

ANEJO Nº 15. ESTRUCTURAS Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

TÍTULO
ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN SUR DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID

DOCUMENTO
ANEJO Nº 15. ESTRUCTURAS Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

CONTROL DE EDICIONES		
VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIONES
1.0	10/09/2025	1ª Edición
2.0	17/10/2025	2ª Edición (Tras Supervisión)
3.0		

ANEJO Nº 15. ESTRUCTURAS Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	1
2	NORMATIVA DE APLICACIÓN	1
3	MATERIALES	1
4	ACCIONES	2
4.1	ACCIONES PERMANENTES.....	2
4.1.1	Acciones permanentes de valor constante (G_k)	2
4.1.2	Acciones permanentes de valor no constante (G^*).....	2
4.2	ACCIONES VARIABLES	2
4.2.1	Sobrecargas de uso y mantenimiento (Q_k)	2
4.2.2	Acciones climáticas (Q_k)	3
4.3	ACCIONES ACCIDENTALES	3
5	COMBINACIÓN DE ACCIONES	3
5.1	ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (E.L.U.).....	3
5.2	ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (E.L.S.).....	3
5.3	COEFICIENTES DE SEGURIDAD Y SIMULTANEIDAD	4
6	GEOTECNIA	5
7	ESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES.....	6
7.1	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES	6
7.1.1	Recintos entre pantallas	6
7.1.2	Losas interiores y cubierta.....	8
7.1.3	Solera y contrabóveda.....	8
7.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES.....	8

7.2.1	Nueva estación de Aviación Española	8
7.2.2	Nueva estación de Cuatro Vientos	9
7.2.3	Nueva estación de Cuatro Vientos	10
8	ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN	11
8.1	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN	11
8.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN	12
9	ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE BOMBEO	14
9.1	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE BOMBEO	14
9.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE BOMBEO	15
10	ESTRUCTURA DE LAS SALIDAS DE EMERGENCIA	16
10.1	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LAS SALIDAS DE EMERGENCIA	16
10.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LAS SALIDAS DE EMERGENCIA	16
11	POZOS DE LA TUNELADORA	19
11.1	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE LA TUNELADORA	19
11.1.1	Pozo de Introducción	19
11.1.2	Pozo de extracción	20
11.2	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	21
11.2.1	Pozo de Introducción	21
11.2.2	Pozo de extracción	21
12	TÚNEL ENTRE PANTALLAS (CUT & COVER)	23
12.1	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	23

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 - ESQUEMA GENERAL DE EJECUCIÓN DE MUROS PANTALLA (FUENTE: SOLETANCHE BACHY)	7
ILUSTRACIÓN 2 - INTRODUCCIÓN DE JAULA DE ARMADURA EN PANEL DE MURO PANTALLA	7
ILUSTRACIÓN 3 - ESQUEMA RECINTO DE PANTALLAS, PILAS-PILOTE Y LOSAS	7
ILUSTRACIÓN 4 - ESTACIONES DE AVIACIÓN ESPAÑOLA - PLANTA	8
ILUSTRACIÓN 5 - ESTACIONES DE AVIACIÓN ESPAÑOLA – SECCIÓN Y CONEXIÓN	9
ILUSTRACIÓN 6 - ESTACIONES DE CUATRO VIENTOS (ALTERNATIVA 2) - PLANTA	9
ILUSTRACIÓN 7 - NUEVA ESTACIÓN DE CUATRO VIENTOS (ALTERNATIVA 2) - SECCIÓN	10
ILUSTRACIÓN 8 - CAJÓN HINCADO BAJO LÍNEA FERROVIARIA (FUENTE: PETRUCCO)	10
ILUSTRACIÓN 9 - ESTACIONES DE CUATRO VIENTOS (ALTERNATIVA 3) - PLANTA	10
ILUSTRACIÓN 10 - NUEVA ESTACIONES DE CUATRO VIENTOS (ALTERNATIVA 3) - SECCIÓN	11
ILUSTRACIÓN 11 - CONSTRUCCIÓN DE POZO DE VENTILACIÓN MEDIANTE ANILLOS SUCESIVOS	12
ILUSTRACIÓN 12 - SECCIÓN TIPO DE POZO DE VENTILACIÓN POR ANILLOS SUCESIVOS (ALT-1)	13
ILUSTRACIÓN 13 - ESQUEMA TIPO DE PILOTES SECANTES	14
ILUSTRACIÓN 14 - CONSTRUCCIÓN DE POZO DE BOMBEO MEDIANTE PILOTES SECANTES	14
ILUSTRACIÓN 15 - SECCIÓN TIPO DE POZO DE BOMBEO MEDIANTE PILOTES SECANTES (ALT-2)	15
ILUSTRACIÓN 16 - CONSTRUCCIÓN DE SALIDA DE EMERGENCIA MEDIANTE ANILLOS SUCESIVOS	16
ILUSTRACIÓN 17 -	18
ILUSTRACIÓN 18 - ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE SALIDAS DE EMERGENCIA EN TÚNEL DE METRO	18
ILUSTRACIÓN 19 - SECCIÓN DE POZO DE INTRODUCCIÓN. FUENTE HERRENKNECHT	19
ILUSTRACIÓN 20 - ESTRUCTURA DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE	19
ILUSTRACIÓN 21 - LOCALIZACIÓN DEL POZO DE EXTRACCIÓN DE ALTERNATIVA	20
ILUSTRACIÓN 22 - POZO DE EXTRACCIÓN DE ALTERNATIVA 3	20

ILUSTRACIÓN 23 - PILOTES SIN ARMADO EN FRENTE DE AVANCE	20
---	----

ILUSTRACIÓN 24 - CROQUIS DE SECCIÓN DE ESCUDO DE TUNELADORA E.P.B.	21
---	----

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 - Coeficientes parciales de seguridad (Y) para las acciones	4
---	---

TABLA 2 - Coeficientes de simultaneidad (Ψ)	4
--	---

TABLA 3 - Niveles nueva estación de aviación española	8
---	---

TABLA 4 - Niveles nueva estación de Cuatro Vientos	9
--	---

TABLA 5 - Niveles nueva estación de Cuatro Vientos	10
--	----

TABLA 6 - Alternativa 1 – Pozos de ventilación	12
--	----

TABLA 7 - Alternativa 2 – Pozos de ventilación	12
--	----

TABLA 8 - Alternativa 3 – Pozos de ventilación	12
--	----

TABLA 9 - Alternativa 1 – Pozos de bombeo	15
---	----

TABLA 10 - Alternativa 2 – Pozos de bombeo	15
--	----

TABLA 11 - Alternativa 3 – Pozos de bombeo	15
--	----

TABLA 12 - Alternativa 1 – Salidas de emergencia.....	17
---	----

TABLA 13 - Alternativa 2 – Salidas de emergencia.....	17
---	----

TABLA 14 - Alternativa 3 – Salidas de emergencia.....	17
---	----

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente documento forma parte del Estudio Informativo de Ampliación Sur de la Línea 11 del Metro de Madrid.

Este anejo 15 dedicado a Estructuras y Métodos Constructivos se redacta con el objetivo de esbozar las dimensiones básicas de las diferentes estructuras que forman parte del Estudio Informativo. En este se incluye la descripción y definición de las bases de diseño de la estructura de las nuevas estaciones propuestas, así como de los diferentes pozos, salidas de emergencia y tramos de túnel a ejecutar entre pantallas en cada alternativa, de manera que se garantice la seguridad, estabilidad y durabilidad de las estructuras.

Las estructuras incluidas en el presente anejo son las siguientes:

- Nueva estación de Aviación Española [REDACTED]
- Nueva estación de Cuatro Vientos [REDACTED]
- Nueva estación de Cuatro Vientos [REDACTED]
- Pozos de ventilación
- Pozos de bombeo
- Salidas de emergencia
- Pozo de introducción de la tuneladora [REDACTED]
- Pozo de extracción de la tuneladora [REDACTED]
- Ramal Cocheras
- Túnel entre pozos de introducción de inicio de trazado [REDACTED]

2 NORMATIVA DE APLICACIÓN

En el desarrollo del proyecto de estas estructuras se utilizará la siguiente normativa principal:

- Código Estructural (CE)
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)
- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril (IAPF-07)
- Instrucción de acciones a considerar en el diseño de puentes de carretera (IAP-11)
- Guía de cimentaciones en obras de carretera

3 MATERIALES

Los materiales previstos para la ejecución de las diferentes estructuras serán:

Hormigón

- Hormigón de limpieza HL-200/P/20
- Hormigón armado en elementos en contacto con el terreno: HA-30/F/20/XA1
- Hormigón armado en pantallas y pilotes: HA-35/F/20/XA1
- Hormigón armado en elementos interiores: HA-30/B/20/XC1
- Hormigón de túnel mediante tuneladora (TBM): El hormigón empleado en las dovelas tiene una resistencia característica a compresión de 40 MPa, cuyas principales características mecánicas se obtienen de acuerdo con lo indicado en el Código Estructural CE-21 y se resumen a continuación.
 - Resistencia característica a compresión a 28 días: 40 MPa
 - Resistencia media a compresión a 28 días: $f_{cm}=f_{ck}+8= 48$ MPa
 - Resistencia media a tracción (pre-fisuración): $f_{ct,m}=0.30f^{2/3}= 3.51$ MPa
 - Resistencia característica a tracción (pre-fisuración): $f_{ct,k}=0.70f_{ct,m}= 2.46$ MPa
 - Resistencia media a flexo-tracción (pre-fisuración): $f_{ct,m,fl}=\max\{(1.6-h/1000)f_{ct,m};f_{ct,m}\}=4.49$ MPa
 - Módulo de deformación longitudinal secante: $E_{cm}=8500f_{cm}^{1/3}= 30.9$ GPa
- Hormigón de túnel mediante Método Tradicional de Madrid (MTM): HM-30/F/20/XA1.

Acero

- Acero de armar: B500SD
- Acero estructural: S275JR
- Acero pretensado: Y1860S7

Los coeficientes de seguridad de los materiales a considerar en situaciones persistentes o transitorias serán:

- Factor de seguridad parcial del hormigón: $\gamma_c = 1,50$
- Factor de seguridad parcial del acero: $\gamma_s = 1,15$

4 ACCIONES

Las cargas a considerar se evalúan de acuerdo con la normativa vigente y las características reales de los equipos a instalar. Se consideran:

4.1 ACCIONES PERMANENTES

Distinguiendo entre acciones permanentes de valor constante y de valor no constante.

4.1.1 Acciones permanentes de valor constante (G_k)

- Peso propio: La carga se deduce de la geometría teórica de los distintos elementos, considerando su densidad según el material.
- Cargas muertas: Son las cargas permanentes debidas a los elementos no resistentes. Cabe señalar:
 - Pavimentos, fachadas, falsos techos, tabiquería, barandillas... evaluadas a partir de la geometría definida en arquitectura y las densidades teóricas de los materiales.
 - En perímetro de losa de subestación eléctrica se considera 10kN/m.
 - Peso de los equipos, obtenidos a partir de las fichas de los fabricantes.
 - Instalaciones de techo como iluminación, rociadores, ventilación, climatización...

4.1.2 Acciones permanentes de valor no constante (G^*)

- Acciones reológicas de fluencia y retracción.
- Empujes del terreno según datos geotécnicos.
- Presión hidrostática debida al nivel freático.

4.2 ACCIONES VARIABLES

4.2.1 Sobrecargas de uso y mantenimiento (Q_k)

Las principales sobrecargas de uso son:

- Sobrecarga de uso general en estación: se considera zona de acceso al público de aglomeración tipo C5 según CTE-AE, con carga uniforme de 5kN/m² o carga concentrada de 4kN.
- Sobrecarga de uso en cuarto PCI de estación y otros cuartos especiales: 20kN/m².
- Sobrecarga en borde de andén para automatización de la línea según esquema siguiente:



- Sobrecarga de uso en zonas con tráfico viario, según IAP-11.
- Sobrecarga de uso en zonas con acceso para camión de bomberos 20kN/m² según CTE-SI.

4.2.2 Acciones climáticas (Q_k)

- Acciones térmicas, no se consideran, en general, por ser estructuras enterradas.
- Viento, no se considera, en general, por ser estructuras enterradas.
- Nieve, no concomitante con la sobrecarga de mantenimiento.

4.3 ACCIONES ACCIDENTALES

Sismo, no se considera por ser la aceleración básica del terreno en Madrid inferior a 0,04g.

5 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecerán las posibles combinaciones de acciones. Una combinación de acciones consiste en un conjunto de acciones que se consideran actuando simultáneamente para una comprobación determinada.

Cada combinación estará formada por las acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones variables concomitantes. Cualquiera de las acciones variables puede ser determinante.

5.1 ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (E.L.U.)

Situaciones permanentes o transitorias:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

G_{k,i} = Valor representativo de cada acción permanente.

G^{*}_{k,j} = Valor representativo de cada acción permanente de valor no constante.

P_k = Valor característico de la acción del pretensado

Q_{k,1} = Valor característico de la acción variable dominante.

Ψ_{0,i}·Q_{k,i} = Valores de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.

5.2 ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (E.L.S.)

Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación casi-permanente:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_P \cdot P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

5.3 COEFICIENTES DE SEGURIDAD Y SIMULTANEIDAD

Los coeficientes parciales de seguridad para las acciones y de simultaneidad se toman del CTE-SE.

