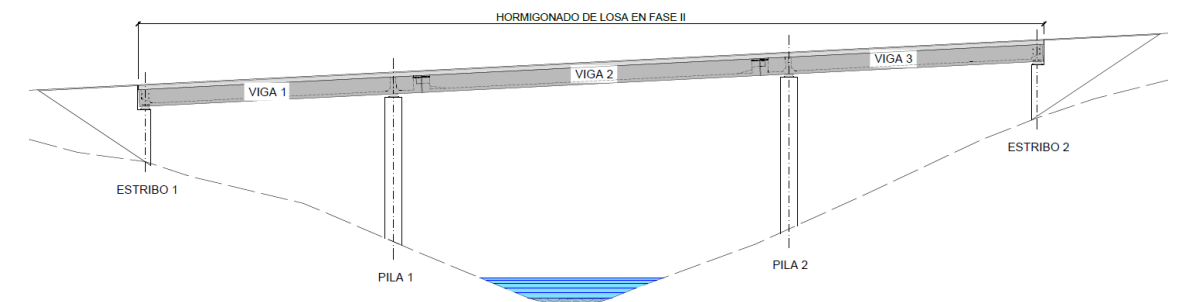
- Fase 5. Hormigonado de la zona central de la losa superior (Fase Ia) en 7,50 m a cada lado de los ejes de las pilas y hormigonado de las vigas riostras de apoyo en estribos



- Fase 6. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 5 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder al hormigonado de la zona central de la losa superior (Fase Ib) en el resto del tablero (sobre pilas ya se había realizado en la Fase 5).



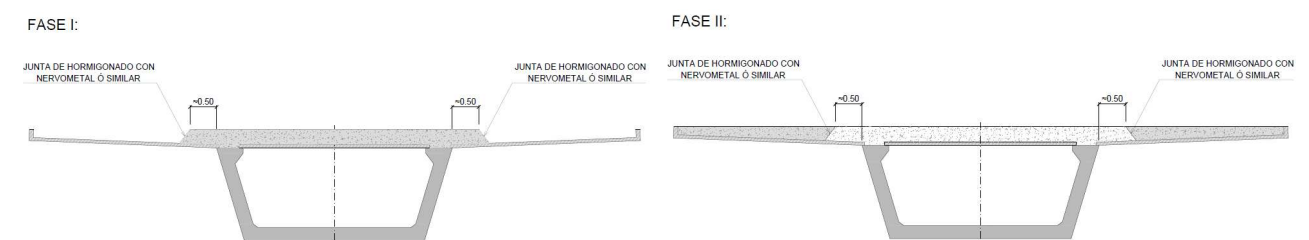
- Fase 7. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 6 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder al hormigonado de los voladizos de la losa (Fase II) en todo el tablero.



- Fase 8. Una vez transcurridas al menos 24 h desde el final de la Fase 7 y siempre que el hormigón de la losa haya alcanzado una resistencia $f_{ck} \geq 17,5 \text{ N/mm}^2$ se podrá proceder a disponer las juntas de calzada, pavimentar el tablero, así como a la colocación de las barreras de seguridad.

- Fase 9. Realización de la prueba de carga como paso previo a la puesta en servicio del puente.

Las fases de hormigonado de la losa superior son las mismas que en los dos viaductos anteriores, en concreto:



Fases de hormigonado de la losa superior

La definición gráfica detallada correspondiente a este segundo viaducto se puede consultar en el apartado 8.2.4 del documento de planos del proyecto.

3 Muros de escollera verde

Al objeto de intentar optimizar el movimiento de tierras y buscando también reducir las ocupaciones asociadas a los desmontes y terraplenes generados por el nuevo trazado, en el proyecto se contempla la ejecución de 13 muros de escollera verde, 7 de ellos de contención y los 6 restantes de sostenimiento.

