

ANEJO Nº 14. PROCESO CONSTRUCTIVO Y SITUACIONES PROVISIONALES

ANEJO Nº 14. PROCESO CONSTRUCTIVO Y SITUACIONES PROVISIONALES

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	PROCESO CONSTRUCTIVO Y SITUACIONES PROVISIONALES.....	1
2.1	DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	1
2.1.1	Alternativa 1	2
2.1.2	Alternativa 2	2
2.2	PROCESO CONSTRUCTIVO Y SITUACIONES PROVISIONALES.....	11
2.2.1	Fase 0: situación actual	11
2.2.2	Fase 1. Alternativa 1	12
2.2.3	Fase 1. Alternativa 2	15

1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se describen las actuaciones proyectadas para compatibilizar el desarrollo de las obras con la servidumbre en el tramo de estudio, en las carreteras, caminos, canales, riegos, etc., existentes afectados por las mismas.

Durante la fase de diseño se ha pretendido reducir al máximo las situaciones provisionales, tanto en duración como en alcance, con el fin de interferir mínimamente en el entorno.

Además de lo anterior, en el presente anejo se realiza un estudio de los procesos constructivos más adecuados para la ejecución de las obras proyectadas.

2 PROCESO CONSTRUCTIVO Y SITUACIONES PROVISIONALES

Por un lado, en este apartado se describen las fases de ejecución de las obras y de las situaciones provisionales originadas por la construcción del tramo de estudio de la línea de alta velocidad.

Por otro lado, durante la ejecución de las obras proyectadas se prevén afecciones al tráfico rodado de vehículos en el caso de la alternativa 1, en superficie, que se describen en el Anejo nº 20 Supresión de pasos a nivel.

Para llevar a cabo la integración urbana y adaptación a altas prestaciones de la red ferroviaria de Lorca es necesario plantear un **corte de tráfico ferroviario temporal en la línea desde la estación de Lorca San Diego**.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En el presente estudio informativo se plantean dos alternativas, una en superficie y otra soterrada, ambas con plataforma de vía doble y una estación de alta velocidad en Lorca Sutullena. A continuación se describen dichas alternativas, clasificadas y denominadas de la siguiente forma:

- **Alternativa 1.** En superficie. Trazado en vía doble. Estación de alta velocidad en Sutullena.
- **Alternativa 2.** Soterrada. Trazado en vía doble. Estación de alta velocidad en Sutullena.

Las dos alternativas comienzan y finalizan en el mismo punto, P.K. 201+737,954 a P.K. 204+907, donde conectan con los tramos de plataforma Sangonera – Lorca y Lorca – Pulpí. La longitud total es por tanto de 3.169,046 m.

Las dos alternativas coinciden en planta aprovechando el corredor ferroviario actual, definiendo una plataforma de vía doble con entreeje reducido de 4,0 m, en lugar de la vía única existente. En cuanto al alzado, la primera discurre en superficie con pequeñas variaciones respecto a la plataforma actual, condicionada por la mejora del drenaje o el cruce con otras infraestructuras. La segunda alternativa plantea el soterramiento de la línea desde su origen, la salida de la estación de San Diego, hasta pasar el cruce con la carretera RM-11, es decir, la práctica totalidad de su recorrido. La longitud de soterramiento es 2.550 m, a los que hay que sumar las rampas de acceso definidas en el tramo, 312,046 m a la entrada y 270 m a la salida. Hay que señalar que la rampa de entrada al soterramiento tiene su origen en el tramo anterior, Sangonera – Lorca.

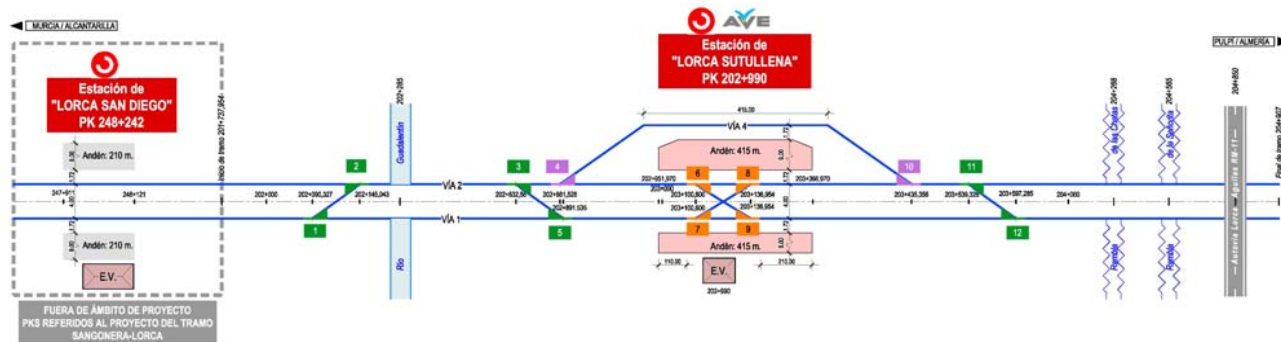
Las dos alternativas plantean una estación de alta velocidad en Sutullena, con la misma configuración de vías en planta, diferenciándose en el alzado, una va en superficie y la otra soterrada. La estación está constituida por dos vías generales y una vía de apartado izquierda, con dos andenes de 400 m de longitud, uno exterior en el lado derecho, de 6,0 m de ancho y otro interior entre la vía de apartado y la vía general izquierda, de 9,0 m de ancho. Se mantiene el edificio de viajeros actual, recientemente remodelado tras los daños sufridos en el terremoto, aunque ampliándolo para dar acceso a los andenes.

En este trayecto se suprimen todos los pasos a nivel existentes, un total de seis, reponiéndolos en la misma ubicación, o agrupando su reposición en puntos viables dependiendo de las características del trazado.

2.1.1 Alternativa 1

El objetivo final de esta actuación es construir una vía doble de alta velocidad en ancho UIC, en superficie, aprovechando el corredor de la vía actual.

Se adjunta a continuación un esquema de vías de la alternativa.



2.1.1.1 Descripción de la estación

La estación de **Sutullena** prestará servicio de alta velocidad y cercanías, modificando su configuración actual de forma que la afección a los edificios colindantes sea mínima. Está constituida por dos vías generales y una vía de apartado izquierda, con dos andenes de 400 m de longitud, uno exterior en el lado derecho, de 6,0 m de ancho y otro interior entre la vía de apartado y la vía general izquierda, de 9,0 m de ancho. La ubicación del andén derecho en planta coincide prácticamente con la situación actual, separándose del edificio actual y prolongándose en sentido sur.

Se mantiene el edificio de viajeros actual, recientemente remodelado tras los daños sufridos en el terremoto, aunque ampliándolo para dar acceso a los andenes.

Se proyecta un paso inferior entre andenes, con acceso al andén derecho desde el edificio de viajeros, y comunicando peatonalmente los dos andenes de acceso a las vías.

Esta ampliación, transforma el entorno inmediato a la estación, siendo necesario reordenar el espacio urbano. En esta solución se verá afectado un vial rodado de acceso a la zona de viviendas unifamiliares, junto a la plaza de toros, con paso inferior actual en el P.K.

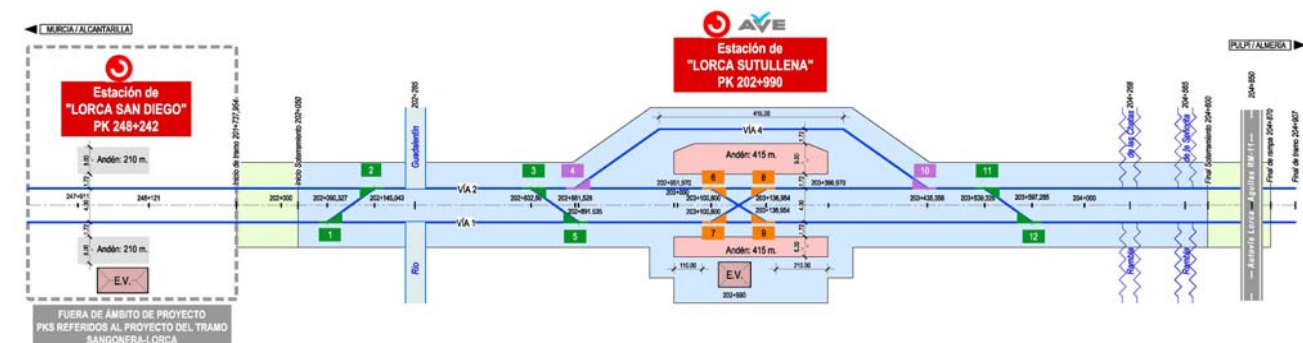
203+045, la Alameda de Rafael Méndez en la margen izquierda, además de la Alameda de Cervantes, con un paso a nivel actual. Para la reposición de estos viales se considera la ejecución de un nuevo paso inferior en la Alameda de Cervantes y la ampliación del otro paso, mientras que la Alameda de Rafael Méndez se mantendrá a nivel con trazado paralelo.

2.1.2 Alternativa 2

El objetivo final de esta actuación es construir una vía doble de alta velocidad en ancho UIC, en su mayor parte soterrada, aprovechando el corredor de la vía actual.

La longitud de soterramiento es 2.550 m, con rampas de 312,046 m a la entrada y 270 m a la salida.

Se adjunta a continuación el esquema de vías de la alternativa.



2.1.2.1 Descripción de la estación

La estación de **Sutullena** prestaría servicio de alta velocidad y cercanías, ejecutándose soterrada, optimizada para que la excavación del recinto entre pantallas evite la afección a los edificios aledaños. Está constituida, al igual que en la alternativa en superficie, por dos vías generales y una vía de apartado izquierda, con dos andenes de 400 m de longitud, uno exterior en el lado derecho, de 6,0 m de ancho y otro interior entre la vía de apartado y la vía general izquierda, de 9,0 m de ancho.

Esta alternativa propone el soterramiento de la línea en la zona más céntrica del municipio, a lo largo de dos kilómetros y medio, por la zona de más densidad de edificación y población. El soterramiento (incluidas las rampas de acceso) comienza a la salida de la estación de Lorca San Diego, antes del cruce del río Guadalentín, en el extremo Nordeste y termina más allá de la estación de Sutullena, a la altura de la carretera RM-11, prácticamente al final del trazado.

Las vías y andenes están a la cota -9 m con respecto a la cota de superficie del terreno. Se accede desde la superficie, mediante núcleos de comunicación vertical, con ascensor y escalera. En esta alternativa, toda la zona soterrada libera el espacio en superficie que ocupaba la línea, que se gana para la ciudad.

Se debe adecuar el entorno urbano, para encajar los cambios en el ancho del trazado, en la zona de la estación, de igual forma que en la otra alternativa. La diferencia con la otra alternativa es la liberación del espacio ocupado por las vías en superficie, haciéndose los cruces con la línea férrea en superficie en lugar de a través de pasos inferiores.

Con esta solución se elimina completamente la barrera física que dificulta la expansión natural de la ciudad.

En superficie se realiza una edificación anexa del edificio actual de viajeros de la estación, situado sobre la zona cubierta de las vías, que será una ampliación del edificio, con nuevas áreas comerciales y servicios de la estación, donde además están los accesos con los elementos de comunicación vertical al andén.

La gran diferencia de cota existente entre el andén y la superficie, determina que en esta solución, además del ascensor como elemento mecánico de acceso, se proponga la instalación de escalera mecánica, para facilitar a los viajeros el movimiento de subida y bajada al andén.

2.1.2.2 Descripción del soterramiento

El soterramiento de la alternativa 2 (P.K. 202+050 – P.K. 204+600), tal y como se justificará en los siguientes apartados, se resuelve con pantallas continuas y discontinuas de hormigón armado, ya que no se da la profundidad necesaria para plantear una solución con túnel en mina. Cabe destacar, como aspecto singular del soterramiento, la existencia de la Estación subterránea de Lorca-Sutullena, situada entre los P.K. 202+952 a P.K. 203+367, así como el cruce del río Guadalentín, aproximadamente en el P.K. 202+290 de la futura línea ferroviaria.

En esencia, las distintas tipologías de pantallas responden a la necesidad de adaptación a las siguientes circunstancias:

- Naturaleza geotécnica de los terrenos atravesados.
- Adaptación a las condiciones existentes en superficie (tejido urbano).
- Cruce del río Guadalentín.
- Separación entre pantallas para restaurar las condiciones y usos existentes en superficie, lo que determina un rango de luces de los elementos de cerramiento con influencia en la tipología y proceso constructivo.
- Integración de la Estación de Lorca-Sutullena en subterráneo, lo que condiciona la variación de anchos en planta ocupados por la infraestructura (pasando de un ancho libre entre pantallas de 10 m a unos 28 m en el ámbito de la Estación).

Con los condicionantes descritos se han planteado diferentes secciones tipo, adaptando en cada caso la geometría y las soluciones constructivas de la obra civil.

a) SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Por las particularidades del trazado, condicionantes funcionales o impuestos por el entorno, se han delimitado las siguientes cuatro zonas:

- **Rampas de acceso y salida** del soterramiento.
- **Cruce bajo el río Guadalentín**, y zonas anexas afectadas por el agua. En estos tramos se han buscado soluciones de tipo impermeable para los momentos en los que discurra agua por el cauce del río.
- **Zona de la Estación**, donde el soterramiento alcanza el máximo ancho para lograr la funcionalidad ferroviaria.
- Zonas donde el **tejido urbano** ha condicionado tanto la solución de trazado en planta como las soluciones constructivas; limitación del espesor de elementos estructurales y tipologías constructivas.

