

Noviembre 2000

TÍTULO

Ejecución de trabajos geotécnicos especiales

Muros-pantalla

Execution of special geotechnical works. Diaphragm walls.

Exécution de travaux géotechniques spéciaux. Parois moulées.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1538 de enero 2000.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 103 *Geotecnia*.

ICS 93.020

Versión en español

Ejecución de trabajos geotécnicos especiales Muros-pantalla

**Execution of special geotechnical works.
Diaphragm walls.**

**Exécution de travaux géotechniques
spéciaux. Parois moulées.**

**Ausführung von besonderen
geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau).
Schlitzwände.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 1997-06-01. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES.....	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	6
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	7
4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	8
5 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO	8
6 MATERIALES.....	9
7 CONSIDERACIONES RESPECTO AL DISEÑO	13
8 EJECUCIÓN	19
9 SUPERVISIÓN DE LA EJECUCIÓN Y CONTROL.....	24
10 DOCUMENTOS DE OBRA.....	36
11 EXIGENCIAS PARTICULARES.....	36
ANEXO A (Informativo) – COMPOSICIONES TÍPICAS DEL HORMIGÓN PLÁSTICO Y EL MORTERO PLÁSTICO	38
ANEXO B (Informativo) – EJEMPLO DE FICHAS DE OBRA PARA LOS MUROS PANTALLA	39
ANEXO C (Informativo) – BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXO D (Informativo) – GRADO DE OBLIGATORIEDAD DE LOS APARTADOS	52

ANTECEDENTES

Esta norma europea ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 288 "*Ejecución de trabajos geotécnicos especiales*", cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea deberá recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de julio de 2000, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deberán anularse antes de finales de julio de 2000.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, los organismos de normalización de los siguientes países están obligados a adoptar esta norma europea: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

El objeto del TC 288 es la normalización de las técnicas de ejecución de los trabajos geotécnicos, y comprende los métodos de ensayo y de control así como la normalización de las exigencias de los materiales, ha sido confiada esta labor al WG1 el campo de los muros pantalla de contención o estanqueidad. Esta norma no contempla la ejecución de pilotes semi-rectangulares, estas se contemplan en la Norma EN 1537. Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Pilotes.

Este documento ha sido elaborado para ir junto con el Eurocódigo 7 Parte 1: Proyecto geotécnico. Este último cubre el artículo 8 el concepto de obras de sostenimiento y da las indicaciones necesarias para el control de los trabajos. Esta norma no aborda las cuestiones de diseño más que en lo estrictamente necesario, por ejemplo para la definición de las armaduras pero sí cubre completamente los aspectos relativos al control y la ejecución de los trabajos.

Esta norma ha sido elaborada por un grupo de trabajo integrado por representantes de 10 países, y tomando en cuenta 7 documentos nacionales o internacionales, códigos de práctica.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea da las prescripciones que conciernen a la ejecución de los muros pantalla y los aspectos prácticos que se tendrán en cuenta para establecer los planos de ejecución. Los muros pantalla pueden ser elementos provisionales o permanentes. Los diferentes tipos de muros son los siguientes:

- a) Pantallas de sostenimiento: normalmente utilizadas para sostener los frentes de excavación, se componen:
 - 1) Pantallas de hormigón armado.
 - 2) Pantallas prefabricadas de hormigón armado.
 - 3) Pantallas de lodo autoendurecible armado.
- b) Pantallas de estanquidad: elementos generalmente utilizados para impedir la circulación en el terreno de agua, sea limpia o contaminada, o cualquier otro líquido presente en el subsuelo, se componen:
 - 1) Pantallas de lodo auto endurecible (eventualmente con inclusión de membranas o tablestacas).
 - 2) Pantallas de hormigón plástico.

El concepto, la planificación y la construcción de los muros pantalla exigen una experiencia y un conocimiento de este campo especializado. La fase de ejecución necesita también un personal cualificado, y especializado, los técnicos deberán tener experiencia en este tipo de trabajo.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Las revisiones o modificaciones posteriores de cualquiera de las publicaciones referenciadas con fecha, sólo se aplican a esta norma europea cuando se incorporan mediante revisión o modificación. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de esa publicación.

EN 10080 – *Acero para armaduras de hormigón armado. Acero corrugado soldable B500. Condiciones técnicas de suministro para barras, rollos y mallas electrosoldadas.*

ENV 197 – *Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad. Cementos comunes.*

ENV 206 – *Hormigón. Características, producción, puesta en obra y criterios de conformidad.*

ENV 1991 – *Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras.*

ENV 1992 – *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón.*

ENV 1994 – *Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero.*

ENV 1997 – *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico.*

ENV 1998 – *Eurocódigo 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes.*

ISO 9690 – *Producción y control del hormigón. Clasificación de las condiciones de exposición de las estructuras de hormigón y hormigón armado.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Por necesidades de la presente norma europea, se aplicarán las siguientes definiciones.

3.1 muro pantalla de hormigón (en: cast *in situ* concrete diaphragm wall; fr: paroi moulée en béton; de: Ortbetonschlitzwand): Muro en hormigón armado o no armado, moldeado en una zanja excavada en el suelo. El hormigón se coloca en la zanja por bombeo a través de un tubo o por otro sistema y en ciertos casos en seco.

3.2 muro prefabricado de hormigón (en: precast concrete diaphragm wall; fr: paroi préfabriquée en béton; de: Fertigteilschlitzwand): Muro compuesto de elementos prefabricados de hormigón introducidos en la zanja la cual contiene un lodo autoendurecible.

3.3 muro pantalla en lodo autoendurecible armado (en: reinforced slurry wall; fr: paroi moulée en coulis armé; de: Bewehrte Einphasenschlitzwand): Muro constituido por un lodo autoendurecible, armado con perfiles de acero, mallazos u otros medios adecuados.

3.4 muro pantalla de mortero (en: slurry wall; fr: paroi moulée en coulis; de: Einphasenschlitzwand): Muro constituido por un lodo autoendurecible. En la mayor parte de los casos la excavación se efectúa utilizando el lodo autoendurecible como fluido de excavación. Se podrán añadir elementos de estanqueidad como membranas de tablestacas.

3.5 muro pantalla en hormigón plástico (en: plastic concrete wall; fr: paroi moulée en béton plastique; de: Tonbetonschlitzwand): Muro pantalla en una zanja y constituido por hormigón plástico. El hormigón se coloca por medio de tubos de hormigonado a través del fluido de excavación, que mantiene la zanja, o en algunos casos, en seco.

3.6 paneles (en: panel; fr: panneau; de: Schlitzwandelement): Es la parte de una pantalla hormigonada en un solo bloque. Un panel puede ser rectilíneo, en forma de T o L o de cualquier otra forma.

3.7 muretes guía (en: guide-walls; fr: murettes-guides; de: Leitwände): Son pequeños muros provisionales paralelos, utilizados para guiar la excavación e impedir que las paredes se desmoronen en la zona de fluctuación del fluido de excavación.

3.8 tubo de colocación del hormigón (en: concreting pipe; fr: tube plongeur; de: Betonierrohr): El tubo de colocación del hormigón, verterá el hormigón a través del fluido de excavación para evitar la contaminación y la segregación.

3.9 fluido de excavación (en: supporting fluid; fr: fluide d'excavation; de: Stützende Flüssigkeit): Fluido utilizado durante la excavación para mantener las paredes de la zanja. Es habitualmente una suspensión de bentonita, una solución de polímero o un mortero de autoendurecible.

3.10 mortero autoendurecible (en: self-hardening slurry; fr: coulis autodurcissant; de: Selbsterhärtende Suspension): Mortero que se endurece con el tiempo. Es una suspensión que contiene cemento y otros aditivos tales como arcilla, (bentonita) escoria granulada molida de alto horno, cenizas volantes y aditivos.

3.11 hormigón plástico (en: plastic concrete; fr: béton plastique; de: Tonbeton): Hormigón de baja resistencia y alta plasticidad. Gran plasticidad significa posibilidad de deformaciones mayores que en un hormigón normal. Es generalmente pobre y contiene bentonita y/u otras arcillas. Puede contener otros elementos tales como cenizas volantes y aditivos.

4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Las informaciones siguientes son necesarias para el establecimiento de los planes de ejecución y la ejecución del proyecto:

- topografía del terreno;
- uso anterior del terreno;
- información y datos geotécnicos como indica el capítulo 5;
- informaciones sobre las construcciones adyacentes, en especial el tipo de cimentación y las precauciones necesarias para asegurar su estabilidad;
- emplazamiento, tipo y estado de las acometidas de agua, gas, electricidad, ...
- presencia de obstáculos en el terreno (antiguos cimientos ...);
- presencia de vestigios arqueológicos;
- presencia de terrenos contaminados;
- restricciones eventuales impuestas a la obra (vibraciones, ruidos, altura libre, área de trabajo ...);
- todos los informes necesarios al establecer los planos de ejecución;
- todas las prescripciones propias a la pantalla, en especial aquellas que conciernen las tolerancias, la calidad de los materiales, estanquidad y los tipos de juntas;
- prescripciones relativas al medio ambiente;
- si se dispone de datos de construcciones subterráneas o de pantallas realizadas anteriormente en la propia obra o en sus inmediaciones.