En todos los casos se trata de escollera no hormigonada (salvo la zapata, como es preceptivo) y la cimentación se realizará sobre el sustrato rocoso ligeramente alterado (Lutitas y Areniscas GM: II-III), bien directamente, bien a través de un zócalo de hormigón en masa o ciclópeo empotrado un mínimo de 0,5 m en ese nivel. En estas condiciones, del lado de la seguridad se ha limitado la tensión admisible sobre el terreno de apoyo a 3 Kp/cm², aunque en ningún caso se llega a alcanzar dicho valor.

Cuando proceda, la excavación del trasdós se realizará por bataches de, como máximo, 5 m de anchura de forma que en todo momento se garantice la estabilidad de la ladera. La altura máxima que alcanzan los muros es de 11,77 m y su longitud total ronda los 1.097 m.

El diseño de los muros se ha realizado en base a la “Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera” del Ministerio de Fomento adoptado una inclinación 1H:3V o 1H:2,5V para el paramento visto (intradós) y una anchura en coronación mínima de 1,50 m.

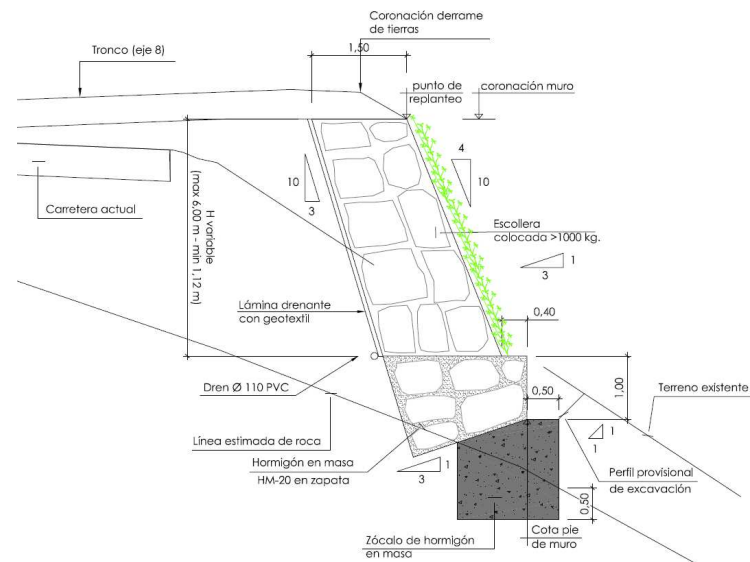
Al objeto de mejorar la integración paisajística de los muros proyectados, con carácter general se propone la inclusión de tierra entre hiladas de piedras con estacas o varas de sauce con una densidad de 1 Ud/m² y aporte de tierra vegetal T1 en la base del muro.

En los casos en los que el muro se tenga que construir sin espacio entre el tronco y el propio muro, se descarta disponer estaquillas en los huecos entre piedras, evitando que la vegetación crezca hacia la carretera y genere problemas de visibilidad. Así pues se propone el aporte de tierra vegetal cubierta con manta de coco biodegradable para inserción de plantas trepadoras en la coronación del muro y aporte de tierra entre hiladas de piedras que favorezcan el arraigo de plantas herbáceas y trepadoras.