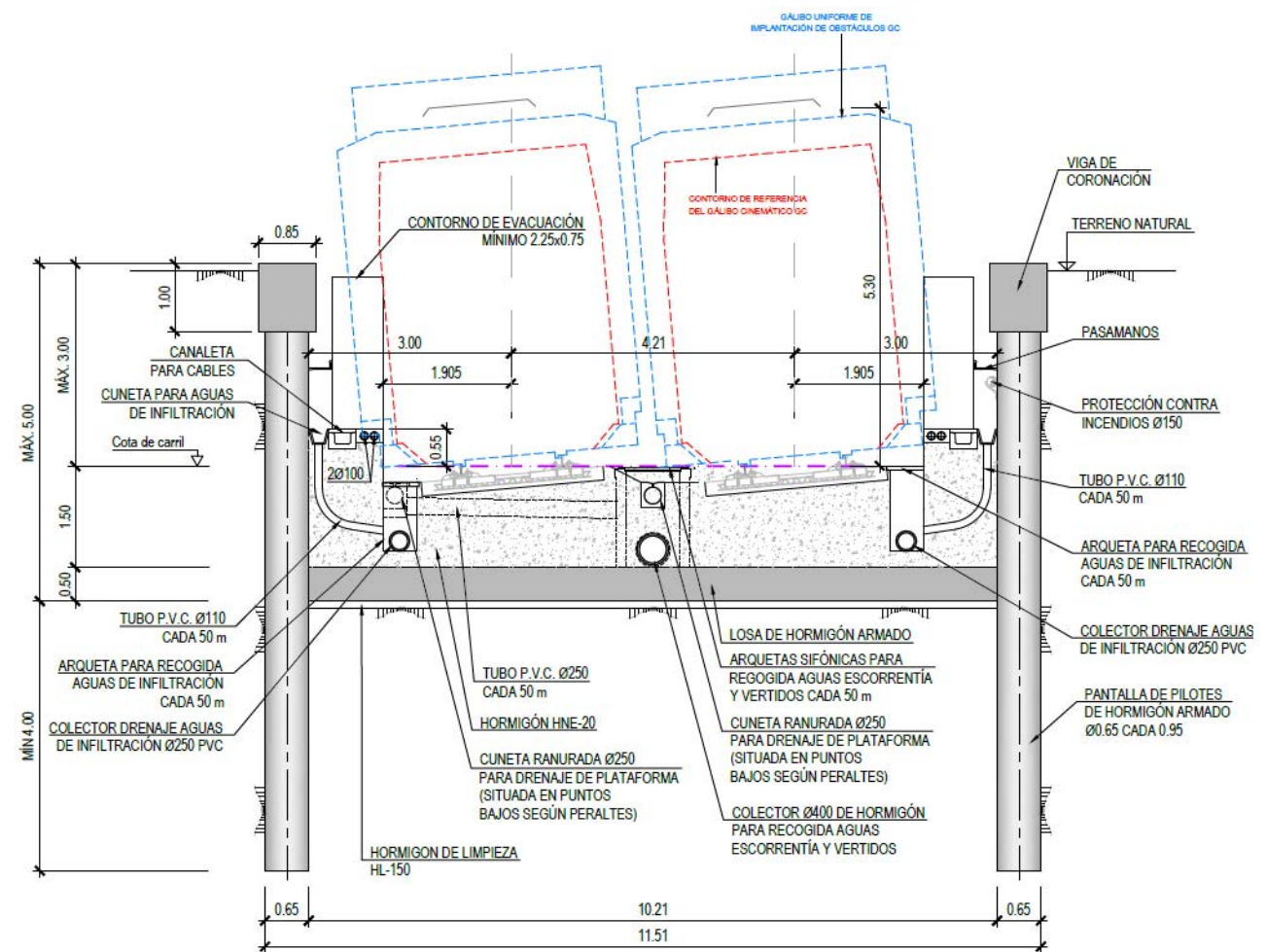
De forma general, para acometer las obras podrían plantearse dos equipos de trabajo para ejecutar pantallas de pilotes y un equipo de pantalladora continua para trabajar en el cruce bajo el río Guadalentín y zonas anexas. En lo que respecta a las pilotadoras, podrían avanzar desde las zonas extremas (rampas) hacia el interior.

En los siguientes apartados se justifican las secciones tipo que serán de aplicación en cada una de las zonas descritas del soterramiento.

SOLUCIONES PARA LOS TRAMOS EN RAMPA

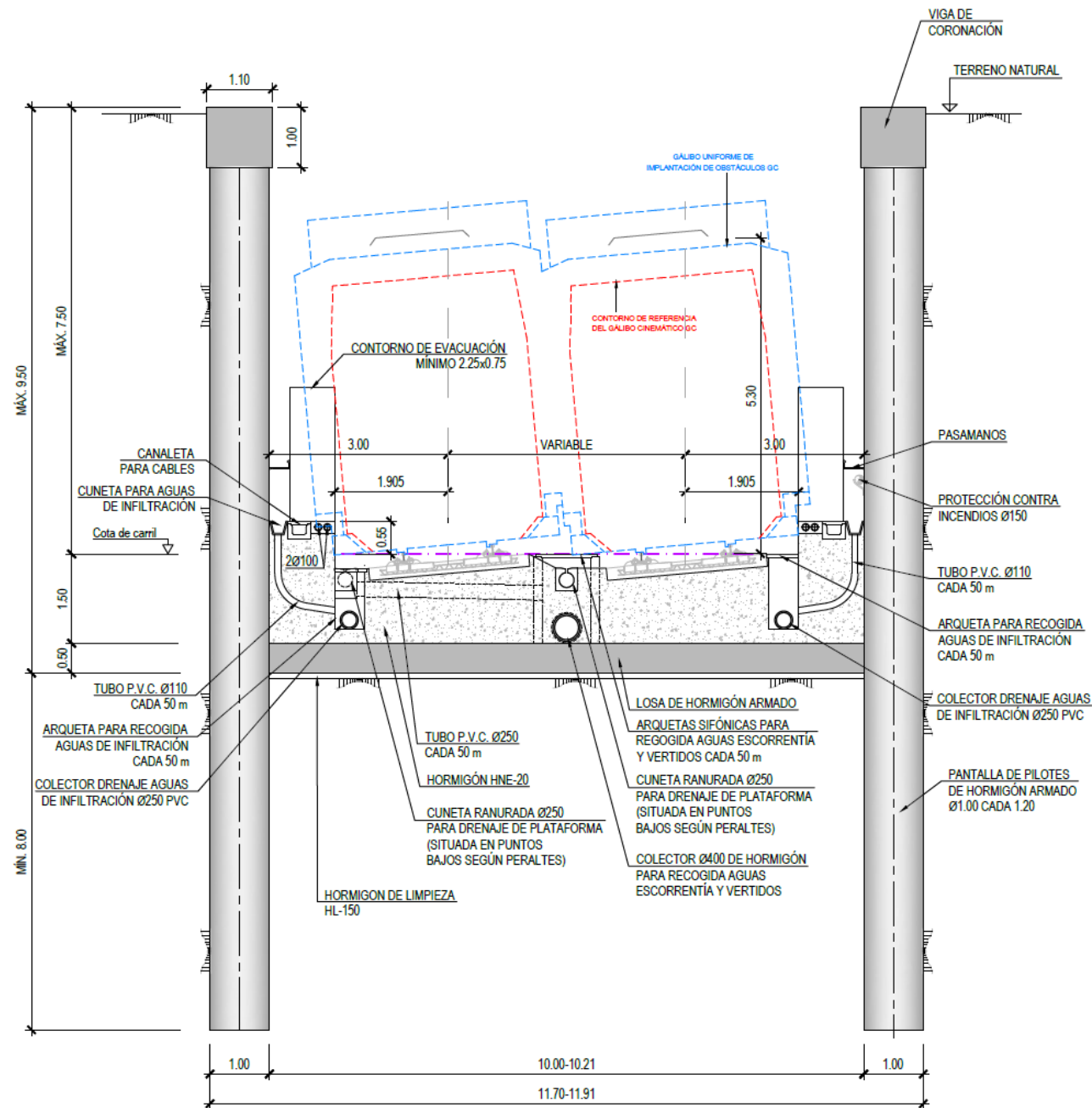
Se han establecido tres variantes, condicionadas por la profundidad de excavación, y por el hecho de excavarse en terreno seco, y con cierta cohesión, para permitir la ejecución de pantallas de pilotes. De esta forma se han definido las siguientes soluciones constructivas para las rampas:

- **ST-R1:** Definida con pantallas perimetrales de pilotes en ménsula para vuelos máximos de 5 m (aplicable entre los PK 201+738,0-201+782,6 y 204+776,4-204+830,0, lo que supone un total 98 m). Los pilotes serán de hormigón armado y diámetro 0,65 m, con una separación entre ejes de 0,95 m. Para rigidizar el conjunto frente a los efectos de la acción sísmica se plantea el arriostramiento de las pantallas mediante una losa de fondo anclada a las mismas (espesor de 0,50 m), que además actuará como losa de cimentación de la plataforma ferroviaria.



Sección tipo 1 en rampas (ST-R1).

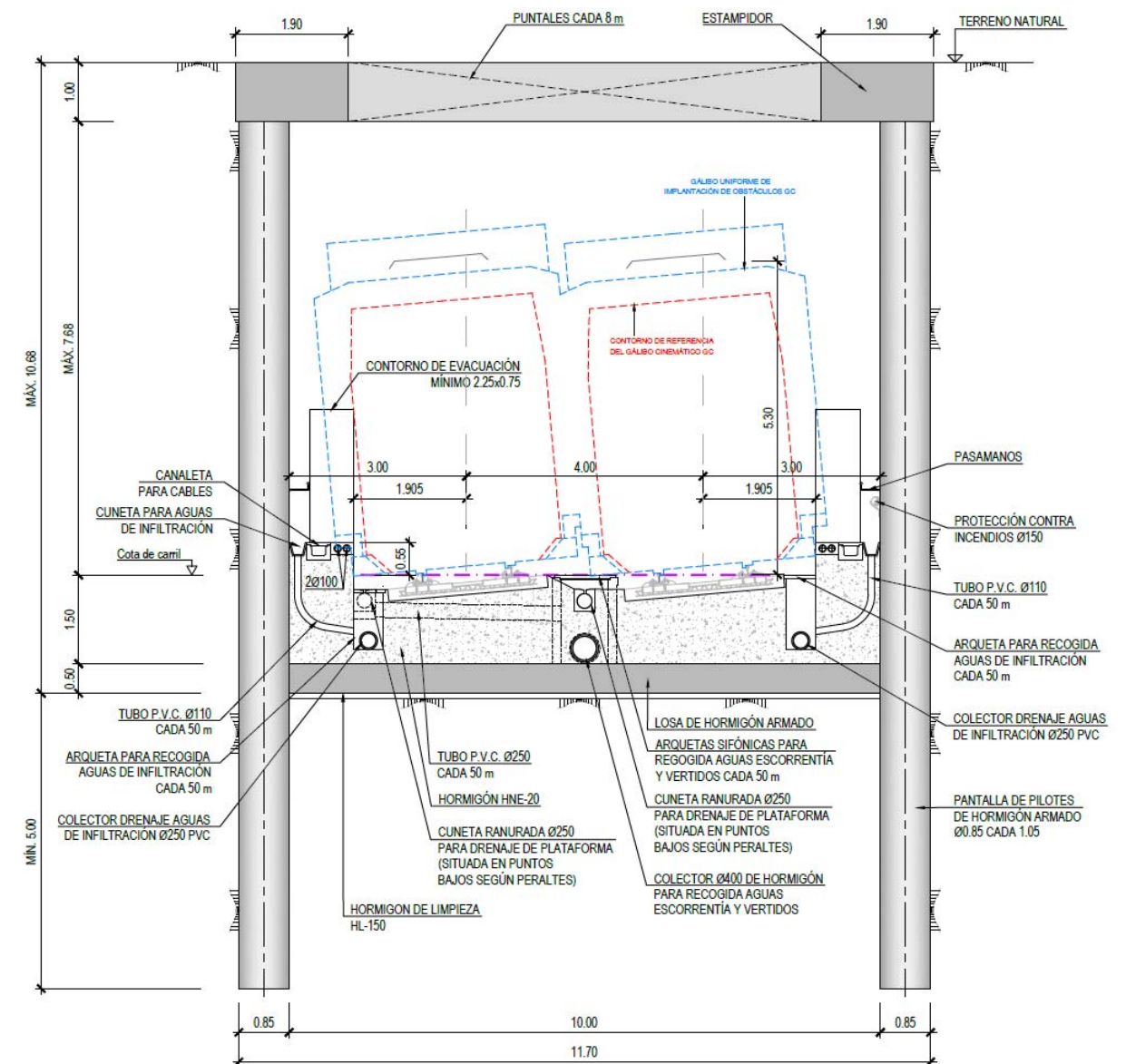
- **ST-R2:** Definida con pantallas perimetrales de pilotes en ménsula para vuelos máximos de 9,5 m (aplicable entre los PK 201+782,6-202+006,8 y 204+641,4-204+776,4, lo que supone un total 359 m). Los pilotes serán de hormigón armado y diámetro 1,00 m, con una separación entre ejes de 1,20 m. Por las razones ya expuestas en el caso anterior se plantea el arriostramiento de las pantallas mediante una losa de fondo anclada a las mismas (espesor de 0,50 m), actuando complementariamente como elemento de cimentación de la plataforma ferroviaria.



Sección tipo 2 en rampas (ST-R2).

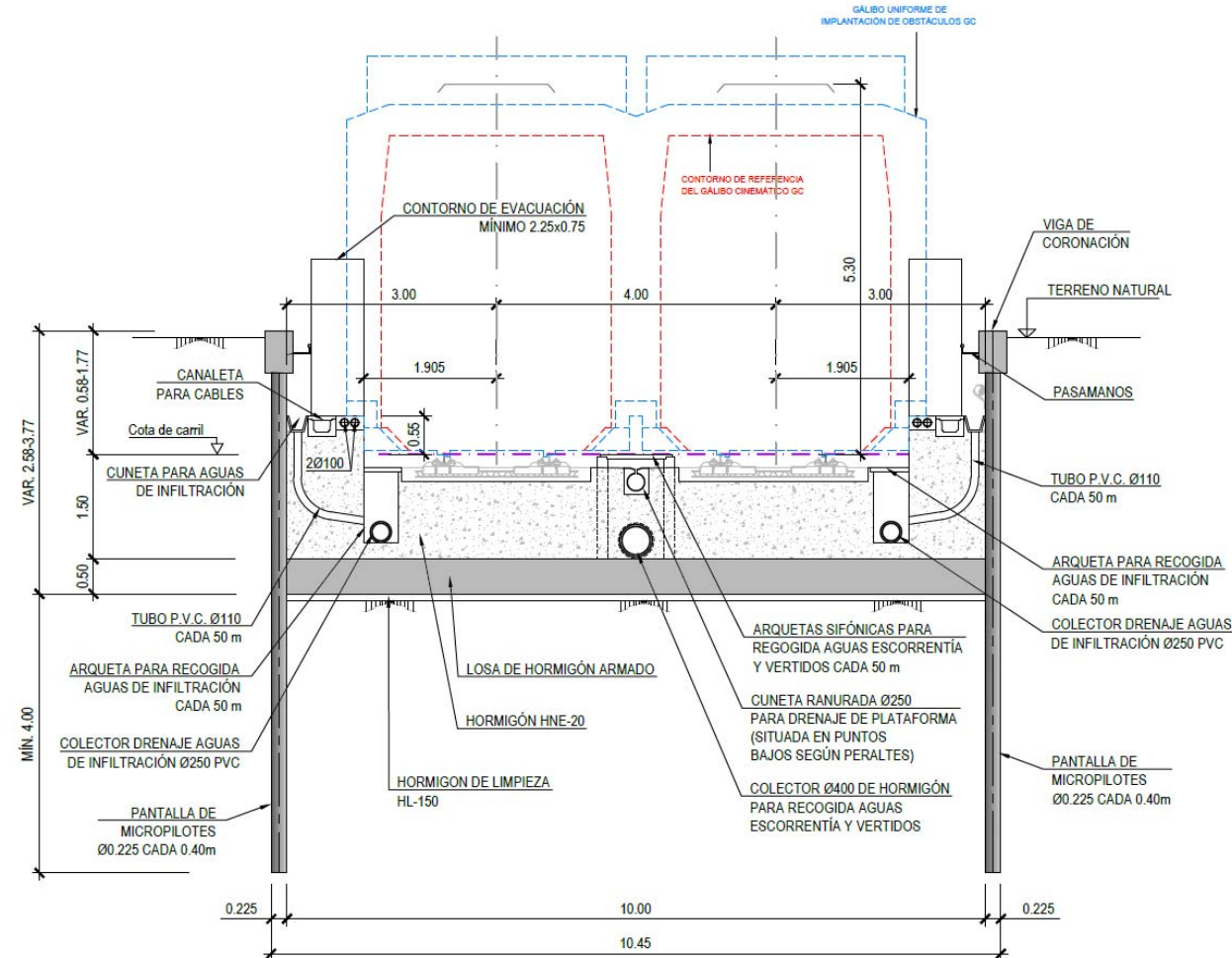
- **ST-R3:** Definida con pantallas perimetrales de pilotes sin cerramiento superior para cumplir con el vuelo máximo en el que se produce la transición al tramo soterrado, con 10,68 m (aplicable entre los PK 202+006,8-202+050,0 y 204+600,0-204+641,4, lo que supone un total 85 m). Los pilotes serán de hormigón armado y diámetro 0,85 m, con una separación entre ejes de 1,05 m. En este caso resulta necesario arriostrar en cabeza para garantizar tanto la estabilidad de las pantallas como el

cumplimiento de las limitaciones en deformaciones de los pilotes. Por este motivo se ha dispuesto un estampidor en coronación de pantallas, con puntales de sección 1,0 m x 1,0 m distanciados un máximo de 8 m. Para favorecer el comportamiento frente a acciones dinámicas se plantea el arriostramiento de las pantallas mediante una losa de fondo (espesor de 0,50 m), que además actuará como losa de cimentación de la plataforma ferroviaria.