Para los muros de estanquidad, la permeabilidad, la resistencia y la deformabilidad del material del muro se deberán especificar, así como los métodos de ensayo.

No se podrá exigir a los muros pantalla el ser perfectamente estancos: el agua puede rezumar a través de las paredes del muro, y las pérdidas pueden aparecer en puntos singulares (juntas, paredes, ...). En condiciones normales no se pueden evitar manchas de humedad en la superficie del muro.

La continuidad de las armaduras por las juntas no se requiere salvo en casos excepcionales.

5 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

5.1 Generalidades

El reconocimiento de los terrenos para la concepción y la ejecución de los muros pantalla se realizarán conforme a las especificaciones generales reflejadas en la Norma Europea Experimental ENV 1997.

Todos los resultados del reconocimiento del terreno deben estar disponibles conforme al capítulo 4.

5.2 Aspectos específicos

Se deberá prestar una atención especial a los aspectos siguientes que afectan a la ejecución de los muros pantalla:

- niveles piezométricos de todas las capas freáticas y permeabilidad de los suelos;
- presencia de suelos de grano grueso, muy permeables, con cavidades naturales o artificiales, que pueden producir pérdida de fluido de excavación e inestabilidad en la zanja, y por tanto necesitar actuaciones particulares;
- presencia, resistencia y deformabilidad de suelos blandos como arcilla blanda, turba, que pueden provocar una excavación difícil (deformación o inestabilidad);
- presencia de bloques u obstáculos que pueden hacer una excavación difícil. Si es posible, establecer una evaluación de sus dimensiones y frecuencia;
- presencia, emplazamiento, resistencia y dureza de las rocas u otros materiales duros, que pueden hacer una excavación difícil y necesitar unas herramientas especiales;
- agresividad química de la capa freática, de suelos y rocas y temperatura del agua si fuera necesaria (véase la Norma Internacional ISO 9690);
- agresividad química de materiales de desecho (véase la Norma Internacional ISO 9690);
- presencia de suelos tratados que pueden provocar dificultades durante la excavación.

Los niveles piezométricos de las diferentes capas freáticas deberán medirse separadamente, durante un periodo suficientemente largo, para evaluar los valores máximos que se pueden alcanzar en la obra. Se tendrá un cuidado especial cuando existan pozos artesianos.

La resistencia de los suelos y las rocas se medirá, por medio de ensayos de laboratorio o *in situ*, sobre toda la altura de la pantalla y a una cierta profundidad por debajo, la profundidad depende de la naturaleza del terreno y de la función del muro.

Se determinará la granulometría de los suelos pulverulentos.

En el caso de pantallas apoyadas o ancladas a rocas, se determinará la cota de la roca siguiente en los perfiles longitudinales y transversales. Se determinarán las propiedades de las rocas, incluido, el grado de alteración o de fisuración.

6 MATERIALES

6.1 Generalidades

Salvo especificación contraria de la presente norma, los materiales empleados deberán ser conformes con otras normas europeas aplicables.

6.2 Componentes

La bentonita se utiliza en los fluidos de excavación, bien en forma de suspensión, bien como aditivo de los polímeros. También se utilizará con los lodos autoendurecibles.

La bentonita es una arcilla que contiene principalmente montmorillonita o minerales similares. Se debe distinguir entre la bentonita cálcica y la sódica natural o permutada producida a partir de bentonita cálcica natural por permutación de iones.

La bentonita usada en suspensión no deberá contener productos nocivos en cantidades susceptibles de atacar las armaduras del hormigón.

La composición química y mineralógica de la bentonita deberá indicarse.

La elección del tipo de cemento será en función de la agresividad del terreno y del agua. El cemento deberá cumplir el apartado 4.1 de la Norma Europea Experimental ENV 206.

6.3 Fluidos de excavación

Este apartado trata solamente de la suspensión de bentonita, de las soluciones de polímeros, y de los lodos autoendurecibles.

6.3.1 Suspensión de bentonita. La suspensión de bentonita se fabricará a partir de bentonita sódica, natural o permutada.

En algunos casos, por ejemplo para aumentar la densidad de la suspensión, se podrán añadir materiales inertes apropiados.

Los lodos autoendurecibles podrán fabricarse con bentonita cálcica o bentonita sódica natural o permutada.

Normalmente la suspensión de bentonita deberá satisfacer las condiciones de la tabla 1.

Los valores de la tabla 1 se podrán modificar en determinadas circunstancias, por ejemplo:

- suelos o rocas de gran permeabilidad o con cavidades susceptibles de provocar pérdidas de bentonita;
- niveles piezométricos elevados (pozos artesianos);
- suelos muy blandos;
- agua de mar.

Tabla 1
Características de suspensión de bentonita

Parámetro	Caso de uso		
	Lodo fresco	Lodo listo para reemplazo	Lodo antes de hormigonar
Masa volumétrica (g/ml)	< 1,10	< 1,25	< 1,15
Viscosidad Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Filtración (ml)	< 30	< 50	No ha lugar
PH	7 a 11	7 a 12	No ha lugar
Contenido en arena %	No ha lugar	No ha lugar	< 4
Cake (mm)	< 3	< 6	No ha lugar

En el caso de lodo antes del hormigonado se podrá utilizar, bajo ciertas circunstancias, un límite superior comprendido entre 4% y 6% para el contenido en arena (por ejemplo, muros de contención no portante, muros no armados).

La suspensión de bentonita tendrá un valor de cizallamiento suficiente como para mantener las partículas de arena en suspensión y reducir su penetración en el suelo.

Cuando sea necesario el valor de cizallamiento podrá ser controlado con la ayuda de viscosímetros rotatorios u otros dispositivos adecuados.

La viscosidad Marsh, la filtración, el contenido en arena y el cake podrán medirse por medio de ensayos descritos en un documento publicado por el Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute) y titulado "Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Water – Based Drilling Fluids" (referencia: American Petroleum Institute Recommended Practice 13B-1, Junio 1, 1990).

La viscosidad Marsh corresponde a la duración del paso de un volumen de 946 ml por el orificio del cono. Se podrá utilizar un volumen de 1 000 ml, pero en ese caso, se deberán ajustar los valores de viscosidad Marsh que figuran en la tabla 1.

La duración del ensayo de filtrado se puede reducir a 7,5 minutos para los controles de rutina. En este caso se deberán ajustar los valores. El ensayo de filtrado de 7,5 minutos corresponde aproximadamente a la mitad del valor obtenido en el ensayo de 30 minutos.

NOTA – El contenido en arena es el porcentaje en volumen y no en peso, de las partículas de dimensiones superiores a 74 µm, lo que corresponde a la luz de malla del tamiz de medida.

6.3.2 Solución de Polímeros. Podremos usar como fluidos de excavación soluciones de polímeros eventualmente aditivados con bentonita, basándose en la experiencia de casos precedentes correspondientes a condiciones geotécnicas similares o más desfavorables; después de haber efectuado los ensayos sobre pantalla a tamaño natural, se podrá efectuar una extrapolación de los resultados de los casos precedentes sobre la base de ensayos de laboratorio y estudios teóricos.

6.4 Lodos autoendurecibles

Los lodos autoendurecibles se utilizan generalmente en las pantallas prefabricadas, las pantallas en lodo armado y los muros de estanquidad de lodo. Sirven de fluido de excavación y en combinación con los finos del terreno, constituyen el material endurecido final. Las características del lodo deberán asegurar una buena ejecución. Se podrán utilizar aditivos para obtener la manejabilidad necesaria para las fases de excavación y de la puesta en obra de los elementos, así como para ajustar el tiempo de fraguado teniendo en cuenta los efectos de la temperatura o de la naturaleza química del terreno y del agua. Las características del material endurecido, necesarias para el proyecto (por ejemplo, permeabilidad, resistencia y deformabilidad), así como los métodos de ensayo, se deberán especificar a partir de las características funcionales del trabajo.

6.5 Hormigón

6.5.1 Generalidades. Salvo especificación en contrario, el hormigón utilizado para los muros pantalla de hormigón o para las pantallas prefabricadas deberán cumplir la Norma Europea Experimental ENV 206.

Los apartados siguientes de este apartado 6.5, se aplicarán al hormigón colocado *in situ* y sólo tratan de las propiedades necesarias para una puesta en obra correcta. El hormigón se formulará de manera que se evite cualquier segregación durante su puesta en obra para facilitar el paso a través de las armaduras y obtener así un material duro, denso y estanco. Las especificaciones concernientes a la resistencia y durabilidad del hormigón endurecido deberán ser compatibles con las exigencias de trabajabilidad.

