

ANEJO N°7

Estructuras

Índice

1	Introducción	1
2	Viaductos	3
2.1	Viaducto 1	3
2.2	Viaducto 2	4
2.3	Viaducto 3	5
3	Muros	6

1 Introducción

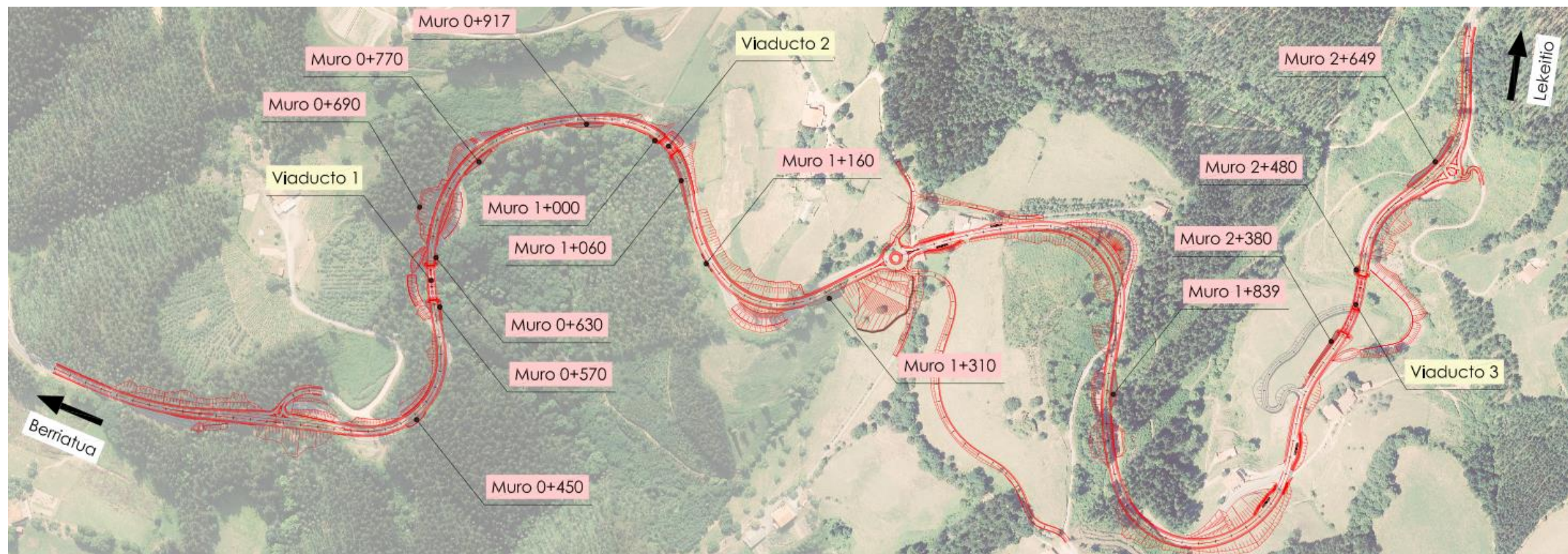
El objeto de este Anejo es la descripción, a nivel de proyecto de trazado, de todas las estructuras y obras de fábrica existentes en el presente **“Proyecto de Construcción de rectificación de trazado de la carretera BI-2405 entre los PPKK 56+570 y 59+840, Alto de Milloi (Berriatua)”**.

Así, a continuación se expondrán las características más representativas de cada estructura y los distintos condicionantes que han intervenido en el prediseño de las mismas. En concreto, como se muestra en la imagen adjunta, el proyecto contempla la ejecución de 3 viaductos, 13 muros de escollera con función de sostenimiento de la carretera BI-2405, 1 muro de escollera para la contención de suelos en un desmonte y 1 muro de hormigón armado, también de sostenimiento, en prolongación de uno existente.

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. Viaducto 1
- 8.2.2. Estructuras. Viaductos. Viaducto 2
- 8.2.3. Estructuras. Viaductos. Viaducto 3
- 8.3.1. Estructuras. Muros. Muro P.K. 0+440
- 8.3.2. Estructuras. Muros. Muro P.K. 0+570
- 8.3.3. Estructuras. Muros. Muro P.K. 0+630
- 8.3.4. Estructuras. Muros. Muro P.K. 0+690
- 8.3.5. Estructuras. Muros. Muro P.K. 0+770
- 8.3.6. Estructuras. Muros. Muro P.K. 0+917
- 8.3.7. Estructuras. Muros. Muro P.K. 1+000
- 8.3.8. Estructuras. Muros. Muro P.K. 1+060
- 8.3.9. Estructuras. Muros. Muro P.K. 1+160
- 8.3.10. Estructuras. Muros. Muro P.K. 1+310
- 8.3.11. Estructuras. Muros. Muro P.K. 1+839
- 8.3.12. Estructuras. Muros. Muro P.K. 2+380
- 8.3.13. Estructuras. Muros. Muro P.K. 2+480
- 8.3.14. Estructuras. Muros. Muro P.K. 2+649

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



2 Viaductos

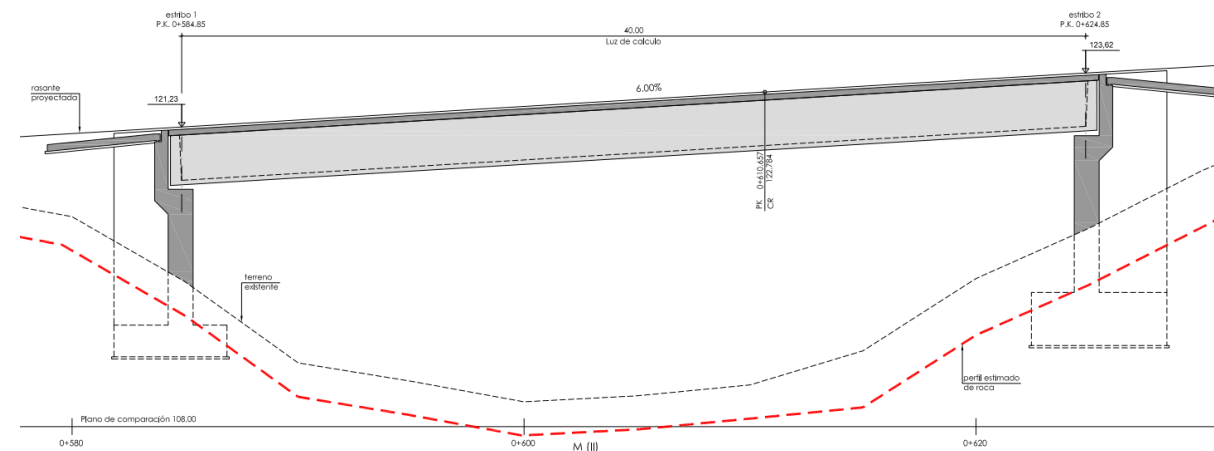
Como se ha mencionado en la introducción, el proyecto contempla la construcción de 3 viaductos denominados respectivamente Viaducto 1, 2 y 3 y ubicados aproximadamente en torno a los PKs 0+605, 1+016 y 2+438 del nuevo trazado proyectado.