TABLA 1 - COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD (Y) PARA LAS ACCIONES

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

TABLA 2 - COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD (Ψ)

	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
Nieve			
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

6 GEOTECNIA

De acuerdo con la información suministrada por la cartografía geológica-geotécnica y la campaña de investigación de campo llevada a cabo en la zona de estudio, así como la información geotécnica previa del sitio recopilada, en la zona de estudio se pueden diferenciar las siguientes unidades:

ARENA DE MIGA:

Este litotipo incluye las arcosas superiores del Aragoniense Superior. Se corresponden con depósitos detríticos caracterizados por su proporción de finos limo-arcillosos inferior al 25%, con arenas y areniscas arcólicas con cantos aislados y lentejones de cantos redondeados y alterados de cuarcita, gneis y granito, apareciendo intercalaciones e indentaciones de conjuntos arcillosos compactos, de índole diversa, aunque con predominio de los filosilicatos procedentes de la alteración de los feldespatos. Suelen presentar coloración de blanquecina a pardo-anaranjado, incluso amarillos y ocre.

Es frecuente la alternancia de tramos de granulometría más gruesa con otros más arcillosos e incluso calcáreos, aunque siempre muy subordinados, lo cual favorece la aparición de acuíferos colgados de extensión limitada, aislados por niveles arcillosos impermeables. Estas características granulométricas les confieren una elevada permeabilidad, lo cual facilita la formación de encostramientos y exudaciones calcáreas por la removilización de las sales disueltas.

La transición de arena de miga a materiales con mayor contenido en finos se produce de forma gradual, observándose en estas transiciones un aumento de la presencia de intercalaciones arcillosas.

ARENA TOSQUIZA:

Este litotipo forma parte de la transición entre la arena de miga y el tosco. Son depósitos con geometría lenticular y con presencia de arenas arcólicas de grano medio a grueso con mayor contenido de niveles arcillosos (entre el 25 y 40%), en comparación con la arena de miga, presentando también secuencias granodecrecientes. Suelen presentar coloraciones claras a pardo-anaranjadas, con tonos verdosos a marrones en los niveles más arcillosos del techo de las secuencias.

TOSCO-ARENOSO:

Arena limo-arcillosa o arcilla limo-arenosa en que el porcentaje de finos varía entre el 40 y el 65%.

Al igual que la arena tosquiza se trata de un litotipo intermedio entre las facies de arena de miga y las facies tosco. Son arenas limo-arcillosa o arcillas limo-arenosas con porcentaje de finos variable entre el 40 y el 65%. Se presentan frecuentemente como niveles centimétricos alternantes y laminados. Generalmente, se trata de materiales de plasticidad media. Son prácticamente impermeables y suelen presentar alto contenido de humedad.

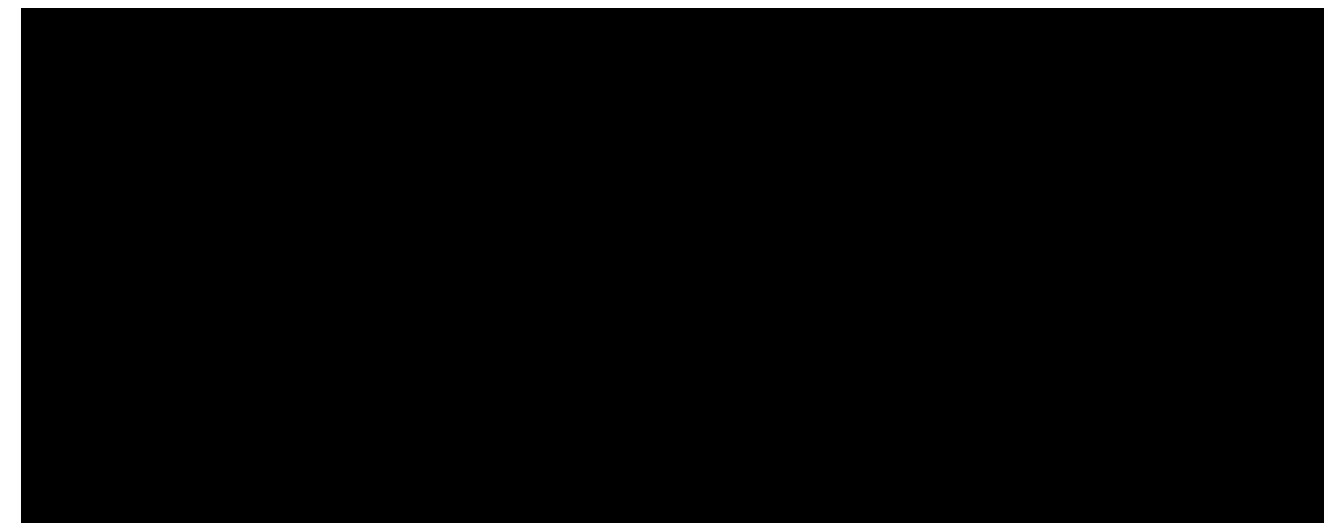
El origen de este tipo de depósitos se relaciona con zonas más distales de los abanicos aluviales que las facies arenosas con predominio de la inundación sobre las corrientes tractivas, ya en claro tránsito hacia las denominadas facies intermedias.

TOSCO:

Formado por arcillas y limos de coloración ocre y marrón, de baja plasticidad, aunque en ocasiones puede ser alta. El porcentaje de finos superior al 65%. Su estructura interna es masiva, con carácter lenticular e intercalaciones subhorizontales de composición variable. Su consistencia es dura. Al igual que el tosco arenoso, intercala niveles centimétricos de arena tosquiza y tosco arenoso de grano fino, que le confieren un laminado característico.

Su origen se asocia a zonas distales de abanicos aluviales en las que se produce casi exclusivamente sedimentación por inundación y decantación, con escasos episodios de corrientes tractivas de baja energía.

También puede denominarse tosco arcilloso a los materiales con más del 85% de finos.



7 ESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES

7.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES

Las estaciones previstas en las diferentes alternativas se prevé que sean construidas de manera similar, mediante recintos perimetrales de pantallas y excavación interior, siguiendo un sistema habitual de *cut and cover*.

7.1.1 Recintos entre pantallas

La excavación entre pantallas continuas de hormigón armado, sistema también conocido como cut and cover, consiste en la ejecución de sendos muros paralelos de hormigón armado con sección rectangular que permiten el vaciado del terreno situado entre ambos. Estos muros no presentan interrupciones en toda su longitud, por lo que actúan también como barrera frente al agua.

La ejecución del recinto exterior de pantallas se realiza según el esquema siguiente.

La excavación en materiales tipo suelo como los que se encuentran en el ámbito de las obras se lleva a cabo con cuchara bivalva y se estabiliza con lodos bentoníticos. Para guiar la cuchara a lo largo del eje de la pantalla se ejecutan previamente sendos muretes guía de hormigón (o una zanja guía) que delimitan el espacio de operación de la cuchara.

La construcción se lleva a cabo por paneles o bataches de longitud horizontal determinada. Una vez vaciado cada panel, y tras limpiar el fondo de la excavación, se colocan en sus extremos tubos de acero cuyo diámetro coincide con el espesor de la pantalla y que actúan como encofrado. A continuación, se iza la jaula de armadura previamente montada y se coloca en el interior de la excavación. En aquellas zonas que serán atravesadas por la tuneladora se realizarán con armadura de fibra para facilitar el corte de estas, reforzando los módulos adyacentes.

Finalmente se procede al hormigonado del panel en sentido ascendente mediante tubería tremie. Cuando el hormigón ha endurecido lo suficiente se extraen las juntas tubulares y se va repitiendo el proceso en paneles sucesivos.

Finalizada la ejecución de todos los paneles de la pantalla, se construye una viga de coronación en la parte superior que solidarice todos los paneles evitando el tacleo de estos y proporcionando

continuidad a la estructura en su parte superior.

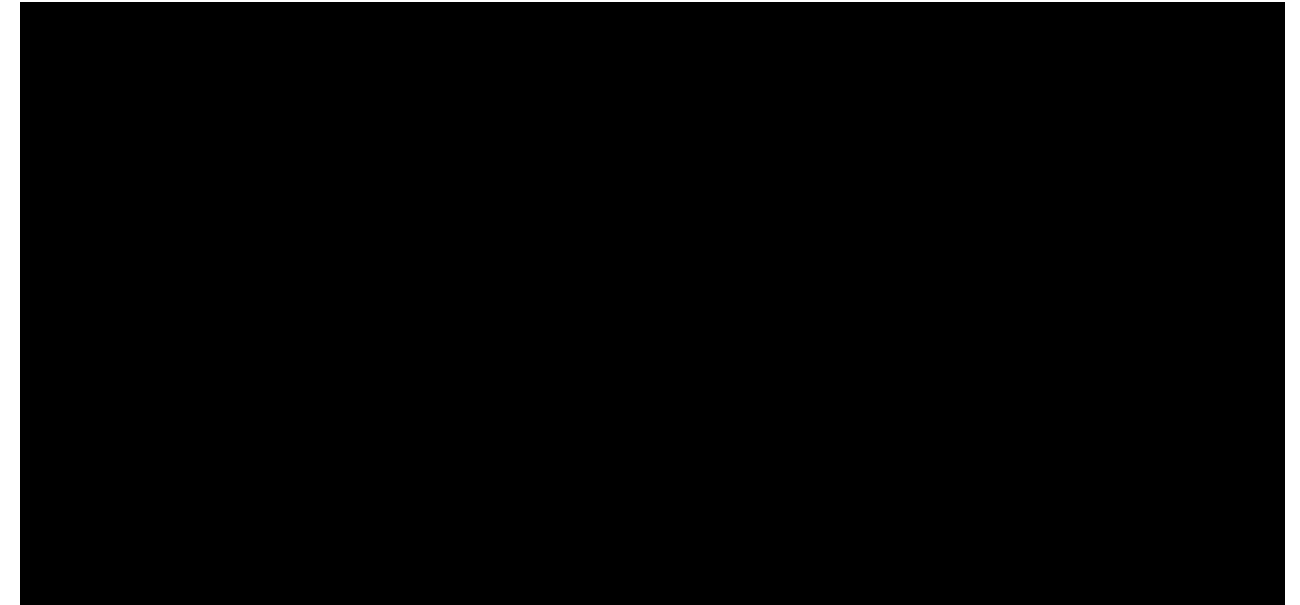


ILUSTRACIÓN 1 - ESQUEMA GENERAL DE EJECUCIÓN DE MUROS PANTALLA (FUENTE: SOLETANCHE BACHY)



ILUSTRACIÓN 2 - INTRODUCCIÓN DE JAULA DE ARMADURA EN PANEL DE MURO PANTALLA

Ejecutado el recinto perimetral de pantallas, se procede a realizar la losa superior de cubierta que cerrará la estación, hormigonando esta contra el suelo y unida a la viga de atado de las pantallas. Dado el ancho de la estación, es necesario la realización previa de unas pilas-pilote profundas que sirvan de apoyo intermedio de la losa de cubierta y los diferentes niveles de forjado de la estación.



En la losa de cubierta se dejan zonas libres para permitir el acceso al interior y posibilitar el vaciado.

Esta losa de cubierta sirve para arriostrar el sistema de pantallas en su parte superior y garantizar su estabilidad durante fases de la excavación interior. Es usual disponer arriostramientos intermedios según se va ganando profundidad en la excavación, cuya necesidad y número vendrá determinada por las características geotécnicas de los materiales y la geometría del recinto vaciado. Estos arriostramientos intermedios se materializan mediante las losas que forman los diferentes forjados de la estación, o bien sistemas de apuntalamientos provisionales interiores. En situaciones determinadas también se pueden disponer anclajes al terreno que garanticen la estabilidad de la pantalla durante la excavación al abrigo de esta.

Para la excavación de los recintos suele ser necesario un agotamiento del agua interior del recinto que permita trabajar en seco y que aumente la seguridad de las pantallas frente a empujes horizontales en fase de excavación. El bombeo necesario se diseña en cada caso particular y depende, fundamentalmente, de la altura del nivel freático y de la permeabilidad de los materiales.

Este sistema de construcción ejecutando en primer lugar las pantallas y la losa de cubierta,

reduce al mínimo las afecciones en la zona de obra al posibilitar restaurar la urbanización exterior mucho antes de concluir las obras, reduciendo las incomodidades derivadas de la obra a los vecinos de la zona. Además, al ejecutar la losa de cubierta en un primer momento, se independizan los trabajos en el interior de la estación de las condiciones climatológicas, evitando retrasos producidos por este motivo.

7.1.2 Losas interiores y cubierta

En la ejecución de losas y cubiertas puede usarse el terreno, previamente preparado, como encofrado. En estos casos se excava en mina bajo cada nuevo nivel ejecutado.

En casos especiales puede recurrirse al uso de prefabricados (zonas muy amplias y/o huecos utilizados en fase de obra para introducción y extracción de materiales, para ventilación, etc)

7.1.3 Solera y contrabóveda

Se hormigonan directamente contra el terreno prestando especial atención al sellado de las juntas con las pantallas, de forma que se consiga la estanqueidad requerida. En caso de cargas importantes de agua puede recurrirse a formas abovedadas (se evita el uso de contrabóvedas drenadas).