6.5.2 Áridos. A fin de evitar la segregación, la granulometría de los áridos será continua. La dimensión máxima de los áridos no sobrepasará el más pequeño de los dos valores siguientes: 32 mm o $\frac{1}{4}$ del espacio libre entre las barras verticales.

En el caso de una dimensión máxima de áridos de 32 mm, la mezcla deberá presentar las siguientes características:

- contenido ponderal de arena en los áridos superior al 40%;
- masa del conjunto de finos de la mezcla entre 400 kg/m³ y 550 kg/m³. Se trata de partículas de dimensiones comprendidas entre 2 µm y 63 µm incluido el cemento y otros finos.

6.5.3 Cemento. El contenido mínimo de cemento está en función a la dimensión máxima de los áridos, como se indica en la tabla 2.

Se podrá sustituir parcialmente el cemento por adiciones tales como cenizas volantes o escoria granulada de horno alto molida.

Tabla 2
Contenido mínimo de cemento

Dimensión máxima de los áridos (mm)	Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)
32	350
25	370
20	385
16	400

6.5.4 Relación agua/cemento. La relación agua/cemento no sobrepasará 0,6.

Cuando la mezcla tenga adiciones, conviene modificar este valor.

6.5.5 Aditivos. Para obtener las propiedades necesarias del hormigón colocado por tubo podremos utilizar los siguientes aditivos:

- reductores de agua, plastificantes, superplastificantes, para evitar la segregación o el exudado que se podrían producir en ciertos casos;
- retardadores que permitirán prolongar la trabajabilidad necesaria durante el hormigonado y paliar toda interrupción del mismo.

6.5.6 Hormigón fresco. La consistencia del hormigón fresco justo antes del hormigonado deberá corresponder a un descenso en el Cono de Abrams entre 160 mm y 220 mm. Se recomienda un valor comprendido entre 180 mm y 210 mm.

El ensayo de la mesa de sacudidas podrá sustituir el anterior. En este caso, la consistencia del hormigón fresco antes del hormigonado deberá corresponder a un valor de escurrimiento entre 520 mm y 630 mm. Se recomienda un valor entre 550 mm y 600 mm.

6.6 Hormigón y mortero plásticos

Los hormigones o morteros plásticos se utilizan para los muros de estanquidad, cuando además de una permeabilidad baja se necesita una gran deformabilidad. Sus componentes son:

- arcilla o bentonita;
- cemento u otro ligante;
- áridos de granulometría continua;
- aditivos;
- agua;
- eventualmente, adiciones y aditivos;

El término “mortero plástico” se aplica cuando la dimensión de los áridos corresponden a una arena. La mezcla se formulará de manera que se obtenga la deformabilidad y permeabilidad necesarias, así como una trabajabilidad y una resistencia adecuada.

Las composiciones clásicas de hormigón y mortero plástico a base de bentonita se reflejan en el Anexo A.

6.7 Acero

El acero de las armaduras de los muros pantalla cumplirán la Norma Europea EN 10080. Habrá de tener precaución especial con los otros elementos metálicos utilizados en los muros pantalla, tales como, tubos, placas, conectores, etc. No se utilizarán aceros galvanizados u otro metal susceptible de la formación de un cake de bentonita por efecto electrostático o provocar la corrosión electroquímica de las armaduras.

7 CONSIDERACIONES RESPECTO AL DISEÑO

7.1 Generalidades

La terminología utilizada para definir las dimensiones y los detalles de los paneles se indica en las figuras 1 y 2.

El diseño deberá tener en cuenta las tolerancias dadas en el apartado 8.2.

Conviene determinar las dimensiones de los paneles, teniendo en cuenta los materiales de perforación disponibles, el método y la secuencia de excavación, la estabilidad del panel durante la excavación y el aprovisionamiento del hormigón, así como las informaciones útiles del capítulo 4.

La anchura del muro será igual a la anchura del útil de excavación. Podrá tenerse en cuenta un valor superior a condición de que esté justificado por la toma de medidas *in situ*.

Los paneles deben ser concebidos como elementos verticales, teniendo la misma sección horizontal sobre todo la profundidad. En ciertos casos, la sección horizontal se podrá reducir por debajo de una cierta profundidad.

El diseño de la pantalla deberá tener en cuenta la interrupción de las armaduras, entre paneles o entre jaulas de un mismo panel. Dependiendo del tipo de juntas se dejará un espacio suficiente entre las armaduras de paneles adyacentes. Igualmente se deberán tener en cuenta las tolerancias de la construcción.

Para los muros pantalla en hormigón armado, es habitual hacer una viga de coronación en hormigón, cuando sea necesario repartir los esfuerzos y minimizar los desplazamientos diferenciales. Se podrá recurrir a ciertas técnicas especiales en casos, no habituales, donde sea necesario asegurar una continuidad mecánica a lo largo de las juntas entre los paneles.

7.2 Estabilidad de la zanja de excavación

La longitud de los paneles debe ser tal que se asegure la estabilidad de la zanja durante la excavación.

La estabilidad de las zanjas de excavación comporta dos aspectos:

- la estabilidad de las partículas de suelo en la pared de la zanja;
- la estabilidad del conjunto de la zanja.

La estabilidad de la zanja es debida a las fuerzas estabilizadoras del fluido de excavación que actúan sobre las paredes de la zanja. En el caso de suspensión de bentonita, el efecto estabilizador se obtiene en los suelos finos gracias a la formación de un cake de filtración. En los suelos granulares este efecto se obtiene por el estancamiento de la suspensión de bentonita, después de una penetración limitada en los poros del suelo. En las soluciones de polímeros, el efecto estabilizador se debe a la presión de la corriente de líquido que circula en el suelo. La profundidad de penetración, que crece con el tiempo, es significativa en el caso de suelos arenosos o limosos, pero no en los suelos arcillosos.

Los principales factores, que afectan a la estabilidad durante la ejecución, son los siguientes:

- las propiedades del fluido de excavación;
- el nivel de fluido de excavación;
- la longitud de los paneles;
- duración durante la cual la zanja está abierta en función de los niveles freáticos y suelos atravesados (pérdida eventual de resistencia al cizallamiento del suelo a través del tiempo).

La naturaleza de la maquinaria y métodos de excavación, en particular la utilización de trépanos o explosivos, pueden afectar la estabilidad de la zanja.

La estabilidad de la zanja se deberá determinar sobre la base de una experiencia similar, o bien sobre la base de cálculos de estabilidad o excavaciones de ensayos *in situ*. Cuando una experiencia similar no sea suficiente se adoptará la segunda o tercera solución.

Entendemos por experiencia similar la adquirida en obras similares realizadas en condiciones similares. En particular, se tendrán en cuenta los puntos siguientes:

- las propiedades del suelo y las rocas;
- la presión del agua;
- las obras adyacentes;
- los métodos de ejecución.

A menos que sea evidente, esta experiencia se ha de documentar. La experiencia adquirida en la zona es particularmente pertinente.

Los cálculos de estabilidad deberán tener en cuenta los factores siguientes:

- fuerzas estabilizadoras debidas al fluido de excavación;
- presiones de agua;
- presiones de tierras, teniendo en cuenta el carácter tridimensional del problema;
- resistencia al cizallamiento del suelo;
- las cargas ejercidas en las proximidades de la zanja.

Cuando se recurra a una o varias excavaciones de ensayo, será preciso introducir un margen de seguridad adecuado en la aplicación del resultado del proyecto.

El nivel del fluido de excavación se deberá adaptar al nivel piezométrico máximo previsto durante la excavación, y debe quedar siempre al menos 1 metro por encima del nivel piezométrico más alto.

En el caso de suelos muy blandos, será necesario aumentar el nivel de fluido de excavación y/o aumentar su densidad en el curso de la excavación, y reducir la duración de apertura de la zanja.

En el caso de suelos gruesos, muy permeables, o cuando el terreno tenga huecos, se pueden producir pérdidas de fluido de excavación y en consecuencia, habrá de prever medidas especiales, por ejemplo:

- aumentar la resistencia al cizallamiento del fluido aumentando el contenido en bentonita de la suspensión;
- añadir filler a la suspensión de bentonita, bien durante el amasado o directamente en la zanja;
- en el caso de la presencia de huecos, rellenar la zanja, hasta una profundidad apropiada, con un hormigón pobre u otro material adecuado y reexcavar;
- inyectar capas de hormigón antes de la excavación de la zanja.

7.3 Empotramiento en suelos rocosos

En caso de empotramiento de una pantalla en un terreno rocoso, en el diseño se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- la función de la pantalla;
- características de las rocas, resistencia, estructura (fisuración, estratificación, ...) grado de alteración y eventualmente permeabilidad;
- inclinación del techo de la roca, siguiendo cortes longitudinales y transversales del muro;
- posibilidades de penetración de las herramientas a emplear;

Se necesitará recurrir a disposiciones especiales tales como:

- profundidad variable del pie de la pantalla entre los paneles o en el interior de un mismo panel;
- anclaje del pie del muro a la roca con la ayuda de barras de acero, tubos, perfiles, etc;
- inyección del pie de la pantalla.