Los 3 viaductos están asociados a la mejora del trazado de la actual carretera BI-2405 a su paso por sendas curvas que es necesario rectificar, buscando con ello minimizar la altura del terraplén asociado al nuevo trazado, así como su ocupación en planta, en el cruce que ahora se establece sobre las respectivas vaguadas.

En todos los casos la configuración estructural adoptado para el tablero es de vanos isostáticos resueltos con vigas prefabricadas pretensadas tipo doble T o artesa y losa de forjado de hormigón armado ejecutado in situ al amparo de placas o prelosas de celosía como encofrado perdido. Por su parte tanto los estribos como la pila prevista en el Viaducto 3 son de hormigón armado ejecutado in situ y la cimentación se prevé en todos ellos directa en roca.

2.1 Viaducto 1

El primero de los viaductos contemplados en el proyecto consta de un único vano de 40,0 m de luz de cálculo situada entre los PKs 0+584,85 y 0+624,85 del nuevo trazado proyectado.



Perfil longitudinal por eje de trazado Viaducto 1

Como ya se ha comentado en la introducción de este segundo apartado, el tablero se ha resuelto con vigas prefabricadas de hormigón pretensado. En concreto se disponen 2 vigas artesa tipo BU-220/180 de 2,20 m de canto y una losa de compresión de 25 cm de espesor de hormigón armado ejecutada in situ. Esta losa se hormigona al amparo de sendas prelosas de celosía (tape+vuelo) en sus extremos y 1 placa plana entre vigas que hacen, en ambos casos, las veces de encofrado perdido.

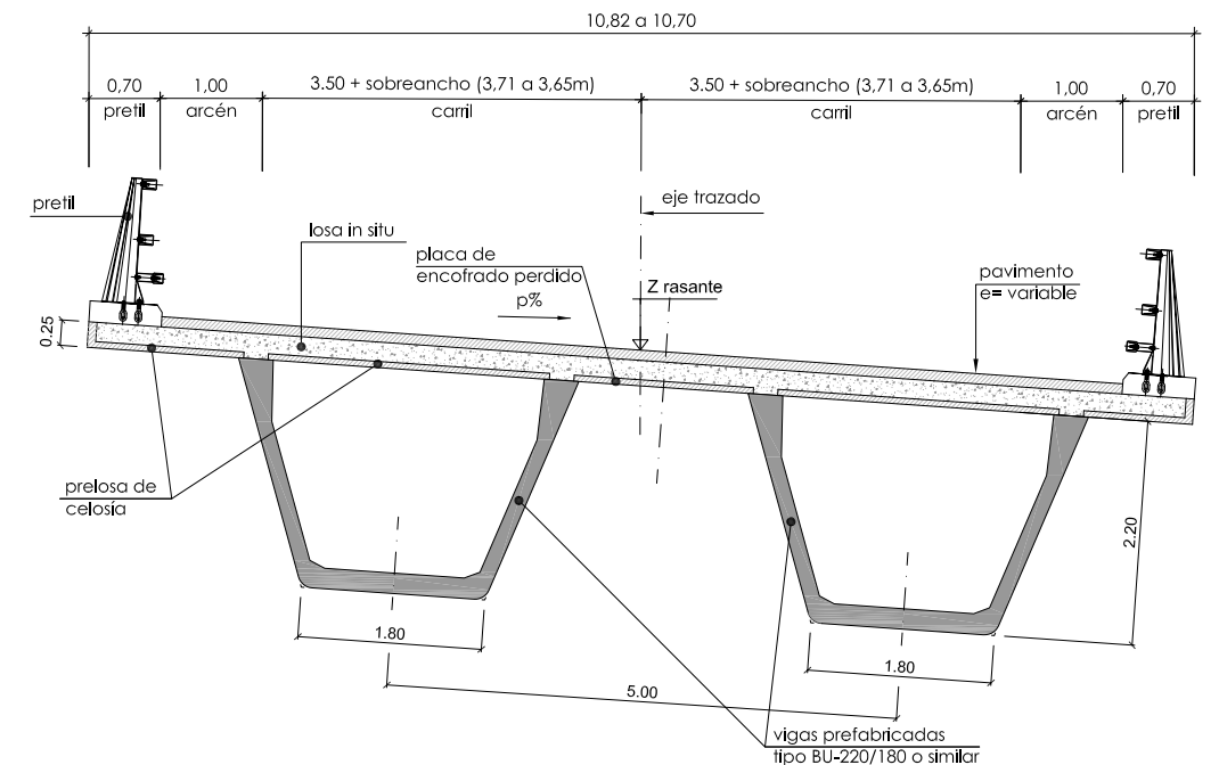
Tanto las vigas como las placas de encofrado se montarán desde la parte exterior del tablero mediante el empleo de grúas autopropulsadas convencionales, lo cual evitará cimbrar sobre la vaguada, facilitando con ello su construcción y minimizando las posibles afecciones.

En esta zona del trazado el tablero se encuentra inmerso en un acuerdo curvo en planta (clotoide $A=115$ y $R=200$ m ya en la inmediaciones del estribo 2), de ahí que la plataforma presente un peralte variable (máximo 7%) en prácticamente toda su longitud. Para permitir un correcto ajuste a dicha variación de peralte, se ha fijado un valor máximo de inclinación transversal para las vigas de un 6% sobre el estribo 2, proporcionando con el firme el ajuste al peralte teórico exigido por el trazado.

Por otro lado, el hecho de que el tablero sea curvo en planta hace que la distancia de las vigas a los bordes sea también variable debido a que su intereje es constante e igual a 5,00 m.

En alzado la pendiente longitudinal es constante (6 %) en algo más de la mitad de su longitud, mientras que el resto se ve ya afectado por la presencia cercana de un acuerdo convexo.

