

---

**ELOT ET 1501-11-02-03-00:2023**

---

**ESPECIFICACIÓN  
TÉCNICA GRIEGA**

---

**HELLENIC TECHNICAL  
SPECIFICATION**

---

**Pantallas continuas**

---

**Diaphragm Walls**

Clase de tarificación: **12**

---



## **Preámbulo**

La presente especificación técnica griega revisa y sustituye a la norma ELOT ET 1501-11-02-03-00:2009.

Esta especificación técnica griega fue elaborada por expertos y comprobada y evaluada en su ámbito por un supervisor/especialista experto, que asistió a las obras del Comité técnico ELOT/TE 99 «Especificaciones de obras técnicas», cuya secretaría pertenece a la Dirección de Normalización de la Organización Griega de Normalización (ELOT, por su versión en griego).

El texto de esta especificación técnica griega ELOT ET 1501-11-02-03-00 fue adoptado el 17.3.2023 por la ELOT/TE 99 de conformidad con el Reglamento sobre la elaboración y la publicación de normas y especificaciones griegas.

Las normas europeas, internacionales y nacionales mencionadas en las referencias de normalización están disponibles en la ELOT.

## Contenido

Introducción.....	5
1 Objeto.....	6
2 Referencias a las normas.....	6
3 Términos y definiciones.....	7
3.1 Pantalla continua de hormigón inyectada.....	7
3.2 Pantalla continua hecha de paneles prefabricados.....	7
3.3 Diafragma de suspensión.....	7
3.4 Hormigón de plástico.....	8
3.5 Diafragma de hormigón de plástico.....	8
3.6 Cortina (panel).....	8
3.7 Paredes guía.....	8
3.8 Clasificación y características de las pantallas continuas.....	8
4 Requisitos.....	8
4.1 Generalidades.....	8
4.2 Requisitos para los estudios geotécnicos en la etapa de diseño.....	9
4.3 Requisitos específicos para materiales de construcción.....	10
4.4 Requisitos para la inspección durante la construcción.....	13
4.5 Tolerancias de construcción.....	17
5 Metodología para la ejecución de las obras.....	18
5.1 Trabajos y acciones preliminares.....	18
5.2 Equipos y medios para llevar a cabo el trabajo.....	18
5.3 Procedimientos de excavación.....	20
5.4 Configuración y colocación de la armadura.....	21
5.5 Hormigonado de pantallas continuas.....	23
5.6 Pantallas continuas de fundición rápida.....	24
6 Criterios de aceptación de los trabajos terminados.....	24
7 Método de medición de las obras.....	25

7.1	Entrada y recogida de equipos.....	25
7.2	Construcción de guías de pared.....	26
7.3	Excavación de la pantalla continua.....	26
7.4	Fabricación e instalación de jaulas de armadura.....	26
7.5	Hormigonado de la pantalla continua.....	26
	Bibliografía.....	30

## Introducción

Esta especificación técnica griega (ETG) forma parte de los textos técnicos elaborados originalmente por el Ministerio de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Obras Públicas y el Instituto de Economía de la Construcción (IOK, por su versión en griego) y después fue editada por la ELOT para su aplicación a la construcción de obras técnicas públicas nacionales, con el fin de producir obras robustas y capaces de cumplir y satisfacer las necesidades que han dictado su construcción y de ser beneficiosas para la sociedad en su conjunto.

En virtud de un contrato entre NQIS/ELOT y el Ministerio de Infraestructuras y Transportes (número de publicación en línea 6EOB465XΘΞ-02T), se asignó a la ELOT la edición y actualización como segunda edición de trescientas catorce (314) especificaciones técnicas griegas (ETG), de conformidad con las normas y los reglamentos europeos aplicables y los procedimientos establecidos en el Reglamento sobre la elaboración y la publicación de normas y especificaciones griegas y en el Reglamento sobre el establecimiento y el funcionamiento de los instrumentos técnicos de normalización.

La presente especificación técnica griega fue elaborada por el contratista de la licitación restringida n.º 1/2020 para la adjudicación de la obra «Revisión de la 1.<sup>a</sup> edición de 314 ETG» (número de publicación en línea ΩΕΕΑΟΞΜΓ-ΞΗΔ), comprobada y evaluada en su ámbito por un supervisor/especialista experto y sometida a consulta pública. Fue aprobada por el Comité técnico ELOT/TE 99 «Especificaciones de Obras Técnicas», que fue establecido por la Decisión del director general del NQIS, Δv.Σ. 285-19/08-02-2019 (ΑΔΑ6ΩΛΡΟΞΜΓ-15Ξ).

La presente ETG cubre los requisitos derivados del Derecho de la Unión, las directivas de nuevo enfoque pertinentes actualmente en vigor y la legislación nacional, se refiere a las normas europeas armonizadas y es compatible con ellas.

# Pantallas continuas

## 1 Objeto

El objeto de esta Especificación Técnica es la construcción de pantallas continuas temporales o permanentes con la eliminación de material del suelo, cuyo propósito es apoyar la tierra, o proporcionar una base profunda para las obras de construcción, o para evitar la circulación de agua o algún contaminante del suelo. Las pantallas continuas son estructuras con carácter permanente o temporal, dependiendo del propósito que sirvan.

## 2 Referencias a las normas

La presente especificación técnica incorpora, mediante referencias, disposiciones de otras publicaciones, estén o no fechadas. Estas referencias se refieren a las partes respectivas del texto y a continuación se presenta una lista de dichas publicaciones. En el caso de referencias a publicaciones fechadas, cualquier modificación o revisión posterior de estas se aplicará al presente documento cuando se incorpore a él mediante modificación o revisión. Por lo que se refiere a las referencias a publicaciones sin fecha, se aplicará su versión más reciente.

ELOT EN 197-1	<i>Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements -- Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes</i>
ELOT EN 206	<i>Concrete - Specification, performance, production and conformity -- Hormigón. especificación, rendimiento, producción y conformidad</i>
ELOT EN 934-2	<i>Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling --- Mezclas para hormigón, mortero y lechada. Parte 2: Mezclas de hormigón. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado</i>
ELOT EN 1008	<i>Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete -- Mezcla de agua para hormigón. Especificación para el muestreo, la prueba y la evaluación de la idoneidad del agua, incluyendo el agua recuperada de los procesos de la industria del hormigón, como agua de mezcla para hormigón</i>
ELOT EN 1538	<i>Execution of special geotechnical works - Diaphragm walls -- Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Pantallas continuas</i>
ELOT EN 1997-1	<i>Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules -- Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales.</i>
ELOT EN 12350-2	<i>Testing fresh concrete - Part 2: Slump test - Prueba de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento</i>
ELOT EN 12350-5	<i>Testing fresh concrete - Part 5: Flow table test - Prueba de hormigón fresco. Parte 5: Ensayo del cuadro de flujos</i>
ELOT 12620	<i>Aggregates for concrete ---Agregados para hormigón</i>

ELOT EN ISO 13500	<i>Petroleum and natural gas industries - Drilling fluid materials - Specifications and tests -- Industrias de petróleo y gas natural. Materiales fluidos de perforación. Especificaciones y ensayos</i>
ELOT EN 16228-1	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 1: Common requirements -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales</i>
ELOT 16228-2	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 2: Mobile drill rigs for civil and geotechnical engineering, quarrying and mining -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 2: Equipos móviles de perforación para ingeniería civil y geotécnica, canteras y minería</i>
ELOT 16228-3	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 3: Horizontal directional drilling equipment (HDD) -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 3: Equipo de perforación horizontal direccional (HDD)</i>
ELOT EN 16228-4	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 4: Foundation equipment -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 4: Equipos de cimentación</i>
ELOT EN 16228-5	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 5: Diaphragm walling equipment -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 5: Equipos para pantallas continuas</i>
ELOT EN 16228-6	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 6: Jetting, grouting and injection equipment -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 6: Equipos de chorro, lechada e inyección</i>
ELOT EN 16228-7	<i>Drilling and foundation equipment - Safety - Part 7: Interchangeable auxiliary equipment -- Equipos de perforación y cimentación. Seguridad. Parte 7: Equipos auxiliares intercambiables</i>
ELOT ET 1501-01-01-01-00	<i>Production and transport concrete in situ — Producción y transporte de hormigón in situ</i>
ELOT ET 1501-01-02-01-00	<i>Steel reinforcement for concrete — Refuerzo de acero para hormigón.</i>

### **3 Términos y definiciones**

A efectos de la presente especificación técnica, se aplicarán las siguientes definiciones:

#### **3.1 Pantalla continua de hormigón inyectada**

Una pared de hormigón no reforzado o reforzado, cuya construcción implica la excavación de una zanja adecuada en el suelo (con o sin el soporte de sus paredes), con la ayuda de un cortador especial (bena o molino) de sección transversal rectangular y funcionamiento hidráulico o mecánico, y luego llenar la zanja con hormigón.