7.4 Jaulas de armaduras

7.4.1 Generalidades. Este capítulo se aplica a las jaulas de armaduras en muros pantalla de hormigón armado según proyecto.

Un panel puede tener una o varias jaulas de armaduras a lo largo de su longitud.

El concepto de las jaulas de armaduras se hará según la Norma Europea Experimental ENV 1992. Se calcularán no solamente de acuerdo con las solicitudes de la obra terminada, sino también de acuerdo con las solicitudes de construcción. En particular deberán presentar una rigidez suficiente en las fases de colocación y de hormigonado, y permitir el flujo del hormigón fresco entre las armaduras y los demás elementos de la jaula.

La altura de la jaula debe ser tal que la distancia entre su pie y el fondo de la excavación sea al menos 0,2 m.

La jaula de armadura deberá comprender:

- armaduras verticales, generalmente dispuestas en una o dos capas a cada lado;
- armaduras horizontales; estribos, zunchos y otros;
- barras de suspensión y de elevación;

y también eventualmente:

- ferrallas especiales para los tirantes, conectores u otros elementos de unión;
- rigidizadores para mejorar la rigidez de la jaula durante las operaciones manuales;
- encofrados de reservas para anclajes, para tubos etc ...;
- tubos verticales para la inyección, barras de anclaje en la base, ensayos de control.

Para las soldaduras, solo se autorizará soldadura al arco siempre que la calidad del acero sea adecuada.

Se permitirá la soldadura por puntos sobre todo tipo de acero con fines de montaje, con la condición de que las propiedades mecánicas de las armaduras no se vean afectadas.

7.4.2 Armaduras verticales. El diámetro mínimo de las barras será de 12 mm y se preverá un mínimo de 3 barras por metro en cada lado de la armadura.

La distancia horizontal libre, paralelamente a la pantalla, entre barras o grupo de barras, será superior o igual a 100 mm. Esta cifra podrá reducirse a 80 mm a lo largo de los recubrimientos o para los paneles fuertemente armados, siempre que el tamaño de los áridos no supere los 20 mm.

Cuando la jaula de armadura se componga de varios elementos en altura la unión entre las barras se realizará por recubrimiento o por manguitos. En el caso de recubrimiento, se soldarán por puntos o bien por otro procedimiento adecuado para impedir el deslizamiento durante la manutención.

7.4.3 Armaduras horizontales. Las armaduras horizontales deberán disponerse de manera que impidan cualquier movimiento de las armaduras verticales y que mantengan un espacio adecuado para los tubos de hormigonado.

El espacio vertical libre entre las armaduras deberá ser de al menos 200 mm. Esta cifra podrá reducirse a 150 mm, a condición de que la dimensión máxima del árido no supere los 20 mm.

El espacio horizontal libre, entre las armaduras transversales deberá ser de al menos 150 mm. Se recomienda un espacio mínimo de 200 mm para facilitar el flujo del hormigón.

7.4.4 Paneles con varias jaulas y juntas. La distancia mínima libre entre dos jaulas de un mismo panel deberá ser de 200 mm.

La distancia mínima libre entre el extremo de una jaula y una junta será de 100 mm y se tendrá en cuenta las tolerancias de verticalidad, la forma de las juntas y la presencia eventual de juntas de estanquidad. En el caso de juntas curvadas, la jaula no se encontrará en la parte cóncava de la junta. Este método no se aplicará en el caso de pantallas con armaduras pasantes por las juntas.

7.5 Reservaciones

Las reservaciones deberán estar sólidamente fijadas a la jaula de armadura para evitar cualquier movimiento durante el hormigonado.

Las reservaciones deberán ser de un tamaño reducido y concebidas de manera que no alteren el flujo del hormigón.

En cada panel las reservaciones no deberán ser más profundas que las jaulas de armaduras.

Se aconseja que las reservaciones no penetren en las jaulas de armaduras.

Las reservaciones para los anclajes se realizan normalmente con un tubo cuyo diámetro no sobrepase los 300 mm. de manera que no interfiera la colocación del hormigón. Cuando se requiera una reservación superior a 300 mm, será necesario tomar otras medidas.

7.6 Recubrimiento

El recubrimiento de proyecto se define como la distancia entre el exterior de las armaduras y la cara interior del panel.

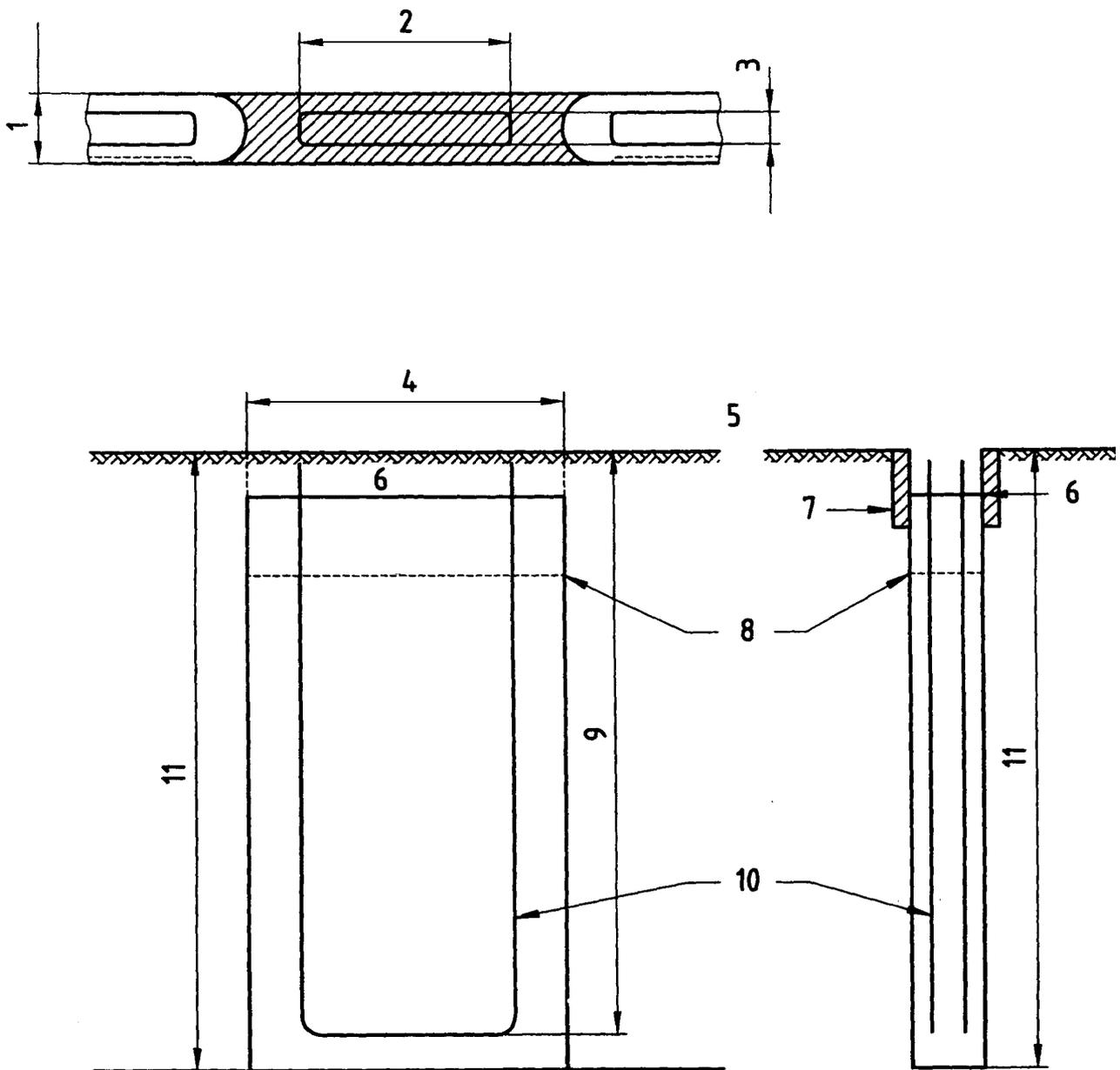
El recubrimiento de proyecto deberá ser de al menos de 75 mm, para permitir la buena colocación del hormigón y respetar la Norma Europea Experimental ENV 1992 para un recubrimiento real.

Salvo en el caso de suelos muy blandos, este valor se podrá reducir a 60 mm en el caso de terrenos no agresivos u obras provisionales.

Se utilizarán centradores para asegurar el recubrimiento de proyecto.

Los centradores podrán ser tubos verticales o dispositivos puntuales (tacos, rodillos, etc.). El tamaño de los dispositivos puntuales se deberán adaptar a las condiciones del suelo.