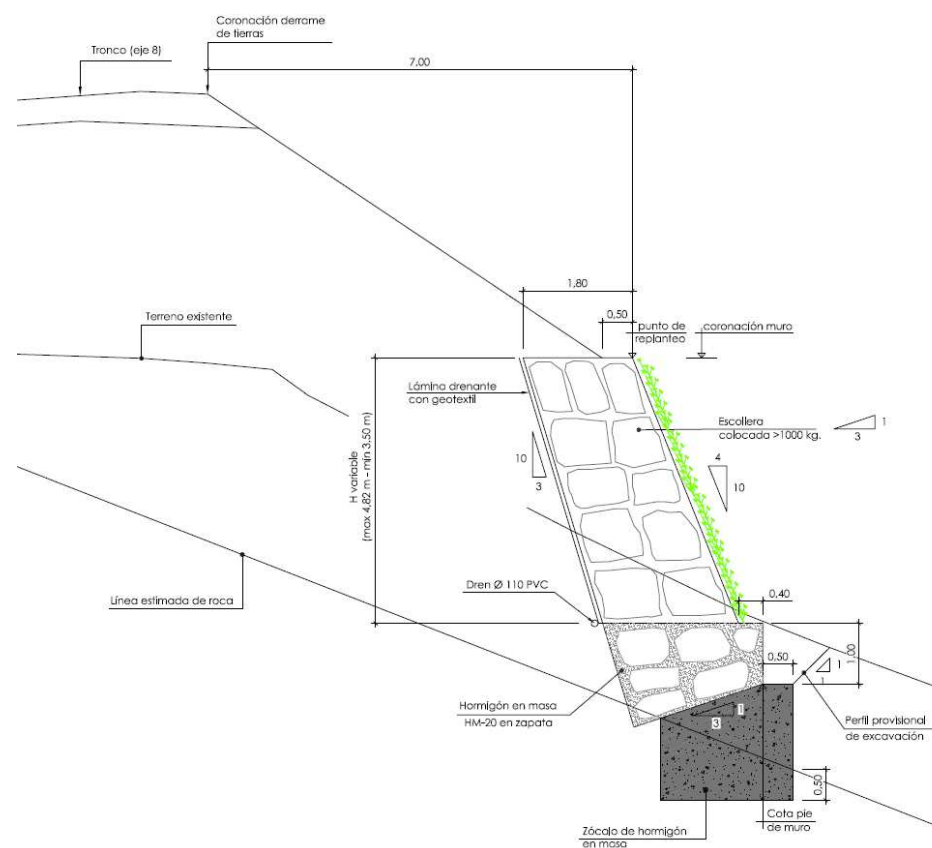
A continuación se adjunta una tabla resumen en la que se recogen las características más significativas de cada uno de los 13 muros verdes incluidos en el proyecto:

Muro	Función	Longitud (m)	H _{máx} (m)	Ancho coronación (m)	Inclinación intradós	Cimentación
1	Contención de suelos en desmonte izquierdo Glorieta (eje 59) para reducir ocupación y volumen de sobrantes	111,34	5,41	1,50	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II-III Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥1,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
2	Sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 1+200 para alejar el pie del derrame de tierras del cauce del arroyo Rolante y su vegetación de ribera	84,94	3,75	1,50	1H:3V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
3	Contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 1+365 para reducir ocupación y volumen de sobrantes	10,16	3,05	1,50	1H:3V	Directa en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
4	Contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 1+600 para reducir ocupación y volumen de sobrantes	291,05	5,03	1,50	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II-III Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥1,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
5	Sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-630 (eje 8) y del ramal de acceso 1+670D (eje 35) para alejar el pie del derrame de tierras del cauce del arroyo Rolante y su vegetación de ribera	109,85	11,77	1,50 (6≥H) 1,80 (6<H≤8) 2,10 (8<H≤10) 2.40 (H>10)	1H:2,5V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
6	Sostenimiento del terraplén derecho del vial de acceso entre fincas (eje 44) para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras	67,30	4,57	1,50 (3,5≥H) 1,80 (H>3,5)	1H:2,5V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
7	Contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 2+955 (parada de autobús en el barrio de El Peso) para reducir ocupación y volumen de sobrantes	28,20	3,72	1,50	1H:3V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
8	Sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 2+960 para alejar el pie del derrame de tierras de unos árboles de alto valor ambiental presentes en la zona	69,67	5,92	1,50	1H:3V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
9	Contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 3+020 para reducir ocupación (presencia de arbustos medioambientalmente sensibles) y volumen de sobrantes	56,16	5,44	1,50	1H:3V	Directa en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
10	Sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 3+930 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras	122,20	4,82	1,50 (3,5≥H) 1,80 (H>3,5)	1H:2,5V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
11	Sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 3+930 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras	68,05	5,65	1,50 (3,5≥H) 1,80 (3,5<H≤5,0) 2,00 (H>5,0)	1H:2,5V	Semiprofunda mediante zócalo de hormigón en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
12	Contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 3+885 para reducir ocupación (reposición de muro de fábrica existente) y volumen de sobrantes	52,96	5,30	1,50	1H:3V	Directa en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²
13	Contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-630 (eje 8) a la altura del PK 3+995 para reducir ocupación (reposición murete de hormigón existente) y volumen de sobrantes	25,87	3,49	1,50	1H:3V	Directa en roca ligeramente alterada GM II-III σ _{adm} = 3,0 Kp/cm²