#### **3.2 Pantalla continua hecha de paneles prefabricados**

Pared hecha de elementos de hormigón prefabricados colocados en una zanja en el suelo, construida con o sin el soporte de sus paredes y que contiene una suspensión autoajustable.

#### **3.3 Diafragma de suspensión**

Pared flexible de suspensión endurecida que también sirve como fluido de soporte durante la excavación. Puede estar desarmado o reforzado con vigas de hierro o mallas.

### 3.4 Hormigón de plástico

Hormigón de baja resistencia y baja elasticidad, con un potencial de mayor deformación que el hormigón común. Por lo general consiste en hormigón de bajo contenido en cemento con un alto coeficiente W/C (agua/cemento). Puede contener bentonita u otros materiales arcillosos y/u otros componentes, como cenizas volantes (PFA) y aditivos (definición de la ELOT EN 1538).

### 3.5 Diafragma de hormigón de plástico

Pared de hormigón de plástico cuya construcción consiste en perforar una zanja adecuada en el suelo (con o sin el soporte de sus paredes) y luego llenarla con hormigón de plástico alimentado por un tubo.

### 3.6 Cortina (panel)

Elemento de una pantalla continua hormigonada con un proceso continuo. La cortina o panel (como se suele decir en la práctica) por lo general tiene una sección transversal rectangular de la planta y a veces otras formas (por ejemplo, de T o de L).

### 3.7 Paredes guía

Paredes de baja altura, paralelas entre sí, construidas temporalmente antes de la excavación del diafragma para guiar el gráfico de excavación (bena) y asegurar la posición de los bordes de la zanja en la superficie. El espacio entre las guías de pared también permite que el nivel de la suspensión bentónica de soporte varíe durante la excavación de la cortina.

### 3.8 Clasificación y características de las pantallas continuas

Las pantallas continuas se distinguen de la siguiente manera:

- (1) Pantallas continuas para contención de tierras:
  - a) Pantallas continuas inyectadas hechas de hormigón armado
  - b) Pantallas continuas con cortinas prefabricadas
  - c) Paredes de lodos reforzados
- (2) Impermeabilización o prevención de circulación de agua o paredes contaminantes:
  - a) Pantallas continuas de suspensión bentónica
  - b) Pantallas continuas de hormigón de plástico

## 4 Requisitos

### 4.1 Generalidades

Los materiales incorporados o utilizados en las pantallas continuas son los siguientes:

- Bentonita (suspensión de bentonita)
- Cemento
- Agregados de hormigón
- Aditivos y mezclas de hormigón cuando estén previstos en el estudio de composición
- Refuerzos de acero

Los agregados de cemento, los agregados de hormigón y los aditivos de hormigón deben cumplir los requisitos de las normas armonizadas ELOT EN 197-1, ELOT EN 12620 y ELOT EN 934-2, respectivamente, y obligatoriamente:

- a) llevar el marcado CE
- b) ir acompañadas de una declaración de prestaciones con arreglo al Reglamento Delegado (UE) n.º 574/2014 (DO 159/41/28.05.2014) y de una ficha de datos de seguridad de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (CE) n.º 1907/2006.

Además, el cemento debe ir acompañado de un certificado de constancia de rendimiento, mientras que los aditivos y agregados de hormigón (véase Bibliografía [9]) deben ir acompañados de un certificado de control de conformidad de la producción en la fábrica. Estos certificados serán expedidos por los organismos notificados de la UE y presentados a petición de la autoridad competente.

El contratista está obligado a presentar un informe técnico sobre la ejecución de las obras a la autoridad competente, en el que se analizará lo siguiente:

- a) Tipo, características y prestaciones del equipo mecánico especial que el contratista se propone utilizar para la realización de las obras
- b) La composición del personal técnico y las calificaciones del jefe del taller y su reemplazo. Ambos deben ser técnicos con experiencia comprobada en el trabajo de diafragma.
- c) El proyecto para la excavación y concreción de las pantallas continuas con un enfoque en evitar daños a elementos ya hormigonados y otras estructuras existentes.
- d) Información sobre actividades paralelas que pueden afectar a la construcción de diafragmas (por ejemplo, drenaje, excavaciones subterráneas, excavaciones abiertas).
- e) Procedimientos de supervisión, registro y control de calidad de las obras de construcción de las pantallas continuas (por ejemplo, supervisión de la continuidad de la hormigonada de las cortinas construidas).

Se debe tener en cuenta que, para cada diafragma fabricado, debe mantenerse un registro detallado, de acuerdo con los cuadros 2 y 3, que se considera un elemento esencial de medición de las operaciones.

- f) Técnica sugerida y materiales de impermeabilización para las juntas de construcción de las pantallas continuas.
- g) Definición de puntos fijos (aseguramientos) para la dependencia del grabado de los ejes de las pantallas continuas.
- h) Método propuesto para comprobar la continuidad de los diafragmas mediante métodos no destructivos, pruebas de integridad, métodos acústicos, etc.
- i) Las medidas para la restauración y reparación de la pantalla continua, si se encuentran defectos durante el control de seguimiento o durante la excavación.
- j) Estudio de la composición de la construcción de hormigón de los diafragmas, que deben cumplir con los requisitos del estudio.

#### **4.2 Requisitos para los estudios geotécnicos en la etapa de diseño**

Las investigaciones geotécnicas necesarias antes de la ejecución de las obras (etapa de estudio) deben extenderse a una profundidad suficiente, a fin de ofrecer datos suficientes (fuerza y deformabilidad) para todas las unidades geotécnicas, que se estima que afectan a la construcción y funcionamiento de las pantallas continuas.

La realización de las encuestas mencionadas deberá cumplir los requisitos y principios generales establecidos en la norma ELOT EN 1997-1 (Eurocódigo 7).

Es necesario tener en cuenta la experiencia pertinente existente en la construcción de pantallas continuas en condiciones geotécnicas similares o la información geotécnica existente en el área de trabajo más amplia para la determinación final de los estudios geotécnicos necesarios que deben llevarse a cabo.

Cabe señalar que debe prestarse especial atención a las siguientes condiciones geotécnicas:

- (1) Materiales de suelo sueltos o blandos con posibles problemas de inestabilidad durante la excavación.
- (2) Gránulos gruesos o formaciones de suelo de gran permeabilidad general, que pueden hacer que las inyecciones se pierdan durante la construcción.
- (3) Capas de rocas y gravas, formaciones rocosas u otros obstáculos, que pueden causar dificultades durante la excavación y, por lo tanto, requieren la aplicación de máquinas de perforación especiales.
- (4) Presencia de la superficie de una capa freática sistemática.
- (5) Presencia de la superficie de una capa freática artesiana o elevada.
- (6) Capas dentro de las cuales se puede desarrollar un régimen de flujo subterráneo con grandes gradientes hidráulicos.
- (7) Posibilidad de acción química de las aguas subterráneas o del suelo sobre el hormigón de las pilas.
- (8) Existencia de suelos previamente mejorados que pueden causar efectos adversos durante las excavaciones.

### **4.3 Requisitos específicos para materiales de construcción**

A continuación se exponen los requisitos pertinentes.

#### **4.3.1 Requisitos para la bentonita (suspensión bentónica)**

El uso de la suspensión bentónica se basa en sus propiedades tixotrópicas. La bentonita es una arcilla que contiene principalmente el mineral montmorillonita. El proveedor del material debe proporcionar la composición química y mineralógica de la bentonita. La suspensión bentónica se utiliza como suspensión de autoendurecimiento o como adición a una suspensión de polímero

La bentonita seca necesariamente debe procesarse y activarse correctamente. Los productos del mercado incluyen bentonita calcárea, bentonita sódica natural y bentonita sódica activada (derivada de bentonita calcárea natural después del intercambio iónico).

La hidratación de la bentonita para la preparación de la suspensión fresca se lleva a cabo con agua.

La bentonita debe cumplir con los requisitos de ELOT EN ISO 13500 y poseer las propiedades presentadas en el cuadro 1.

Se observa que es posible reciclar (reutilizar) la suspensión bentónica después del enriquecimiento adecuado para cumplir con los requisitos establecidos en el cuadro 1.