7.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LAS ESTACIONES

7.2.1 Nueva estación de Aviación Española (Alternativa 1)

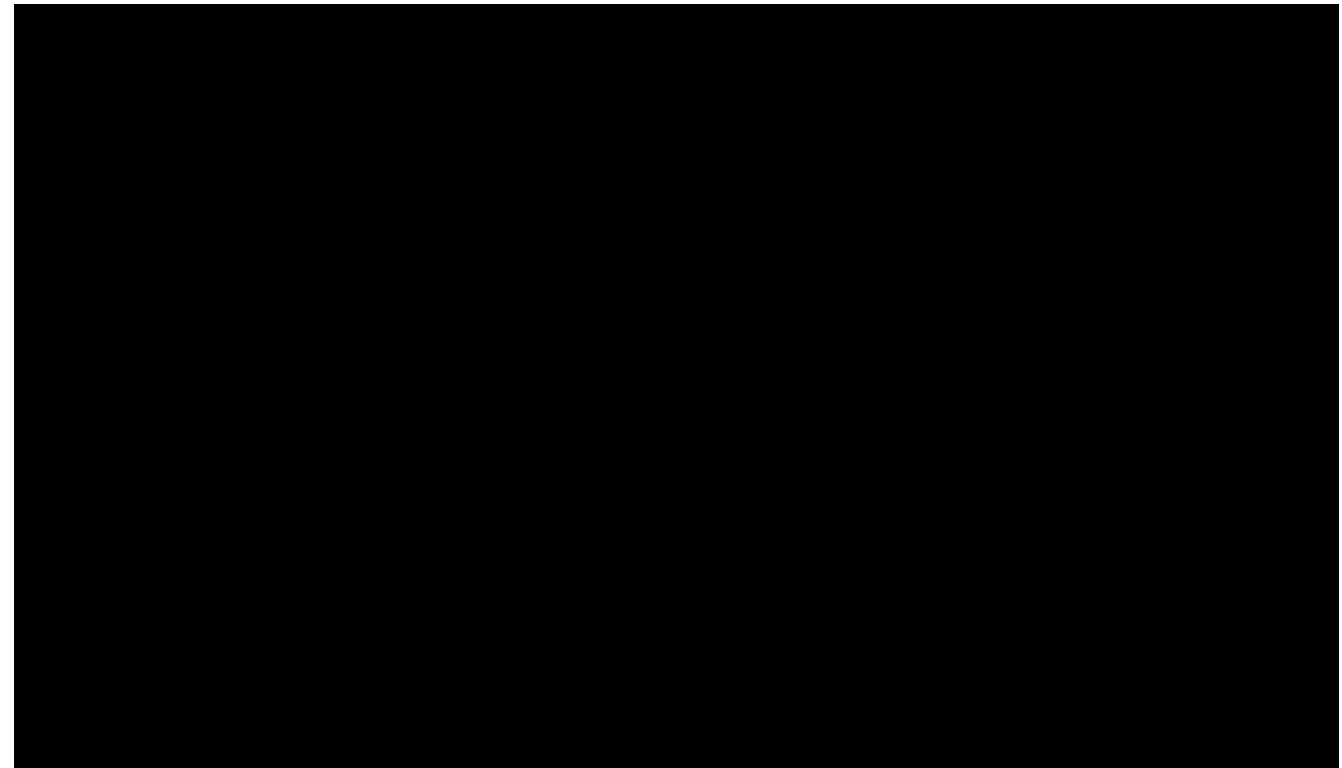
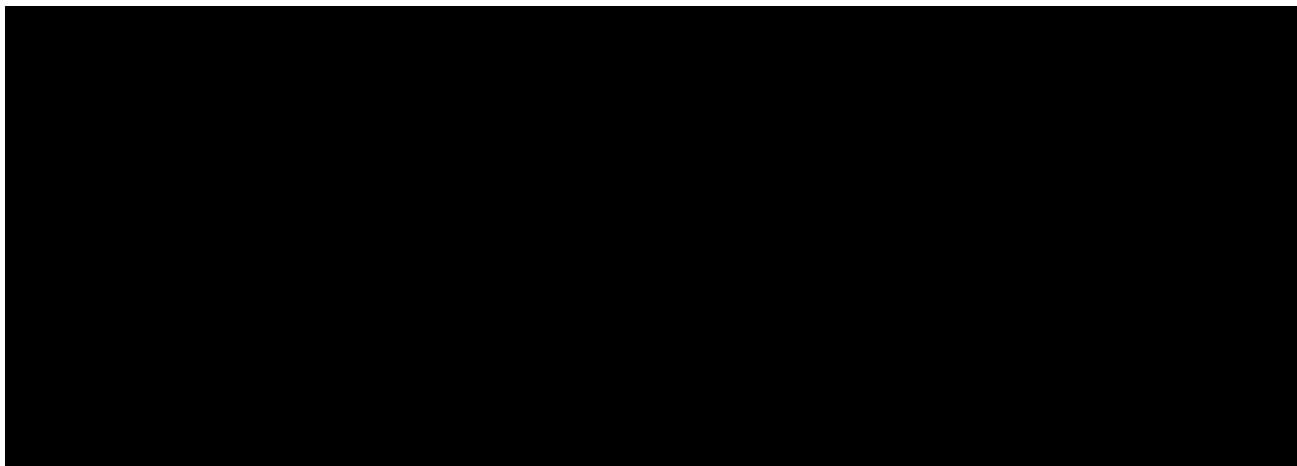
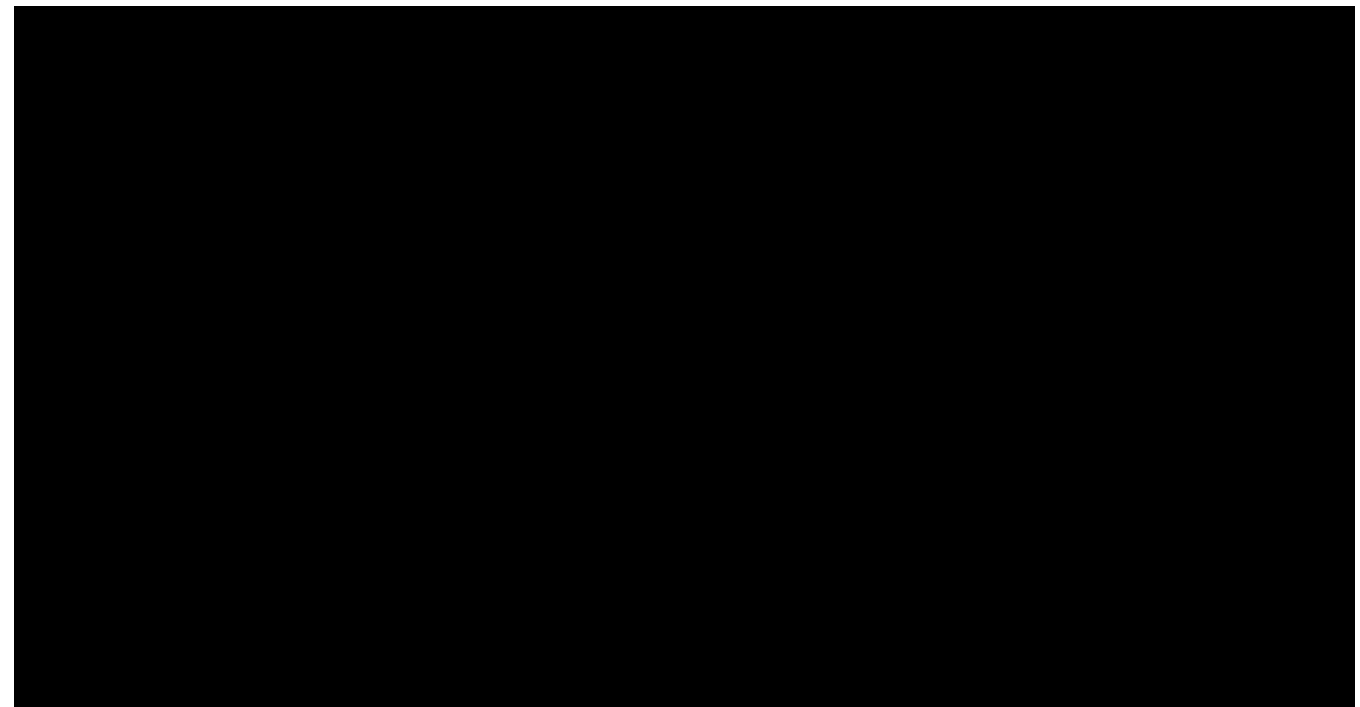


ILUSTRACIÓN 4 - ESTACIONES DE AVIACIÓN ESPAÑOLA - PLANTA

Al sur de la nueva estación hay previsión de construir en un futuro un posible intercambiador de autobuses, por lo que la nueva estación se define preparada para realizar esta conexión por su zona sur. De este modo, esta nueva estación permitirá la conexión entre Líneas 11 y 10 de Metro, así como con el nuevo intercambiador de autobuses.

La nueva estación presenta los siguientes niveles principales:



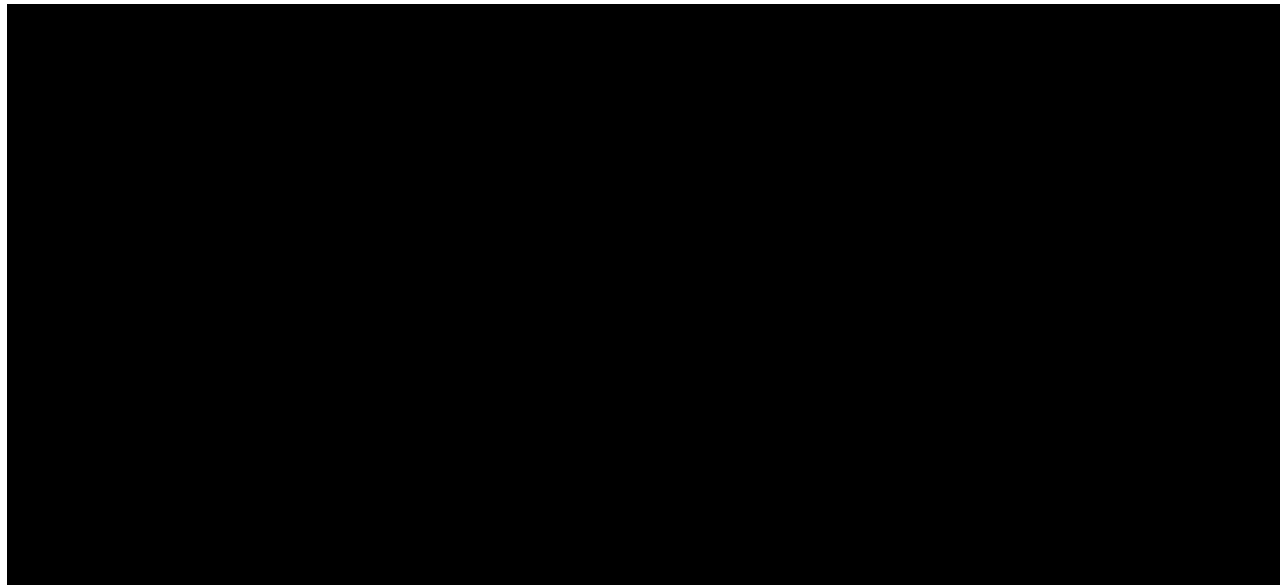
excavación interior. Los forjados se predimensionan de acuerdo con las cargas aplicadas y las luces entre apoyos, lo cual es aplicable a todas las estaciones de este anejo.

Se prevé la ejecución de un recinto apantallado perimetral con pantallas de 1 m de espesor, dependiendo del terreno, nivel freático, cargas y niveles y sistemas de apuntamiento. El andén se define capaz de soportar las cargas correspondientes a la automatización de la Línea 11.