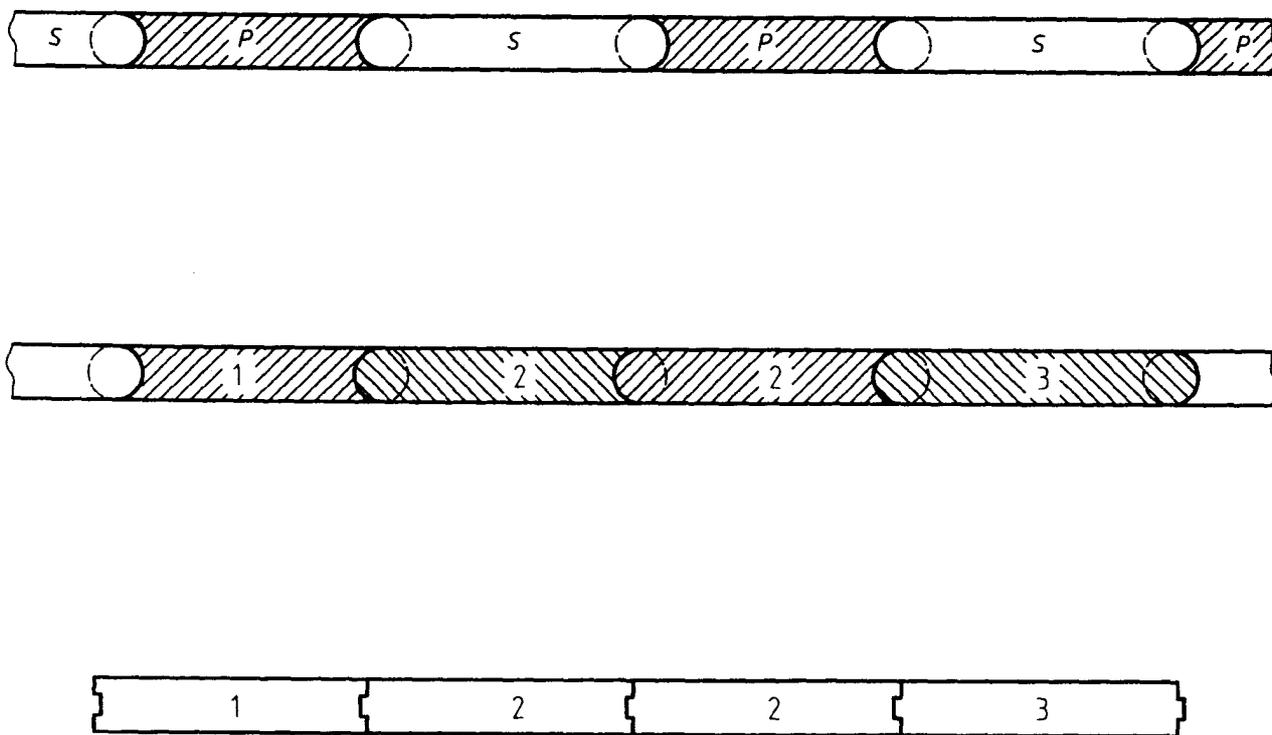
Para obras permanentes, los centradores deberán estar formados por un material no metálico, con una durabilidad al menos igual a la del hormigón, a menos que se retiren durante el hormigonado.



Leyenda

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Ancho de la pantalla | 7 Murete guía |
| 2 Longitud de la jaula de armaduras | 8 Nivel del descabezado |
| 3 Anchura de la jaula de armaduras | 9 Altura de la jaula de armaduras |
| 4 Longitud del panel | 10 Caja de armaduras |
| 5 Nivel de la plataforma de trabajo | 11 Profundidad de la excavación |
| 6 Nivel de llenado de hormigón | |

Fig. 1 – Geometría de un panel



Leyenda

- P** Primario
- S** Secundario
- 1** Panel de comienzo
- 2** Panel intermedio
- 3** Panel de cierre

Fig. 2 – Ejemplos esquemáticos de diferentes tipos de paneles y juntas (vista en planta)

8 EJECUCIÓN

8.1 Generalidades

Las fases de ejecución difieren según los tipos de muro y el fluido de excavación seleccionado. Por regla general, cuando se utiliza un fluido de excavación, las secuencias de base serán las siguientes:

- para los muros pantalla de hormigón:
 - 1) excavación, generalmente con una suspensión de bentonita;
 - 2) limpieza de la excavación;
 - 3) colocación de las armaduras;
 - 4) hormigonado;
 - 5) descabezado;

- para los muros prefabricados:
 - 1) excavación, generalmente con un lodo autoendurecible en algún caso con una suspensión de bentonita;
 - 2) limpieza de la excavación. Cuando se utilice una suspensión de bentonita se sustituirá con un lodo autoendurecible. El proyecto podrá prever que un material más resistente, tal como mortero o hormigón se vierta en el fondo de la excavación, para soportar el elemento prefabricado y otras cargas verticales;
 - 3) colocación de un elemento prefabricado;
- para los muros de estanquidad de lodo:
 - 1) excavación con un lodo autoendurecible. En ciertos casos (por ejemplo, un largo periodo de excavación) se podrá utilizar otro fluido de excavación, el cual tendrá que ser reemplazado enseguida por un lodo autoendurecible;
 - 2) si fuera necesario, se colocará elementos tales como membranas, armaduras o tablestacas;
 - 3) descabezado y protección de la cabeza;
- para los muros de hormigón plástico:
 - 1) excavación, generalmente con suspensión de bentonita;
 - 2) limpieza de la excavación;
 - 3) hormigonado;
 - 4) descabezado.

8.2 Tolerancias

8.2.1 Paneles. El ancho y la profundidad de la excavación no deberán ser inferiores al valor del proyecto.

Para los muros de contención, la tolerancia horizontal de la cara expuesta del panel, definida por la cara superior del muro guía, será de 20 mm en dirección de la excavación principal y 50 mm en la dirección opuesta, y de 10 mm para los paneles prefabricados en ambas direcciones.

Para las pantallas de estanquidad, la tolerancia horizontal de implantación definida por su eje, puede ser mayor que para los muros de sustentación, y en función del proyecto.

Para los muros de contención, la tolerancia vertical de los paneles (comprendidos sus extremos) será de un 1% en las dos direcciones transversal y longitudinal.

Cuando el terreno tenga bolos u obstáculos, se podrá aumentar esta tolerancia.

Cuando la junta entre paneles se realiza cortando el material endurecido, será necesario confirmar que el corte del material endurecido se ha realizado en una longitud horizontal adecuada. La longitud mínima del corte depende del terreno, de la profundidad, del tipo de materiales y de las herramientas de corte.

La rugosidad de la cara excavada de los muros pantalla no sobrepasarán el plano de tolerancia en más de 100 mm. Se podrá aceptar un valor mayor si el terreno tiene elementos de dimensiones superiores a 100 mm o si el terreno es blando o suelto.

El desplazamiento entre dos paneles adyacentes a lo largo de la junta deberá estar en unos límites compatibles con el buen funcionamiento de la pantalla.

8.2.2 Jaulas de armaduras. La tolerancia en el ancho total de la jaula de armaduras será de ± 10 mm.

La tolerancia de cota de elementos articulares tales como: racores, armaduras de espera, perforación para los tirantes, etc., después del hormigonado será de ± 70 mm.

La tolerancia sobre la cota superior de las jaulas de armadura, después del hormigonado, será de ± 50 mm.

La tolerancia sobre la posición horizontal de la jaula siguiendo el eje de la pantalla, después del hormigonado, será de ± 70 mm.

8.3 Trabajos previos

8.3.1 Plataforma de trabajo. La plataforma de trabajo deberá ser estable, situada encima de la capa freática, horizontal y apta para soportar la circulación de camiones y cargas pesadas. La zona a lo largo de la pantalla estará exenta de obstáculos subterráneos.

Conviene en general hacer la plataforma a 1,5 m por encima del nivel freático más alto previsible durante la excavación, y tener en cuenta las posibles fluctuaciones.

En el caso de construcción sobre una pendiente, se deberán preparar plataformas horizontales.

Los materiales utilizados para construir la plataforma o terraplenar las excavaciones, deberán ser de calidad adecuada, bien compactados o tratados.

Las fugas provenientes de drenajes o conductos de agua en las proximidades de la pantalla, susceptibles de afectar su construcción, deberán ser drenadas o captadas.

8.3.2 Muretes guía. Los muros guía tienen como finalidad garantizar la alineación de la pantalla, de guiar las herramientas de excavación, evitar el hundimiento de la zanja en la zona de fluctuación del fluido de excavación, y de servir de soporte a las jaulas de armadura, elementos prefabricados u otros que integran la excavación, hasta que el hormigón o el lodo autoendurecible hayan endurecido. Igualmente en ciertos casos deberán soportar los esfuerzos de extracción de los encofrados de las juntas.