**Cuadro 1 — Características de la suspensión bentónica**

Propiedades	Suspensión fresca	Suspensión enriquecida para su reutilización	Antes de hormigonar
Densidad (g/ml)	< 1,10	< 1,25	< 1,15
Valor de marisma (seg) <sup>(1)</sup>	entre 32 y 50	entre 32 y 60	entre 32 y 50
Pérdida de líquido (ml)	< 30	< 50	-
Valor del pH	entre 7 y 11	entre 7 y 12	-
Contenido de arena (%) <sup>(2)</sup>	-	-	< 4
Torta de filtración (mm)	< 3	< 6	-

<sup>(1)</sup> El valor de viscosidad de embudo se mide en un frasco de 946 ml.

<sup>(2)</sup> El contenido de arena de la suspensión será un porcentaje de los granos superior a 0,074 mm.

<sup>(3)</sup> Antes del hormigonado y en casos especiales (pantallas continuas no portadoras, pantallas continuas desarmadas), el valor superior del contenido de arena puede estar entre el 4 % y el 6 %.

Los valores del cuadro 1 pueden modificarse en casos específicos, tales como:

- (1) En suelos o rocas altamente permeables o suelos con concavidades donde puede ocurrir una pérdida súbita de suspensión bentónica.
- (2) En condiciones de artesianismo subterráneo.
- (3) En suelos muy blandos.
- (4) En condiciones de agua subterránea salobre.

En algunos casos, es posible exigir la medición de la resistencia al cizallamiento de la suspensión (gel), como, por ejemplo, en los casos en que se requiere una penetración reducida de la suspensión en el suelo, cuando la resistencia suficiente de la suspensión es necesaria para retener los granos de arena en la suspensión.

Las soluciones poliméricas (posiblemente con la adición de bentonita) también pueden utilizarse como fluidos de apoyo en suelos con experiencia previa o después de realizar ensayos en un campo de ensayos in situ.

#### 4.3.2 Requisitos para el hormigón

En general, las disposiciones del Reglamento sobre tecnología del hormigón 2016 y la norma ELOT EN 206 se aplican al hormigón. La resistencia característica del hormigón será la prevista en el estudio. El tipo de aditivos e impurezas y sus proporciones se determinarán en el estudio de composición del hormigón.

La bentonita se puede utilizar para proteger el hormigón contra el enjuague en condiciones de flujo subterráneo significativo.

Si los sulfatos están presentes en el suelo o en las aguas subterráneas, debe utilizarse cemento SR, como CEM IV/A(P) 32,5N-SR de acuerdo con la norma ELOT EN 197-1.

En el estudio de composición del hormigón se recomienda considerar lo siguiente:

- (1) El tamaño máximo agregado del grano no excederá de 32 mm (1 ¼") o ¼ de la distancia entre barras de refuerzo longitudinales (ELOT EN 206 — Anexo D)
- (2) El contenido de cemento no será inferior a 325 kg/m<sup>3</sup> para pantallas continuas moldeadas en seco o 375 kg/m<sup>3</sup> moldeados en presencia de agua para cualquier clase de resistencia del hormigón.
- (3) La relación de agua y cemento (N/T) no excederá de 0,6.

- (4) El asentamiento del hormigón será del orden de 150-200 mm, dependiendo de las condiciones de fundición de las pantallas continuas.
- (5) El uso de cementos especiales de acuerdo con la norma ELOT EN 197-1, cuando la restricción del calor de hidratación del hormigón se busca o prescribe en el estudio

En general, el estudio de composición del hormigón debe cumplir los requisitos del anexo D de la norma ELOT EN 206.

La composición del hormigón debe ser tal que sea viable, fluido, no cause enjuague y al mismo tiempo cumpla con los requisitos de resistencia, deformabilidad y permeabilidad del trabajo.

El hormigón con un porcentaje mínimo de cemento de 350 kg/m<sup>3</sup> se utiliza para hormigonar las cortinas (paneles). El aumento de la cantidad de cemento es necesario debido al hormigonado necesario bajo la suspensión de bentonita (véase el cuadro 2 en relación con el diámetro máximo de partículas de los agregados).

Los agregados utilizados deberán ser de buena gradación y sus dimensiones deberán cumplir los siguientes requisitos:

- (1) El diámetro máximo será de 32 mm o 1/4 de la distancia entre las barras de refuerzo longitudinales.
- (2) En el caso de utilizar agregados con un tamaño máximo de grano de 32 mm, el porcentaje de arena debe ser superior al 40 % del peso total de los agregados y los granos finos (incluido el cemento) deben oscilar entre 400 y 550 kg/m<sup>3</sup>.

El hormigón debe tener una plasticidad correspondiente a un valor de asiento propuesto (ELOT EN 12350-2) de 18 a 21 cm o (ELOT EN 12350-5 ensayo de flujo) de 55 a 60 cm.

Debido a que el hormigonado se lleva a cabo por medio de un tubo tremie, el hormigón debe contener un aditivo apropiado (plastificante o hiperplastificante) para evitar enjuagarlo o separarlo durante el hormigonado.

La norma ELOT ET 1501-01-01-01-00 se aplica a la producción y transporte de hormigón.

En el caso de los diafragmas de hormigón de plástico (para impermeabilizar o prevenir la circulación de fluidos), se requiere una menor permeabilidad y flexibilidad de la pantalla continua. El hormigón de plástico consiste en bentonita (u otro material arcilloso), cemento, inerte de buen grado, agua, aditivos o mezclas de hormigón. Cabe señalar que las composiciones estándar de hormigón de plástico figuran en el anexo A de la norma ELOT EN 1538.

### **4.3.3 Refuerzos de acero**

La armadura de acero prescrita cumplirá con las especificadas en la norma ELOT ET 1501-01-02-01-00.

Los refuerzos horizontales deben tener suficiente diámetro y densidad (generalmente se utiliza una rejilla doble) para proporcionar la rigidez necesaria de la jaula, especialmente al levantarla para colocarla en el panel.

Con el fin de crear jaulas (véanse las figuras 6, 7 y 8) de espesor estable y controlado, se requiere el uso de auxiliares (guías en forma apropiada — espaciadores) para mantener las 2 rejillas de refuerzo a la distancia deseada entre sí.

Las dimensiones de estas piezas deben ser tales que garanticen que las varillas de las rejillas estén recubiertas con hormigón de la pared lateral de la pared al menos 7,5 cm (en superficies no agresivas contra la corrosión del refuerzo, el recubrimiento puede ser de 6 cm).

Además de los espaciadores, se deben colocar algunas barras cruzadas (generalmente en el sentido del grosor de la jaula) para evitar deformaciones y movimientos entre las 2 rejillas, especialmente durante la fase de elevación del refuerzo para colocarlo dentro de la zanja. Se recomienda que el diámetro de todas las piezas anteriores sea bastante grande, por lo general entre  $\Phi 16$  y  $\Phi 20$ .

El diámetro mínimo de las barras verticales será de  $\Phi 12$  y el refuerzo mínimo será de 3 barras por metro de longitud de cortina en ambos bastidores de refuerzo.

Es importante mantener una distancia mínima entre las barras y las rejillas, de modo que el hormigón, que se inyecta en el eje de la madriguera, pueda cubrir completamente la jaula de refuerzo y entrar en pleno contacto con el suelo lateral de la cortina. Además, debe considerarse que, aunque el hormigón tiene plasticidad debido a la adición de fluidizadores, no puede, por razones técnicas, vibrar con la ayuda de, por ejemplo, un vibrador de masa (generalmente hormigón bajo suspensión). Sobre la base de lo anterior, los requisitos de distancia mínima se definen de la siguiente manera:

- a) El espacio mínimo entre las barras verticales debe ser de 10 cm y en algunos casos de 8 cm, siempre que el gránulo máximo de agregados de hormigón sea de 2 cm.
- b) El espacio mínimo entre las barras horizontales debe ser de 20 cm y en algunos casos 15 cm, siempre que el gránulo máximo de áridos de hormigón sea de 2 cm.

Cuando en el estudio se proporcione un número de barras tal que no pueda cumplirse el requisito anterior, este refuerzo debe configurarse en dos filas, ya sea en contacto de cada barra externa con la correspondiente interna (con pinzas de soldadura eléctrica adecuadas), o a cierta distancia del segundo bastidor interno, desde el externo.

Se debe tener en cuenta que los elementos metálicos utilizados, por ejemplo, tubos, placas, sujetadores, etc. deben estar hechos de hierro no galvanizado para evitar la corrosión electroquímica de los refuerzos.