Sección tipo 3 en rampas (ST-R3).

- **ST-MP:** Definida con pantallas perimetrales de micropilotes en ménsula para vuelos máximos de 3,77 m (aplicable entre los PK 204+830,0-204+870,0 lo que supone en total 40 m). Se sitúa en la zona final del tramo y bajo el cruce con la autovía RM-11 dada la falta de espacio en la zona para la utilización de pilotes y la escasa profundidad de la rasante en esta parte final. Los micropilotes serán de diámetro 0,225 m, con una separación entre ejes de 0,40 m. Para rigidizar el conjunto frente a los efectos de la acción sísmica se plantea el arriostramiento de las pantallas mediante una losa de fondo anclada a las mismas (espesor de 0,50 m), que además actuará como losa de cimentación de la plataforma ferroviaria.



Sección tipo 4 en rampas (ST-MP).

SOLUCIONES EN EL TRAMO SOTERRADO

Tal y como se ha indicado anteriormente las soluciones en el tramo soterrado vienen influenciadas por el río Guadalentín, la variación del ancho en planta hasta alcanzar las necesidades de la Estación de Lorca-Sutullena, la propia Estación, así como las afecciones de tipo urbano que se presentan en determinadas zonas.

De forma general se ha recurrido a una solución con pilotes, en lugar de pantalla continua, por las ventajas que ofrece en entorno urbano tanto en lo referente a la versatilidad de operación de los equipos de construcción (fundamental para adecuarse a los servicios existentes), como en el rendimiento y coste final de ejecución de la obra. Además, desde un punto de vista de impacto ambiental durante la construcción, cabe mencionar que la perforación de pilotes genera menos vibraciones que la operativa necesaria para ejecutar pantallas continuas.

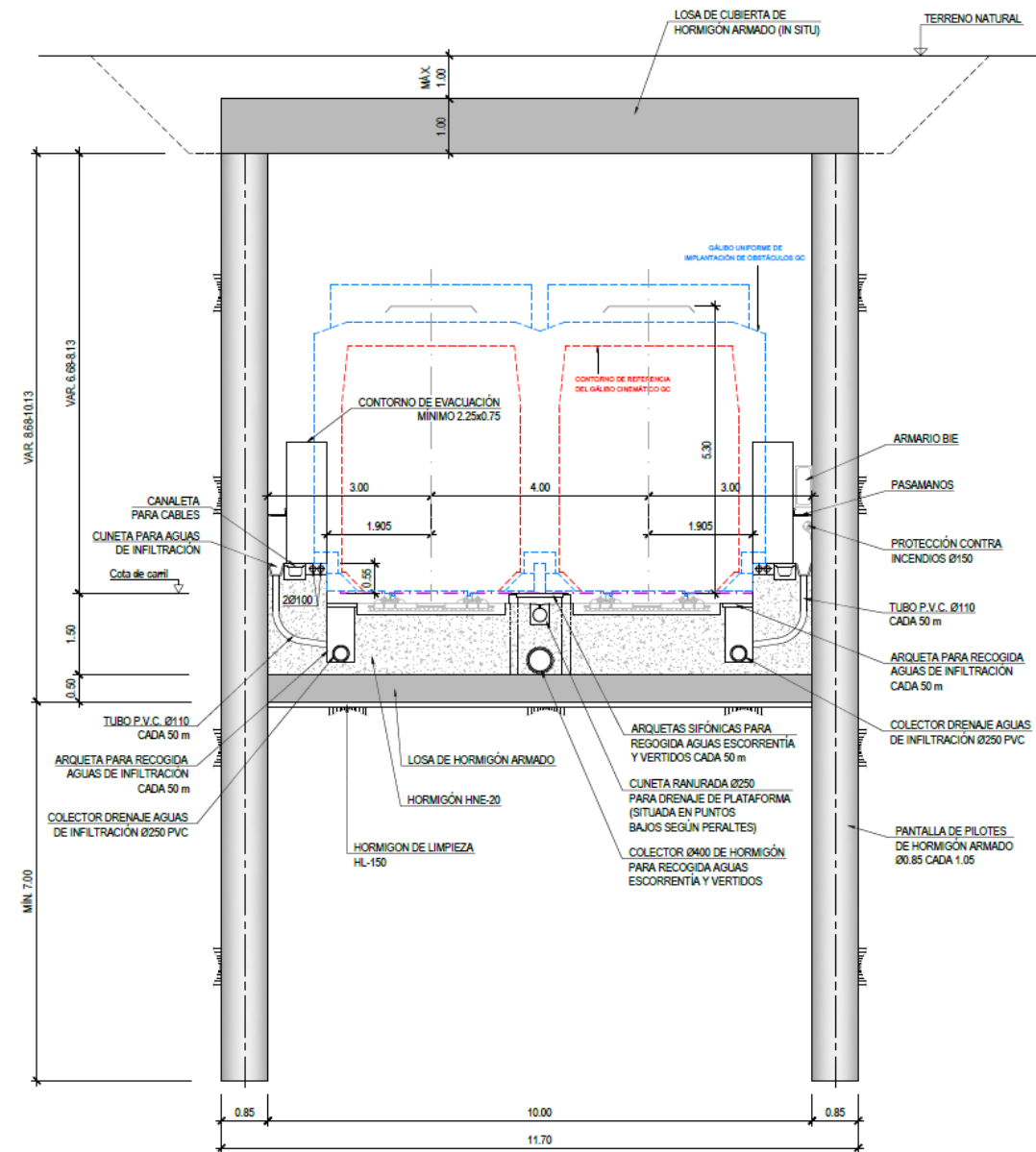
En virtud de la naturaleza de los terrenos a excavar, se estima que la excavación de los materiales presentes en la traza podrá realizarse por medios mecánicos convencionales, lo que supone una ventaja adicional para el conjunto de la obra en lo que respecta a coste y rendimientos.

La solución con pantalla continua se ha adoptado en aquellos tramos en los que puede existir agua durante la vida útil de las pantallas, en general asociada al río Guadalentín y su zona de influencia.

Las secciones tipo consideradas en el soterramiento son las siguientes:

- **ST-S1:** Definida con pantallas perimetrales de pilotes de hormigón armado (diámetro 0,85 m y separación entre ejes de 1,05 m, con empotramiento mínimo de 7 m) y losa de cubierta de 1 m de canto, igualmente de hormigón armado. Este último elemento ha sido diseñado para soportar un relleno de tierras de altura máxima 1 m y la aplicación de cargas de tráfico en toda su extensión. Al igual que en las soluciones estructurales de las zonas de rampa se ha incluido una losa de fondo (de hormigón armado y espesor 0,50 m) anclada a las pantallas, con la doble función de actuar como elemento de atado ante la aparición de un sismo, y como

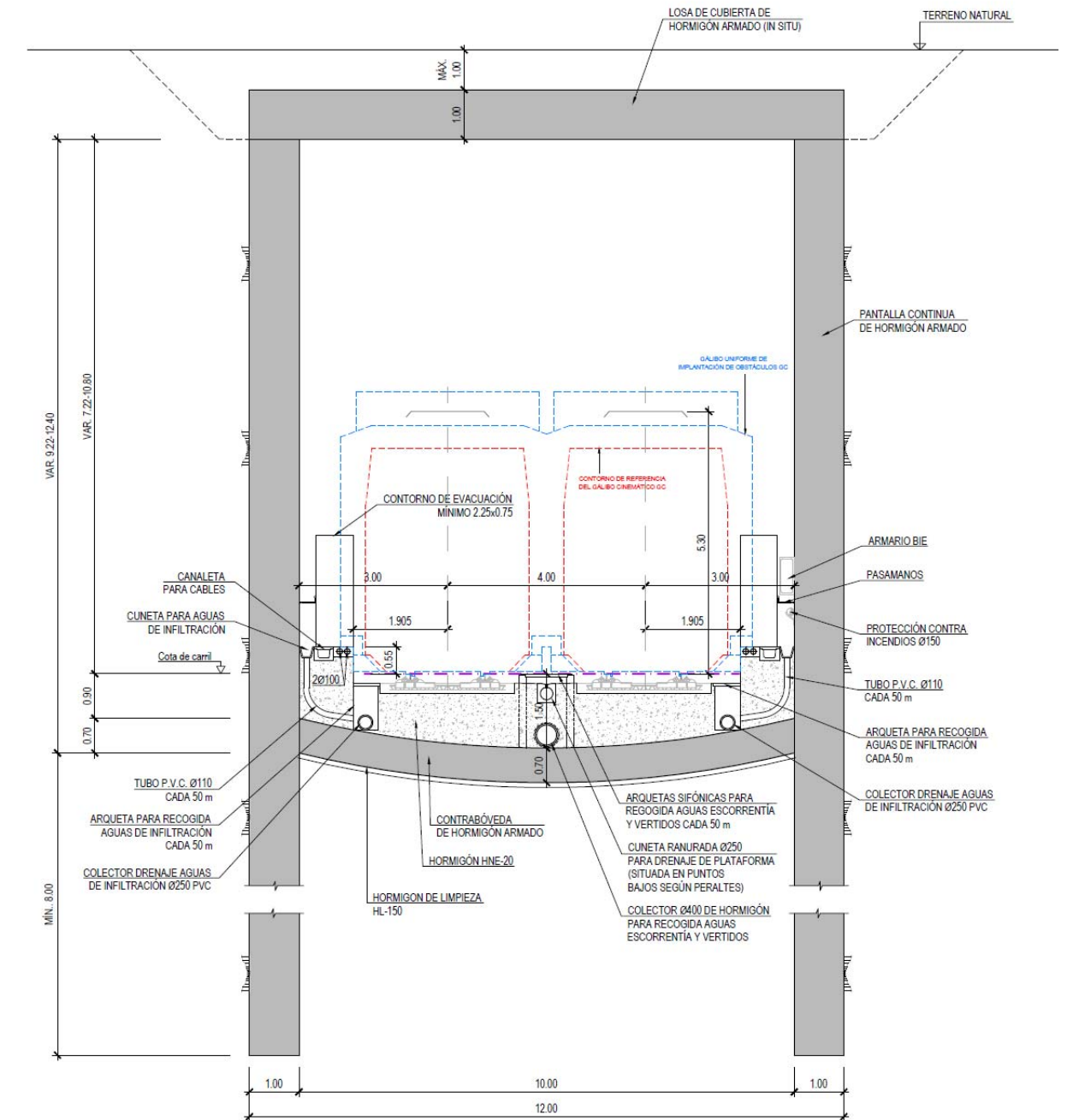
losa de cimentación de la plataforma ferroviaria. Esta sección es de aplicación en el tramo soterrado entre los PK 202+050,0-202+107,0 y 203+429,3-203+560,0, lo que supone una longitud total de 188 m (7,4% del total).



Sección tipo 1 en el tramo soterrado (ST-S1).

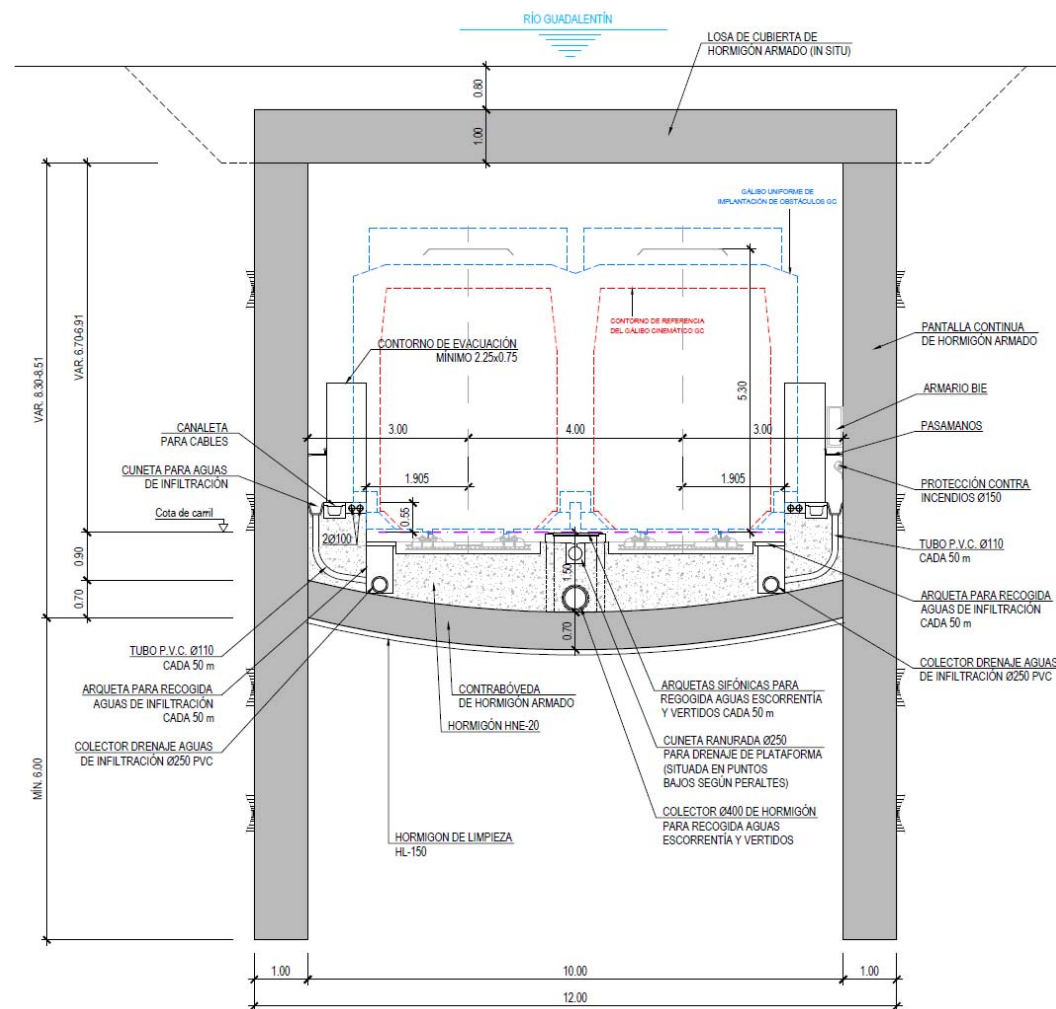
- **ST-S2:** Constituida con pantallas continuas de hormigón armado de 1,0 m de espesor y empotramiento mínimo en el terreno de 8 m. La separación entre pantallas será de 10 m. Al igual que en la solución precedente, la losa de cubierta será de hormigón armado y 1,0 m de canto. Si bien no se ha registrado presencia

de agua por encima de la cota máxima de excavación en todo el tramo, en este caso se ha sustituido la losa de fondo por una contrabóveda de espesor 0,70 m, con el objetivo de soportar una eventual subpresión. La longitud de aplicación de esta sección tipo es de 150 m, comprendida entre los PK 202+107,0-202+257,0, lo que supone un 5,9% del total.