Debido a la necesidad de establecer sobreancho en los carriles, la anchura del tablero es variable entre 10,70 y 10,82 m, repartida en dos carriles de 3,50 m + sobreancho, arcenes de 1,00 m y 0,70 m en ambos extremos para disponer el sistema de contención lateral, para el cual se propone un pretil metálico Mosa 16 o similar ($H_2/W_1/B/D=0,50$ m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 10 cm.



Sección tipo Viaducto 1

El tablero se apoya sobre los estribos mediante 2x2 aparatos de apoyo de neopreno zunchado de dimensiones 450x600x69 mm. La altura máxima total de los estribos es de unos 10 y 12 m respectivamente y ambos se han resuelto con tipología cerrada, es decir, con muro frontal ciego y aletas en vuelta empotradas en la zapata. Los muros de acompañamiento se resuelven con escollera.

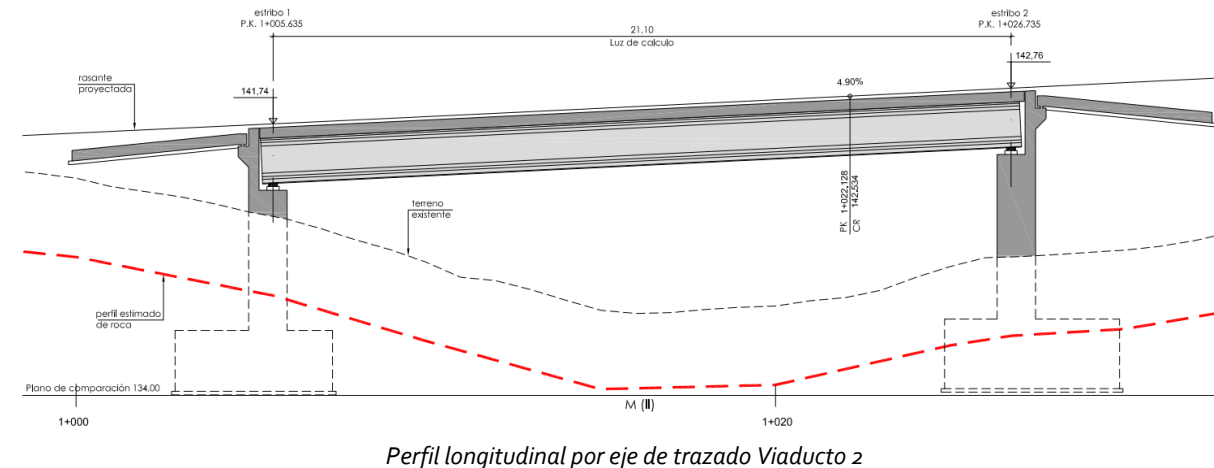
Los dos estribos se cimentan directamente sobre el sustrato de roca sana (Margas y Limolitas calcáreas GM-II) para el cual se ha considerado una tensión admisible para el dimensionamiento de las zapatas de 5,0 Kp/cm². En el caso del estribo 2 la zapata se dispone transversalmente escalonada con la intención de

adecuarse al perfil que presenta el sustrato rocoso en la zona y así intentar minimizar con ello las excavaciones necesarias asociadas a su construcción.

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 2

El segundo de los viaductos proyectados consta igualmente de un único vano de 21,1 m de luz de cálculo ubicada entre los PKs 1+005,635 y 1+026,735 del nuevo trazado proyectado para la carretera BI-2405.



Teniendo en cuenta la luz de cálculo que posee este viaducto, en este caso resulta más adecuado resolver su tablero adoptando 5 vigas prefabricadas pretensadas en sección doble T de 1,3 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.

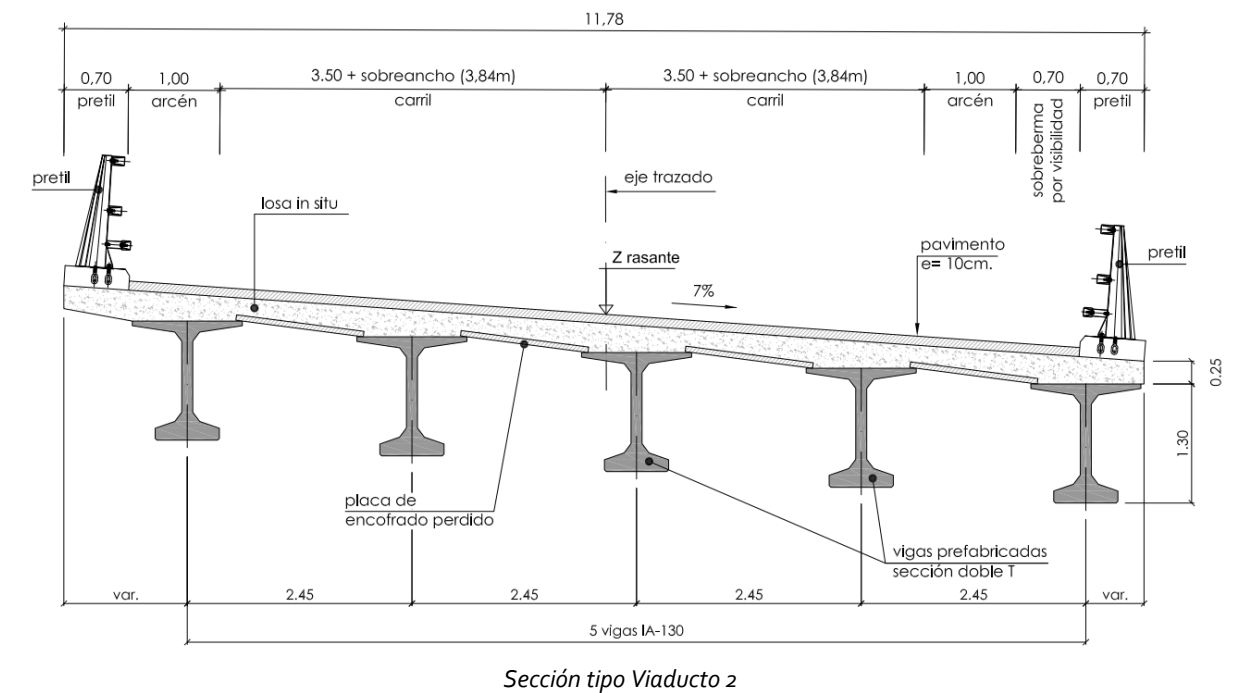
Nuevamente tanto las vigas como las placas de encofrado perdido se montarán desde la parte exterior del tablero mediante el empleo de grúas autopropulsadas convencionales, por los mismos motivos aducidos en el viaducto anterior.