#### **4.4 Requisitos para la inspección durante la construcción**

Durante la construcción de las pantallas continuas es necesario comprobar lo siguiente:

- (1) Método de excavación, dimensiones y ubicación de la zanja
- (2) Limpieza (desarenado) de la zanja antes de hormigonar
- (3) Colocación y extracción de elementos formadores de juntas
- (4) Colocación de armaduras
- (5) Proceso de hormigonado

La construcción de las paredes del diafragma requiere conocimientos especializados y experiencia y es necesario en todas las fases, antes y durante la ejecución de las obras, comprobar y registrar los datos descritos en detalle en los cuadros 2 y 3 para los casos más comunes de construcción, es decir, (a) inyectar hormigón reforzado in situ y (b) pantallas continuas de sellado hechas de hormigón de plástico.

Se debe tener en cuenta que para los casos restantes de pantallas continuas a que se refiere el punto 3.7 de este cuadro similar figuran en la norma ELOT EN 1538.

**Cuadro 2 — Control de calidad de las pantallas continuas reforzadas**

<b>Fase de trabajo o construcción</b>	<b>Control</b>	<b>Observaciones</b>
Colocación	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Montaje de paredes</li> <li>— Montaje de paredes guía</li> <li>— Montaje de cortinas-juntas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mapeo topográfico y planes de proyectos</li> <li>— Ensayos previos y posteriores al hormigonado</li> <li>— Las posiciones de las juntas se marcarán en los conductores.</li> </ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Adecuada para el uso</li> </ul>	Control de acuerdo con la norma ELOT EN 1008
Bentonita	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Fuente del material</li> </ul>	Comprobar cada entrega de informes de ensayos de laboratorio del producto de acuerdo con la norma ELOT EN ISO 13500
Suspensión bentónica fresca	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Filtración, torta de filtración, pH</li> <li>— Densidad, viscosidad de embudo de Marsh</li> <li>— Fuerza de cizallamiento de gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobado al comienzo del trabajo y siempre que sea necesario</li> <li>— Al menos una vez al día (o turno).</li> <li>— Comprobado cuando sea necesario</li> </ul>
Hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Composición, contenido y resistencia a la compresión</li> </ul>	— Auditoría de cumplimiento según la ETG ELOT TS 1501-01-01-00
Fabricación de jaulas de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Número, diámetro, posición de la varilla</li> <li>— Aposición y soldaduras</li> <li>— Distancias entre barras</li> <li>— Espacio libre para la tubería de hormigonado</li> </ul>	La inspección debe llevarse a cabo para cada jaula y de acuerdo con los planes de construcción.
Excavación de una cortina	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Instalación de cucharón de excavadora (bena)</li> <li>— Pico y giro</li> <li>— Perfil territorial</li> <li>— Profundidad de excavación</li> <li>— Nivel de suspensión bentónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Seguimiento visual</li> <li>— Comprobado para cada cortina durante la excavación y al final <sup>(a)</sup></li> <li>— Descripción visual, seguimienton</li> </ul>
Suspensión bentónica durante la excavación	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Filtración, torta de filtración, pH, densidad, viscosidad de embudo de Marsh</li> <li>— Fuerza de cizallamiento de gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Debe comprobarse al menos una vez por cortina o por día, de acuerdo con el cuadro 1 <sup>(b)</sup></li> <li>— Comprobado cuando sea necesario</li> </ul>
Limpieza de la suspensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>— A la profundidad de la excavación</li> </ul>	— Comprobados al menos tres puntos diferentes para cada cortina
Suspensión bentónica antes de hormigonar	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Filtración, torta de filtración, pH, densidad, viscosidad de embudo de Marsh</li> <li>— Fuerza de cizallamiento de gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Debe comprobarse al menos una vez por cortina o por día, de acuerdo con el cuadro 1 <sup>(c)</sup></li> <li>— Comprobado cuando sea necesario</li> </ul>
Instalación de juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Alineación de las juntas</li> <li>— Pico, posición y profundidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobado antes del montaje</li> <li>— Las juntas deben estar al final de la excavación en contacto con el lateral.</li> </ul>
Instalación de jaulas de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Rigidez del refuerzo</li> <li>— Orientación de la jaula en relación a la apariencia de la cortina y colocación de los espaciadores</li> <li>— Posición, pico de la jaula</li> <li>— Vinculando las jaulas entre los</li> <li>— Nivel final y posición de la jaula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Controlado directamente al levantar jaulas</li> <li>— Comprobado para cada jaula de refuerzo</li> <li>— Comprobar en cada jaula y, en particular, la longitud citada de las dos jaulas</li> <li>— Se comprueba en cada jaula.</li> </ul>

Fase de trabajo o construcción	Control	Observaciones
Hormigonado	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Longitud de la tubería de hormigonado</li> <li>— Lámina de composición de hormigón</li> <li>— Viabilidad del hormigón</li> <li>— Resistencia del hormigón</li> <li>— Método de inicio del hormigonado</li> <li>— Profundidad de la sección hormigonada en relación con el volumen</li> <li>— Posición y nivel de la jaula</li> <li>— Nivel de hormigón antes de cortar el tubo de hormigonado a una longitud más corta</li> <li>— Tiempo de fabricación del hormigón y comienzo del hormigonado</li> <li>— Duración del hormigonado</li> <li>— Temperatura del hormigón</li> <li>— Nivel final de hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobado para cada cortina hormigonada</li> <li>— Comprobado para cada barril de hormigón</li> <li>— Comprobado al principio para cada cortina y cuando sea necesario</li> <li>— Tres probetas al menos por cada 100 <math>\mu\text{m}^3</math> o de acuerdo con la regulación del hormigón</li> <li>— Como se describe en el método. Sin interrupción del tubo de hormigonado en el primer barril</li> <li>— Comprobado para cada barril de hormigón. Se construye la curva de hormigonado.</li> <li>— Comprobado para estar de acuerdo con los planes.</li> <li>— Debe revisarse cada vez que deba retirarse una sección de la tubería de hormigonado.</li> <li>— Para cada barril de hormigón</li> <li>— Registrado para cada cortina</li> <li>— En casos de condiciones climáticas extremas</li> <li>— Registrado para cada cortina</li> </ul>
Exportación de juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Aplicación del régimen de exportación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— De acuerdo con el método de fabricación</li> </ul>
Limpieza de cabezales	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Nivel del cabezal y calidad del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Control de calidad del hormigón en cada cortina mediante inspección visual</li> </ul>

**Notas:**

- a) La frecuencia de las mediciones se incrementará cuando exista un riesgo de desviación, en particular cuando se encuentre un terreno duro o se encuentre una parte de la cortina de hormigón adyacente. El control se lleva a cabo visualmente y con medidas sencillas [por ejemplo, de la cuerda de alambre del cucharón (bena)].
- b) El control de la suspensión de bentonita se realiza con mayor frecuencia cuando se encuentran suelos orgánicos o aguas subterráneas que pueden afectar químicamente la efectividad de la bentonita.
- c) En caso de comprobar las características de la suspensión antes del hormigonado, se recibirán desde el fondo de la excavación. Se reciben ya sea del circuito de desarenado o por un muestreador especial.

**Cuadro 3 — Control de calidad del diafragma impermeabilizante de hormigón de plástico**

<b>Fase de trabajo o construcción</b>	<b>Control</b>	<b>Observaciones</b>
Colocación	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Montaje de paredes</li> <li>— Montaje de paredes guía</li> <li>— Instalación de cortinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mapeo topográfico y planes de proyectos</li> <li>— Ensayos previos y posteriores al hormigonado</li> <li>— Las posiciones de las juntas se marcarán en los conductores.</li> </ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Adecuada para el uso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Auditoría según la norma ELOT EN 1008</li> </ul>
Bentonita	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Fuente del material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar cada entrega de los informes de los ensayos de laboratorio del producto de acuerdo con la norma ELOT EN ISO 13500</li> </ul>
Suspensión bentónica fresca	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Filtración, torta de filtración, pH</li> <li>— Densidad, viscosidad de embudo de Marsh</li> <li>— Fuerza de cizallamiento de gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobado al comienzo del trabajo y siempre que sea necesario</li> <li>— Al menos una vez al día, (o turno).</li> <li>— Comprobado cuando sea necesario</li> </ul>
Hormigón de plástico	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Composición, contenido y resistencia a la compresión</li> <li>— Medida de flexibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Auditoría de cumplimiento según la ETG ELOT TS 1501-01-01-01-00</li> </ul>
Excavación de una cortina	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Instalación de cucharón de excavadora (bena), pantalla impermeable cuando no tiene juntas</li> <li>— Pico y giro</li> <li>— Perfil territorial</li> <li>— Profundidad de excavación</li> <li>— Nivel de suspensión bentónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Seguimiento visual</li> <li>— Comprobado para cada cortina durante la excavación y al final (a)</li> <li>— Descripción visual, seguimienton</li> </ul>
Suspensión bentónica durante la excavación	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Filtración, torta de filtración, pH, densidad, viscosidad de embudo de Marsh</li> <li>— Fuerza de cizallamiento de gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Debe comprobarse al menos una vez por cortina o por día, de conformidad con el cuadro 1, letra b)</li> <li>— Comprobado cuando sea necesario</li> </ul>
Limpieza de la suspensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>— A la profundidad de la excavación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobados al menos tres puntos diferentes para cada cortina</li> </ul>
Suspensión bentónica antes de hormigonar	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Filtración, torta de filtración, pH, densidad, viscosidad de embudo de Marsh</li> <li>— Fuerza de cizallamiento de gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Debe comprobarse al menos una vez por cortina o por día, de conformidad con el cuadro 1, letra c)</li> <li>— Comprobado cuando sea necesario</li> </ul>
Juntas de montaje (si las hay)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Alineación de las juntas</li> <li>— Pico, posición y profundidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobado antes del montaje</li> <li>— Las juntas deben estar al final de la excavación en contacto con el lateral.</li> </ul>