En el caso de pantallas de estanquidad excavadas en continuo con pala retro, se podrán eliminar los muros guía si las condiciones del suelo lo permiten.

Los muros guía son generalmente de hormigón armado contruidos *in situ*, preferentemente vertidos contra el terreno. Su profundidad será de 0,7 m a 1,5 m, dependiendo de las condiciones del suelo.

Los muretes guía están concebidos y pensados para resistir las cargas que deben soportar, incluyendo las cargas de circulación de maquinaria o las cargas circundantes sin sufrir deformaciones o desplazamientos excesivos. Deberán respetar las tolerancias de implantación relativas a los paneles.

Es aconsejable apuntalar los muretes guía hasta la excavación del panel correspondiente.

Generalmente conviene que la distancia entre los muretes guía sea de 20 mm a 50 mm superior al espesor de proyecto del muro pantalla. En caso de paredes poligonales o de forma irregular, se podrá aumentar la distancia entre los muretes guía si fuera necesario.

Generalmente, conviene que la parte superior de los muretes guía sea horizontal y se encuentre a la misma cota a cada lado de la zanja, habitualmente la cara interior de uno de los muretes se utiliza como cara de referencia para la implantación de la pantalla.

8.4 Excavación

8.4.1 Estabilidad de las paredes de la excavación. Se utilizará habitualmente un fluido de excavación para asegurar la estabilidad de las paredes. En ciertos casos, podrá utilizarse el agua como fluido de excavación o bien excavar en seco.

La excavación en seco se utilizará en ciertos suelos coherentes o rocosos siempre que presenten una resistencia suficiente para garantizar la estabilidad de las paredes de la zanja. Para suelos donde no se dispone de ninguna experiencia similar, conviene proceder a una zanja de ensayo.

Durante la excavación, el nivel del fluido fluctúa, pero no debe descender por debajo del nivel requerido para la estabilidad de la excavación, el nivel del fluido permanecerá por encima de la base del murete guía, a menos que no haya riesgo de erosión del suelo situado debajo de los muretes guía.

8.4.2 Avance de la excavación. La excavación podrá hacerse en continuo o por paneles. La secuencia de excavación, la longitud de los paneles y las distancias entre paneles en el curso de la excavación, dependen de las condiciones del suelo, del tipo de pantalla y del tipo de herramientas de excavación.

La excavación de un panel no empezará antes de que el hormigón o el lodo autoendurecible del panel adyacente haya alcanzado la resistencia suficiente.

No se deben utilizar trépanos u otras herramientas o explosivos susceptibles de afectar los paneles vecinos rellenos ya de hormigón o de lodo autoendurecible, antes que el material de estos paneles posean una resistencia suficiente para resistir las sollicitaciones correspondientes.

8.4.3 Pérdida de fluido de excavación. Cuando la pérdida repentina de fluido es importante en el curso de la excavación, se deberá rellenar de nuevo la zanja con fluido, añadiendo eventualmente materiales colmatantes. Si esta operación es imposible o insuficiente, será necesario llenar la zanja con hormigón o mortero pobre o con otro material que se pueda reperfilar posteriormente.

En situaciones donde presenten un riesgo de pérdida de fluido de excavación (por ejemplo en suelos muy permeables, cavidades) se preverá de una reserva de fluido de excavación y eventualmente de colmatantes.

8.5 Limpieza de la excavación

La limpieza será necesaria cuando el fluido de excavación, se reemplace por hormigón u otro material. El fondo de la excavación y la superficie de las juntas se limpiarán y si fuese necesario, el fluido de excavación será desarenado o reemplazado. En caso de una suspensión de bentonita se deberán alcanzar, las propiedades especificadas en la tabla 1 para el caso de "lodo, antes del hormigonado". Cuando se coloquen elementos, como encofrados de juntas o jaulas de armadura, la excavación se deberá limpiar antes de su colocación. El procedimiento de limpieza y el tiempo entre estas operaciones se pondrán a punto a la vista de los primeros paneles.

8.6 Realización de las juntas

Las juntas se realizarán utilizando encofrados de acero u hormigón, o bien cortando el hormigón o el material endurecido del panel adyacente. En ciertos casos, las juntas podrán comportar juntas de estanquidad.

Los encofrados de las juntas deberán tener una resistencia adecuada y ser muy rectos en toda su longitud.

Cuando las juntas se extraigan verticalmente, la operación se realizará progresivamente a medida que endurece el hormigón u otro material. El procedimiento para realizar las juntas se deberá establecer cuando se ejecute el primer panel. Cuando las juntas se extraigan lateralmente, esta operación se realizará una vez terminada la excavación del panel adyacente.

8.7 Colocación de las armaduras y otros elementos

Las jaulas de armaduras, los paneles prefabricados en hormigón u otros elementos tales como tablestacas, membranas, no descansarán sobre el fondo de la excavación sino que se deberán suspender de los muretes guía.

8.8 Hormigonado y descabezado

Para las excavaciones en seco autorizadas en el apartado 8.4.1, el hormigonado deberá realizarse de manera que se evite la segregación. El hormigonado con bomba será válido en las excavaciones en seco. El vibrado del hormigón no se realizará cuando el valor de asentamiento sea superior a 100 mm (clases S3, S4, o F3, F4 de la Norma Europea Experimental ENV 206).

Cuando se utilice un fluido de excavación, el hormigón se colocará a través de uno o varios tubos. Los tubos de vertido son habitualmente tubos provistos de un embudo en la cabeza, pero también podrá hacerse con tubos unidos directamente a la bomba de hormigonado.

El tubo de hormigonado estará limpio y estanco. Su diámetro interior deberá ser superior o igual a 0,15 m y a 6 veces la dimensión máxima de los áridos. Su diámetro exterior deberá ser tal que el tubo se mueva libremente por entre la jaula de armadura.

El número de tubos de hormigonado a utilizar en un mismo panel se deberá determinar de manera que se limite el recorrido horizontal del hormigón de cada tubo.

En condiciones normales, se limitará el recorrido horizontal del hormigón a 2,5 m.

Se recomienda utilizar al menos un tubo de vertido por jaula de armaduras cuando hay varias jaulas por panel.

Cuando se utilizan varios tubos de hormigonado, es preciso alimentarlos de modo que el hormigón se distribuya de una manera uniforme.

Antes de empezar el hormigonado, será necesario evitar la mezcla de fluido de excavación y el hormigón en el tubo de hormigonado, disponiendo de un tapón de material adecuado, o por otro medio conveniente.

Para empezar el llenado de hormigón, se reposará el tubo de hormigonado sobre el fondo de la zanja, y se subirá el mismo aproximadamente 0,1 m.

Una vez se haya empezado el hormigonado, el tubo de vertido deberá estar siempre sumergido al menos 3 m en el hormigón fresco. La profundidad mínima de inmersión recomendada es de 3 m aunque puede reducirse a 2 m si el nivel superior del hormigón se conoce con precisión. Se podrá reducir la profundidad de inmersión del tubo cuando el hormigón llega cerca de la superficie del suelo para facilitar el vertido del mismo.

Conviene que la velocidad media de subida del hormigón sobre toda la altura del panel no sea inferior a 3 m/h.

Cuando se prevean retrasos, susceptibles de afectar a la calidad del hormigón, por ejemplo a causa de la circulación, se podrá añadir un retardador adecuado durante la mezcla del hormigón.

Cuando se vierte el hormigón puede que la parte superior sea de mala calidad. Será necesario verter una cantidad sobrante de hormigón en el panel para garantizar las propiedades prescritas para el hormigón situado debajo del nivel de descabezado prescrito.

Se puede asegurar la calidad prescrita del hormigón bajo el nivel de descabezado aumentando la altura del hormigón. Su valor estará en función de la profundidad del nivel de descabezado, las dimensiones de la pared y del número de tubos de vertido. En el caso en que el nivel de descabezado esté próximo a la coronación de los muretes guía; podremos obtener este resultado haciendo desbordar el hormigón.

Después del hormigonado, la excavación que presente un vacío por encima del hormigón, se rellenará con hormigón pobre u otros materiales adecuados. En algunos casos será necesario apuntalar los muretes guía.

El descabezado del hormigón superior se deberá hacer con ayuda de útiles que no sean susceptibles de perjudicar al hormigón, las armaduras o cualquier material de medida instalado en los paneles. La fase final del descabezado, deberá hacerse sólo cuando esté suficientemente duro. Cuando sea posible, se podrá ejecutar una fase preliminar de descabezado, no alcanzando el nivel de descabezado antes del endurecimiento del hormigón.

9 SUPERVISIÓN DE LA EJECUCIÓN Y CONTROL

La ejecución de todo tipo de muro pantalla exige una supervisión y un control riguroso de los trabajos.

Los siguientes puntos se deberán supervisar y controlar en el curso de las diferentes etapas de la construcción:

a) trabajos previos a la fase de excavación:

- posición de la pantalla;
- materiales;
- jaulas de armaduras y otros elementos complementarios.

b) construcción de la pantalla:

- excavación;
- limpieza de la excavación;
- realización de las juntas;
- colocación de las armaduras y otros elementos;
- hormigonado.