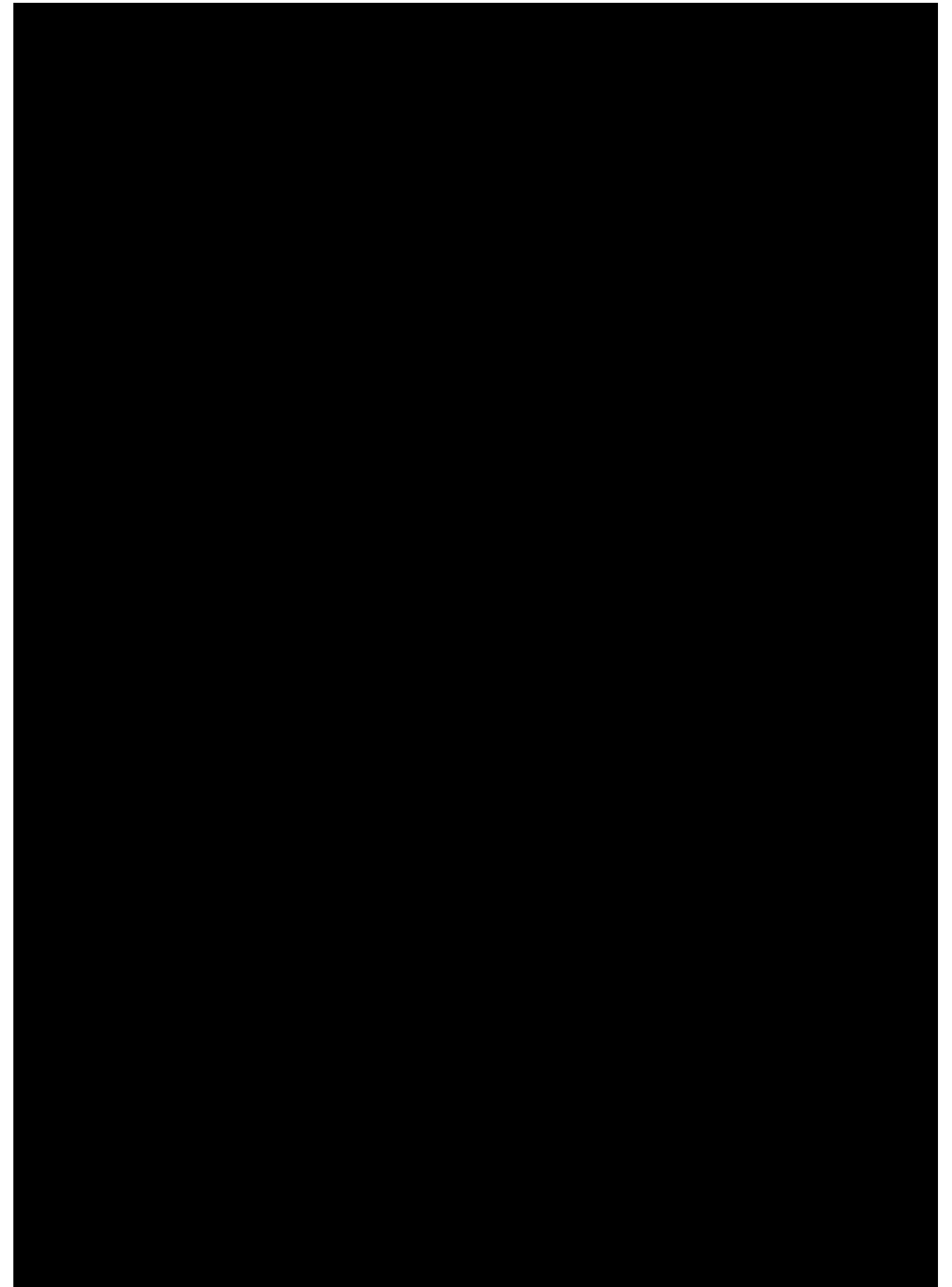
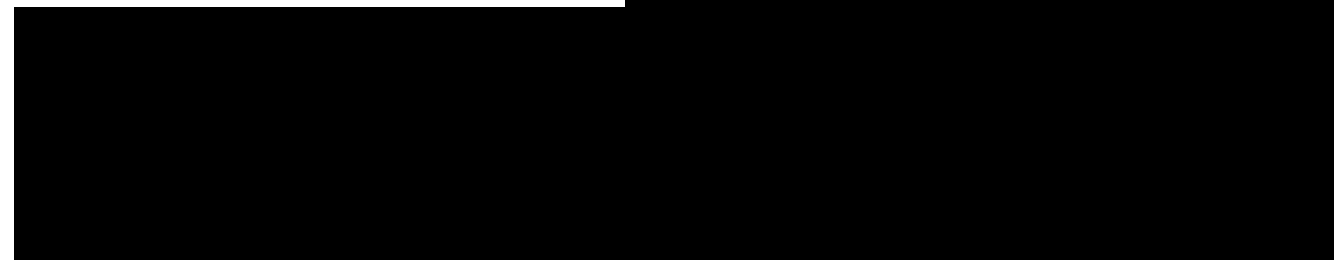
En principio, se prevé la extracción de la tuneladora por la estación, por lo que la zona sur estrecha de la estación se ejecutará en primer lugar libre de losas, con los arriostramientos necesarios para permitir la extracción de la tuneladora, concluyendo los niveles de forjado en esa zona una vez extraída la tuneladora.

La nueva estación presenta un nuevo acceso desde el exterior, mejorando de este modo la movilidad en la zona.

La comunicación con la actual estación de Línea 10 de Metro se realiza a nivel de vestíbulo de ambas estaciones. Esta conexión se materializa mediante una galería de pantallas de hormigón armado como sistema de contención del terreno, con losa inferior y losa superior de cubierta.



7.2.2 Nueva estación de Cuatro Vientos



7.2.3 Nueva estación de Cuatro Vientos

8 ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN

8.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN

En general, se plantea la ejecución de los pozos de ventilación mediante anillos sucesivos. Este método presenta mayor facilidad de ejecución en zona urbana que otros métodos como pantallas o pilotes ya que requieren de menor espacio y menor ocupación en altura al no tener que mover las jaulas de armadura de pantallas o pilotes.

Sin embargo, el sistema de anillos sucesivos presenta un peor comportamiento que pilotes secantes en el caso de presencia de freático, con riesgo de sifonamiento en el caso de arenas saturadas, por lo que, dependiendo de los resultados finales de geotecnia y los niveles de agua detectados, estos pozos podrían ejecutarse mediante sistema de pilotes secantes.

El procedimiento constructivo que se sigue para la ejecución de los pozos de ventilación mediante anillos sucesivos es el siguiente:

- Desvío de servicios y preparación de la zona de trabajo.
- Ejecución del anillo de armado superior.
- Excavación del primer anillo.
- Encofrado y hormigonado del primer anillo.
- Excavación y hormigonado del segundo anillo y sucesivos con el mismo proceso.
- Ejecución de los marcos de refuerzo a las alturas especificadas en plano cuando se llega a su nivel con los anillos.
- Ejecución de la losa de fondo.
- Apertura y ejecución del entronque con galería de conexión.
- Excavación de la galería de conexión con sus entronques hasta conectar con túnel.

En el caso de su construcción mediante pilotes secantes, se seguirá un procedimiento similar al de los pozos de bombeo.

La parte superior de los pozos de ventilación en los que se ubican las rejillas que afloran en superficie se ubican en una zona anexa al pozo ejecutada mediante pilotes de poca longitud, de modo que las rejillas no queden en la vertical del pozo para evitar la entrada de agua al interior del pozo.

8.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN

Se disponen los pozos de ventilación necesarios para la correcta ventilación no solo del trazado nuevo, sino la ventilación de todo el túnel desde la estación de La Fortuna hasta el nuevo final de línea, motivo por el cual se prevé un nuevo pozo de ventilación en el actula fondo de saco de la Línea 11.

Los pozos de ventilación cumplen con los siguientes condicionantes:

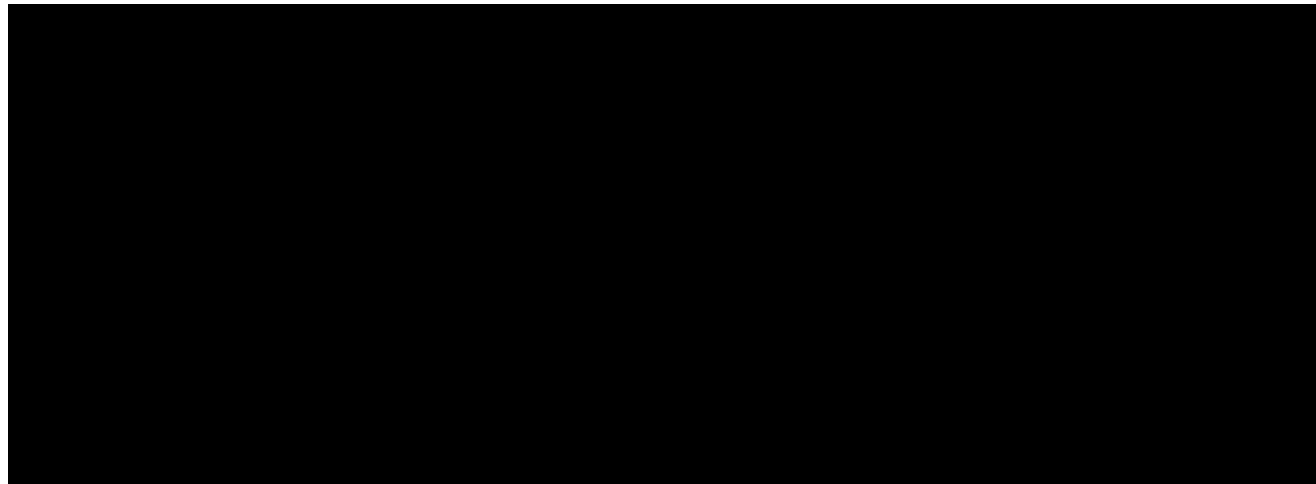
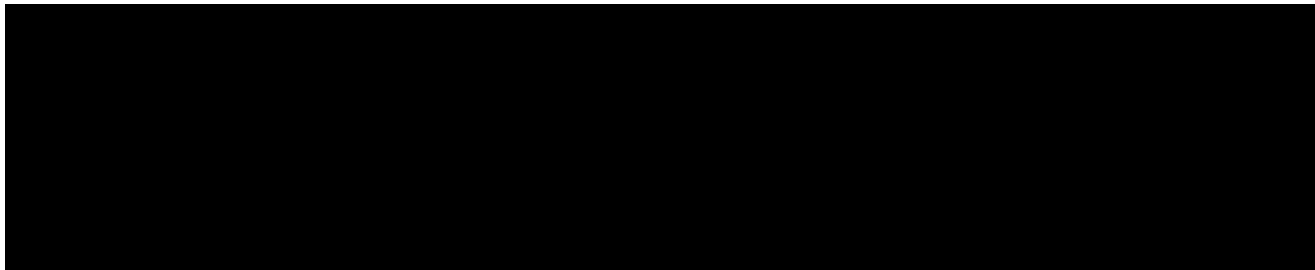
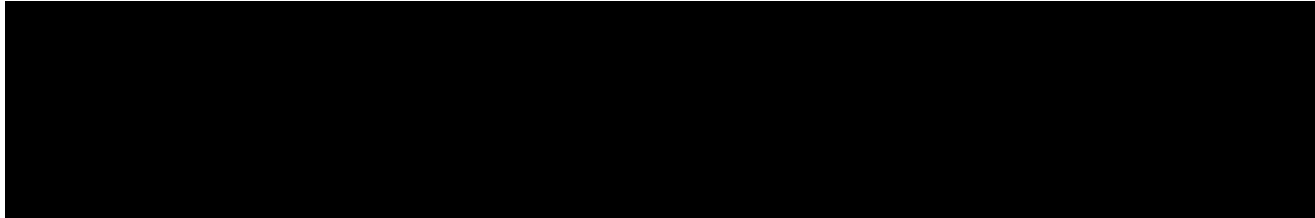
- Distancia entre pozos de ventilación de 1.000 m, máximo 1.500 m.
- Ubicación lo más centrada posible en el tramo interestación.
- Separación mínima de 100 m a cualquier salida de emergencia.

Se indican a continuación los pozos de ventilación previstos en cada una de las alternativas planteadas:

En general, las dimensiones de los pozos de ventilación son tales que permitan alojar los

correspondientes equipos mecánicos y eléctricos (ventiladores, silenciadores, etc), además de cumplir su función de extracción de aire. Por esta razón, la galería de los pozos tendrá una longitud mínima de 16 m y una anchura mínima de 7,50 m para que las bombas puedan ser duplicadas tal y como se requiere por seguridad.

En general, los equipos de ventilación se disponen en la galería inferior de conexión con el túnel,

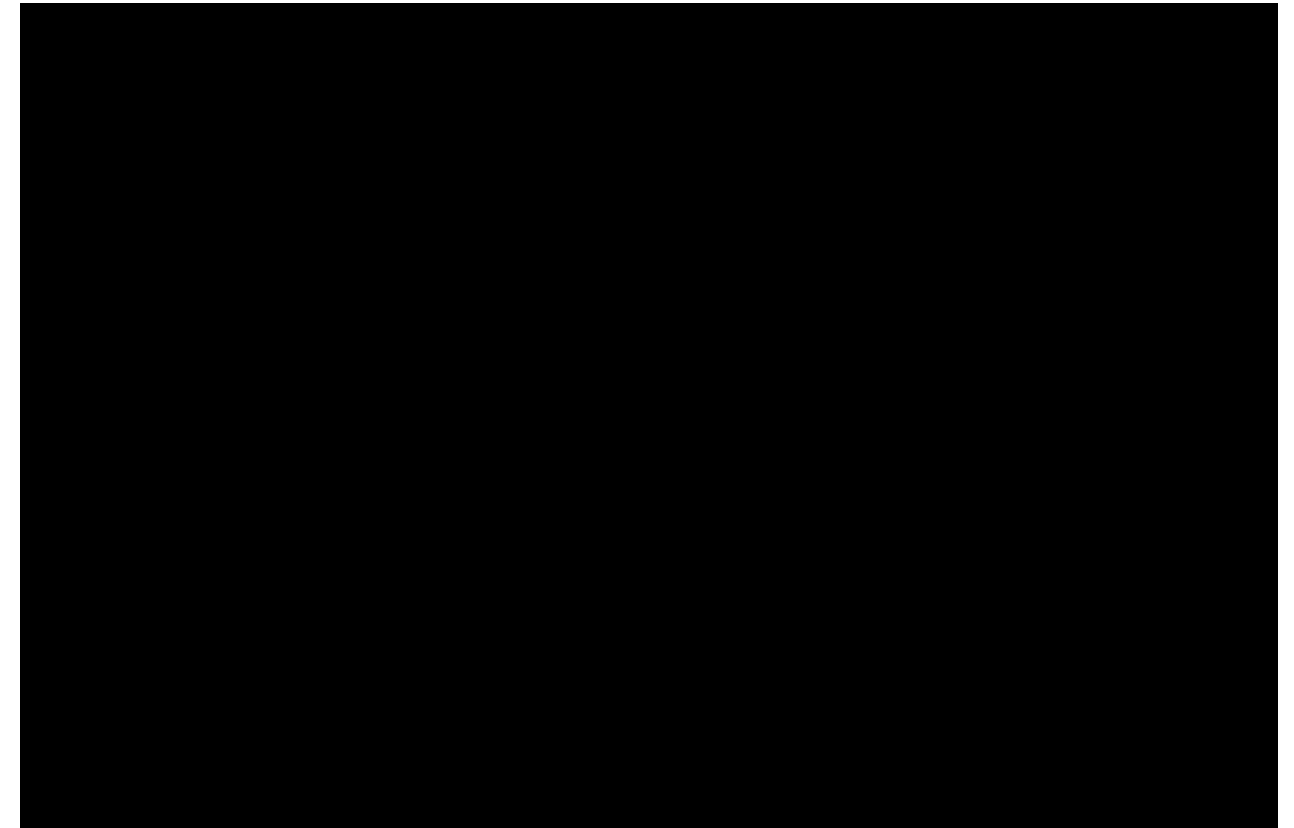


En la zona superior fuera de la vertical del pozo se dispone una rejilla de superficie 8,20x4,00 m². Esta rejilla tipo TRAMEX será capaz de soportar el peso de cualquier tipo de vehículos.