Sección tipo 2 en el tramo soterrado (ST-S2).

- ST-CAUCE:** Esta sección supone una adaptación de la ST-S2 a las condiciones geométricas impuestas por el cruce transversal del cauce del río Guadalentín. Las variantes básicas respecto a la ST-S2 son las alturas de excavación y el recubrimiento de tierras por encima de la losa que se puede reducir a 0,8 m para no tener problemas de gálibo. Las menores alturas de excavación también permiten reducir el empotramiento mínimo de los pilotes, pasando a ser de 6 m en lugar de los 8 m en la sección ST-S2. Su aplicación se extiende en una longitud de 60 m (PK 202+257,0-202+317,0), representando un 2,4% del total.

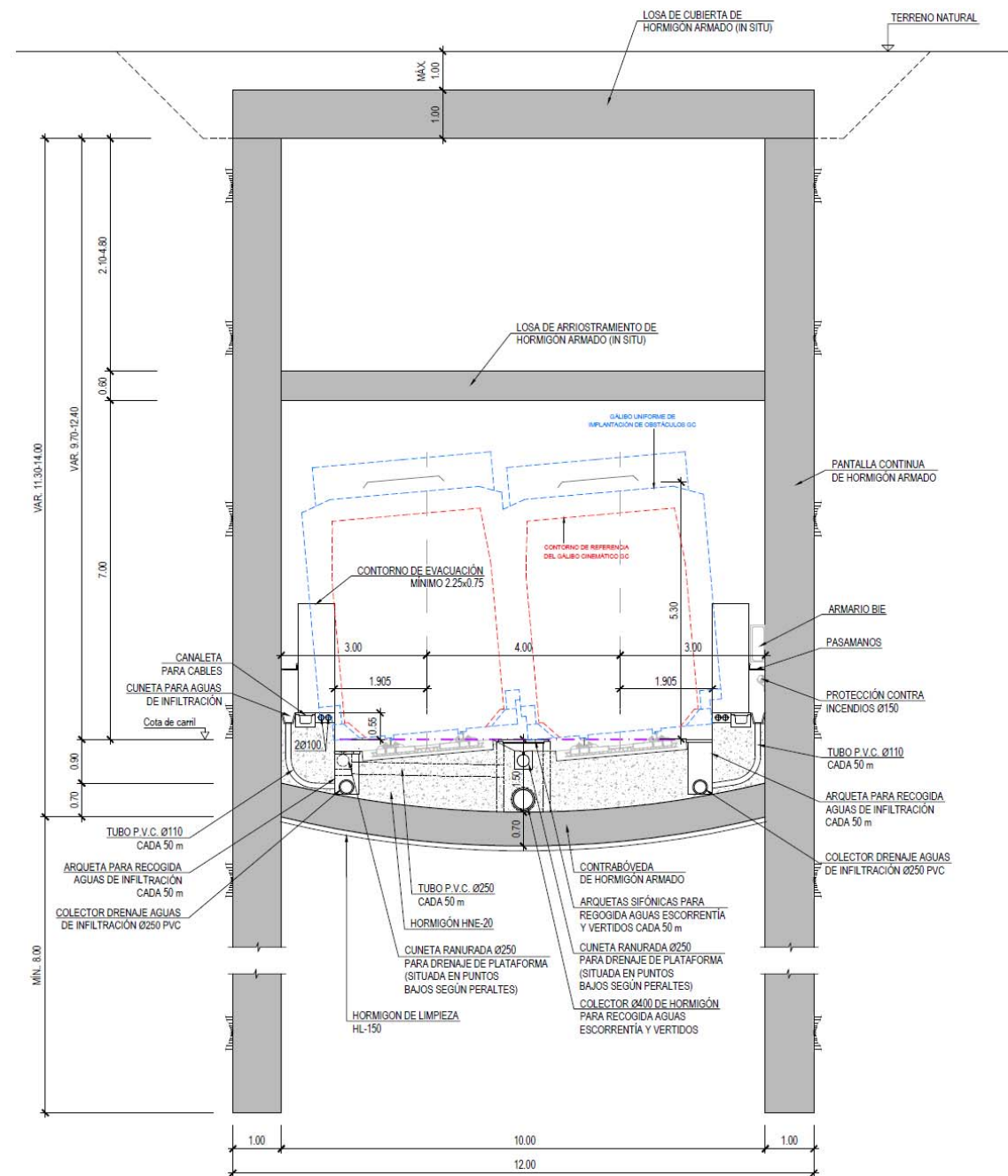


Sección tipo bajo el cauce del río Guadalentín en el tramo soterrado. ST-CAUCE.

- ST-S3:** Constituida con pantallas continuas de hormigón armado de 1,0 m de espesor y empotramiento mínimo en el terreno de 8 m. La separación entre pantallas será de 10 m. Al igual que en la solución precedente, la losa de cubierta será de hormigón armado y 1,0 m de canto. Si bien no se ha registrado presencia de agua por encima de la cota máxima de excavación en todo el tramo, en este caso se ha sustituido la losa de fondo por una contrabóveda de espesor 0,70 m, con el objetivo de soportar una eventual subpresión.

Dada la magnitud de la altura máxima de excavación, próxima a los 14 m, resulta necesario introducir un elemento intermedio de arriostramiento transversal de las pantallas que permita estabilizar el conjunto, y controlar las deformaciones por debajo de los límites considerados para este tipo de estructuras. Por tal razón, se ha introducido una losa de hormigón armado, ejecutada in situ contra el propio terreno, con mejores rendimientos de construcción que los estampidores o arriostramientos con celosías metálicas, aspecto este de vital importancia en entorno urbano. No se ha definido ningún uso para el espacio habilitado por esta losa, si bien se ha definido con un espesor de 0,60 m para controlar las flechas ante las cargas de peso propio y el efecto de una sobrecarga de uso de hasta 4 kN/m².

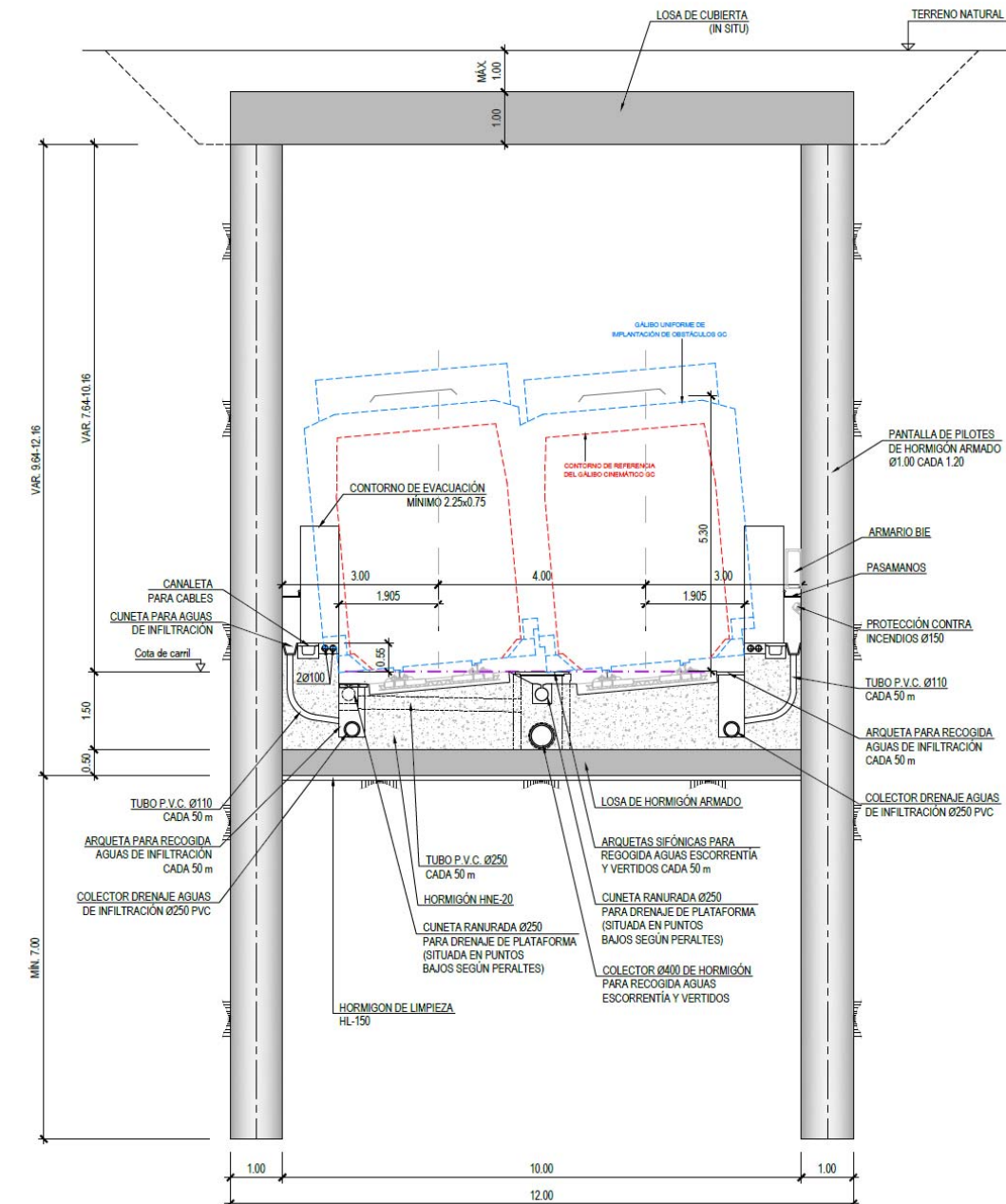
La longitud de aplicación de esta sección tipo es de 275 m, comprendida entre los PK 202+317,0-202+592,0, lo que supone un 10,8% del total.



Sección tipo 3 en el tramo soterrado (ST-S3).

- **ST-S4:** La solución constructiva ST-S4 está compuesta por dos líneas de pantallas perimetrales de pilotes de hormigón armado (de diámetro 1,00 m, separados 1,20 m). La losa de cubierta será de hormigón armado y canto 1 m y la longitud de empotramiento de los pilotes de un mínimo de 7 m. Es de aplicación entre las

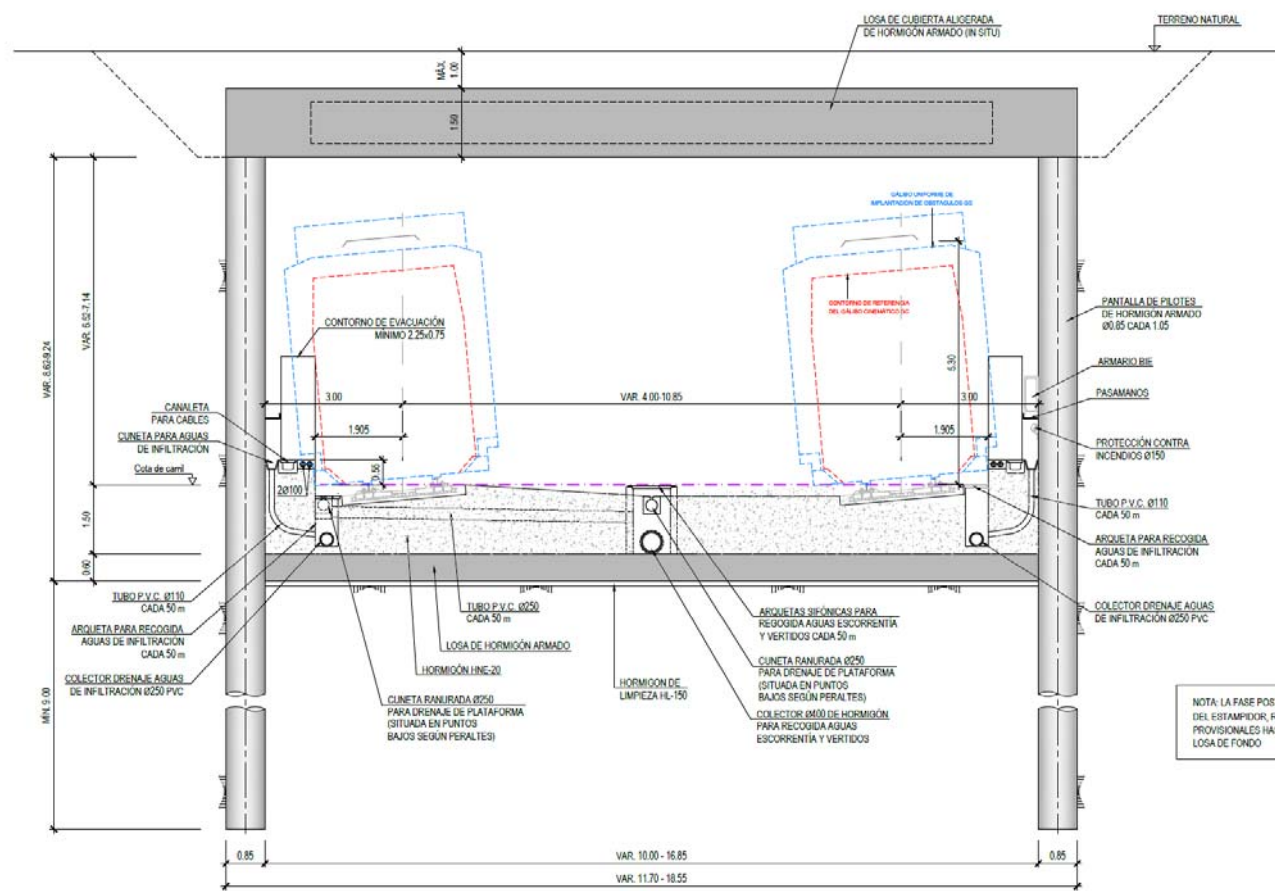
progresivas PK 202+592,0-202+893,4, lo que determina una longitud de aplicación de 301 m (11,8% del total).