Fase de trabajo o construcción	Control	Observaciones
Hormigonado	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Longitud de la tubería de hormigonado</li> <li>— Lámina de composición de hormigón de plástico</li> <li>— Capacidad de trabajo del hormigón de plástico</li> <li>— Resistencia del hormigón de plástico</li> <li>— Método de inicio del hormigonado</li> <li>— Profundidad de la sección hormigonada en relación con el volumen</li> <li>— Nivel de hormigón antes de cortar el tubo de hormigonado a una longitud más corta</li> <li>— Tiempo de fabricación del hormigón y comienzo del hormigonado</li> <li>— Duración del hormigonado</li> <li>— Temperatura del hormigón</li> <li>— Nivel final de hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobado para cada cortina hormigonada</li> <li>— Comprobado para cada barril de hormigón</li> <li>— Comprobado al principio para cada cortina y cuando sea necesario</li> <li>— Tres probetas al menos para cada 100 m<sup>3</sup> o de acuerdo con la regulación del hormigón</li> <li>— Como se describe en el método. Sin interrupción del tubo de hormigonado en el primer barril</li> <li>— Comprobado para cada barril de hormigón. Se construye la curva de hormigonado.</li> <li>— Debe revisarse cada vez que deba retirarse una sección de la tubería de hormigonado.</li> <li>— Para cada barril de hormigón</li> <li>— Registrado para cada cortina</li> <li>— En casos de condiciones climáticas extremas</li> <li>— Registrado para cada cortina</li> </ul>
Juntas de exportación (si las hay)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Aplicación del régimen de exportación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— De acuerdo con el método de fabricación</li> </ul>
Limpieza de cabezales	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Nivel del cabezal y calidad del hormigón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Control de calidad del hormigón en cada cortina mediante inspección visual</li> </ul>

**Notas:**

- a) La frecuencia de las mediciones se incrementará cuando exista un riesgo de desviación, en particular cuando se encuentre un terreno duro o se encuentre una parte de la cortina de hormigón adyacente. El control se lleva a cabo visualmente y con medidas sencillas [por ejemplo, de la cuerda de alambre del cucharón (bena)].
- b) El control de la suspensión de bentonita se realiza con mayor frecuencia cuando se encuentran suelos orgánicos o aguas subterráneas que pueden afectar químicamente la efectividad de la bentonita.
- c) En caso de comprobar las características de la suspensión antes del hormigonado, se recibirán desde el fondo de la excavación. Se reciben ya sea del circuito de desarenado o por un muestreador especial.

**4.5 Tolerancias de construcción**

En el contexto de esta especificación técnica, las tolerancias de construcción se determinan de la siguiente manera, a menos que se especifique lo contrario en el diseño:

- (1) La profundidad y la anchura de la excavación de una cortina no serán inferiores a las prescritas en el estudio.
- (2) Para las pantallas continuas reforzadas, la desviación horizontal de una cortina, después de haber sido revelada por sus guías al cabezal, no deberá ser superior a 2 cm del lado de la excavación y 5 cm del lado opuesto. En cortinas prefabricadas, esta desviación es de 1 cm en cada lado.
- (3) La desviación respecto de la vertical en ambas direcciones no será superior al 1 %. En casos específicos (por ejemplo, presencia de bultos), esta desviación puede ser mayor si se prevé en el estudio.

## 5 Metodología para la ejecución de las obras

### 5.1 Trabajos y acciones preliminares

- (1) Antes de traer el equipo, se debe realizar un estudio topográfico del sitio, el estado de la planta de trabajo, las redes subterráneas y el estado de los edificios vecinos, así como el tipo de cimentación de los mismos, para tomar, si es necesario, medidas de protección adecuadas. Además, es necesario conocer los posibles requisitos ambientales específicos, el uso pasado del sitio y la posible presencia de contaminantes en el suelo.
- (2) En el caso de las pantallas continuas de impermeabilización, es necesario conocer las propiedades mecánicas del material del diafragma, como la permeabilidad, la resistencia y la deformabilidad. Se observa que las pantallas continuas no son completamente estancas y, por lo tanto, hay una pequeña fuga de agua (desgarramiento) de las juntas, así como de los cuerpos de las mismas.
- (3) Confirmación de la realización de un estudio geotécnico a que se refiere el punto 4.2
- (4) El equipo solo se introduce cuando las condiciones son favorables y necesarias para la instalación del conjunto de perforación programable y después de que se hayan construido previamente las paredes guía necesarias.

### 5.2 Equipos y medios para llevar a cabo el trabajo

Los siguientes equipos son necesarios para la construcción de pantallas continuas:

- (1) Grúa móvil sobre orugas que transporta el equipo de excavación, es decir, el cucharón hidráulico o mecánico (bena) (véanse las figuras 1-4).
- (2) Unidad de producción de suspensión bentónica con tanques de deposición adecuados.
- (3) Sistema de limpieza (desarenado) de la suspensión utilizada para ser reutilizada.
- (4) Unidad de producción de lechada de cemento en caso de construcción de un diafragma C/B (cemento-bentonita), o unidad de producción de hormigón
- (5) Equipo para probar las propiedades de la bentonita.
- (6) Equipos auxiliares, como bombas de circulación de bentonita, soldadura eléctrica, tuberías de hormigón, etc.

**Las máquinas de excavación se dividen en dos categorías:**

a) Agarres de diafragma (cuchara, benes) hidráulicos o mecánicos (con cables de alambre)

**Las cucharas mecánicamente operadas fueron las primeras en ser utilizadas en la construcción de pantallas continuas. Su desventaja es que se requiere equipo de impacto adicional cuando se encuentran capas de suelo duro a las que no pueden hacer frente por sí solas con el efecto del mismo peso. Por el contrario, las cucharas hidráulicas son de corte asistido (a través de cilindros hidráulicos) que permiten el control y la corrección del pico de la zanja (también a través de sistemas hidráulicos), y su productividad es mucho mayor que los ingenieros.**

b) Cortadores de hidrofresas (hidrofresas, hidromolinos)

**Los cortadores de hidrofresas consisten en dos discos de eje horizontal giratorios opuestos, que tienen dientes de corte perimétricos. El material molido cortado se bombea a la superficie, mezclado con el fluido perforado (suspensión bentónica), que se filtra y recircula.**

**Los cortadores de hidrofresas pueden cortar incluso materiales de suelo particularmente duros, resistencia a la compresión de hasta 80 MPa, sin equipos de impacto adicionales.**

**Logran fácilmente tolerancias máximas del 1 %, que se pueden reducir al 0,3 % utilizando sistemas de control electrónicos modernos.**



Figura 1 — Cuchara hidráulica (bena)



Figura 2 — Cortador de hidrofresas



Figura 3 — Cucharas de cable de acero que funcionan mecánicamente (benes)