Se evitará en la medida de lo posible la localización de estas rejillas en zonas peatonales y puntos bajos y canales de recogida de agua para evitar la entrada de agua del exterior. No obstante, se realizará un sistema de drenaje mediante una arqueta central en pozo de 0,60 x 0,60 x 0,60 con un canal longitudinal de 200 mm de anchura y pendiente del 2% hacia el túnel para recogida de aguas.

Los pozos de ventilación permitirán el acceso a bomberos desde el exterior y estarán dotados

de instalación de columna seca. Las tuberías de las columnas secas será de acero inoxidable.



9 ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE BOMBEO

9.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE BOMBEO

Los pozos de bombeo recogen el agua del túnel por gravedad, motivo por el cual han de ser ubicados en el punto bajo del trazado. En estas zonas más profundas es más previsible que exista nivel freático, por lo que los pozos de bombeo se plantean ejecutados mediante recintos de pilotes secantes.

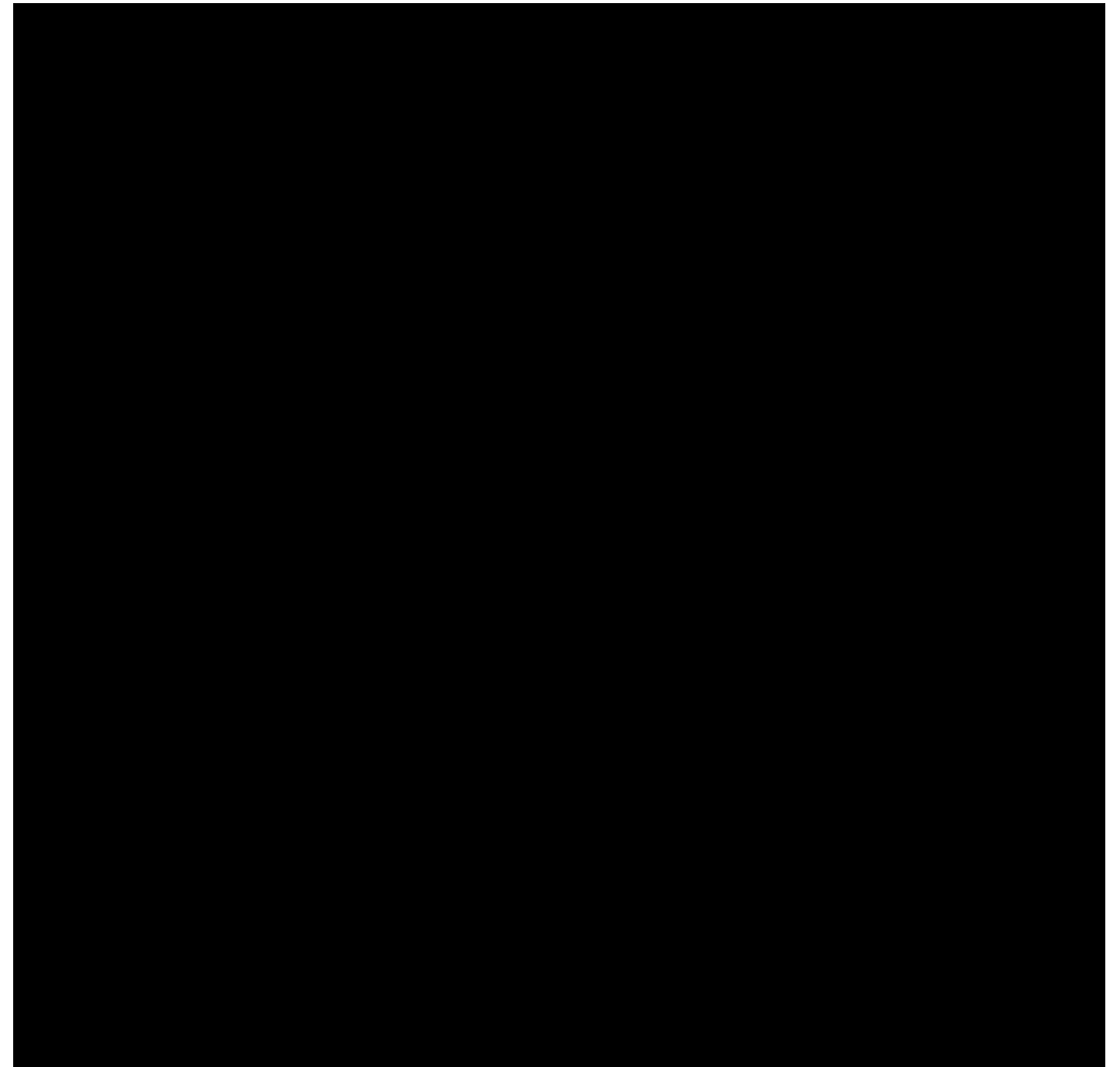
Los sistemas de pilotes secantes presentan las siguientes ventajas e inconvenientes frente a sistemas de anillos sucesivos:

- Mayor estanqueidad al paso del agua en caso de presencia de agua por nivel freático, al tratarse de elementos continuos de hormigón, frente al sistema de anillos sucesivos con juntas entre anillos por las que puede filtrarse el agua.
- Buena estabilidad y seguridad en caso de arenas saturadas, frente al posible riesgo de sifonamiento o colapso en caso de arenas saturadas.
- Mayor seguridad en la excavación que los anillos sucesivos, más riesgosos en terrenos no cohesivos.
- En contrapartida, requieren mayor superficie de trabajo tanto en superficie como en altura para mover la jaula de armadura, lo cual puede presentar algún problema en zonas urbanas muy cerradas por la proximidad de edificios.

Las principales fases a seguir en la ejecución de los pozos de bombeo mediante recintos de pilotes secantes son:

- Desvío de servicios y preparación de la zona de trabajo.
- Ejecución del recinto de pilotes secantes y viga de atado. Un recinto de pilotes secantes se ejecuta perforando pilotes contiguos de gran diámetro, de modo que se solapan parcialmente entre sí, formando una pantalla continua. Primero se hormigonan los pilotes primarios (normalmente de mortero y sin armadura), y después, en los huecos intermedios, se ejecutan los pilotes secundarios (armados), cortando parcialmente a los primarios, hasta conformar un muro estanco y resistente.
- Excavación interior hasta el primer nivel de arriostramiento.

- Ejecución del primer nivel de arriostramiento y excavación hasta el segundo nivel de arriostramiento interior.
- Repetición de fase hasta la excavación completa y ejecución de la losa de fondo.
- Ejecución de la galería de conexión con el túnel.
- Ejecución de zona de decantación y tapa de pozo.

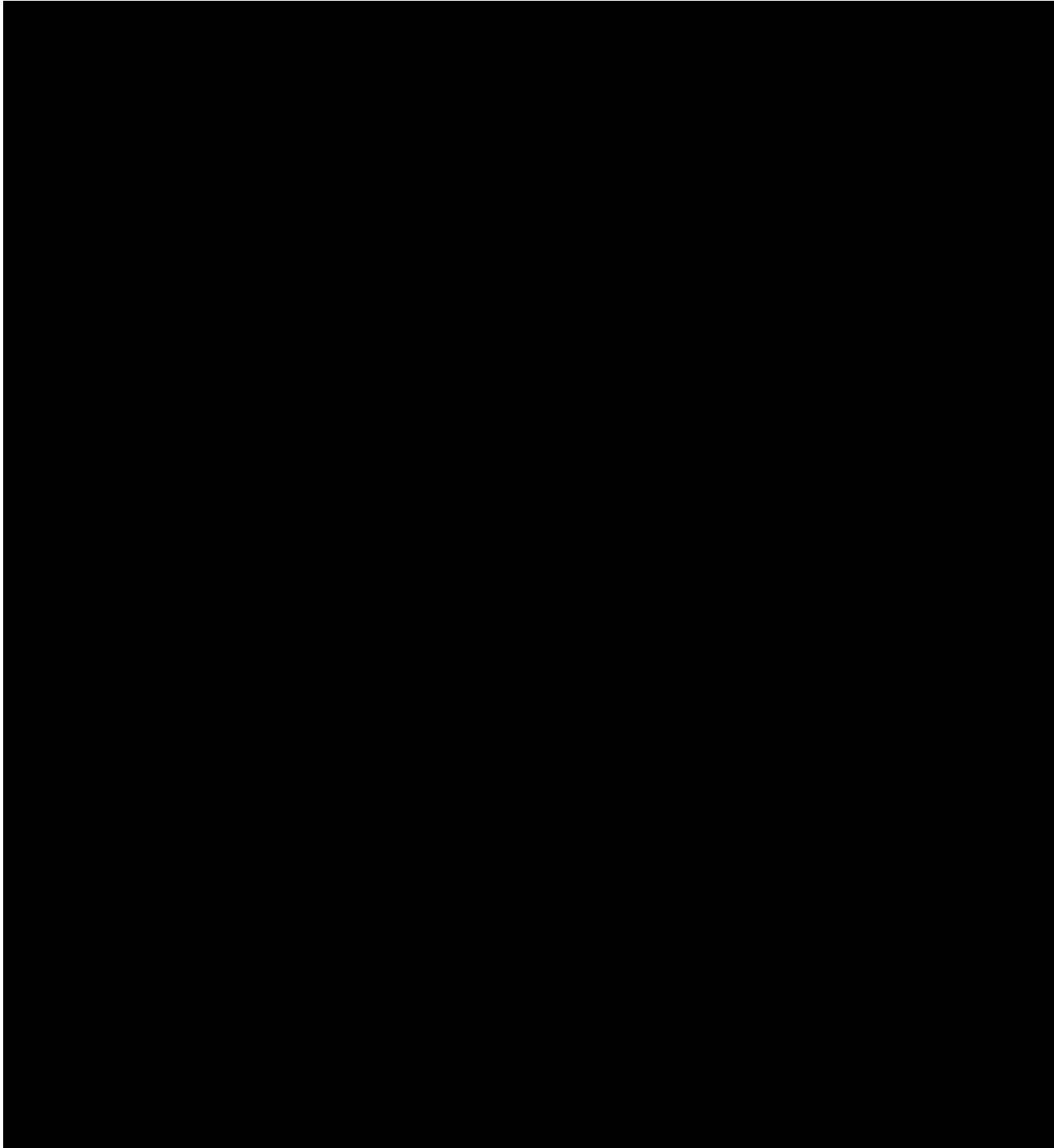


9.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE BOMBEO

Se disponen los pozos de bombeo que recojan el agua del túnel por gravedad, motivo por el cual se ubican en el punto más bajo del trazado.

Los pozos de bombeo cumplen con los siguientes condicionantes:

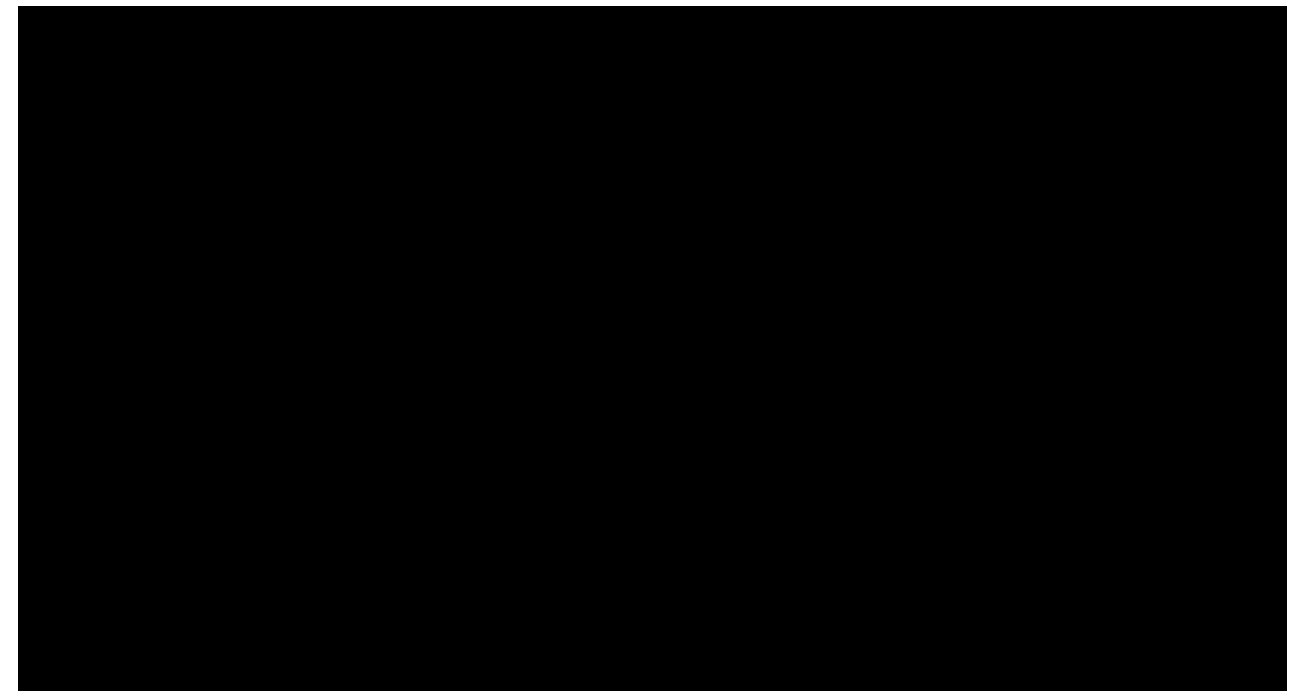
- Ubicación en puntos bajos del trazado.