Sección tipo 4 en el tramo soterrado (ST-S4).

- **ST-S5:** Esta sección se plantea para la zona en la que se inicia la transición y variación de la anchura libre entre pantallas, estableciendo como límite 16,85 m; luz

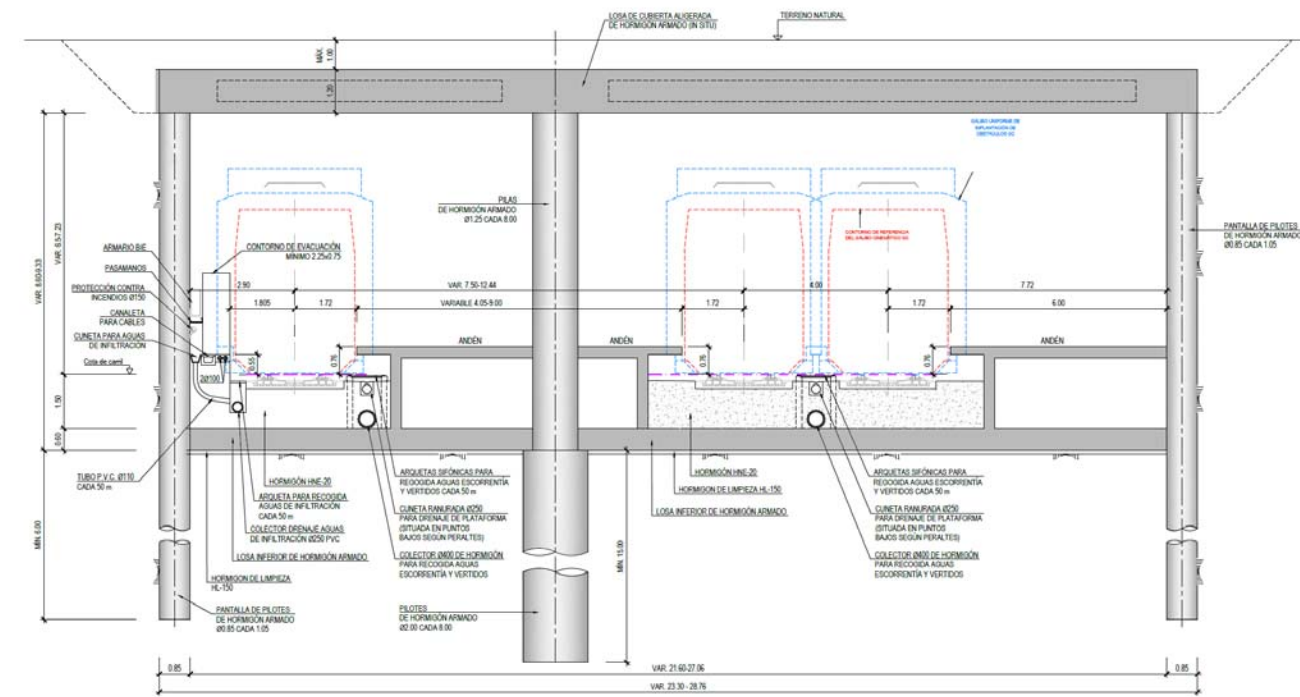
máxima estimada para evitar la introducción de puntos de apoyo intermedios. La sección tipo consta de dos pantallas perimetrales de pilotes (diámetro 0,85 m y separación entre ejes de 1,05 m) empotrados en el terreno un mínimo de 9 m. La losa de cubierta se plantea de hormigón armado, con aligeramientos de poliestireno expandido y canto máximo de 1,50 m. La proximidad de la línea de edificación en superficie demanda un exhaustivo control de deformaciones en la pantalla. Es de aplicación entre las progresivas PK 202+893,4-202+951,8 y 230+366,8-203+429,3, lo que determina una longitud de aplicación de 121 m (4,7% del total).



Sección tipo 5 en el tramo soterrado (ST-S5).

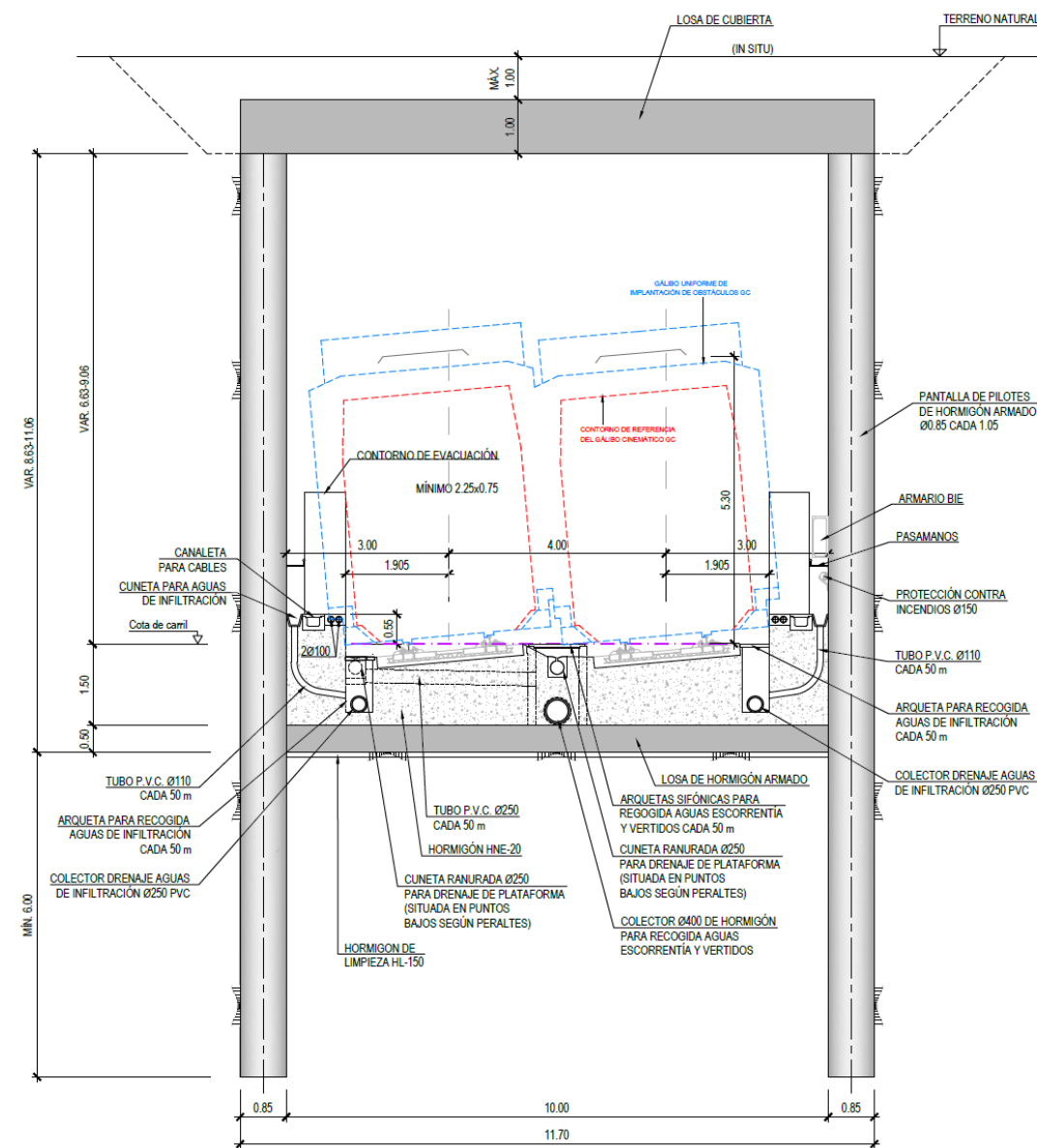
- **ST-ESTACIÓN:** Solución propia del ámbito de la estación, correspondiendo con la zona de mayor separación entre las pantallas perimetrales y 3 vías (hasta 27,06 m). Esta solución constructiva consta de dos pantallas perimetrales de pilotes (diámetro 0,85 m y separación entre ejes de 1,05 m) empotrados en el terreno un mínimo de 6

m. La losa de cubierta se plantea de hormigón armado, con aligeramientos de poliestireno expandido, canto máximo de 1,20 m. La losa de cubierta se encuentra apoyada de forma discontinua (cada 8 m) en pilas-pilote de diámetros respectivos 1,25 m y 2,00 m a partir de la losa de fondo (espesor 0,60 m) hasta una profundidad de 15 m. Es de aplicación entre las progresivas PK 202+951,8-203+366,8, lo que determina una longitud de aplicación de 415 m (16,3 % del total).



Sección tipo Estación en el tramo soterrado (ST-Estación).

- **ST-S6:** Finalmente, la solución constructiva ST-S6 está compuesta por dos líneas de pantallas perimetrales de pilotes de hormigón armado (de diámetro 0,85 m, separados 1,05 m. La losa de cubierta será de hormigón armado y canto 1 m y la longitud de empotramiento de los pilotes de un mínimo de 6 m. Es de aplicación entre las progresivas PK 203+560,0-204+600,0, lo que determina una longitud de aplicación de 1.040 m (40,8% del total).



Sección tipo 6 en el tramo soterrado (ST-S6).

2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO Y SITUACIONES PROVISIONALES

Tal y como se ha comentado anteriormente, para llevar a cabo la integración urbana y adaptación a altas prestaciones de la red ferroviaria de Lorca es necesario plantear un **corte de tráfico ferroviario temporal en la línea desde la estación de Lorca San Diego.**

2.2.1 Fase 0: situación actual

En esta fase 0 se refleja la situación actual: vía única en ancho ibérico sin electrificar.

En el tramo existen dos estaciones: Lorca San Diego y Lorca Sutullena.

2.2.1.1 Estación de Lorca – San Diego

En la actualidad la estación de Lorca San Diego dispone de un andén y actualmente sólo para los servicios de cercanías.

En el proyecto constructivo de plataforma del tramo Sangonera – Lorca se proyecta en Lorca San Diego un apeadero de cercanías, constituido por dos vías generales, una vía de apartado izquierda y una vía mango derecha junto al edificio de viajeros, con andenes laterales de 200 m de longitud.

2.2.1.2 Estación de Lorca - Sutullena

Los servicios ferroviarios existentes en la actualidad en la estación de Lorca Sutullena son los siguientes:

- Larga Distancia: Talgo Mare Nostrum que une la Región de Murcia con Cataluña y el sur de Francia tiene parada en la estación. El tren circula diariamente. En sentido contrario no sale de Francia y sí de Barcelona.
- Media Distancia: el servicio denominado 43 de media distancia (cubre el siguiente trayecto: Alicante - Murcia - Lorca).

- Cercanías: el tramo objeto de este estudio pertenece a la línea C-2 de Cercanías Murcia/Alicante. La frecuencia media de paso es un tren cada 60 minutos. Tres de los 16 trenes que pasan por esta estación procedentes de Murcia continúan hasta el final de la línea en Águilas, excepto en periodo estival donde Renfe Operadora aumenta el número de trenes. Existe un servicio CIVIS sentido Lorca – Murcia que sale de Lorca Sutullena a las 8:20 de la mañana.

La estación de Lorca Sutullena dispone en la actualidad de dos andenes y de dos vías de apartado.

2.2.2 Fase 1. Alternativa 1

Esta alternativa plantea vía doble de ancho UIC discurriendo en superficie en todo el tramo, aprovechando el corredor de la vía actual.

2.2.2.1 Procedimiento constructivo

Una vez cortado el tráfico ferroviario desde la estación de Lorca San Diego, se comenzarán los trabajos en el tramo de Lorca. Las actividades a llevar a cabo serán las siguientes:

- Levante de la vía actual
- Demolición andenes existentes
- Obras de tierras
 - Despeje y desbroce.
 - Desmontes.
 - Terraplenes o Pedraplenes.
 - Capa de forma.
 - Subbalasto.

- Drenaje
- Estructuras:
 - Ampliación del Paso Inferior P.K. 202+070
 - Duplicación del viaducto P.K. 202+256 - P.K. 202+340 Río Guadalentín
 - Reposición Paso Inferior P.K. 202+607
 - Reposición Pasarela peatonal P.K. 202+815
 - Ampliación Paso Inferior P.K. 203+050 (Estación de Sutullena)
 - Reposición Paso Inferior P.K. 203+320
 - Reposición Paso Inferior P.K. 203+865
 - Ampliación Paso Inferior P.K. 204+358.

- Reforma del nuevo edificio de la Estación de Sutullena y urbanización.

Las obras de la Estación de Sutullena se prevé igualmente realizarlas de una sola vez y distinguiendo cuatro fases de ejecución que podrían solaparse en algún momento.

Al tratarse de unas obras de reforma y ampliación de la estación existente, es previsible que algunos de los trabajos de las cuatro fases no sean preciso realizarse, si bien el orden y esquema general del proceso constructivo será análogo.

Tal y como se ha comentado anteriormente, la estación está constituida por dos vías generales y una vía de apartado izquierda, con dos andenes de 400 m de longitud. Cuenta con un paso inferior entre andenes, con acceso desde el edificio de viajeros. La ampliación de la estación implica reordenar el espacio urbano inmediato, modificando los viales afectados.

Los trabajos a llevar a cabo se dividen en 4 subfases:

- Subfase 1. Trabajos previos
- Subfase 2. Movimiento de tierras y estructura

La segunda subfase comprenderá el Sistema envolvente, el Sistema de Compartimentación y el Sistema de Acondicionamiento e Instalaciones.

Durante la Subfase 2 quedarán apuntaladas las losas, y se irán retirando puntales hasta dejarlos en los mínimos que permita la seguridad de la obra. Se iniciarán las obras de fábrica de elementos cerámicos. Se realizarán las particiones interiores y se realizarán las partes fijas del trazado de las instalaciones.

Resumen de unidades de obra:

Actuaciones previas

Movimiento de tierras

- Excavación y desbroce
- Excavaciones localizadas y rellenos

Estructuras

- Cimentaciones superficiales
- Cimentaciones profundas
- Muros
- Soportes y forjados
- Estructura metálica

- Subfase 3. Cerramientos, compartimentación e instalaciones.