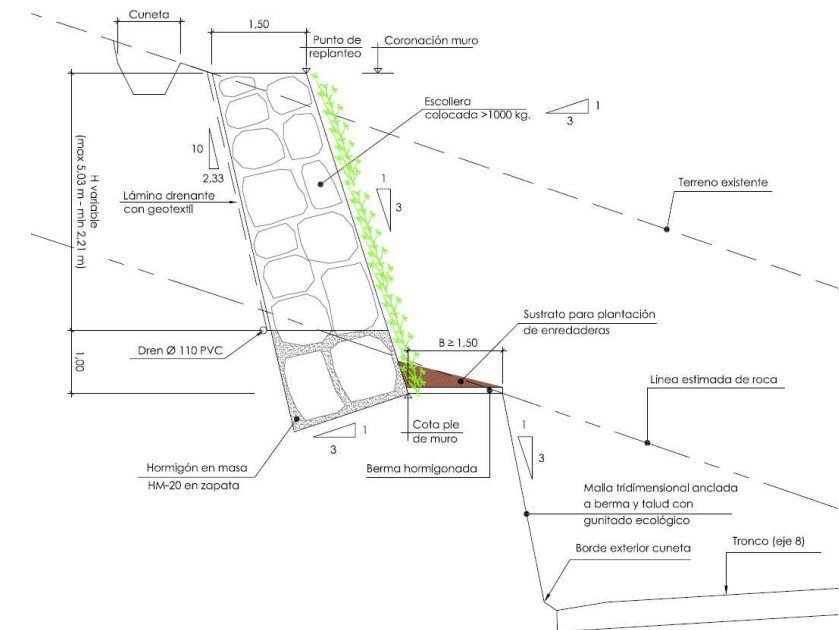
En las siguientes imágenes se muestran, por un lado, las secciones tipo adoptadas para los muros 5 y 10 como ejemplo de muro de contención y, por otro, las de los 4 y 12 como ejemplo de muro de sostenimiento.



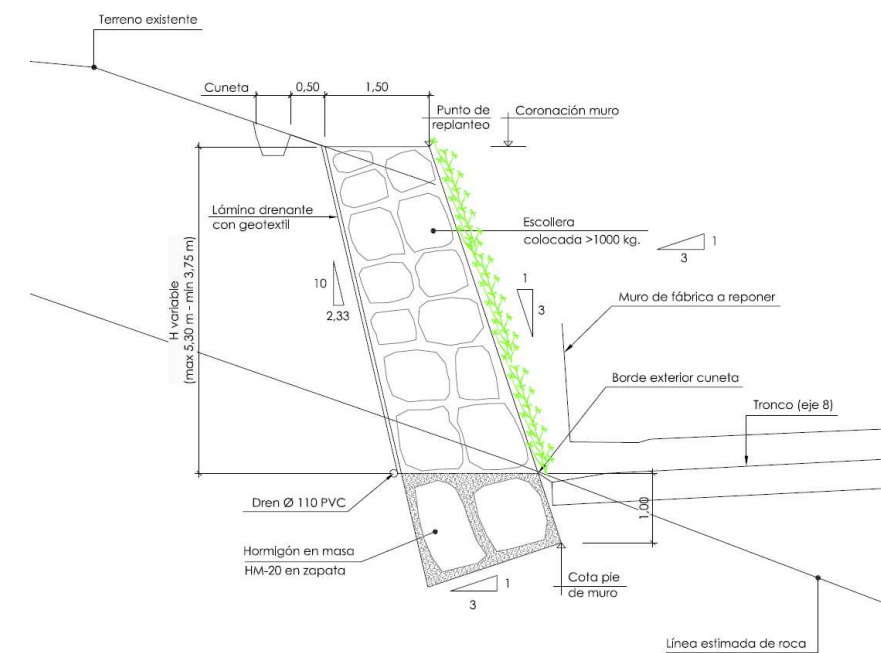
Muro 5 (ejemplo de muro de contención en borde de plataforma)