EL objetivo de estos pozos de bombeo es la recogida y extracción de agua para evitar que ésta llegue a la vía. Se colocan en los puntos bajos de las líneas y se compone de cuarto de bombas, pozo de recogida de aguas, plataforma y zonas de control.

El pozo de recogida de agua se debe dimensionar para recoger un volumen de agua equivalente al máximo previsto durante un tiempo de 4 horas para prever cortes de energía del suministro normal. Este volumen es el que marca las dimensiones geométricas del mismo.

El pozo se dota de acceso directo desde el exterior por si se produce la inundación del túnel, dejando un tiro vertical adecuado para la extracción de las bombas.



10 ESTRUCTURA DE LAS SALIDAS DE EMERGENCIA

10.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DE LAS SALIDAS DE EMERGENCIA

En general, se plantea la ejecución de las diferentes salidas de emergencia del túnel mediante anillos sucesivos, si bien no se descarta su construcción mediante pilotes secantes en determinados casos. El sistema de anillos sucesivos presenta un peor comportamiento que pilotes secantes en el caso de presencia de freático, con riesgo de sifonamiento en el caso de arenas saturadas, por lo que, dependiendo de los resultados finales de geotecnia y los niveles de agua detectados, estas salidas de emergencia podrían ejecutarse mediante sistema de pilotes secantes.

En el caso de su construcción mediante anillos sucesivos, seguirán un procedimiento de construcción similar al definido para los pozos de ventilación.

- Desvío de servicios y preparación de la zona de trabajo.
- Ejecución del anillo de armado superior.
- Excavación del primer anillo.
- Encofrado y hormigonado del primer anillo.
- Excavación y hormigonado del segundo anillo y sucesivos con el mismo proceso.
- Ejecución de los marcos de refuerzo a las alturas especificadas en plano cuando se llega a su nivel con los anillos.
- Ejecución de la losa de fondo.
- Apertura y ejecución del entronque con galería de conexión.
- Excavación de la galería de conexión con sus entronques hasta conectar con túnel.
- Ejecución de las escaleras interiores de evacuación.

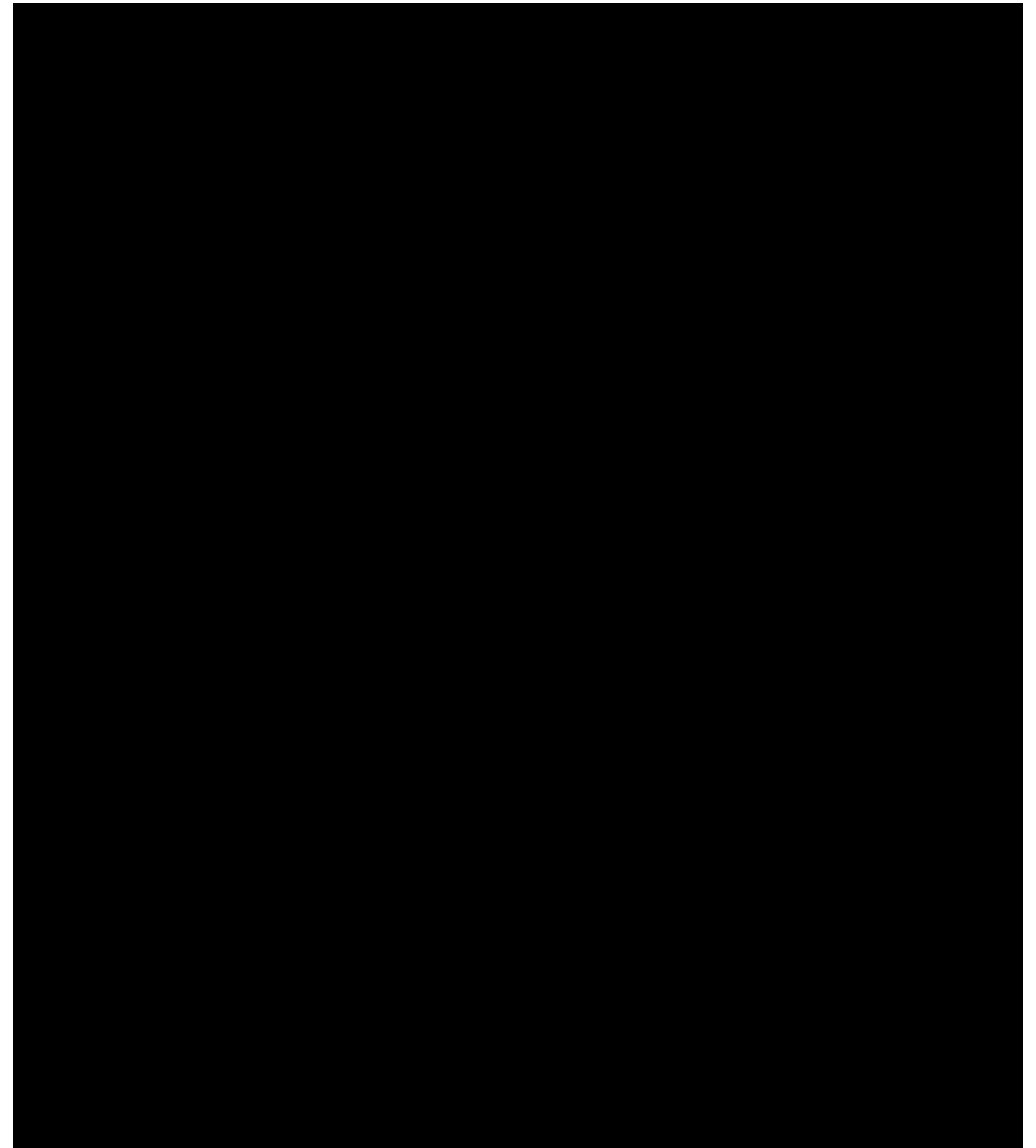
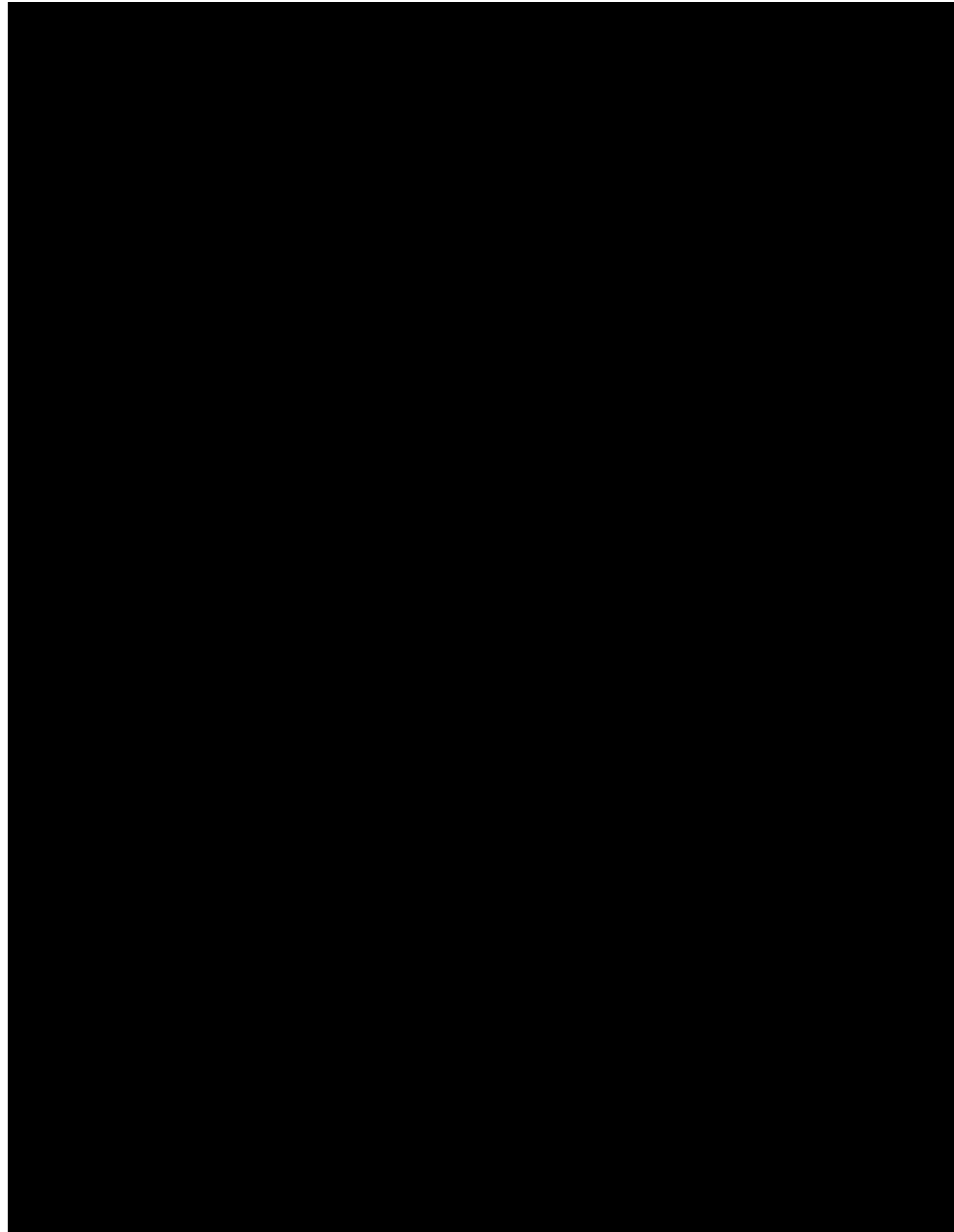
En el caso de su construcción mediante pilotes secantes, se seguirá un procedimiento similar al de los pozos de bombeo.

El último tramo de escaleras se define fuera de la vertical del pozo y dispone de un portón de salida de emergencia que permite la salida al exterior en caso de emergencia.

10.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LAS SALIDAS DE EMERGENCIA

Se disponen las salidas de emergencia necesarias para la correcta evacuación del túnel en caso de emergencia. Estas salidas cumplen con los siguientes condicionantes:

- Distancia entre salidas de emergencia máximo de 1.000 m.
- Separación mínima de 100 m a cualquier pozo de ventilación.
- Posibilidad de ubicar conjuntamente con pozo de bombeo.