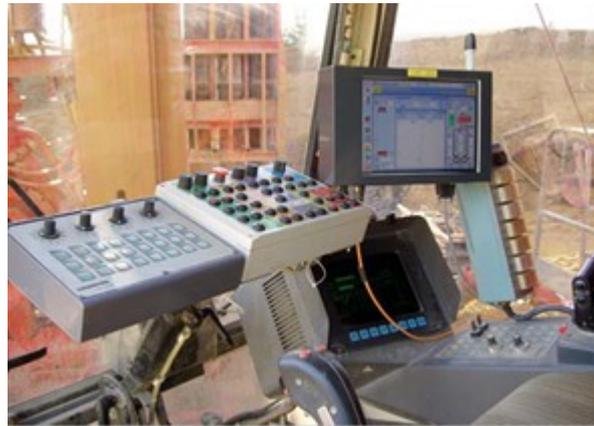
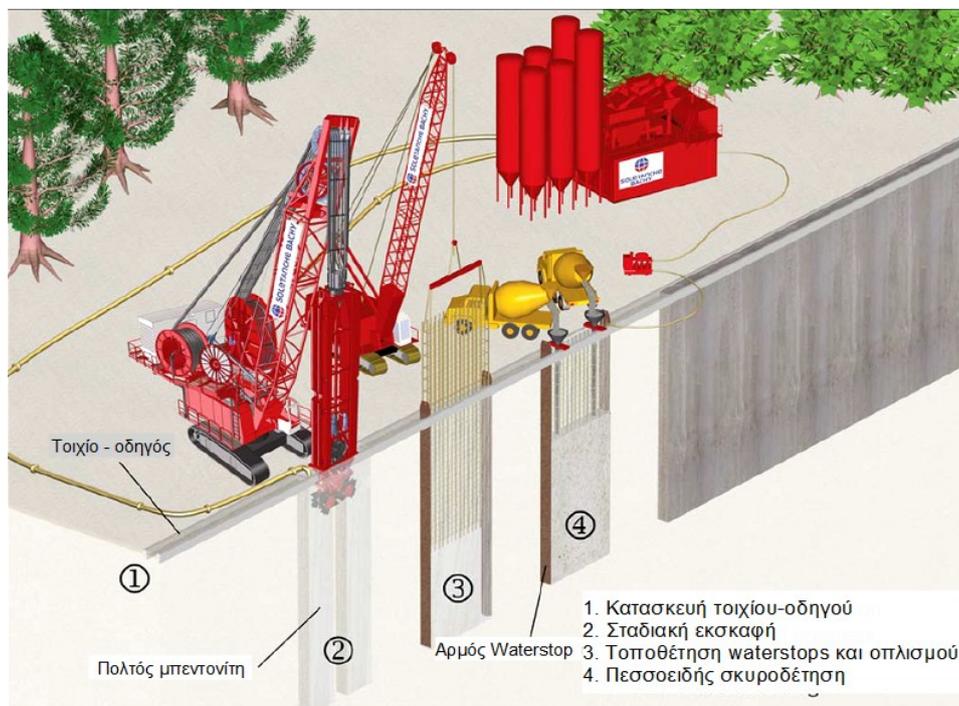


Figura 4 — Sistema electrónico de control del cortador de hidrofresas, con la capacidad de limitar las tolerancias de pico al 0,3 %

### 5.3 Procedimientos de excavación

#### 5.3.1 Generalidades

Una condición de buen rendimiento de una pantalla continua es la construcción en la superficie de una pared guía continua (generalmente de hormigón) que guía la cuchara (bena) y evita que la suspensión tenga tanto fugas superficiales como caídas. Esta guía consta de 2 vigas, generalmente 0,25 x 1,00 m, dejando un espacio entre ellos igual al grosor de la pantalla continua prescrito más 2 a 5 cm. Tenga en cuenta que la guía anterior puede consistir en piezas metálicas prefabricadas, ensambladas en el piso de trabajo y reutilizables.



Τοιχίο – οδηγός	Pared: guía
Πολτός μπεντονίτη	Pulpa de bentonita
Αρμός Waterstop	Junta de parada de agua
1. Κατασκευή τοιχίου-οδηγού	1. Construcción de una pared

	guía
2. Σταδιακή εκσκαφή	2. Excavación gradual
3. Τοποθέτηση waterstops και οπλισμού	3. Instalación de paradas de agua y refuerzo
4. Πεσσοειδής σκυροδέτηση	4. Hormigón de Pessoid

**Figura 5 — Secuencia estándar de construcción de pantallas continuas**

La zanja («cortina, panel») de la pantalla continua se perfora mediante una cuchara («Bena») que tiene una sección transversal rectangular, generalmente de 0,60 m a 1,20 m de espesor y generalmente de 2,50 a 3,00 m de ancho. La bena puede ser hidráulica o mecánica simple colgante.

La cuchara hidráulica (bena) generalmente se suspende mediante un vástago impulsado por una mesa especial montada en la grúa principal. Este vástago está suspendido por un solo cable de alambre, y consiste en un vástago telescópico único o múltiple. Las garras de la cuchara (bena) se abren y cierran con energía hidráulica.

La cuchara mecánica (bena) generalmente se suspende con un cable de alambre doble. De estos cables de alambre, uno sirve para abrir y cerrar las garras de la cuchara (bena).

Durante la excavación, el nivel de la suspensión bentónica debe controlarse continuamente para garantizar la estabilidad de las paredes de las zanjas y no caer por debajo del nivel de la cimentación de los conductores.

Cuando, debido a la presencia de un cóncavo o a una elevada permeabilidad del suelo, se produzca una pérdida repentina de la suspensión bentónica de apoyo, la zanja se complementará inmediatamente con una suspensión adicional. Por lo tanto, se debe tener cuidado de tener una suspensión bentónica adicional almacenada en el proyecto.

El proceso de excavación de las cortinas de una pantalla continua depende de las condiciones del suelo, el tipo de pantalla continua y el tipo de herramienta de excavación. En general, la excavación de una cortina no debe comenzar hasta que la adyacente, que ya ha sido construida, haya adquirido suficiente resistencia.

Cada cortina se perfora a lo largo de la cuchara (bena) (2,50 m a 3,00 m) o más.

### **5.3.2 Limpieza de zanjas (desarenado de la bentonita)**

Antes de colocar refuerzos en los diafragmas reforzados o antes de hormigonar, es necesario limpiar la madriguera de la «bentonita pesada» que contiene una cantidad significativa de arena, con la ayuda del circuito de desarenado. Si no se cumplen los requisitos del cuadro 1 «antes del hormigonado», debe sustituirse.

### **5.3.3 Preparación de las juntas**

La construcción de las cortinas se puede realizar ya sea sin juntas especiales en los bordes, o con juntas especiales (en la posición de contacto de cada panel con el de al lado) que aseguran una mayor estanqueidad.

El montaje de estas juntas precede a la instalación de refuerzos y hormigón. Las juntas se retiran después del hormigonado, y después de que el hormigón haya endurecido lo suficiente.

## **5.4 Configuración y colocación de la armadura**

Los refuerzos de los muretes de protección se montarán en forma de doble rejilla.

La rigidez necesaria de la rejilla de refuerzo para facilitar y asegurar la elevación con la máquina y su colocación en la zanja de rejilla (véanse las figuras 6, 7 y 8) sin deformaciones inaceptables se logra uniendo ciertas barras.

Durante esta fase de instalación, también deben añadirse los espaciadores necesarios (plástico o mortero o acero) para garantizar la posición simétrica de los refuerzos en la zanja. Para ello, se colocan de 3 a 4 espaciadores aproximadamente cada 3,00 m, que, cuando son cilíndricos, tienen su plano perpendicular al plano de cada rejilla.

Los refuerzos no deben basarse en la profundidad de la excavación, sino que deben suspenderse de las paredes guía.





**Figuras 6, 7 y 8 — Procedimiento para colocar una jaula de armadura**

### 5.5 Hormigonado de pantallas continuas

El hormigón se inyecta en la zanja (después de completar la excavación) bajo la suspensión bentónica, a través de uno o dos «tubos sumergidos» de acero adecuados (TUBOS TREMIE). El diámetro interior de cada tubo debe ser de al menos 15 cm y preferiblemente de 25 a 30 cm (su diámetro debe ser al menos seis veces el diámetro máximo de los agregados de hormigón).

Por lo general, se utiliza una tubería de hormigón para cada bastidor de refuerzo independiente en caso de que más rejillas estén dispuestas en la misma pantalla.

Cuando se utilicen dos tuberías de hormigón para el hormigonado de una cortina, el nivel del hormigón debe mantenerse en la medida de lo posible el mismo.

El hormigonado por el método de tubería de inmersión debe seguir las reglas siguientes para evitar la segregación o el lavado del hormigón:

- (1) La primera cantidad de hormigón canalizado a través del tubo no debe entrar en contacto con el ambiente húmedo de la zanja para no enjuagarse. Por esta razón, el tubo sumergido se coloca primero con su extremo inferior a una distancia de aproximadamente 10 cm de la parte inferior de la zanja.
- (2) A continuación, se coloca un tapón (por ejemplo, una bola de plástico) dentro del tubo con un diámetro menor que el diámetro interior del tubo. La primera cantidad de hormigón se canaliza hacia el tubo que, debido a su peso, empuja el tapón (funciona como una válvula estanca) hacia abajo, y desplaza la suspensión líquida.