Ciertos puntos podrán ignorarse en ciertos tipos de pantallas.

Las tablas 3 y 7 reflejan los controles a realizar en los diferentes tipos de pantallas.

El control de ejecución deberán corresponder a las especificaciones del proyecto.

Los controles relativos a técnicas particulares de ejecución como la utilización de polímeros en el fluido de excavación no se tratan en este capítulo.

Tabla 3
Controles para los muros pantalla en hormigón

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Implantación	<ul style="list-style-type: none"> - Posición del muro - Posición y cota de los muretes guía - Posición de los paneles y las juntas 	<ul style="list-style-type: none"> - A partir de los planos de implantación y de los niveles topográficos - Se deberán controlar antes del hormigonado, y después del desencofrado - La posición e las juntas deberán marcarse sobre los muretes guía
Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Aptitud de empleo 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente no se exige con agua potable
Bentonita	<ul style="list-style-type: none"> - Origen del suministro 	<ul style="list-style-type: none"> - El albarán de recepción se controlará en cada entrega
Suspensión de bentonita nueva	<ul style="list-style-type: none"> - Filtrante, cake, pH - Densidad, viscosidad Marsh - Resistencia al cizallamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Deberán controlarse al inicio de los trabajos, después, cuando sea necesario - Controlar una vez por puesta - Controlar si fuera necesario
Calidad del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> - Composición, consistencia y resistencia a compresión 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de aptitud conforme a la Norma Europea Experimental ENV 206
Entrega de las jaulas de armaduras	<ul style="list-style-type: none"> - Número, diámetro y emplazamiento de las barras - Soldaduras y racores - Altura, longitud, anchura - Espacio entre los tubos de hormigonado - Emplazamiento de los encofrados 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos a controlar para cada jaula según los planos de ejecución
Excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Posición de la maquinaria - Verticalidad y perforación de la excavación - Perfil del terreno - Profundidad de la excavación - Nivel de suspensión de bentonita 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación visual - Se deberán controlar para cada panel durante y al final de la excavación^{a)} - Observación visual
Suspensión de bentonita a introducir en la excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Filtrante, cake, pH, densidad, viscosidad Marsh - Resistencia al cizallamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Se deberán efectuar al menos una vez por panel o por turno. Véase la tabla 1 (características del lodo nuevo o reciclado)^{b)} - Se controlará si se considera necesario
Limpieza de la excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidad de la excavación 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar después de la limpieza de la excavación al menos 3 por panel o a intervalos específicos
Suspensión de bentonita antes de la colocación de la jaula u otros elementos	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad, viscosidad Marsh, contenido de arena - Resistencia al cizallamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Se deberán realizar para cada panel. Véase la tabla 1 (características del lodo antes del hormigonado)^{c)} - Se controlará si se considera necesario
Colocación del encofrado de juntas	<ul style="list-style-type: none"> - Alineación de los elementos de encofrado de juntas - Verticalidad, posición y profundidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar antes de la colocación - Conviene colocar los encofrados de juntas en contacto con el extremo de la zanja

(Continúa)

Tabla 3 (Continuación)
Controles para los muros pantalla en hormigón

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Descenso de una jaula de armaduras	– Rigidez de las jaulas	– Controlar durante la elevación de la primera jaula de cada tipo
	<u>Antes del descenso</u> – Número de referencia – Orientación con relación a la superficie exterior de la pared – Colocación y número de centradores	Controlar cada jaula
	<u>Durante el descenso</u> – Posición y verticalidad – Enlace entre los elementos verticales	Controlar en cada jaula, en especial la longitud de los recubrimientos
	<u>Después del descenso</u> – Nivel y posición	Controlar en cada jaula
Hormigonado	– Longitud de los tubos de hormigonado, longitud y posición de cada elemento del tubo – Certificado de entrega del hormigón – Aspecto del hormigón. – Consistencia del hormigón – Resistencia del hormigón – Comienzo del hormigonado – Profundidad del hormigón en función del volumen de hormigón vertido – Posición y nivel de la jaula de armaduras	– Controlar para cada panel – Controlar cada entrega. Se aplica únicamente al hormigón preparado (conforme a la Norma Europea Experimental ENV 206) – Controlar por observación visual – Controlar al principio de cada panel y en caso necesario (conforme a la Norma Europea Experimental ENV 206) – Se tomará una muestra al menos cada 100 m ³ para el hormigón de cada proveedor ^{d)} – Efectuar para cada panel conforme al apartado 8.8. El primer vaciado del hormigón en cada tubo, se hará sin interrupción e íntegramente – Controlar después de cada vaciado del hormigón, de uno o varios camiones. El nivel de hormigón en la proximidad de los tubos de hormigonado será uniforme. Se establecerá una curva de hormigonado en el caso de paneles de profundidad superior a 20 m, o cuando el consumo de hormigón difiera significativamente del volumen teórico – Controlar según las tolerancias dadas en el apartado 8.8.2

(Continúa)

Tabla 3 (Fin)
Controles para los muros pantalla en hormigón

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Hormigonado	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de hormigón antes de acortar los tubos de hormigonado, número y longitud de cada elemento del tubo retirado inmersión de los tubos de hormigonado - Duración entre el amasado y el principio del vertido - Duración del hormigonado - Temperatura del hormigón - Nivel final del hormigón 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar en cada retirada de un elemento - Controlar después de cada entrega - Controlar en cada panel - Será necesario en caso de condiciones meteorológicas extremas (véase la Norma Europea Experimental ENV 206) - Controlar en cada panel
Extracción de los encofrados de las juntas.	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de la extracción sobre los primeros paneles de cada tipo 	<ul style="list-style-type: none"> - Se aplica a todos los paneles (véase el apartado 8.6).
Descabezado	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de descabezado y calidad del hormigón en este nivel 	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del hormigón se deberá controlar en cada panel por observación visual
Cara expuesta	Protuberancias	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar por observación visual
<p>a) La verticalidad y el desvío en planta de la excavación deberán controlarse a fin de que quede dentro de las tolerancias requeridas. Se deberá aumentar la frecuencia de control en caso de alto riesgo, tal como la presencia de bolos u obstáculos del terreno. Estos controles se harán normalmente por observación visual o por medidas simples (posición de los cables de la cuchara por ejemplo). En algunos casos, por ejemplo, en paneles de gran profundidad puede ser necesario utilizar medidas especiales (por ejemplo inclinómetros) para determinar el perfil de la excavación.</p> <p>b) Conviene que el control de las características de la suspensión de bentonita sea en ciertos casos más frecuente, cuando existan materias orgánicas en el suelo, capa freática químicamente activa o cuando las juntas de los paneles se realicen por corte del hormigón endurecido de un panel adyacente.</p> <p>c) Las muestras servirán para determinar las características de la suspensión de bentonita antes del hormigonado. Se comprobarán en las proximidades del fondo del panel, o en el circuito de desarenado, o con un dispositivo de toma de muestras, esencialmente se escogerá la solución que mejor se adapte a la técnica de perforación y de circulación del lodo.</p> <p>d) Cuando el hormigón se fabrica por un proceso continuo y teniendo un certificado nacional que asegure su calidad, se aceptarán diferentes procedimientos de muestreo del hormigón. El mínimo de probetas, cúbicas o cilíndricas, es de cuatro por muestra.</p>		

Tabla 4
Controles para pantallas prefabricadas en hormigón

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Implantación	<ul style="list-style-type: none"> - Posición del muro - Posición y cotas de los muretes guía - Posición de los bocados de excavación - Posición de los elementos 	<ul style="list-style-type: none"> - A partir de los planos de implantación y datos topográficos - Deberán controlarse antes del hormigonado y después del encofrado - Deberá marcarse sobre los muretes guía, si fuera necesario se indicará el recubrimiento - Deberá marcarse sobre los muretes guía
Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Aptitud de uso 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente no se exige agua potable
Bentonita, cemento u otros componentes o aditivos	<ul style="list-style-type: none"> - Fuente de suministro 	<ul style="list-style-type: none"> - El albarán de entrega se controlará en cada entrega
Mortero de autoendurecimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad, viscosidad Marsh - Tiempo de fraguado, exudado - Resistencia a compresión - Permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Estos controles se harán antes del inicio de los trabajos - El método de ensayo se debe especificar - Ensayo de compresión simple (a 28 días) - Si se solicita, se realizará normalmente con agua de grifo. En ciertos casos se utilizará agua freática
Suministro de los elementos prefabricados	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de los elementos - Geometría y aspecto de los elementos y juntas. 	Puntos a controlar en cada elemento de acuerdo con los planos de ejecución
Excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Posición de las herramientas - Verticalidad y continuidad entre los bocados de excavación según el caso - Perfil del terreno - Profundidad de la excavación. - Nivel del lodo autoendurecible - Posición de los bocados de excavación, en el caso de un proceso continuo de excavación 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación visual. - Se deberán controlar en todas las fases de la excavación, durante y al final de la misma^{a)} - Observación visual - La posición del final de la excavación se comprobará después de acabar cada bocado de excavación
Lodo autoendurecible listo para colocar en la excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad, viscosidad Marsh, exudado 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar al menos una vez por tramo
		<i>(Continúa)</i>