En esta zona el trazado en planta es curvo de radio constante ($R=85$ m), por lo que la plataforma del tablero presente un peralte también constante del 7% en toda su longitud. El hecho de que el tablero sea curvo en planta hace que la distancia de las vigas a los bordes sea variable debido a que su interese es en todos los casos constante e igual a 2,45 m. Por este motivo, en las zonas en las que se generan pequeños voladizos se recurre al empleo de encofrados in situ para hormigonar la losa de compresión.

En alzado la pendiente longitudinal es variable en prácticamente toda su longitud (acuerdo concavo) para luego adoptar un 4,90 % constante en sus metros finales.

Teniendo en cuenta que en este caso el radio en planta es constante, la anchura del tablero es también constante en toda su longitud e igual a 11,78 m. Ésta se encuentra repartida en dos carriles de 3,50 m + 0,34 m de sobreebancho, arcones de 1,00 m, sobreebma de visibilidad de 0,70 m en el borde interior de la curva y 0,70 m en ambos extremos para disponer el sistema de contención lateral, para el cual se propone

un pretil metálico Mosa 16 o similar ($H_2/W_1/B/D=0,50$ m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 10 cm.



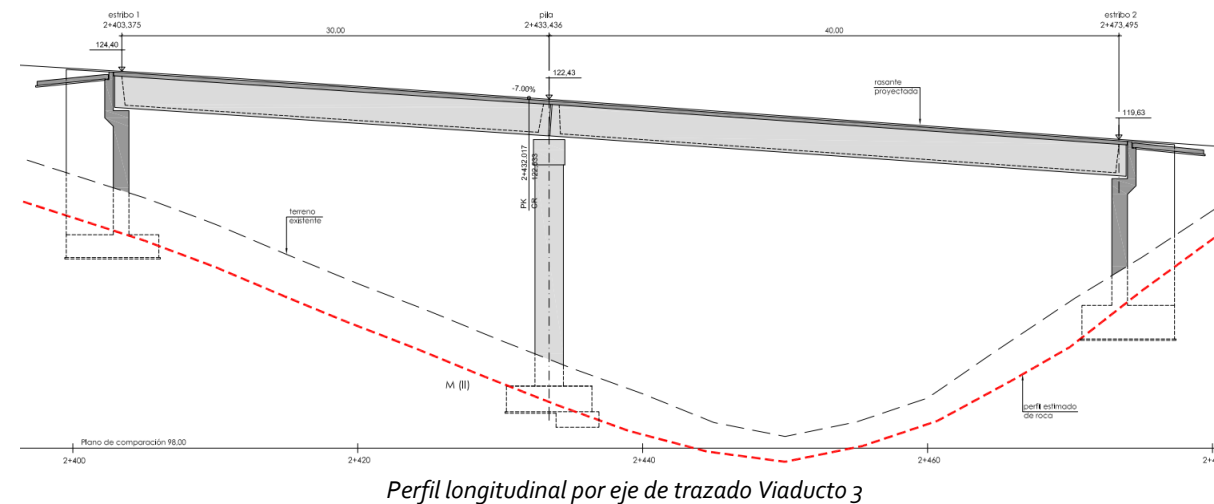
El tablero se apoya sobre los estribos mediante 5x2 aparatos de apoyo de neopreno zunchado de dimensiones 250x350x53 mm. La altura máxima total de los estribos es de unos 8 y 9 m respectivamente y ambos se han resuelto con tipología cerrada, es decir, con muro frontal ciego y aletas en vuelta empotradas en la zapata. Los muros de acompañamiento se resuelven con escollera.

Los dos estribos se cimentan directamente sobre el sustrato de roca sana (Margas y Limolitas calcáreas GM-II) para el cual se ha considerado una tensión admisible para el dimensionamiento de las zapatas de 5,0 Kp/cm². En ambos casos se decide disponer la zapata transversalmente escalonada con la intención de adecuarse al perfil que presenta el sustrato rocoso en la zona y así intentar minimizar con ello las excavaciones necesarias asociadas a su construcción.

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

2.3 Viaducto 3

El último de los viaductos previstos en el proyecto consta de dos vanos isostáticos de 30,0 y 40,0 m de luz respectivamente y se encuentra situado entre los PKs 2+403,375 y 2+473,495 del nuevo trazado proyectado. El apoyo intermedio se ubica en el PK 2+433,436.



Al igual que el Viaducto 1, el tablero se ha resuelto con 2 vigas artesa tipo BU-220/180 de 2,20 m de canto y una losa de compresión de 25 cm de espesor de hormigón armado ejecutada in situ. Esta losa se hormigona al amparo de sendas prelosas de celosía (tape+vuelo) en sus extremos y 1 placa plana entre vigas que hacen, en ambos casos, las veces de encofrado perdido.