Así, la primera cantidad de hormigón, sin enjuagar a lo largo de su camino hasta el fondo de la zanja, llega a cubrir el fondo, y dentro de él, el extremo del tubo de hormigón está protegido de la afluencia de líquido porque mientras tanto el tubo se llena con una nueva cantidad de hormigón fresco.

- (3) El hormigón continúa lo más rápido posible, mientras que el extremo inferior de cada tubo de hormigón se mantiene dentro de la masa del concreto fresco y tan profundo como para permitir que las cantidades canalizadas se muevan hacia abajo en la zanja. Este «bloqueo» no será inferior a 2,00 m. Esta profundidad podrá reducirse (1,50 m) cuando el nivel de la cortina se aproxime a la superficie.
- (4) La velocidad del hormigón en la zanja no debe ser inferior a 3 m/h (de lo contrario, se debe utilizar un retardante en el hormigón).

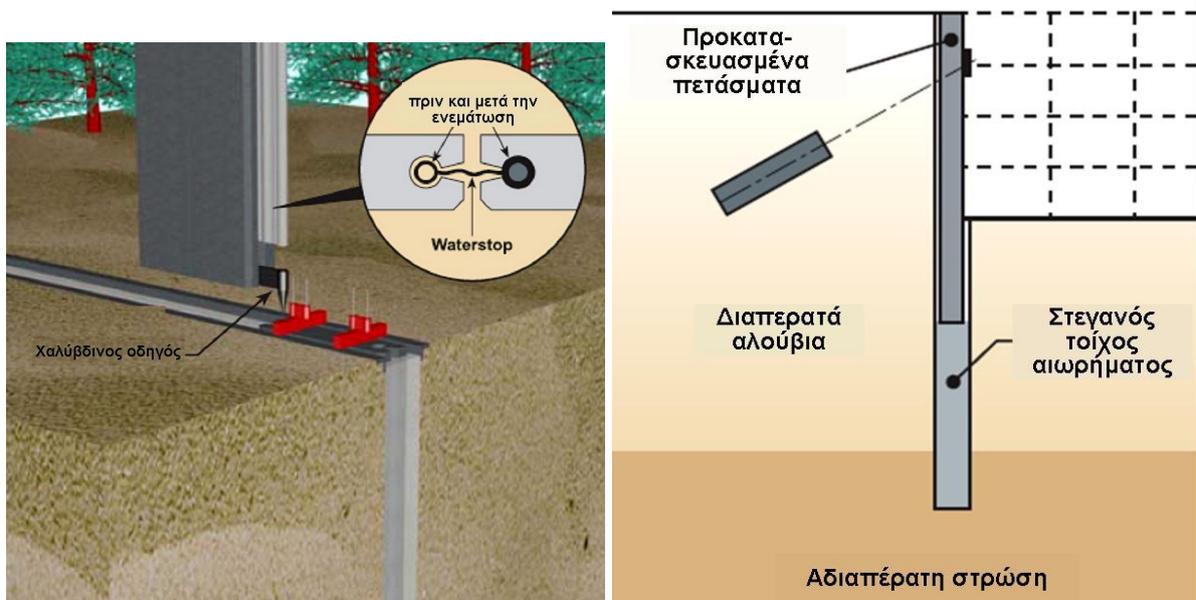
### 5.6 Pantallas continuas de fundición rápida

Una alternativa a la fundición in situ de las pantallas continuas es la prefabricación de las cortinas y su deposición en la zanja, donde se ha mantenido la suspensión bentónica utilizada durante su excavación (ver Figura 9). La pulpa se desplaza cuando el elemento se sumerge y recoge, mientras que la cantidad de lo que queda en la zanja bloquea completamente la brecha entre el elemento prefabricado y los bordes de la zanja.

Este procedimiento tiene la ventaja de separar las funciones de apuntalamiento (elemento prefabricado) y corte/aislamiento (pulpa).

Se puede colocar una parada de agua perforable entre los componentes prefabricados.

Por supuesto, la aplicación del método requiere el uso de grúas de suficiente fuerza de elevación para manejar los elementos (peso, tamaño).



πριν και μετά την ενεμάτωση	antes y después del gunitado
Προκατεσκευασμενα πετάσματα	Cortinas pre-preparadas
Διαπερατά αλούβια	Arcilla aluvial permeable
Στεγανός τοίχος αιωρήματος	Pared de suspensión impermeable
Αδιαπέρατη στρώση	Capa impermeable

Figura 9 — Proceso de construcción de pantallas continuas prefabricadas

## 6 Criterios de aceptación de los trabajos terminados

Las pantallas continuas después de la finalización son tareas ocultas, por lo que no es posible realizar comprobaciones para su aceptación. Las inspecciones deben llevarse a cabo en todas las etapas de su construcción con el fin de garantizar que la construcción cumple con los requisitos del estudio y para permitir la acción correctiva oportuna cuando sea necesario.

A este respecto, cabe señalar los siguientes puntos:

Los avances tecnológicos modernos ofrecen la posibilidad de un control total de la construcción

de las pantallas continuas, en todas sus etapas, y la adopción de las medidas correctivas necesarias para garantizar los requisitos de diseño.

**Excavación de la zanja:** Las cucharas hidráulicas y las hidrofresas proporcionan la capacidad de controlar picos en tiempo real utilizando varios sensores. Basado en las lecturas de los sensores, el software especial que las máquinas modernas han proporcionado la información necesaria en la pantalla al operador para proceder con las acciones correctivas requeridas, o actuar directamente sobre los sistemas hidráulicos de la máquina a través de dispositivos de automatización.

Además, los sistemas de sonido (sonars) están disponibles hoy en día para controlar la precisión geométrica de la excavación.

Durante la excavación de la zanja, las características físicas y químicas de la suspensión bentónica deben comprobarse y limpiarse de los productos excavados incorporados a su masa, antes de ser reciclados en la zanja.

**Hormigonado:** La cantidad de hormigón inyectado en la zanja debe controlarse para controlar cualquier suspensión bentónica en la masa de hormigón. Al mismo tiempo, se deben recibir piezas de prueba para verificar la resistencia a la compresión del hormigón.

La calidad del hormigón endurecido in situ ahora se puede probar mediante ensayos de sonido.

**Excavación de la zanja delante de la pared:**

El comportamiento de la pantalla continua, el suelo detrás de ella y las estructuras adyacentes durante la excavación se pueden controlar de la siguiente manera:

- (1) Con escalómetros instalados en la pantalla continua
- (2) Con deformómetros y sedimentómetros instalados en el suelo soportado
- (3) Con testigos topográficos fijados en la pared y edificios adyacentes.

Los datos de medición deben insertarse en programas informáticos apropiados para controlar la evolución de las deformaciones de la pared durante la ejecución de las excavaciones de la zanja.

Para aceptar la pantalla continua terminada, deben utilizarse los datos del Registro y del archivo de control de calidad.

## **7 Método de medición de las obras**

### **7.1 Entrada y recogida de equipos**

La medición se realiza en piezas de entrada: recogida de todos los equipos mecánicos necesarios para la construcción de la pantalla continua en cada proyecto técnico independiente.

Cada pared independiente o grupo de paredes adyacentes se considera como un proyecto técnico distinto. No se medirán las adquisiciones e insumos intermedios de equipos mecánicos antes de la finalización de las obras.

Las operaciones medidas anteriormente mencionadas incluyen:

- (1) Suministro del equipo necesario con todos los accesorios o herramientas
- (2) Entrada (desde cualquier distancia) del equipo con todos los accesorios o herramientas, su posicionamiento en orden de marcha y su retirada al final del trabajo
- (3) Amortiguación y tiempo de respuesta del equipo
- (4) Adquisiciones e insumos intermedios del equipo mecánico antes de la finalización de las obras

## 7.2 Construcción de guías de pared

La medición de las guías de pared de la pantalla continua se realiza por separado para las obras individuales, es decir, la excavación inicial, el hormigón de las paredes o el uso de elementos metálicos y la posible retención interna, de acuerdo con el diseño y las cuestiones convencionales del proyecto.