La tercera subfase comprenderá los Sistemas de Acabados interiores y Urbanización, Viales y Aparcamientos.

Resumen de unidades de obra:

Acabados interiores

- Pavimentos
- Alicatados
- Revestimiento
- Pinturas
- Carpintería Interior

Equipos terminales de instalaciones

- Iluminación
- Sistema de información al viajero
- Telefonía y comunicaciones
- Otras instalaciones

Acabados urbanización:

- Cerramientos
- Firmes

Instalaciones de urbanización

- Drenaje
- Saneamiento y depuración
- Fontanería y redes de riego
- Electricidad
- Iluminación
- Varios

Vías y andenes

- Rellenos y bases
- Pavimentos
- Cerramientos

o Subfase 4. Acabados y urbanización.

La cuarta subfase comprenderá el Equipamiento de la estación interior y exterior y remates finales. En esta fase final, se acomete el remate de la obra y el equipamiento de la estación en interior y exterior, así como la señalética también de exterior e interior. Se colocan las últimas máquinas de instalaciones y se hace la puesta en marcha y comprobación del funcionamiento de todos los equipos.

Resumen de unidades de obra:

Equipamiento

- Señalética
- Mobiliario
- Equipamiento interior de aseos y oficinas

Equipamiento de urbanización

- Señalética
- Mobiliario urbano
- Jardinería

• Superestructura de vía con balasto en plataforma:

- o Replanteo y piqueteado: comprende las actividades necesarias para colocar la vía en su posición teórica definitiva. Abarca operaciones de topografía, de colocación de puntos de marcaje que servirán de partida para la medida del replanteo del eje de la vía.
- o Montaje de vía: engloba actividades muy dispersas y todas ellas encaminadas al montaje de la vía en su posición definitiva. Se inicia en el extendido de primera capa de balasto y abarca todas las fases de levantes y estabilizaciones sucesivas hasta la posición teórica final de la vía.

- Extendido de 1ª capa de balasto
- Montaje de vía auxiliar
- Descarga de barras largas
- Levante y traslado de vía auxiliar
- Tendido de traviesas
- Posicionado de carriles
- Bateos previos hasta primera nivelación y estabilización dinámica
- Montaje de aparatos de dilatación
- Soldaduras aluminotérmicas
- Liberación de tensiones
- Segunda nivelación de vía y estabilización dinámica

- Electrificación e instalaciones de seguridad y comunicaciones.
- Reposición de servidumbres.
- Reposición de servicios.
- Integración ambiental.
- Obras complementarias.
- Unidades de carácter preparatorio o auxiliar.
- Remates de obra.
- Limpieza general de la obra.

2.2.2.2 Estimación del plazo de ejecución

En base al proceso constructivo descrito anteriormente, se estima un plazo de ejecución de las obras de dieciocho (18) meses.

2.2.3 Fase 1. Alternativa 2

Esta alternativa plantea vía doble de ancho UIC con un tramo soterrado desde antes del río Guadalentín hasta la carretera RM-11.

2.2.3.1 Procedimiento constructivo de la Estación de Sutullena

Las obras de la Estación de Sutullena se prevé igualmente realizarlas de una sola vez y distinguiendo cuatro fases de ejecución que podrían solaparse en algún momento.

Al tratarse de unas obras de reforma y ampliación de la estación existente, es previsible que algunos de los trabajos de las cuatro fases no sean preciso realizarse, si bien el orden y esquema general del proceso constructivo será análogo.

Tal y como se ha comentado anteriormente, esta alternativa propone el soterramiento de la línea en la zona más céntrica del municipio, a lo largo de dos kilómetros y medio, entre la salida de la estación de Lorca San Diego, antes del cruce del río Guadalentín, y la carretera RM-11, prácticamente al final del trazado, o sea, incluyendo la estación de Lorca Sutullena, donde las vías y andenes estarían a la cota -9 m con respecto a la cota de superficie del terreno.

En superficie se realiza una edificación anexa del edificio actual de viajeros de la estación, situado sobre la zona cubierta de las vías, que será una ampliación del edificio, con nuevas áreas comerciales y servicios de la estación, donde además estarán los accesos con los elementos de comunicación vertical al andén.

Se debe adecuar el entorno urbano, realizando los cruces con la línea férrea en superficie, aprovechando el espacio liberado y eliminado completamente la barrera física que dificulta la expansión natural de la ciudad.

Los trabajos a llevar a cabo se dividen en 4 subfases:

- Subfase 1. Trabajos previos
- Subfase 2. Movimiento de tierras y estructura.

La segunda subfase comprenderá el Sistema envolvente, el Sistema de Compartimentación y el Sistema de Acondicionamiento e Instalaciones.

Durante la subfase 2 quedarán apuntaladas las losas, y se irán retirando puntales hasta dejarlos en los mínimos que permita la seguridad de la obra. Se iniciarán las obras de fábrica de elementos cerámicos. Se realizarán las particiones interiores y se realizará las partes fijas del trazado de las instalaciones.

Resumen de unidades de obra:

Actuaciones previas

Movimiento de tierras

- Excavación y desbroce
- Excavaciones localizadas y rellenos

Estructuras

- Cimentaciones superficiales
- Cimentaciones profundas
- Muros
- Soportes y forjados
- Estructura metálica

o Subfase 3. Cerramientos, compartimentación e instalaciones

La tercera subfase comprenderá los Sistemas de Acabados interiores y Urbanización, Viales y Aparcamientos.

Resumen de unidades de obra:

Acabados interiores

- Pavimentos
- Alicatados
- Revestimiento
- Pinturas
- Carpintería Interior

Equipos terminales de instalaciones

- Iluminación
- Sistema de información al viajero
- Telefonía y comunicaciones
- Otras instalaciones

Acabados urbanización:

- Cerramientos
- Firmes

Instalaciones de urbanización

- Drenaje
- Saneamiento y depuración
- Fontanería y redes de riego
- Electricidad
- Iluminación
- Varios

Vías y andenes

- Rellenos y bases
- Pavimentos
- Cerramientos

o Subfase 4. Acabados y urbanización

La cuarta subfase comprenderá el Equipamiento de la estación interior y exterior y remates finales. En esta fase final, se acomete el remate de la obra y el equipamiento de la estación en interior y exterior, así como la señalética también de exterior e interior. Se colocan las últimas máquinas de instalaciones y se hace la puesta en marcha y comprobación del funcionamiento de todos los equipos.

Resumen de unidades de obra:

Equipamiento

- Señalética
- Mobiliario
- Equipamiento interior de aseos y oficinas

Equipamiento de urbanización

- Señalética
- Mobiliario urbano
- Jardinería

2.2.3.2 Procedimiento constructivo del soterramiento

a) TRAMOS REALIZADOS CON PANTALLAS CONTINUAS

Las pantallas continuas de hormigón son paredes verticales construidas en paños mediante la perforación de zanjas alargadas y profundas que se mantienen abiertas, normalmente con ayuda de lodos bentoníticos, hasta el relleno posterior de hormigón (previa colocación de la armadura), formando una estructura resistente e impermeable.

Su proceso constructivo y algunos aspectos importantes del mismo se detallan en los siguientes subapartados.

1) Planificación

La ejecución debe ir precedida de una planificación del trabajo, en la que se suele optar por una ejecución por paños alternos o bien contiguos. Se debe establecer el orden de ejecución de los paños, las cotas de enrase del hormigón, el tipo de armaduras, la excavación del terreno y el desarenado del lodo, etc.

Es recomendable disponer de una superficie de terreno horizontal por encima del nivel freático, al menos 1,50 metros para la instalación de la maquinaria, y a su vez eliminar servicios enterrados o conducciones aéreas, de cara a facilitar la ejecución de los trabajos.

La pantalla se replantea situando su eje en el terreno.

2) Construcción de muros guía

Los muros guía garantizan la correcta alineación de la pantalla hormigonada, sirviendo de guía a la máquina ejecutora de la pantalla; a su vez estabilizan las paredes de la parte superior de la zanja, debido a que en ésta el lodo en constante movimiento produce una importante erosión.

La profundidad de un muro guía en general puede variar entre 0,80-1,50 m. En referencia a su espesor, éste oscila entre 0,20-0,30 m. La separación entre ambos muretes guía es ligeramente superior al ancho teórico de la pantalla. Se construyen de hormigón armado. Cuando el terreno es de pobre calidad geotécnica, se ejecuta un encofrado por ambas caras y se rellena con material en el trasdós, debidamente compactado, o bien se estabiliza con cemento.

3) Excavación: maquinaria y lodo de perforación

Para pantallas continuas de hormigón la excavación se realiza con maquinaria especial provista de cuchara para terrenos blandos o con útiles de percusión en terrenos compactos. El siguiente cuadro muestra los métodos de excavación de pantallas continuas de hormigón.

Sistema de excavación	Tipo de terreno	Características del método
Hidrofresa	Estratos duros	Reduce el tamaño del material a excavar y lo mezcla con el lodo de perforación. Luego, la mezcla es bombeada por medio de un sistema de tuberías a la planta desarenadora para ser nuevamente utilizada.
Cuchara convencional	Terrenos de mediana resistencia	Guía la cuchara por medio de cables que sirven para su izado, descenso y apertura de la misma. En las capas duras de terreno se emplea el trépano, el cual está equipado por unos dientes en su parte inferior y se acopla a la cuchara en sus laterales para ser izado y soltado. De este modo rompe la capa dura para luego extraer el terreno con la cuchara.
Pantalla convencional con preforos	Terrenos duros	Sistema de excavación combinado. Primero se realizan dos o tres preforos con pilotadora para romper columnas de terreno duro en cada módulo de pantalla para posteriormente facilitar la excavación con cuchara convencional.

Procedimientos de excavación de pantallas continuas.

A la vista del reconocimiento geotécnico y las conclusiones mostradas en el cuadro anterior, el sistema de excavación previsto para las pantallas existentes en las distintas alternativas será mediante cuchara convencional.

Las pantallas continuas de hormigón se pueden realizar por paños o módulos (alternos o contiguos) de longitud limitada, dependiendo de las herramientas de entre 3-5 metros de ancho de batache o módulo, incluso 6 m y de espesores de 0.45-1.0 m (tal y como se define en los Planos del Estudio, las pantallas continuas presentes en los tramos

analizados son de espesor 1 m). En cuanto a las profundidades, dependen de la maquinaria específica puesta a disposición de la obra, pero en general la mayoría de estas pantallas se encuentran entre los 10-40 metros de profundidad, aunque pueden ejecutarse incluso de mayores profundidades acudiendo a la hidrofresa.

Para estabilizar las paredes de la excavación hasta el momento del hormigonado, el material extraído se va reemplazando por un lodo tixotrópico formado por una mezcla de bentonita y agua (aproximadamente 50 kg de bentonita por cada m³ de agua), el cual debe encontrarse siempre al nivel de los muros guía. La bentonita mantiene estables las paredes de la excavación evitando su derrumbe y no se mezcla con el agua, por lo que no permite su entrada por debajo del nivel freático.

Terminada la perforación, y previo a la construcción de los paneles, se procede a la limpieza del fondo de la excavación extrayendo todo material suelto.

Los **rendimientos medios** esperables con este tipo de equipos pueden situarse en los siguientes rangos:

- Pantallas de 0,80 m de espesor y 15 m de profundidad: **600 m²/semana** (por equipo).
- Pantallas de 1,0 m de espesor y 35 m de profundidad: **300 m²/semana** (por equipo).

b) **TRAMOS REALIZADOS CON PANTALLAS DE PILOTES**

Las pantallas de pilotes son elementos estructurales flexibles utilizados para la contención de terrenos, consistente en disponer pilotes (generalmente perforados) equidistanciados entre sí, y suficientemente próximos, de forma tal que se forme en el trasdós un arco de descarga. La tipología de pantallas con pilotes representa, cada vez en mayor medida, una solución muy competitiva, gracias al desarrollo de la tecnología de la maquinaria, que ha aumentado su potencia y versatilidad, alcanzándose rendimientos muy altos que repercuten directamente en el precio unitario de esta unidad, así como en la optimización de los plazos de construcción, aspecto éste último especialmente interesante en zonas urbanas o con afecciones importantes a servicios.

Además de las razones de plazo y coste mencionadas, una motivación añadida es la reducción en las necesidades de ocupación de espacio, aspecto de especial interés al construir en zonas urbanas o en sótanos de edificios.

La dificultad aumenta cuando el solar o los accesos son tan pequeños que difícilmente una grúa de cadenas (las utilizadas para las pantallas continuas) entran en él. Si además el subsuelo es complicado por existir cuevas, galerías, cimentaciones antiguas, la opción de pilotes se decanta como la única posible.

Los pilotes que se utilizan para ejecutar las pantallas son normalmente in situ, y se ejecutan igual que los pilotes para cimentación, pero en el caso de pantallas hay que tener en cuenta ciertas consideraciones, como por ejemplo la verticalidad y excentricidad, o el hecho de que el modo de trabajo principal en este tipo de elementos es el de flexión.

En el criterio de elección del tipo de pilote intervienen varias variables no cuantitativas como son el terreno, el espacio disponible para la maquinaria, el diámetro del pilote, su longitud, la existencia de agua, etc. El parámetro más determinante es el terreno. Para elegir el tipo de pilote hay que considerar estas variables globalmente, apoyándose en un Estudio Geotécnico solvente y en la experiencia de técnicos especializados en esta disciplina.

Cuando existen dudas razonables y/o cuando la cantidad de pilotes es suficiente para amortizar la inversión, resulta de gran interés ejecutar un pilote de prueba para valorar la idoneidad del procedimiento constructivo, es decir, perforar el terreno en varios sitios con una pilotadora analizando el terreno y su estabilidad.

Las distintas tipologías de pilotes responden básicamente al hecho de que el terreno sea estable o no a la perforación. Si el terreno es estable podrá ejecutarse el pilote "ideal" (es decir, el pilote más económico y con mayores garantías de calidad en cuanto a ejecución), si por el contrario el terreno no es estable a la perforación habrá que recurrir a algún método que permita perforar, armar y hormigonar conteniendo las paredes de la perforación; con entubación o con lodos estabilizadores o un sistema mixto con entubación y lodos. Estos últimos métodos suponen incrementar la complejidad de la ejecución, con

su correspondiente repercusión en el precio. También puede valorarse el uso de barrena continua, con ciertas limitaciones.

Los tipos de pilotes que se emplean habitualmente son los siguientes:

- Pilotes perforados en terreno estable.
- Pilotes con entubación recuperable.
- Pilotes con lodos estabilizadores.
- Pilotes con barrena continua.

En los siguientes apartados se describen los aspectos más determinantes de cada una de estas tipologías constructivas.