 <h2 style="text-align: center; color: blue;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE SALIDA DE EMERGENCIA EN TÚNEL</h2>		
ALCANCE	Independiente de pozo de ventilación Asociado a pozo de bombeo	
CRITERIOS CONSTRUCTIVOS	Emplazamiento urbanístico Distancia estación-pozo-estación Vestíbulo de independencia	Trampilla a nivel de suelo confinada, con mecanismo hidráulico de apertura. Dispondrá de hueco asociado de 4 m2 para ventilación, con rejilla, drenaje y acceso desde el interior de la salida para su limpieza Equidistante entre estaciones En cota inferior: a nivel de vía
MATERIALES	Paramentos verticales y de compartimentación Puertas cortafuegos	M0 / RF- 240 RF - 120

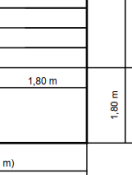
EVACUACIÓN 	Escaleras	ANCHURA ALTURA SALVADA PAVIMENTO PASAMANOS	Mínimo: 1,60 m / Recomendable: 1,80 m Máximo: 2,50 m / Recomendable: 2,00 m (por tramo) Antideslizante A lo largo de toda la escalera y rellanos, en ambos laterales
	Mesetas intermedias	ANCHURA LONGITUD	Mínimo: 1,60 m / Recomendable: 1,80 m Mínimo: 3,20 m / Recomendable: 3,60 m (anchura x 2)
	Peldaños	TIPO HUELLA CONTRAHUELLA PELDAÑOS/TRAMO	Sin bocel y con tabica $h \geq 28 \text{ cm}$ $13\text{cm} \leq c \leq 18,5\text{cm}$ Recomendable: $c = 17 \text{ cm}$ h y c cumplirán: $60 \leq 2c+h$ $3 \leq \text{peldaños} \leq 15$
	Pasillos	ANCHURA	Mínimo: 1,60 m / Recomendable: 1,80 m
	Rampas	ANCHURA PENDIENTE	Mínimo: 1,60 m / Recomendable: 1,80 m $\Delta \leq 8 \%$
	Vestíbulo de independencia	ANCHURA LONGITUD ALTURA	Mínimo: 1,60 m / Recomendable: 1,80 m $\geq 5 \text{ m}$ Línea de hombros: $\geq 2,20 \text{ m}$ / Clave: L.H. + ($\geq 0,36 \text{ m}$)
	Puertas	LOCALIZACIÓN TIPO	En acceso desde túnel y en vestíbulo de independencia Cortafuegos de doble hoja con barra antipánico. La de acceso desde túnel y la del vestíbulo de independencia dispondrán del elemento vidriado mayor de 0,05 m ² en ambas hojas
		ANCHURA	Mínimo: 0,80 m / Recomendable: 0,90 m
	Señalización (según normativa Metro) (Será instalado por otra empresa)	TIPO LOCALIZACIÓN	Fotoluminiscente Túnel: en salida de emergencia (en testero de puerta) Vestíbulo de independencia: en paramento vertical y en testero de puerta Escaleras: en paramento vertical y en testero de puerta
ALUMBRADO	Similar al del túnel Socorro	Prolongado a salida de emergencia desde el tramo más corto Un punto de luz por tipo y por tramo de escalera Mando desde PCL más cercano Bloques autónomos: uno por tramo de escalera Alimentación: aguas arriba magnetotérmico alumbrado Metro Iluminación: doble (de posición con alimentación y de emergencia ante falta de red) Tiempo: Mínimo 1 hora / Recomendable 2 horas Iluminancia: Mínimo 1 lx / Recomendable 5 lx (medido a nivel de suelo, en el eje)	
INSTALACIONES PCI	Columna seca (según normativa Metro) (A instalar por otra empresa)	TOMA DE ALIMENTACIÓN BOCA CONDUCCIÓN	Arqueta en acera. Vestíbulo de independencia Por interior de salida de emergencia

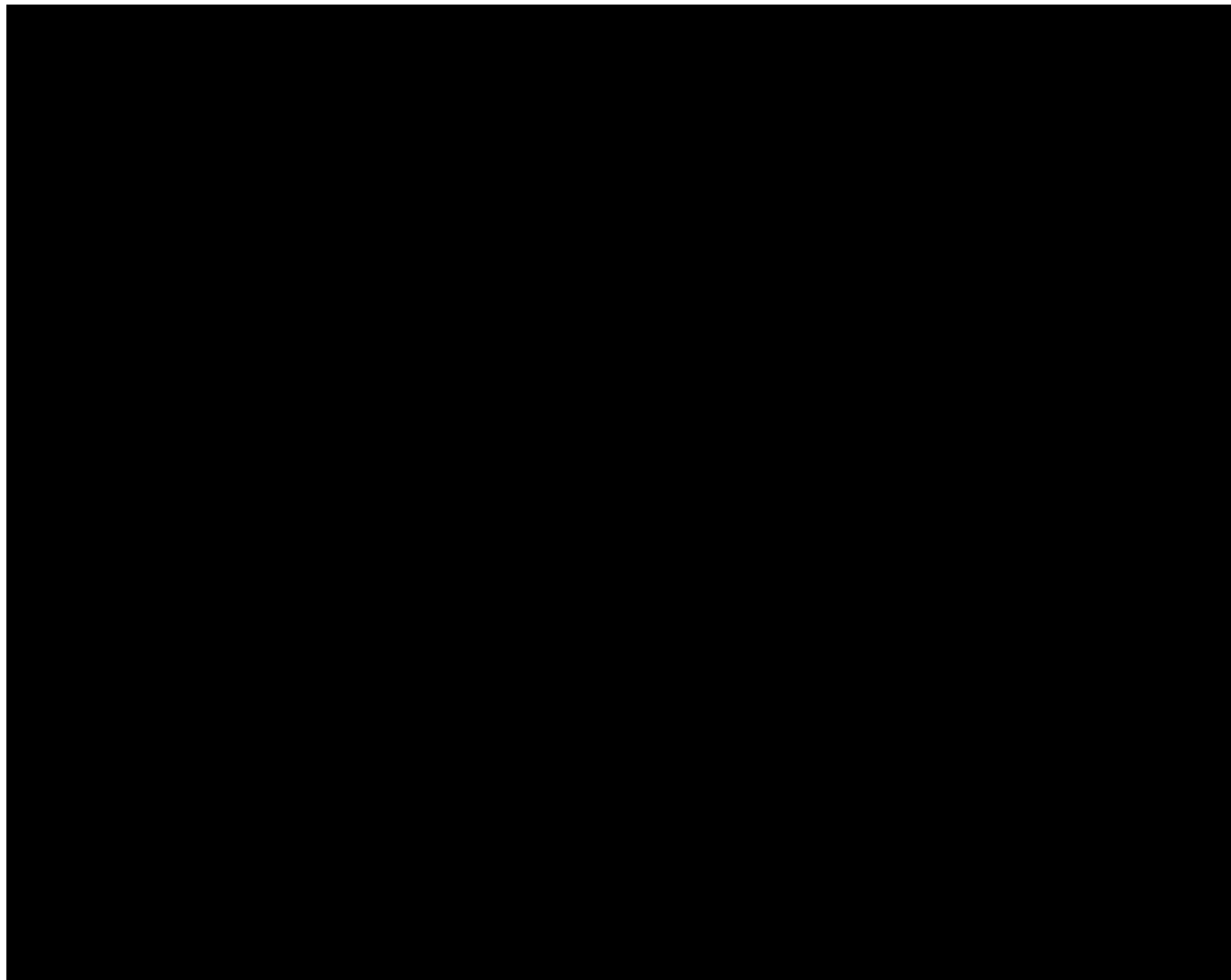
ILUSTRACIÓN 18 - ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE SALIDAS DE EMERGENCIA EN TÚNEL DE METRO

11 POZOS DE LA TUNELADORA

El empleo de una tuneladora de tipo E.P.B. (Earth Pressure Balance) requiere la construcción inicial de un pozo de introducción o también denominado pozo de ataque. También requiere de un pozo de extracción para retirar la tuneladora terminado los anillos de dovelas. Comúnmente, en proyectos ferroviarios del Metro de Madrid, estos pozos pueden ser sustituidos por las propias Estaciones de viajeros.

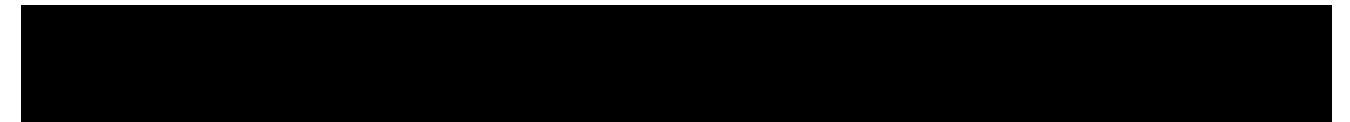
En cualquier caso, la tuneladora necesita un terreno para ubicar las instalaciones auxiliares necesarias para su funcionamiento (acopios de dovelas, grúas auxiliares, talleres, suministros de energía).

Se describe la ubicación de los pozos de tuneladora en las distintas alternativas:



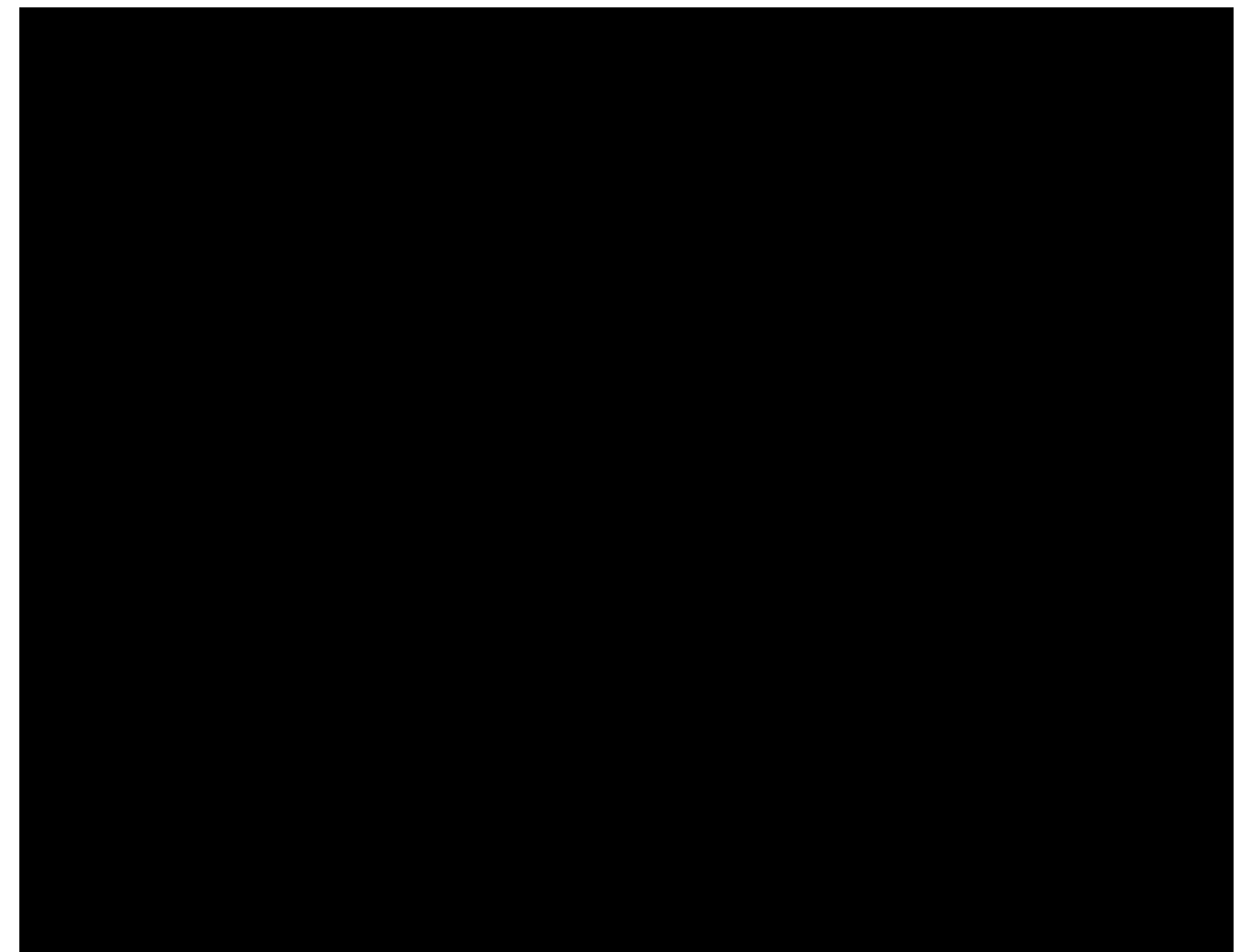
11.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS POZOS DE LA TUNELADORA