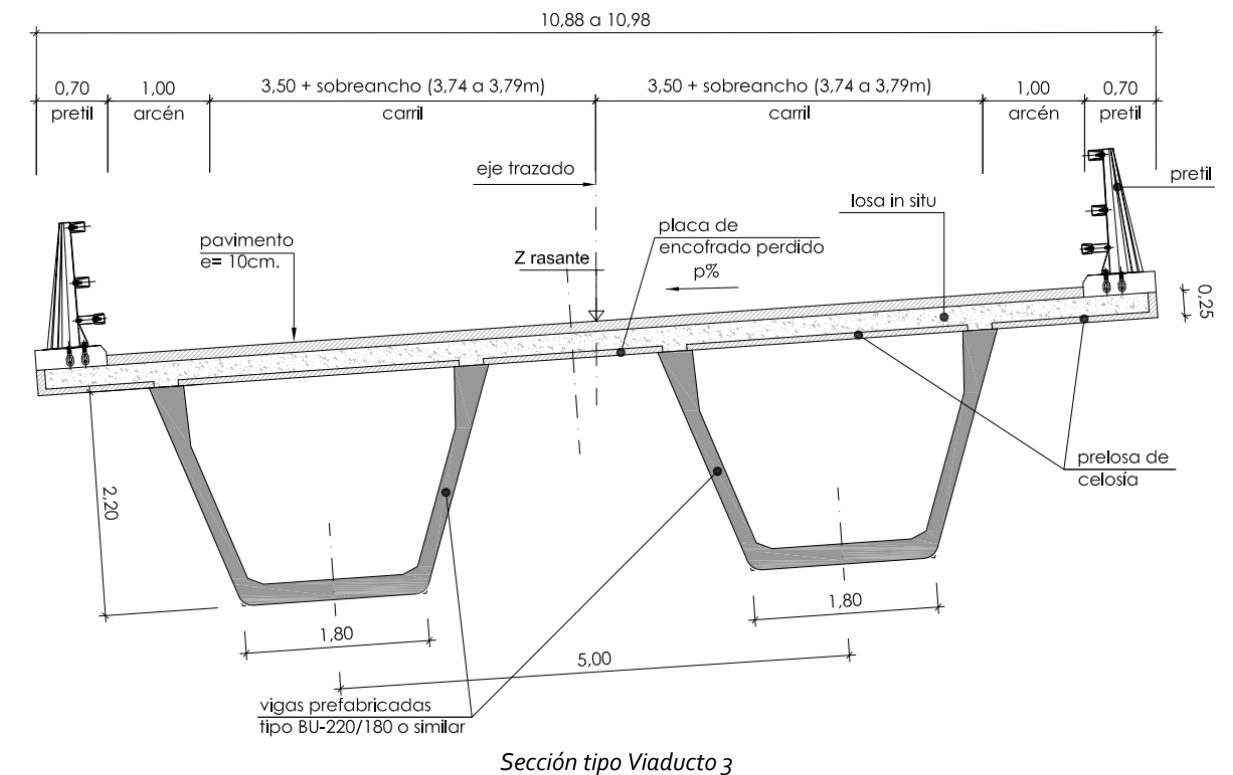
Tanto las vigas como las placas de encofrado se montarán desde la parte exterior del tablero mediante el empleo de grúas autopropulsadas convencionales, lo cual evitará cimbrar sobre la vaguada, facilitando con ello su construcción y minimizando las posibles afecciones.

De nuevo en esta zona del trazado el tablero se encuentra inmerso en un acuerdo curvo en planta (clotoide A=77, R=200 m y de nuevo clotoide A=77), de ahí que la plataforma presente un peralte variable (máximo 7%) en buena parte de su longitud. Para permitir un correcto ajuste a dicha variación de peralte, se ha fijado una inclinación máxima para las vigas de un 5,5% sobre la pila, proporcionando con el firme el ajuste al peralte teórico exigido por el trazado.

Por otro lado, el hecho de que el tablero sea curvo en planta hace que la distancia de las vigas a los bordes sea también variable debido a que su intereje es constante e igual a 5,00 m.

En alzado la pendiente longitudinal es variable en prácticamente toda la longitud del primer vano (acuerdo concavo) para luego adoptar un 7,0 % constante en el resto del viaducto.

Debido a la necesidad de establecer sobreebancho en los carriles, la anchura del tablero es variable entre 10,88 y 10,98 m, repartida en dos carriles de 3,50 m + sobreebancho, arcenes de 1,00 m y 0,70 m en ambos extremos para disponer el sistema de contención lateral, para el cual se propone un pretil metálico Mosa 16 o similar ($H_2/W_1/B/D=0,50$ m). El espesor de pavimento dispuesto sobre el tablero es de 10 cm.



El tablero se apoya sobre los estribos mediante 2x2 aparatos de apoyo de neopreno zunchado de dimensiones 450x600x129 mm, mientras que en la pila se adoptan 2x2 apoyos de dimensiones 450x600x54 mm. La altura máxima total de los estribos es en este caso de unos 13 y 14 m respectivamente y ambos se han resuelto con tipología cerrada, es decir, con muro frontal ciego y aletas en vuelta empotradas en la zapata. Los muros de acompañamiento se resuelven con escollera.

En cuanto a la pila, se ha diseñado la misma mediante un fuste de hormigón armado con sección hexagonal hueca, de 3x2 m, con una altura de 15,50 m, para su ejecución con encofrado trepante. En su coronación se ha previsto un dintel macizo de 1,60 m de canto máximo y con longitud suficiente para permitir el apoyo de las dos vigas.

Tanto los estribos como la pila se cimentan directamente, o a través de un pequeño zócalo de hormigón en masa, sobre el sustrato de roca sana (Margas y Limolitas calcáreas GM-II) para el cual se ha considerado una tensión admisible para el dimensionamiento de las zapatas de 5,0 Kp/cm². En el caso del estribo 2 la zapata se dispone transversalmente escalonada con la intención de adecuarse al perfil que presenta el sustrato rocoso en la zona y así intentar minimizar con ello las excavaciones necesarias asociadas a su construcción.

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

3 Muros

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, el presente proyecto contempla la ejecución de 14 muros; 13 de escollera y un único muro de hormigón armado, cuya tipología viene motivada por la necesidad de prolongar un muro de hormigón existente.

Con el propósito de mejorar la integración paisajística de los muros proyectados, en 6 de ellos, se propone la introducción de estaquillas de Sálix en los intersticios de los bloques de escollera (densidad mínima 2 estaquillas por m²), cuyo desarrollo mejora además su estabilidad y protege frente a la erosión.

Esta configuración de escollera vegetalizada presenta algunas limitaciones, tanto en dimensiones máximas como en inclinaciones, por lo que no se ha podido aplicar en el resto de los muros. En concreto, para el único muro de contención que existe y los 6 de sostenimiento situados adyacentes a los estribos, en los que respetar las inclinaciones máximas necesarias daría lugar a una ocupación excesiva, se propone sustituir las estaquillas por enredaderas y laurel (densidad mínima 2 plantas en alveolo V8 o equivalente por m²).

En todos los casos se trata de escollera no hormigonada, salvo la zapata, como es preceptivo. La cimentación se realizará sobre el sustrato rocoso ligeramente alterado (Margas y Limolitas calcáreas GM: II), 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.