PILOTES PERFORADOS EN TERRENO ESTABLE

Este tipo de pilotes consisten en perforar con una barrena o hélice el terreno, el cual permanecerá estable gracias a su cohesión interna y ángulo de rozamiento. Una vez terminada la perforación se introduce la armadura en toda la longitud del pilote, dejándola suspendida y centrada en la perforación hasta la finalización del hormigonado. Cabe destacar que si la armadura se apoya en el fondo es muy probable que toque las paredes de la perforación y por lo tanto no pueda asegurarse el recubrimiento que exige la normativa tanto lateral como inferior.

Las barras y los cercos que constituyen la armadura deben formar una jaula lo más rígida posible para favorecer la puesta en obra. El hormigón se introduce en el pilote con tubo tremie (ver foto adjunta), el cual penetra hasta el fondo con la misión de evitar la segregación del hormigón. Durante el hormigonado el tubo tremie debe permanecer sumergido en la masa del hormigón fresco. Además el hormigonado debe ser un proceso continuo. La trabajabilidad del hormigón ha de ser fluida o líquida para favorecer la circulación a través del tubo tremie. Normalmente este tipo de pilotes se ejecutan en terrenos en los que no existe influencia de agua. Es habitual que la presencia de nivel freático desestabilice el terreno y sea necesario recurrir a otra tipología de pilotes, las

cuales se abordan en los siguientes apartados, pero puede darse el caso en el que a pesar del agua el terreno sea estable. En estos casos el pilote se perfora utilizando un cazo o bucket (ver foto adjunta) y se hormigona teniendo en cuenta que se hace bajo agua, con las precauciones que han de adoptarse en tal caso, y que se explicarán en la tipología de hormigonado con lodos.

Esta tipología de pilote es la óptima para cualquier obra, ya que es fácil de ejecutar, rápida, y por lo tanto económica, permitiendo además controlar la verticalidad durante la perforación y su corrección si se considera necesario. Además, permite tanto introducir la armadura en toda la longitud del pilote como perforar cualquier terreno, por muy competente que sea su naturaleza (incluso cimentaciones enterradas antiguas tan frecuentes en obras de edificación en el interior de las ciudades).

El rango de diámetros utilizados depende de la máquina perforadora, para obras de edificación (maquinaria de tamaño reducido) este rango oscila entre 450 mm y 1000 mm, para obras civiles existen máquinas que pueden llegar a perforar pilotes de hasta 3 metros de diámetro.

Los **rendimientos medios** que se pueden alcanzar son altos, si el terreno es arenoso-arcilloso **de 250 a 300 ml/día** y no existen limitaciones de espacio para el movimiento de la maquinaria, tal y como puede apreciarse en la figura adjunta.

En los siguientes apartados se describen las distintas tipologías que se emplean cuando el terreno es inestable, la elección de uno u otro tipo dependerá principalmente de la profundidad a la que aparece la capa de terreno inestable y de la potencia de dicha capa.



Hormigonado de pilotes con tubo tremie.



Ejemplo de cazo o bucket utilizado para perforar pilotes.



Ejemplo de operatividad de equipos de ejecución de pilotes.

PILOTES CON ENTUBACIÓN RECUPERABLE

Esta metodología constructiva consiste en introducir un tubo metálico (llamado también camisa) que permita la contención de las paredes inestables de la perforación. La longitud de la camisa debe cubrir la capa inestable y empotrar en la capa estable, y continuar con la perforación en la capa estable hasta alcanzar la profundidad de cálculo. Existen dos modalidades de encamisados: los encamisados de pieza única y los encamisados con tramos empalmables. Los rendimientos alcanzados con los primeros son por lo general mucho mayores que los rendimientos de los encamisados empalmables.

La longitud de la camisa debe ser tal que permita cubrir la capa inestable. La longitud máxima de esta pieza para ejecutarse como tramo único depende de la capacidad de la máquina para manipularla y de la potencia necesaria para vencer el rozamiento entre el terreno y la camisa.

El proceso general de ejecución para los pilotes encamisados es el siguiente:

- Inicialmente se introduce la camisa con la máquina perforadora hasta agotar el par de la maquinaria. A continuación se perfora por el interior de la camisa hasta alcanzar la profundidad definitiva.
- Una vez finalizada la excavación se introduce la armadura dejándola suspendida hasta que se haya terminado de hormigonar. El hormigonado se realiza por el interior de la armadura utilizando un tubo tremie, hormigonando hasta una cota superior a la cota final de hormigonado (parte de ese hormigón en exceso ocupará el espacio dejado por la entubación cuando ésta se retire).
- Finalmente se realiza la extracción de la tubería, procurando no dar tirones que arrastren hacia arriba el hormigón y la armadura.

Los **rendimientos** de ejecución de estos pilotes dependen de la longitud de la camisa y de la potencia de la capa inestable, como ejemplo se puede decir que para pilotes con camisas de 6 metros de longitud y 550 mm de diámetro, y sin problemas de espacio, se pueden obtener de **100 a 150 metros diarios**.

La gama de diámetros que se pueden ejecutar son los mismos que los del anterior epígrafe, pero son más utilizados en pilotes de pequeño diámetro, habitualmente utilizados en edificación (450 mm a 850 mm).

Los pilotes encamisados con tramos empalmables se utilizan habitualmente con pilotes de diámetro superior a 850 mm. Los empalmes de estas camisas son atornillados, lo que repercute en el rendimiento, penalizándolo considerablemente. Las camisas utilizadas tienen un espesor mayor que las de pieza única debido a que estas normalmente soportan mayores esfuerzos torsores.

El terreno en este tipo de pilote no es tan determinante (ni la profundidad de la capa inestable, ni su potencia), pues se puede introducir la camisa de la longitud que sea necesaria con solo ir empalmando tramos. Introducida la armadura, se procede al hormigonado y a la extracción de la camisa, teniendo en cuenta que ambas actividades se ejecutan a la vez.

PILOTES CON LODOS ESTABILIZADORES

Esta tipología constructiva utiliza para contener las paredes del terreno lodos durante la fase de perforación. Normalmente se plantea en terrenos en los que la capa inestable está en el fondo de la perforación, o cuando toda la perforación es inestable.

Los lodos utilizados tienen una densidad superior a la del agua, por lo que teniendo en cuenta que se realiza el vertido a medida que se perfora el pilote, se establece una presión hidrostática superior en el interior de la perforación que impide que las paredes del terreno se desmoronen.

Este tipo de terreno no se puede perforar con hélice o barrena ya que el detritus desecho, e impregnado de lodo, resbala por la hélice. Para extraer el terreno perforado se utiliza como herramienta el cazo o bucket mostrado con anterioridad.

Cuando se ejecutan pilotes con lodos se introduce una camisa corta de 3 o 4 metros (emboquillado) en la parte superior. El vertido del lodo ha de realizarse continuamente durante la perforación, y el nivel del lodo no debe bajar de la cota inferior del emboquillado,

ya que si baja, parte del terreno no cubierto por la camisa impregnado de lodo se desmoronará hacia el interior de la perforación.

Terminada la perforación se introducirá la armadura dejándola suspendida, para controlar su centrado y su recubrimiento inferior. Durante la perforación, para evitar la contaminación del lodo con los finos del detritus generados con el movimiento de las herramientas, deben ser eliminados renovando el lodo de perforación, haciéndolos pasar por tamices o ciclones. En este sentido cabe mencionar que la normativa UNE-EN 1536 establece que el lodo antes de hormigonar debe tener menos del 4 % de contenido de arena.

El hormigonado se realizará con tubo tremie, al ser un hormigonado sumergido se debe colocar un tapón que evite que el primer hormigón vertido se lave con el lodo existente en el tubo tremie. Al mismo tiempo que se hormigona se va retirando el lodo desplazado que se llevará a un depósito para su reutilización durante la ejecución de otro pilote.

Los diámetros de pilotes recomendables para esta tipología van desde 650 mm en adelante, diámetros más pequeños con lodos son difíciles de ejecutar, por la succión que las herramientas de perforación producen debajo de estas, las cuales desmoronan el terreno.

Un **rendimiento medio** para pilotes de 850 o 1000 mm, puede ser de **100 a 150 metros /día**.

PILOTES CON BARRENA CONTINUA

Consisten en introducir una barrena hueca por rotación en el terreno, cuya longitud es idéntica a la del pilote. Durante la perforación no se extrae terreno. Una vez alcanzada la profundidad de proyecto se introduce el hormigón por el interior de la barrena con una bomba, el hormigón sustituye a la barrena y al terreno de forma que el pilote nunca está vacío.

Una vez finalizado el hormigonado se introduce la armadura. Este método tiene ciertas limitaciones:

Al utilizarse una barrena hueca la capacidad de empuje vertical es limitada, pudiendo resultar insuficiente cuando aparece una cimentación antigua o un sustrato muy compacto. Además, en terrenos con estratos inclinados y de diferente compacidad relativa es muy probable que la barrena se desvíe siguiendo los estratos más blandos (esto es un inconveniente si los pilotes son para pantallas, ya que en estos casos la verticalidad debe ser máxima).

Este método de ejecución es bueno cuando el terreno es blando o poco compacto, cuando es uniforme y la longitud de la armadura a introducir no es excesiva. Los rendimientos dependen de la compacidad del terreno pero pueden obtenerse **rendimientos de 300 metros diarios en pilotes de 350 a 550 mm** sin problemas de espacio para el movimiento de la maquinaria.

c) CRUCE DEL CAUCE DEL RÍO GUADALENTÍN

La solución propuesta para el tramo soterrado exige el cruce, transversalmente, del río Guadalentín con las dos líneas de pantallas (ST-CAUCE). El procedimiento constructivo planteado para resolver este punto singular del soterramiento es el siguiente:

Fase I: Construcción de los tramos de pantallas anexas al cauce:

Consiste en la ejecución preliminar de un mínimo de 20 m de los tramos de pantallas existentes en las inmediaciones del cauce, tal y como se muestra en la figura adjunta.

Fase II: Construcción de la losa superior de los tramos de pantallas anexas al cauce:

Una vez finalizada la construcción de las pantallas descritas en la Fase I se materializará la ejecución de la losa superior de arriostramiento de estos tramos, tal y como se esquematiza en la figura adjunta.

Fase III: Construcción de una ataguía de tierras:

El objetivo para poder invadir el cauce en condiciones seguras es dividir el trabajo en dos fases, configurando una ataguía de tierras que permita el desvío de una posible avenida de aguas, aproximadamente por la mitad del cauce, tal y como se muestra en la figura

adjunta. Siguiendo las indicaciones del Anejo Geotécnico, el cauce del río Guadalentín se encuentra seco, transportando agua exclusivamente en época de lluvias. Este aspecto facilita la actuación, ya que además se podrá contar con el margen de reacción ofrecido por las predicciones meteorológicas para organizar adecuadamente la invasión y desvío del cauce. Por otra parte cabe destacar su anchura; unos 60 m, distancia suficiente para plantear dicha actuación en dos partes.

Fase IV: Posicionamiento de equipos de trabajo en el cauce:

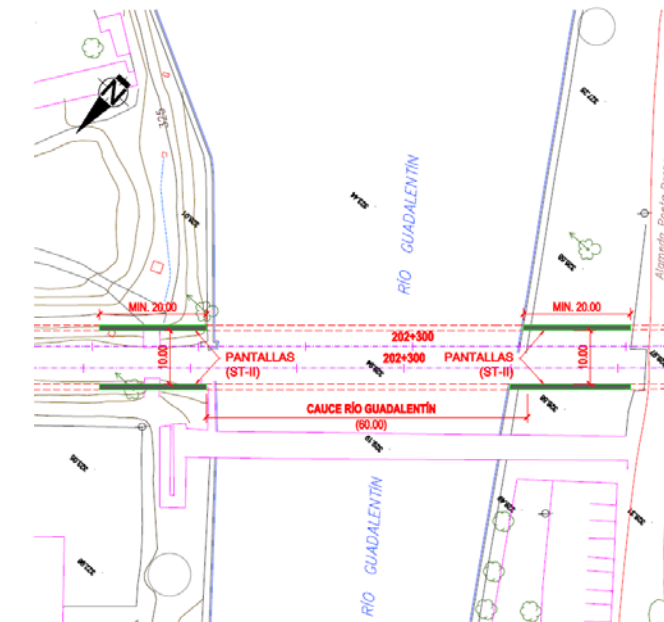
Una vez asegurada una zona de trabajo protegida de la influencia del agua deberán posicionarse los equipos de trabajo en el cauce. Para ello podría aprovecharse el núcleo de tierras de la ataguía como rampa de acceso, según el esquema mostrado en la figura adjunta.

Fase V: Ejecución de pantallas en la zona de trabajo habilitada en el cauce:

Se ejecutarán las dos líneas de pantalla en los tramos de cauce habilitados como zona sin agua por la ataguía de tierras, tal y como se representa en el esquema incluido en la figura adjunta.

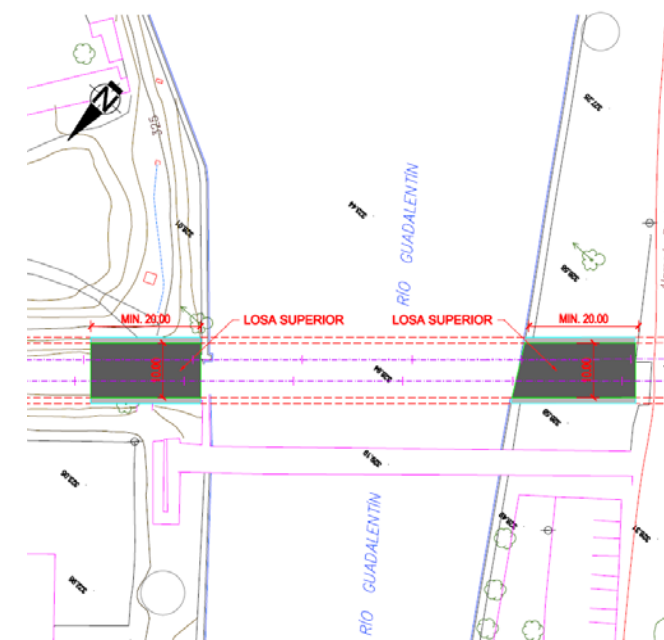
Fase VI: Ejecución de la losa superior y muro lateral de protección del cauce en los tramos de pantallas situados en la zona de trabajo habilitada en el cauce:

Tal y como puede apreciarse en el esquema de la figura adjunta, tras la ejecución de las pantallas se construirá la losa de cerramiento superior y sobre ésta el muro lateral de protección del cauce, el cual irá anclado en cabeza a la losa superior de los tramos de pantallas anexos al río Guadalentín.