Muro 10 (ejemplo de muro de contención en pie de terraplén)



Muro 4 (ejemplo de muro de sostenimiento sobre coronación de talud en roca)



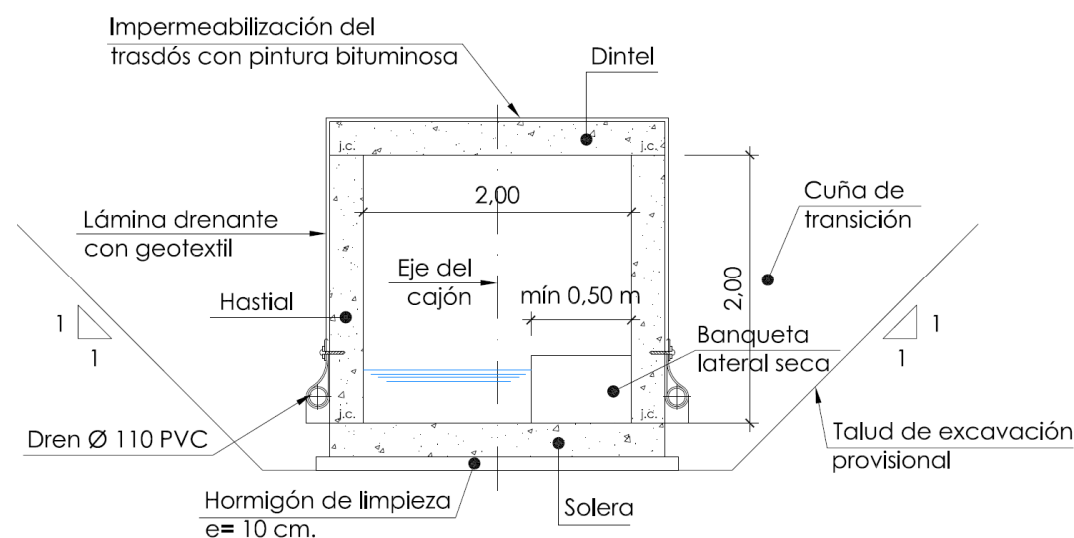
Sección tipo muro 12 (ejemplo de muro de sostenimiento en borde de plataforma)

La definición gráfica detallada correspondiente a todos los muros aquí descritos se puede consultar en el apartado 8.3 del documento de planos del proyecto.

4 Pasos de fauna sección cajón

Además de los 4 viaductos, los cuales poseen una gran permeabilidad transversal a tal efecto, el proyecto contempla la ejecución de 4 ODTs de uso mixto, dotadas de una banqueta lateral para el paso de pequeños vertebrados que deberá permanecer seca durante los periodos de máxima avenida.

En concreto se trata de la ODT-4 (1.32), ODT-12 (3.25), ODT-14 (3.40) y ODT-18 (4.09), las cuales se resuelven en todos los casos mediante marcos cerrados de hormigón armado ejecutados in situ de dimensiones interiores 2,0x2,0 m. El espesor de todos sus elementos (dintel, hastiales y solera) será de 25 cm.