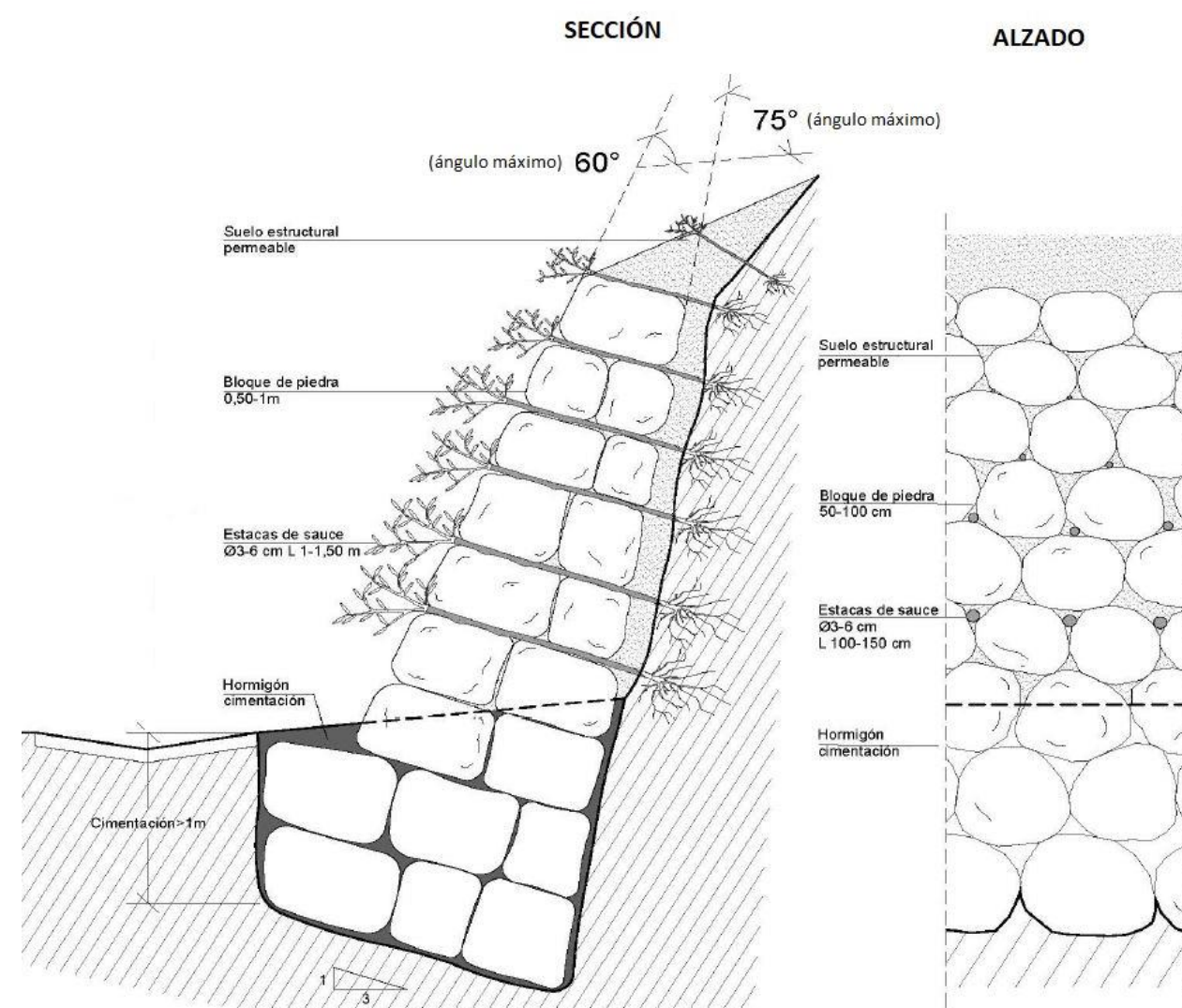
Cuando proceda, la excavación del trasdós se realizará por bataches de, como máximo, 5 m de anchura de forma que en todo momento se garantice la estabilidad de la ladera. La altura máxima que alcanzan los muros es de 10,90 m y su longitud total ronda los 600 m.

El diseño de los muros se ha realizado atendiendo tanto a la “Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera” del Ministerio de Fomento, como al “Informe técnico: Escollera Vegetalizada” realizado por IDOM en Junio del 2021.

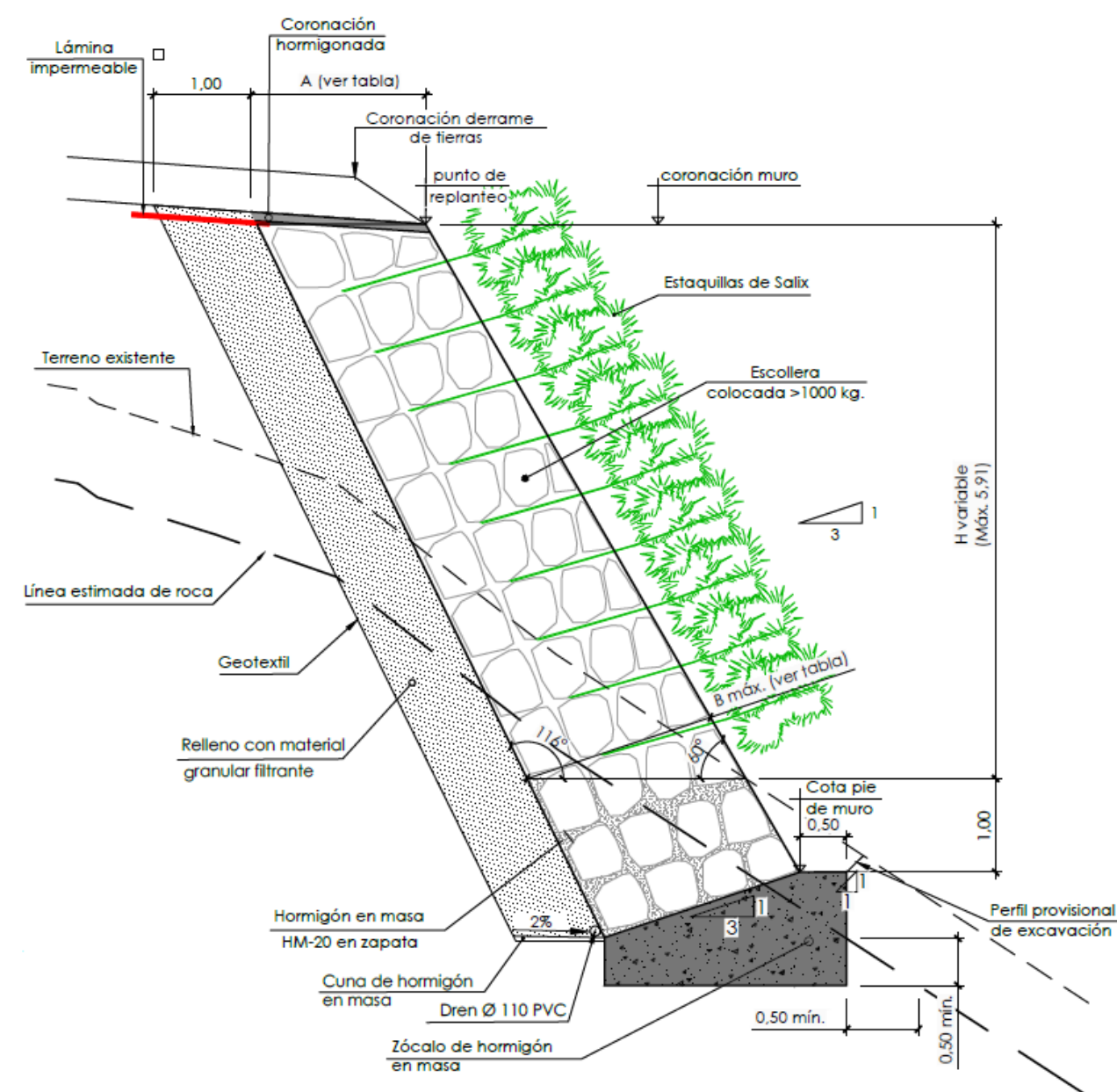
A continuación se adjunta una tabla resumen en la que se recogen las características más significativas de cada uno de los 14 muros incluidos en el proyecto:

Muro	Tipología y función	Longitud (m)	H _{máx} (m)	Ancho coronación (m)	Inclinación intradós	Cimentación
0+440	Muro de escollera vegetalizada para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 0+440 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras.	26,79	4,85	1,50	60º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
0+570	Muro de escollera para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) en prolongación del estribo 1 del viaducto 1 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	21,28	7,84	1,50 (5,0≥H) 2,0 (H>5,0)	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
0+630	Muro de escollera para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) en prolongación del estribo 2 del viaducto 1 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	10,59	8,85	1,50 (5,0≥H) 1,85 (5,0<H≤7,0) 2,25 (H>7,0)	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
0+690	Muro de escollera para contención de suelos en desmonte izquierdo del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 0+710 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	49,97	7,29	1,50	1H:3V	Directa en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 5,0 Kp/cm².
0+770	Muro de escollera vegetalizada para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 0+770 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras.	42,42	9,60	1,50 (5,0≥H) 1,80 (5,0<H≤8,0) 2,00 (H>8,0)	60º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
0+917	Muro de escollera vegetalizada para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 0+917 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras.	45,92	5,91	1,50 (5,0≥H) 1,80 (H>5,0)	60º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
1+000	Muro de escollera para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) en prolongación del estribo 1 del viaducto 2 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	10,76	6,39	1,50 (5,0≥H) 1,75 (H>5,0)	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
1+060	Muro de escollera para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) en prolongación del estribo 2 del viaducto 2 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	56,67	7,34	1,50 (5,0≥H) 1,75 (5,0<H≤6,5) 1,90 (H>6,5)	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
1+160	Muro de hormigón (prolongación de muro de hormigón existente) para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 1+160 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras.	23,89	2,90	0,25 (2,0≥H) 0,30 (H>2,0)	90º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
1+310	Muro de escollera vegetalizada para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 1+331 para alejar el pie del derrame de tierras del cauce del río Artibai.	104,35	9,57	1,50 (5,0≥H) 1,80 (5,0<H≤8,0) 2,00 (H>8,0)	60º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
1+839	Muro de escollera vegetalizada para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 1+839 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras.	44,18	10,22	1,50 (5,0≥H) 1,80 (5,0<H≤8,0) 2,00 (H>8,0)	60º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
2+380	Muro de escollera para sostenimiento del terraplén izquierdo del tronco BI-2405 (eje 14) en prolongación del estribo 1 del viaducto 3 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	58,83	9,49	1,50 (5,0≥H) 1,95 (5,0<H≤7,5) 2,40 (H>7,5)	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
2+480	Muro de escollera para sostenimiento del terraplén izquierdo del tronco BI-2405 (eje 14) en prolongación del estribo 2 del viaducto 3 para reducir ocupación y volumen de sobrantes.	7,22	10,90	1,50 (5,0≥H) 1,95 (5,0<H≤7,5) 2,80 (H>7,5)	1H:3V	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².
2+649	Muro de escollera vegetalizada para sostenimiento del terraplén derecho del tronco BI-2405 (eje 14) a la altura del PK 0+917 para reducir la ocupación generada por el derrame de tierras.	84,48	8,44	1,50 (5,0≥H) 1,80 (5,0<H≤8,0) 2,00 (H>8,0)	60º	Directa o semiprofunda (zócalo de hormigón) en roca ligeramente alterada GM II. Condición de borde apoyo coronación talud en roca B≥0,5 m; σ _{adm} = 3,0 Kp/cm².