## 7.3 Excavación de la pantalla continua

La medición de una pantalla continua se realiza en metros cuadrados de superficie de proyección de excavación desde el piso de trabajo hasta la profundidad máxima final, dependiendo de su espesor, o en un volumen correspondiente de geomaterial excavado basado en las líneas teóricas del estudio, según las cuestiones convencionales del proyecto.

Las operaciones medidas anteriormente mencionadas incluyen:

- (1) Suministro y transporte in situ de todos los materiales, micromateriales y consumibles necesarios para llenar las zanjas (polímeros de suspensión bentónica u otros líquidos de apoyo)
- (2) Limpieza y enriquecimiento del material de llenado de zanjas
- (3) Desgaste y deterioro de los materiales y depreciación y parada de los equipos
- (4) Provisión del personal y el equipo necesarios para la excavación de la pantalla continua
- (5) Colocación y extracción de elementos formadores de juntas que puedan ser necesarios
- (6) Carga y descarga, transporte a cualquier distancia, colocación de los inadecuados para el uso o uso de los productos de excavación adecuados

## 7.4 Fabricación e instalación de jaulas de armadura

La medición de la armadura de hierro de la pantalla continua se llevará a cabo de acuerdo con las disposiciones de la especificación técnica ELOT TS 1501-01-02-01-00.

## 7.5 Hormigonado de la pantalla continua

La medición del hormigón se realiza en metros cúbicos de volumen teórico de las zanjas en función de su anchura y profundidad definidas en el estudio (sección transversal del estudio).

La medición se puede distinguir de acuerdo con el tipo de material de llenado de las zanjas:

- a) Suspensión endurecida de cemento/bentónica
- b) Hormigón
- c) Cortinas prefabricadas.

Las operaciones medidas anteriormente mencionadas incluyen:

- (1) Suministro de todos los materiales necesarios para micromateriales y consumibles
- (2) Aditivos o mezclas utilizados según lo dispuesto en el estudio de composición del hormigón aprobado
- (3) Producción de la suspensión endurecida requerida u hormigón o, alternativamente, el suministro de suspensión lista u hormigón, desde cualquier distancia
- (4) Hormigonado de la cortina prefabricada con todas las obras y acciones acompañantes para su configuración artística y aceptable (por ejemplo, mantenimiento, transporte lateral)
- (5) Transporte desde cualquier distancia y almacenamiento temporal de cortinas prefabricadas en la obra
- (6) Preparación de los dispositivos y pisos de trabajo necesarios, etc.
- (7) Desgaste y deterioro de los materiales y amortiguación y tiempo de respuesta del equipo
- (8) Suministro del personal y el equipo necesarios para el hormigonado del diafragma
- (9) Suministro del personal y el equipo necesarios para la instalación de cortinas prefabricadas

- (10) Limpieza de la cabeza y la superficie revelada del diafragma
- (11) La realización de las pruebas y comprobaciones requeridas de conformidad con la presente Ley, así como la adopción de medidas correctoras (trabajos y materiales), si se detectan incumplimientos, durante los ensayos y las comprobaciones.

## **Anexo A (Información)**

### **Condiciones de Salud, Seguridad y Protección Ambiental**

#### **A.1 Generalidades**

Durante la ejecución de las obras, se cumplirán las disposiciones aplicables sobre medidas de seguridad y salud para los empleados y los empleados deberán estar equipados con los equipos de protección individual (EPI) necesarios, según corresponda, que deben cumplir lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/425.

Asimismo, se cumplirá de manera estricta lo establecido en el Plan de seguridad y salud (PSS)/Expediente de seguridad y salud (ESS) de la obra aprobados, de conformidad con las decisiones ministeriales ΓΓΔΕ/ΔΙΠΑΔ/οικ/889 (ΦΕΚ/16 Β'/14-01-2003) y ΓΓΔΕ/ΔΙΠΑΔ/οικ/177 (ΦΕΚ/266 Β'/14-01-2001).

#### **A.2 Fuentes de peligro en la ejecución de las obras**

- i. Durante el transporte, depósito y manipulación de materiales, cuando todos los procedimientos para el uso de máquinas elevadoras se aplican.
- ii. Especialmente debido al uso de maquinaria pesada durante la excavación, elevación y montaje de rejillas de refuerzo, deben tomarse todas las medidas de protección necesarias.
- iii. Posibles movimientos de suelo y estructuras adyacentes
- iv. Contaminación ambiental por bentonita.
- v. Peligro derivado del movimiento de objetos pesados.
- vi. Trabajar en condiciones de ruido.

#### **A.3 Medidas de salud y seguridad**

Es obligatorio cumplir la Directiva 92/57/UE, los «requisitos mínimos de salud y seguridad para los lugares de construcción temporales y móviles» (transpuestos a la legislación griega por el Decreto Presidencial 305/96) y la legislación griega sobre salud y seguridad (Decreto Presidencial 17/96, Decreto Presidencial 159/99, etc.).

Por lo general, se recomienda utilizar medios de protección contra los humos tóxicos cuando sea necesario, de acuerdo con las instrucciones del fabricante de los materiales.

El equipo mecánico necesario para la realización de las obras debe mantenerse adecuadamente de acuerdo con las instrucciones de las plantas de fabricación e inspeccionado por los técnicos del contratista para comprobar que los sistemas directamente relacionados con la seguridad funcionan satisfactoriamente.

Las cucharas (benas) deberán cumplir los requisitos de la serie de normas ELOT EN 16228 (partes 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

Cuando se utilizan sustancias químicas, el personal que realiza las obras requiere, según proceda, el uso de medidas de protección, tal como se especifica en la ficha de datos de seguridad de los materiales (MSDS) del productor de materiales correspondiente.

Los trabajadores deben estar equipados con el equipo de protección individual (EPI) requerido, dependiendo del objeto y la ubicación del trabajo que se vaya a realizar y del tipo de equipo utilizado. El EPI debe estar en buenas condiciones, estar libre de daños, llevar un marcado CE y una declaración de conformidad con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/425 y estar sujeto a las siguientes normas:

**Cuadro A.1 – Requisitos para EPI**

<b>Tipo de EPI</b>	<b>Norma pertinente</b>
Dispositivos de protección respiratoria. Medias máscaras filtrantes para proteger contra partículas. Requisitos, ensayos, marcado	ELOT EN 149
Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 1: Orejeras	ELOT EN 352-1
Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 2: Tapones para los oídos	ELOT EN 352-2
Guantes de protección contra riesgos mecánicos.	ELOT EN 388
Cascos de protección para la industria.	ELOT EN 397
Ropa de protección. Requisitos generales.	ELOT EN ISO 13688
Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.	ELOT EN ISO 20345

## Bibliografía

- [1] CTR 2016, *Regulación de la tecnología del hormigón, versión 2016*
- [2] Decreto Presidencial 85/91 (Boletín Oficial 38/A91) *relativo a la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido en el trabajo, de conformidad con la Directiva 86/188/CEE.*
- [3] Decreto Presidencial 397/94 (Boletín Oficial 221/A/94), *Requisitos mínimos de seguridad y salud para la manipulación manual de cargas que entrañen un riesgo, en particular para la espalda de los trabajadores, de conformidad con la Directiva 90/269/CEE del Consejo.*
- [4] Decreto Presidencial 77/93 (Boletín Oficial 34/A/93), *Protección de los trabajadores contra los agentes físicos, químicos y biológicos y por el que se modifica y complementa el Decreto Presidencial 307/86 (135/A) de conformidad con la Directiva 88/642/CEE del Consejo.*
- [5] Decreto Presidencial 399/94 (Boletín Oficial 221/A/94), *«Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo de conformidad con la Directiva 90/394/CEE del Consejo» y sus enmiendas mediante el Decreto Presidencial 127/2000 (Boletín Oficial 111/A/2000) y Decreto Presidencial 43/2003 (Boletín Oficial 44/A/21-2-2003)*
- [6] Decreto Presidencial 90/1999 (Boletín Oficial 94/A/99), *por el que se establecen los valores límite de exposición y los valores límite máximos de exposición para los trabajadores a determinados agentes químicos durante su trabajo, de conformidad con las Directivas 91/322/CEE y 96/94/CE de la Comisión, y por el que se modifica y complementa el Decreto Presidencial 307/86 (135/A) modificado por el Decreto Presidencial 77/93 (Boletín Oficial 34/A/93).*
- [7] Decreto Presidencial n.º 338/2001 (Boletín Oficial 227/A/2001), *Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en el trabajo frente a los riesgos derivados de los agentes químicos.*
- [8] Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.
- [9] *Decisión ministerial 269357/01-09-2022, Materiales inertes destinados a ser utilizados en obras públicas (B' 4823).*