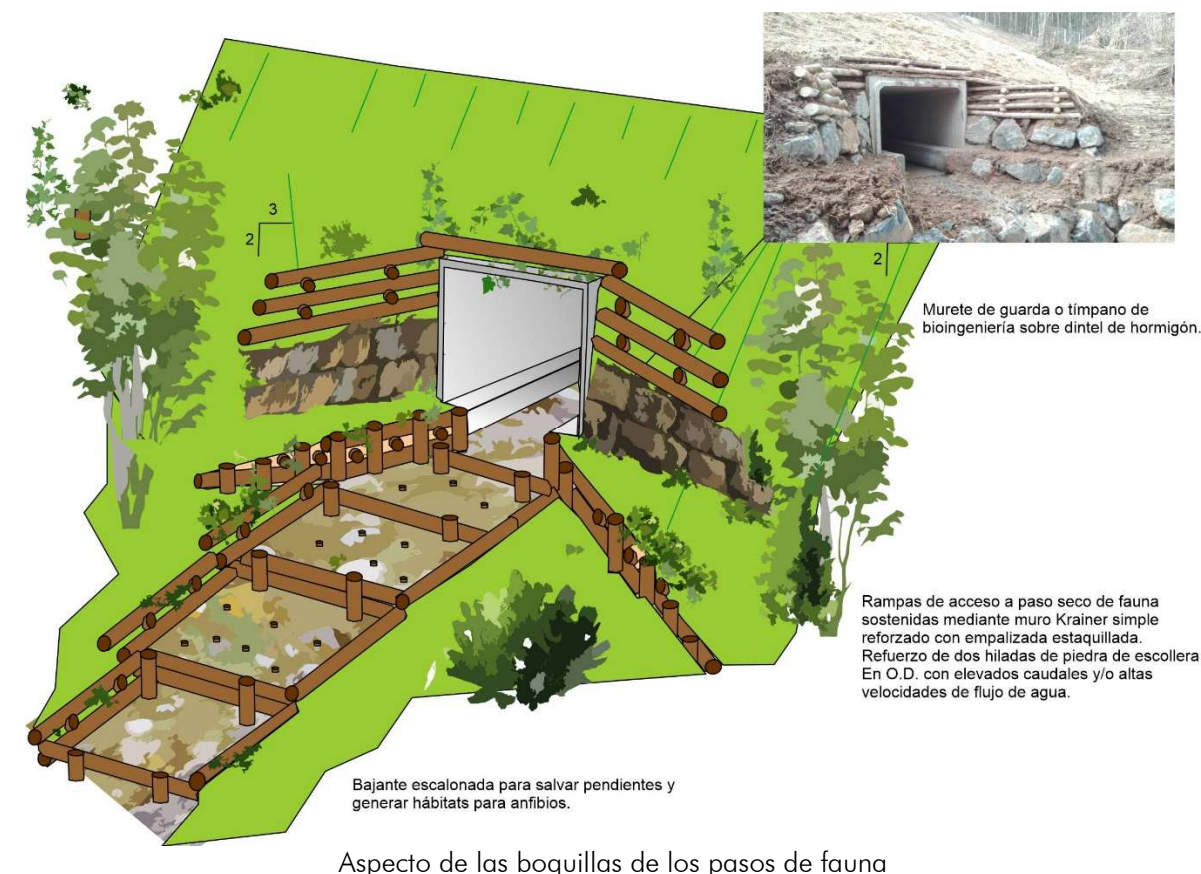
Sección tipo Pasos de fauna sección cajón

Los pasos, cuya longitud oscila entre los 14 y los 16 m, tienen una tapada de tierras sobre el dintel que en ningún caso supera los 2 m y se apoyan directamente sobre el terreno natural y/o sobre el terraplén del nuevo Tronco de la BI-630, por lo que la tensión máxima transmitida por la solera al cimiento se ha limitado a 1 Kp/cm².

Como se ve en la imagen adjunta, la contención lateral del terreno a ambos lados de las bocas de entrada y salida a los cajones se resolverá mediante la adopción de un nuevo modelo de intervención de bioingeniería, en el que se incluyen dos hiladas de escollera (> 1Tn) no cementada en la base y desarrollos de entramados de madera hasta coronación, incluyendo tímpano de bioingeniería.

Las rampas de acceso al paso seco de fauna estarán sostenidas mediante muro Krainer simple reforzado con empalizada estaquillada y la bajante será escalonada para salvar pendientes y generar hábitats para anfibios.

Por último, en todos los casos se considera necesario verificar la presencia de surgencias en el momento de excavar las zonas de emplazamiento de estas ODT por si fuera necesario aplicar refuerzos o ampliar drenajes.



Aspecto de las boquillas de los pasos de fauna

La definición gráfica detallada correspondiente a los pasos de fauna se puede consultar en el apartado 8.4 del documento de planos del proyecto.