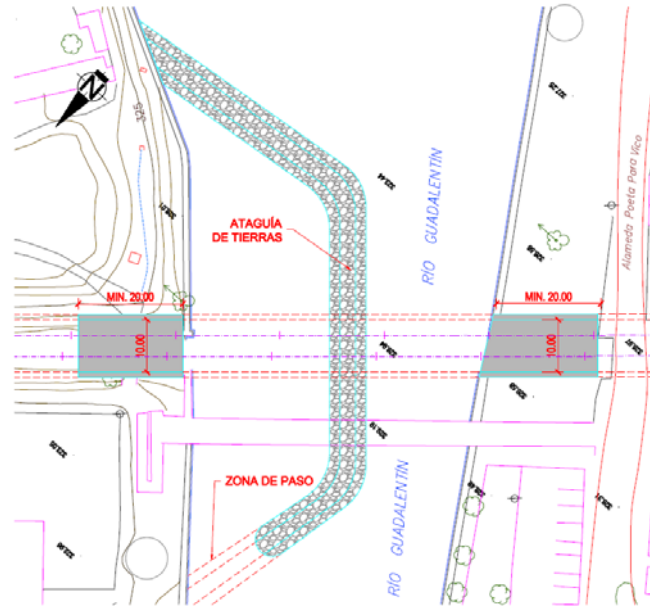
Proceso constructivo para el cruce del cauce del río Guadalentín.

Fase I.

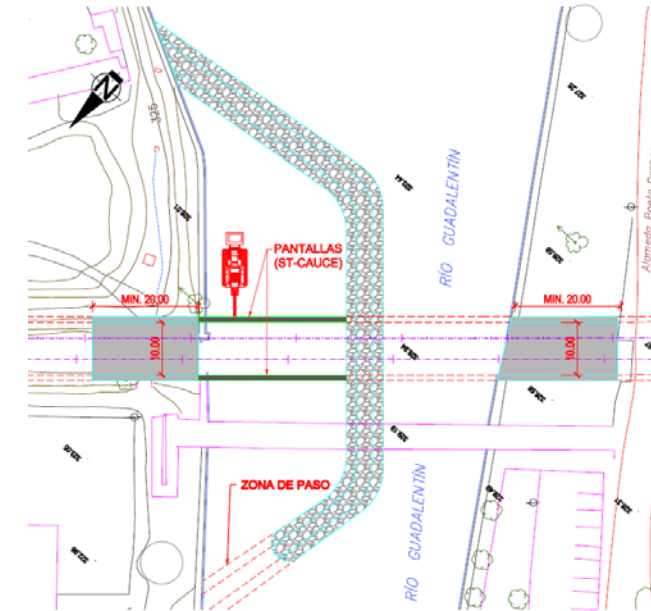


Proceso constructivo para el cruce del cauce del río Guadalentín.

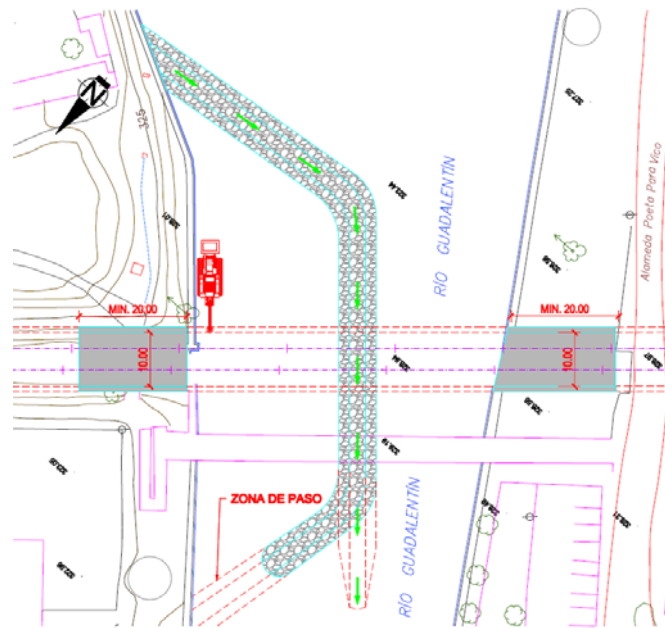
Fase II.



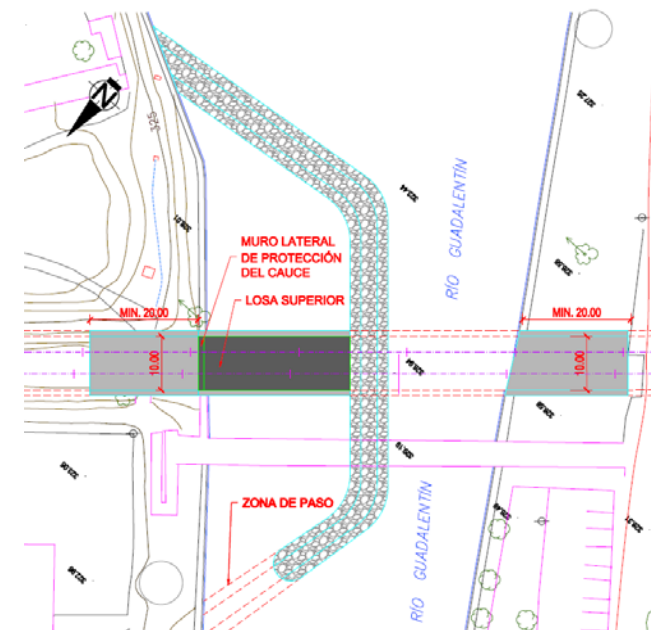
Proceso constructivo para el cruce del cauce del río Guadalentín.
Fase III.



Proceso constructivo para el cruce del cauce del río Guadalentín.
Fase V.



Proceso constructivo para el cruce del cauce del río Guadalentín.
Fase IV.



Proceso constructivo para el cruce del cauce del río Guadalentín.
Fase VI.

Fase VII: Modificación de la ataguía de tierras para trabajar en el resto del cauce:

Para ejecutar los tramos de pantallas correspondientes al área del cauce habilitada como zona de desvío, debe modificarse previamente la ataguía de tierras, de tal forma que se asegure una zona de trabajo segura y libre de agua ante una posible avenida.

Las siguientes fases seguirán el orden natural ya definido para el primer tajo habilitado en el cauce, hasta la completa ejecución de las pantallas, losas y muros, tras lo cual se retirará la ataguía, restaurando las condiciones del cauce y retirando los equipos de trabajo utilizados.

La excavación y ejecución de los distintos niveles intermedios del recinto situado entre las pantallas se realizarán en subterráneo.

d) SECUENCIA CONSTRUCTIVA

Excavación entre pantallas descendente-ascendente

El primero de los posibles métodos de realizar un soterramiento entre pantallas consiste en, una vez construidas las mismas, ir vaciando el espacio entre ellas hasta llegar a la zona de la losa de fondo o contrabóveda, para, una vez ejecutada, proceder de forma ascendente construyendo las sucesivas plantas, losas o bóvedas; terminando con la cubrición de tierras.

Esta manera de proceder tiene la ventaja de tener accesibles los tajos desde la cabeza de las pantallas, pudiéndose emplear grúas fijas o automotrices con facilidad.

Sin embargo, hace trabajar en voladizo a las pantallas, lo que obliga a hacer apeos intermedios para limitar las deformaciones en cabeza y los esfuerzos de flexión. Además, suponen una mayor afección en superficie.

Para reducir los esfuerzos en flexión derivados del trabajo en voladizo, las principales posibilidades constructivas son:

a) Pantalla en voladizo con bermas

Es una solución provisional. En este sistema de bermas se deja un espaldón de tierras adosado provisionalmente al paramento de la pantalla, que se retira una vez se construyen los pilares interiores y los forjados que servirán de apoyo; o bien una vez se procede al anclaje o arriostamiento de los distintos paños de pantalla. De este modo, se puede reducir la altura de la ménsula excavando parcialmente, dejando una pequeña berma de tierras de altura inferior a la cota del forjado o de anclaje, quedando la pantalla con un voladizo menor.

La dimensión en planta de la berma de tierras debe proporcionar suficiente resistencia por empuje pasivo pero debe permitir la construcción del forjado. En la siguiente figura se muestra una pantalla resuelta en la esquina mediante bermas provisionales.



Pantalla acodalada con berma de tierras.

b) Estampidores

El efecto descrito anteriormente también se puede lograr disponiendo apeos horizontales que transfieran los empujes de la pantalla a la estructura opuesta.

Se apea la pantalla en uno o varios niveles, de modo que los momentos flectores resultantes y los desplazamientos, tanto verticales (asientos en superficie) como horizontales, sean mucho menores, con el consiguiente abaratamiento del coste de la longitud final de la pantalla, en su espesor y en la armadura de refuerzo empleada.

Estos dispositivos se van instalando a medida que el vaciado de la excavación progresa. Han de ser muy rígidos para limitar los movimientos de la pantalla (vigas doble T o rectangulares de hormigón de gran canto, tubos de 350 a 700 mm de diámetro o celosías metálicas).

A medida que se procede a arriostrar las pantallas con elementos definitivos (losas de cerramiento o forjados) se puede prescindir de los estampidores y reutilizarse.

La principal desventaja de estos elementos es que impiden el acceso y movilidad en el tajo.

c) Pantalla anclada

Para eliminar esos problemas de acceso y movilidad pueden emplearse anclajes, tal y como ilustra la siguiente figura.

Las desventajas que presentan estos elementos son, en el caso de anclajes provisionales, el gasto suplementario que proporcionan, puesto que una vez finalizada la obra deben destesarse y retirarse. Los anclajes de tipo permanente deben ejecutarse con una protección contra la corrosión que asegure su funcionamiento a lo largo de su vida útil.

Debe tenerse en consideración el efecto negativo que pueden generar los anclajes en zonas urbanas, con cimentaciones de otras edificaciones en las proximidades de la obra, las cuales en muchos casos pueden impedir su uso.

Otra desventaja es la efectividad en los terrenos blandos, que obliga a una serie de ensayos previos de investigación y adecuación.

Los anclajes están formados por cables o barras de acero que se introducen en el terreno mediante perforaciones, ancladas al terreno por medio de inyecciones de lechada de cemento. En el extremo exterior, se tesan y fijan a la estructura cuya estabilidad se pretende mejorar por medio de cuñas o tuercas y placas metálicas. Trabajan a tracción y permiten mejorar las condiciones de equilibrio horizontal de la pantalla.

Un anclaje tiene dos partes. La zona libre que es fundamental para el correcto funcionamiento del anclaje y debe tener una longitud mínima de 5 metros, con objeto de que el esfuerzo aplicado se vea poco afectado por los posibles desplazamientos de la cabeza respecto a la zona de anclaje; y por otra parte, la zona de bulbo, que corresponde a la parte encargada de transmitir los esfuerzos al terreno.



Pantalla con anclajes provisionales.

Excavación entre pantallas descendente

Una variante de la anterior es, una vez que se llega a la cota de la losa de cubrición o bóveda, se construye ésta utilizando el propio terreno como encofrado perdido, actuando así como elemento de arriostamiento transversal. Si el nivel de la losa es inferior al de la calle, una vez fraguada ésta, se rellena de tierras la excavación y se liberan los terrenos. A partir de este punto se continúa la excavación en mina.

Si el nivel de la losa es el de la calle, se restituye la urbanización y los pavimentos y se procede, igual, en subterráneo. Este será el procedimiento utilizado en el soterramiento, ya que al discurrir por entorno urbano cobra especial importancia restituir las condiciones existentes en superficie a la mayor brevedad.

Para las distintas secciones tipo consideradas en este trabajo, incluyendo la estación subterránea, los forjados deben servir como apoyo definitivo de las pantallas, disminuyendo la luz a flexión vertical de las mismas. Los forjados de hormigón poseen una elevada capacidad de trabajo a flexión compuesta, limitando fuertemente la deformación de la pantalla.

En este caso, a la vez que se construyen las pantallas, se ejecutan las cimentaciones de los pilares desde superficie (pilas-pilote) si es que existen. A partir de este punto, el avance de la obra se realiza en sentido ascendente, arriostrando las pantallas mediante la estructura de pilares y cualquier nivel intermedio.

Por el contexto de la obra y el conjunto de razones expuestas este será el procedimiento constructivo adoptado para ejecutar el soterramiento.

2.2.3.3 Resto de actuaciones

El resto de actividades a llevar a cabo serán las siguientes:

- Levante de la vía actual
- Obras de tierras

- Despeje y desbroce.
- Desmontes.
- Terraplenes o Pedraplenes.
- Capa de forma.
- Subbalasto.
- Drenaje
- Estructuras:
- Superestructura de vía en placa en soterramiento

El proceso de ejecución de la vía en placa Rheda 2000 ofrece dos posibilidades de montaje: bien mediante la colocación de traviesas individuales, de armaduras y carril o bien mediante la colocación de tramos premontados mediante una TLM (track lying machine). Esta segunda opción corresponde a un concepto de montaje encaminado a tramos largos y altas producciones; en el presente proyecto se ha utilizado la primera opción.

El proceso de ejecución se divide en distintas fases que se describen a continuación.

- Trabajos previos: topografía, drenaje, etc.
- Ejecución de la vía en placa:
 - Acopio de materiales
 - Ejecución de la capa base
 - Posicionamiento de traviesas
 - Colocación de carril de construcción
 - Armado longitudinal interior de la losa
 - Montaje de los husillos de nivelación

- Primera alineación y nivelación del emparrillado de vía
 - Terminación del emparrillado de vía
 - Segunda nivelación y alineación del emparrillado de vía
 - Hormigonado de la losa de la vía en placa
 - Trabajos finales
- Superestructura de vía con balasto en plataforma:
 - Replanteo y piqueteado: comprende las actividades necesarias para colocar la vía en su posición teórica definitiva. Abarca operaciones de topografía, de colocación de puntos de marcaje que servirán de partida para la medida del replanteo del eje de la vía.
 - Montaje de vía: engloba actividades muy dispersas y todas ellas encaminadas al montaje de la vía en su posición definitiva. Se inicia en el extendido de primera capa de balasto y abarca todas las fases de levantes y estabilizaciones sucesivas hasta la posición teórica final de la vía.
 - Extendido de 1ª capa de balasto
 - Montaje de vía auxiliar
 - Descarga de barras largas
 - Levante y traslado de vía auxiliar
 - Tendido de traviesas
 - Posicionado de carriles
 - Bateos previos hasta primera nivelación y estabilización dinámica
 - Montaje de aparatos de dilatación
 - Soldaduras aluminotérmicas
 - Liberación de tensiones
 - Segunda nivelación de vía y estabilización dinámica
- Electrificación e instalaciones de seguridad y comunicaciones
 - Reposición de servidumbres.

- Reposición de servicios.
- Integración ambiental.
- Obras complementarias.
- Unidades de carácter preparatorio o auxiliar.
- Remates de obra.
- Limpieza general de la obra.

2.2.3.4 Estimación del plazo de ejecución

En base al proceso constructivo descrito anteriormente, se estima un plazo de ejecución de las obras del soterramiento de treinta (30) meses y un plazo total de las obras de cuarenta y dos (42) meses.