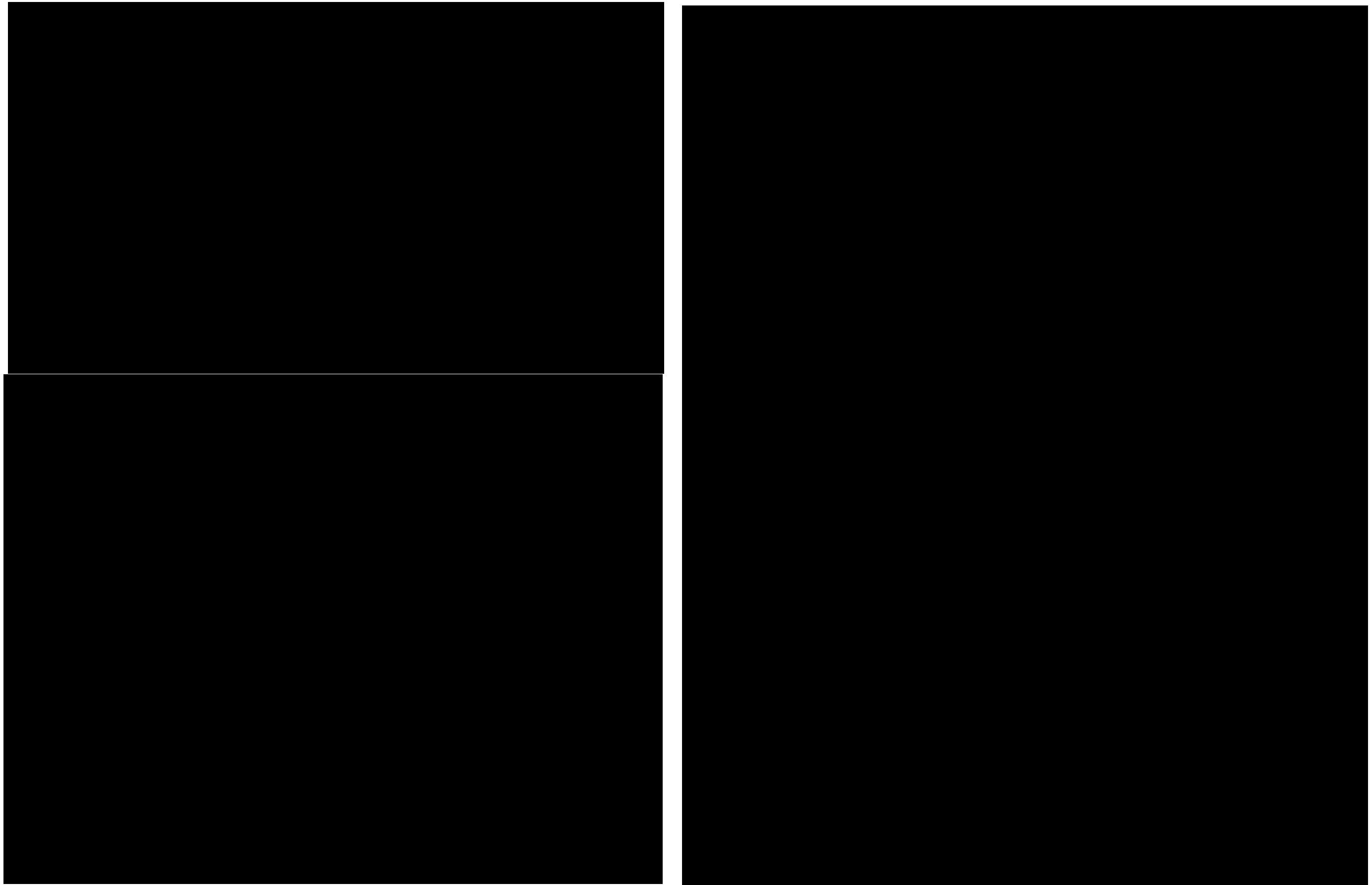
11.1.1 Pozo de Introducción



El Pozo de Introducción o de ataque se construye como recinto entre pantallas de dimensiones interiores en planta 100,00x23,40 m. El espesor de las pantallas se estima a priori de 1,00 m de espesor. El pozo de ataque incluye, asimismo, una estructura de reacción para el empuje de los primeros anillos de dovelas. La disposición en planta permite huecos necesarios para la introducción de todas las piezas de montaje de tuneladora.

En parte del lado del pozo que debe ser atravesado por la tuneladora, se prescindirá de la armadura o se dispondrá de armadura de fibra, para facilitar el paso de la tuneladora.





11.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

11.2.1 Pozo de Introducción

Las funciones del Pozo de Introducción consisten en facilitar el montaje y posicionamiento de la TBM-EPB (Tunnel Boring Machine- Earth Pressure balance), y la siguiente perforación del túnel.

El espacio del pozo de ataque debe permitir asimismo acopiar los siguientes materiales:

- Dovelas prefabricadas.
- Mortero de relleno del trasdós de dovelas.
- Espumas para fluidificación de tierras excavadas.
- Equipos de ventilación necesaria para mantener condiciones de seguridad a los trabajadores dentro del túnel respecto a los parámetros del aire que se exigen (máximo contenido de CO₂, NO₂, etc)
- Gatos hidráulicos de empuje.
- Estructura de reacción que permita perforar los primeros metros de túnel. A partir de cierta longitud de sostenimiento la reacción del empuje de los gatos hidráulicos se transmite a las dovelas ya formadas.
- Acopiar y retirar los productos de la excavación de los terrenos perforados a través de tornillo sin-fin ; para ello se precisa espacio que permita ensamblar los remolques enteros, a efectos de traslado de estos productos a rampa de carga de camiones.

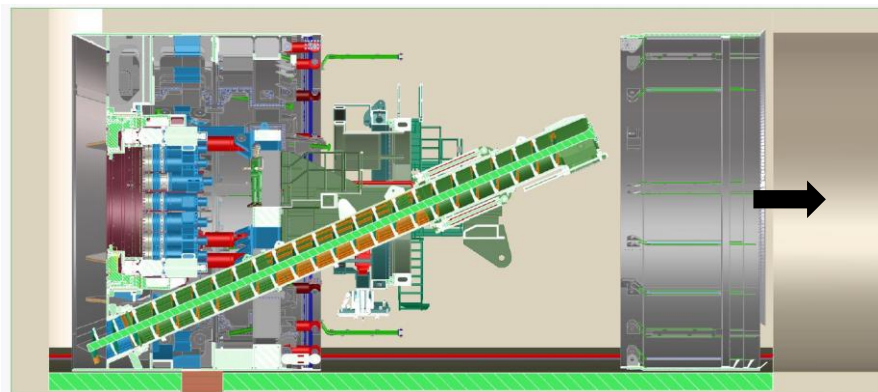


ILUSTRACIÓN 24 - CROQUIS DE SECCIÓN DE ESCUDO DE TUNELADORA E.P.B.

El procedimiento Constructivo consta de las siguientes fases:

- Reposición de servicios afectados
- Excavación previa y acondicionamiento de la plataforma de trabajo
- Ejecución de muros-guía de las pantallas
- Excavación y hormigonado de pantallas
- Ejecución de la viga de atado de pantallas
- Excavación hasta nivel de losa de cubierta, dejando la ventana para poder realizar el montaje de la tuneladora, y la rampa para extracción de material a las zonas de acopio hasta traslado a vertedero.
- Excavación de entreplantas, hormigonando la misma área que se hormigona en la losa de cubierta y aplicando el mismo criterio que el descrito anteriormente.
- Las losas que interfieran con el galibo de la tuneladora se dejarán sin hormigonar usando puntales temporales o estampidores, en caso de que sea necesario.
- Excavación hasta losa de fondo o contrabóveda, hormigonado de la misma, en su totalidad.

11.2.2 Pozo de extracción

Las funciones del pozo de extracción consisten en facilitar el desmontaje y extracción de la máquina tuneladora.

El desmontaje es progresivo, la máquina según va asomando a la vertical del pozo y se precisa espacio para su izado posterior a la superficie.

El espacio que se requiere en superficie ha de permitir el posicionamiento de la grúa y el estacionamiento de los camiones de transporte de las piezas desmontadas.

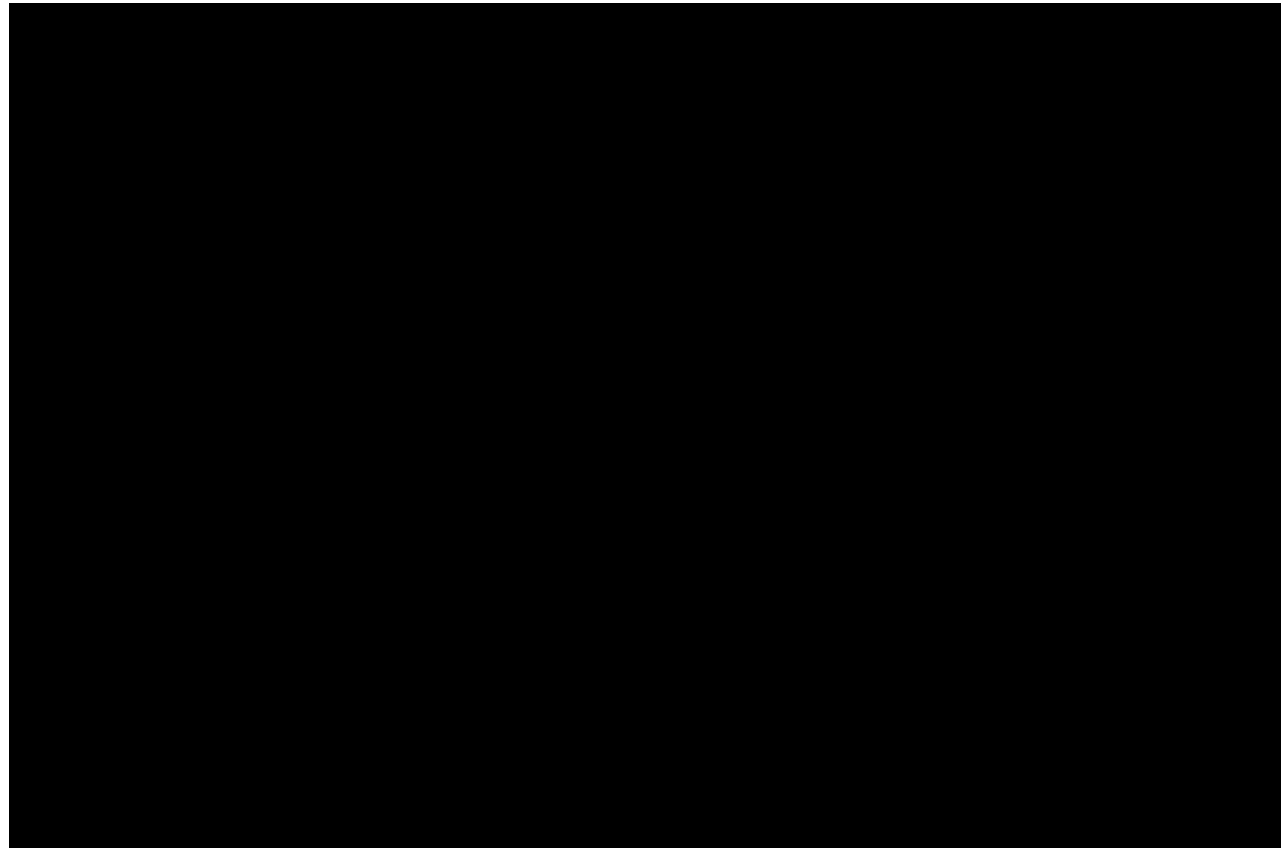
En el caso del pozo de extracción el método constructivo será la ejecución del pozo mediante pilotes secantes siguiendo el proceso siguiente:

- Desvío de servicios y preparación de la zona de trabajo.

- Excavación hasta la cota inferior de las riostras superiores y ejecución de los muretes guía.
- Ejecución de los pilotes sin armado.
- Ejecución de los pilotes armados secantes a los anteriores una vez estos han conseguido la resistencia requerida.
- Repicado de la parte superior de la pantalla y ejecución del marco superior de riostras.
- Excavación hasta nivel inferior de estampidores/puntales y ejecución del mismo.
- Repetir el proceso con todos los niveles de estampidores.
- Excavación hasta losa inferior y ejecución de la misma incluyendo la estructura de apoyo de tuneladora.

12 TÚNEL ENTRE PANTALLAS (CUT & COVER)

Los elementos de falso túnel contruidos mediante el sistema entre pantallas Cut&Cover son, por un lado el Ramal de Cocheras, y por otro lado el tramo inicial de túnel de línea entre el pozo de introducción existente y el nuevo pozo de introducción.



12.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

El sistema constructivo de estos elementos, también denominado Cut&Cover, se detalla a continuación en orden cronológico de ejecución:

- 1.- Preparación inicial de la plataforma de trabajo.
- 2.- Ejecución de las pantallas y viga perimetral de coronación:

La excavación a cielo abierto entre pantallas continuas de hormigón armado consiste en la ejecución de sendos muros paralelos de hormigón armado de sección rectangular, que permiten el vaciado del terreno situado entre ambos. El vaciado de tierras únicamente es el que es sustituido por el hormigón del muro.

En función de las características geotécnicas, es posible que durante la excavación de las pantallas se requiera el empleo de lodos bentoníticos.

Es habitual disponer arriostramientos intermedios según se va ganando profundidad en la excavación, cuya necesidad y número vendrá determinada por las características geotécnicas de los materiales y la geometría del recinto vaciado.

La construcción se lleva a cabo por paneles de longitud determinada. Una vez vaciado cada panel, se procede a limpiar el fondo de la excavación, y a continuación se colocan en sus extremos tubos de acero (cuyo diámetro coincide con el espesor de la pantalla y que actúa como encofrado). A continuación, se iza la jaula de armadura de acero previamente montada y se coloca en el interior de la excavación.

Finalmente se procede al hormigonado del panel en sentido ascendente mediante tubería. Cuando el hormigón ha endurecido lo suficiente, se extraen las juntas tubulares y se va repitiendo el proceso en paneles sucesivos.

Finalizada la pantalla, y descabezadas las mismas, se construye una viga perimetral de coronación en la parte superior que solidarice todos los paneles para la siguiente fase de construcción de losa de cubierta.

- 3.- Ejecución de losa de cubierta sobre el terreno y conexión con viga perimetral de coronación.

La coronación de ambos muros pantalla sirve de apoyo a una losa de cubierta de hormigón armado que cierra el túnel de línea y Ramal de Cocheras, y permite la restauración de los elementos que se encontraban originalmente en superficie.

- 4.- Construida la estructura de las pantallas y cerrado el sistema con la losa de cubierta, se procede a la excavación del terreno comprendido entre dichos elementos.

Se realiza la primera excavación en mina, desde cota de coronación hasta una cota de excavación intermedia. La retirada de tierra genera un hueco libre, que puede ser empleado para la ejecución de un nivel intermedio de apuntalamiento.

Posteriormente se continúa con la excavación hasta la profundidad final (cota máxima de excavación).

- 5.- A continuación, se procede a la preparación del terreno y se ejecuta la contrabóveda.

- 6.- Refuerzo estructural en el pozo de introducción existente (final de Fondo de Saco de Final de Línea 11) para conectar el tramo inicial de túnel de línea, y refuerzo estructural en el Muñón existente para conectar con el Ramal de Cocheras.
- 7.- Conexiones del Ramal de Cocheras y del tramo inicial de túnel de línea a las estructuras existentes.
- 8.- Acabados finales de estructuras.