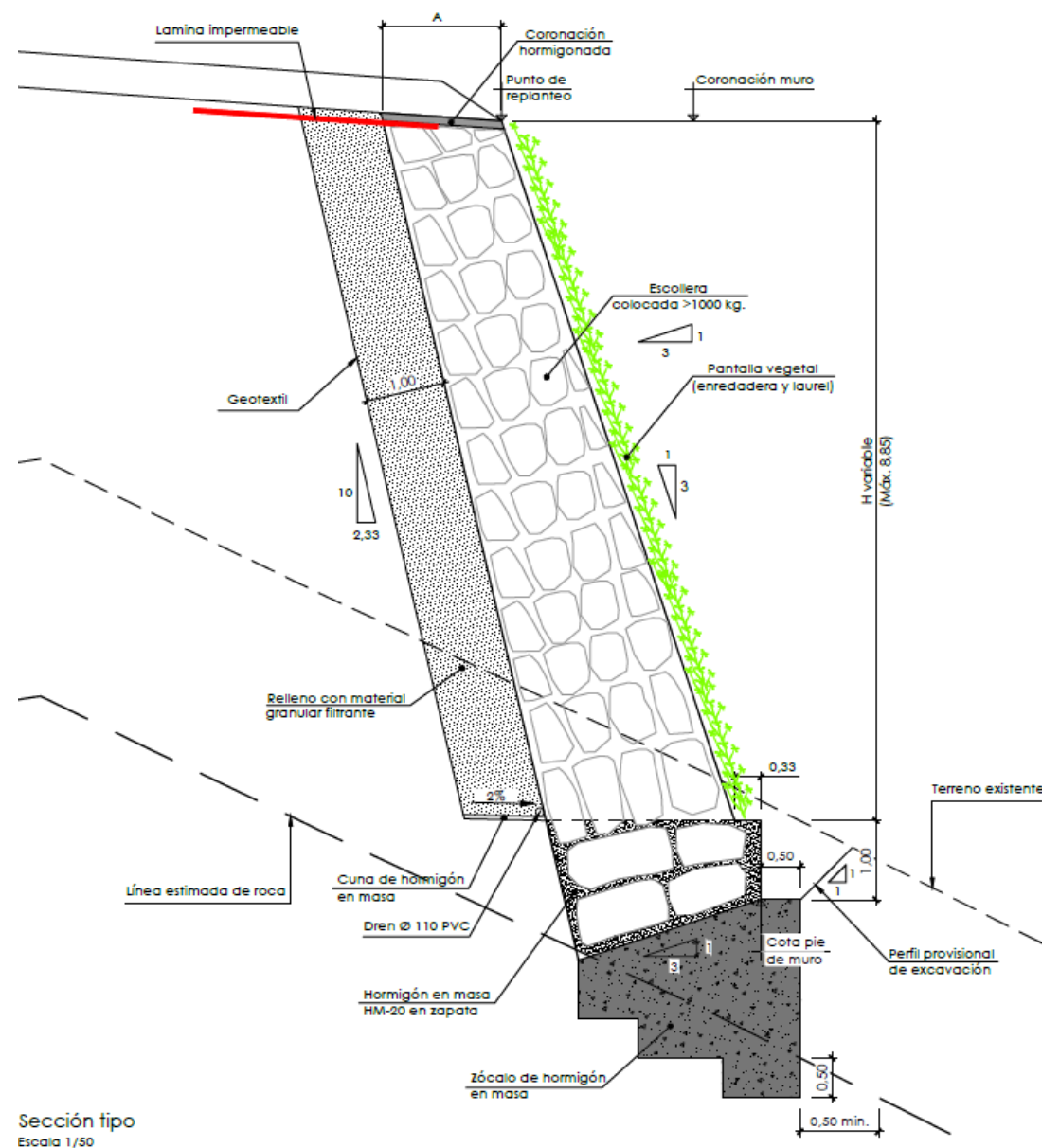
En las siguientes imágenes se muestran las características principales de los muros de escollera vegetalizada, así como unas secciones tipo representativas de las contempladas en el proyecto. En concreto la adoptada para el muro 0+917 como ejemplo de muro de sostenimiento con estaquillas de *Salix*, la correspondientes al muro 0+630 como ejemplo de muro de sostenimiento con enredaderas y laurel, y la relativa al muro de hormigón 1+160.



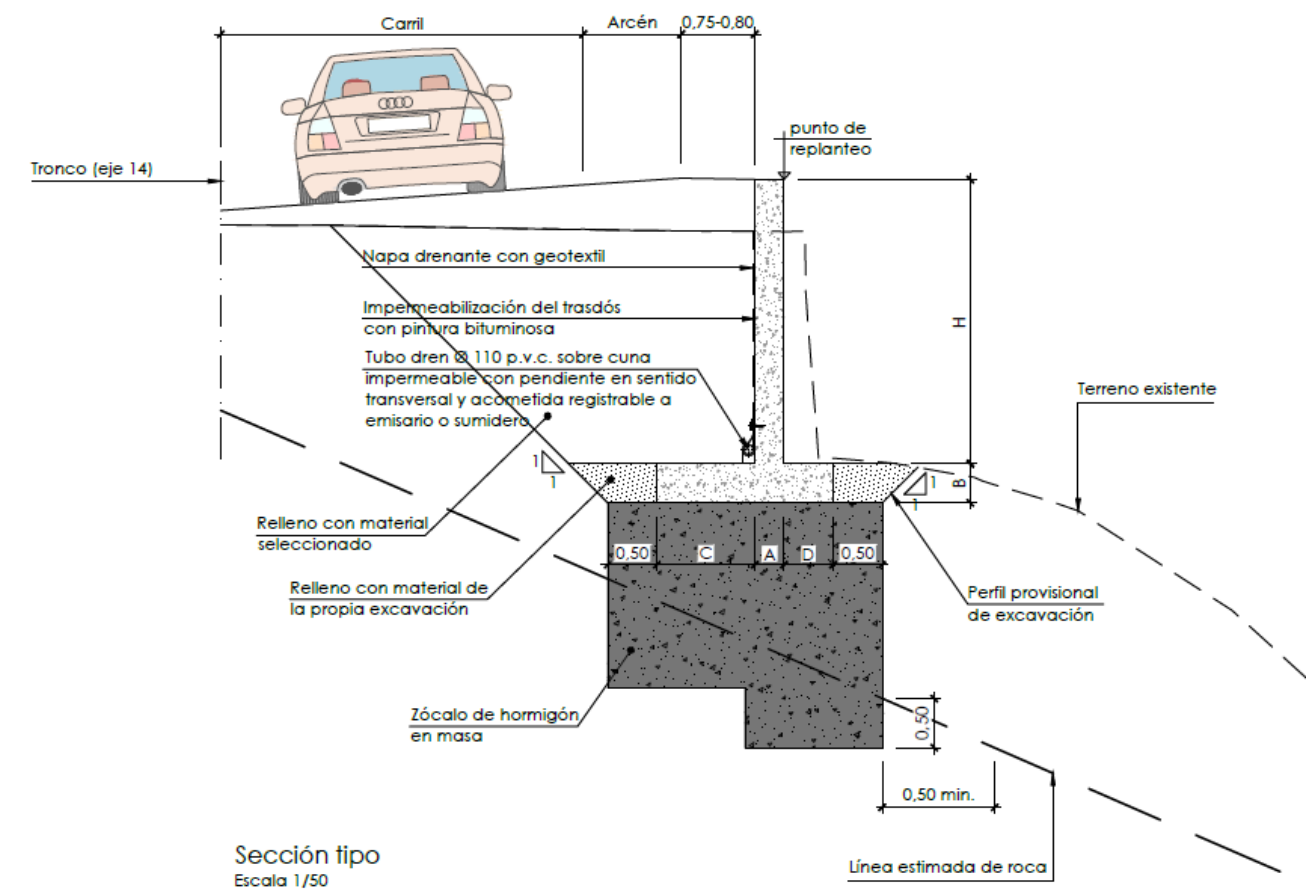
Geometría y materiales de los muros de escollera vegetalizada.



Muro 0+917 (ejemplo de muro de escollera con estaquillas).



Muro 0+917 (ejemplo de muro de escollera con enredaderas y laurel).



Muro 1+160 (ejemplo de muro de hormigón armado).

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.