Tabla 4 (Fin)
Controles para pantallas prefabricadas en hormigón

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Lodo autoendurecible, tomado de la excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fraguado - Resistencia a compresión - Aptitud del mortero endurecido (o del mortero en el fondo de la excavación) para soportar el elemento prefabricado 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar cada día - Ensayo de compresión simple (a 28 días). Controlar una vez por semana - Controlar al inicio de los trabajos, después una vez por semana
Puesta en obra de los elementos prefabricados	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidad de la sección de excavación - Identificación del elemento - Posición de las juntas de estanquidad (sí hubiera) - Posición de los dispositivos de suspensión - Orientación con respecto a la superficie exterior del muro - Posición y verticalidad del elemento durante su bajada - Posición, nivel y verticalidad del elemento después de su colocación - Posición de los elementos después del fraguado del lodo 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar antes de la colocación el emplazamiento del elemento <p>Estos controles se deberán efectuar en cada elemento prefabricado</p>
Elevación de los dispositivos de suspensión	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de retirada en función a la resistencia del mortero (o del mortero del fondo de la excavación) 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar en cada elemento
<p>a) La verticalidad y el desvío en planta de la excavación deberán controlarse a fin de que quede dentro de las tolerancias requeridas. Se deberá aumentar la frecuencia de control en caso de alto riesgo, tal como la presencia de bolos u obstáculos del terreno. Estos controles se harán normalmente por observación visual o por medidas simples (posición de los cables de la cuchara por ejemplo). En algunos casos, por ejemplo, en paneles de gran profundidad puede ser necesario utilizar medidas especiales (por ejemplo inclinómetros) para determinar el perfil de la excavación.</p>		

Tabla 5
Controles para las pantallas en mortero armado

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Implantación	<ul style="list-style-type: none"> – Posición del muro – Posición y cotas de los muretes guía – Posición de las unidades de excavación – Posición de los elementos de armadura 	<ul style="list-style-type: none"> – A partir de los planos de implantación y datos topográficos – Controlar antes del hormigonado y después del encofrado – Se marcará sobre los muretes guía o sobre el suelo si fuera necesario. Se indicará el recubrimiento – Se marcará sobre los muretes guía o sobre el suelo
Agua	<ul style="list-style-type: none"> – Aptitud de uso 	<ul style="list-style-type: none"> – Normalmente no se exige agua potable
Bentonita, cemento u otros ligantes, adiciones	<ul style="list-style-type: none"> – Fuente de suministro 	<ul style="list-style-type: none"> – El albarán de entrega será controlado en cada entrega de material
Lodo autoendurecible	<ul style="list-style-type: none"> – Densidad, viscosidad Marsh – Tiempo de colocación, exudación – Resistencia a compresión – Permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> – Estos controles se harán al principio de los trabajos – Se especificará el método de ensayo – Ensayo de compresión simple (a 28 días) – Bajo petición, normalmente se realizará con agua del grifo. En ciertos casos se utilizará agua freática
Entrega de los elementos de la armadura	<ul style="list-style-type: none"> – Número, dimensiones y posiciones – Soldaduras y racores 	<p>Puntos a controlar según los planos de ejecución</p>
Excavación	<ul style="list-style-type: none"> – Posición de las herramientas, longitud de corte – Verticalidad y continuidad de los bocados de excavación según el caso – Corte del terreno – Profundidad de la excavación. – Nivel del lodo autoendurecible. – Posición de las secciones de excavación, en el caso de pantallas continuas 	<ul style="list-style-type: none"> – Observación visual – Se controlará para cada sección de excavación durante y al final de la excavación^{a)} – Observación visual – La posición del final de la excavación se controlará después de cada sección de excavación
Lodo autoendurecible preparado para introducirlo en la excavación	<ul style="list-style-type: none"> – Densidad, viscosidad Marsh, exudación 	<ul style="list-style-type: none"> – Controlar al menos una vez por tramo
		<i>(Continúa)</i>

Tabla 5 (Fin)
Controles para las pantallas en mortero armado

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Lodo autoendurecible, tomado en la excavación	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fraguado - Resistencia a compresión 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar cada día - Ensayo a compresión simple (a 28 días) salvo especificación contraria. Los ensayos se harán sobre dos muestras tomadas a diferentes profundidades según la frecuencia especificada
Colocación de los elementos de armadura	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidad de la sección excavada - Rigidez de los elementos de armadura - Número de referencia - Orientación respecto a la superficie exterior de la pantalla - Posición y verticalidad del elemento durante el descenso - Conexión entre los elementos verticales durante el descenso - Nivel y posición final 	<ul style="list-style-type: none"> - A una distancia especificada a lo largo del muro, antes de colocar los elementos - Controlar durante la elevación del primer elemento de cada tipo - Particularmente la longitud de los empalmes
Relleno complementario	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel del lodo 	<ul style="list-style-type: none"> - Añadir lodo si fuera necesario
<p>a) La verticalidad y el desvío en planta de la excavación deberán controlarse a fin de que quede dentro de las tolerancias requeridas. Se deberá aumentar la frecuencia de control en caso de alto riesgo, tal como la presencia de bolos u obstáculos del terreno. Estos controles se harán normalmente por observación visual o por medidas simples (posición de los cables de la cuchara por ejemplo). En algunos casos, por ejemplo, en paneles de gran profundidad puede ser necesario utilizar medidas especiales (por ejemplo inclinómetros) para determinar el perfil de la excavación.</p>		

Tabla 6
Controles para pantallas de estanquidad de mortero

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Implantación	<ul style="list-style-type: none"> – Posición de la pantalla – Posición y cotas de los muretes guía (si hubiera) – Posición de los bocados de excavación 	<ul style="list-style-type: none"> – A partir de los planos de implantación y datos topográficos – Se controlarán antes del hormigonado y después del encofrado – Se marcará sobre los muretes guía o sobre el suelo. Se indicará el recubrimiento
Agua	<ul style="list-style-type: none"> – Aptitud de uso 	<ul style="list-style-type: none"> – Normalmente no se exige agua potable
Bentonita, cemento u otros ligantes, adiciones	<ul style="list-style-type: none"> – Fuente de suministro 	<ul style="list-style-type: none"> – El albarán de entrega se controlará en cada entrega
Lodo autoendurecible	<ul style="list-style-type: none"> – Densidad, viscosidad Marsh – Tiempo de fraguado – Exudación – Resistencia de cizallamiento – Resistencia a compresión – Módulo de deformación – Permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> – Estos controles se harán antes del inicio de los trabajos – Si fuera necesario (gran profundidad, membranas, etc.) Se deberán especificar los métodos de ensayo – Se debe especificar el método de ensayo – Sí se considera necesario – Ensayo de compresión simple (a 28 días) salvo especificación contraria – Sí es pedido – Normalmente se mide con agua del grifo con muestras realizadas 28 días antes. En ciertos casos se utilizará agua freática. Si el proyecto lo exigiera, se adoptaría un plazo superior a 28 días
Suministro de los elementos a colocar (membranas, tablestacas, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> – Los puntos de control dependerán del tipo de elemento a colocar 	<ul style="list-style-type: none"> – Los controles se harán para cada elemento según de los planos de ejecución
Excavación	<ul style="list-style-type: none"> – Posición de las herramientas y si fuera necesario longitud de corte – Verticalidad y continuidad de los bocados de excavación según el caso – Corte del terreno – Profundidad de la excavación. – Nivel del lodo autoendurecible – Posición de las secciones de excavación, en el caso de pantallas continuas 	<ul style="list-style-type: none"> – Observación visual – Se controlarán en cada sección de excavación durante y al final de la excavación^{a)} – Observación visual – La posición del final de la excavación se comprobará después de acabar cada sección de excavación

(Continúa)

Tabla 6 (Fin)
Controles para pantallas de estanquidad de mortero

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios	
Lodo autoendurecible, preparado para introducirlo en la excavación	– Densidad, viscosidad Marsh, exudación	– Controlar al menos una vez por tramo	
Lodo autoendurecible, tomado de la excavación	– Tiempo de fraguado	– Controlar cada día, si fuera necesario (gran profundidad, membranas, etc.)	
	– Resistencia a compresión	– Ensayo a compresión simple a 28 días salvo especificación contraria	Según la frecuencia especificada. Los ensayos se harán sobre dos muestras extraídas a diferentes profundidades
	– Módulo de deformación	– Si se pide	
– Permeabilidad	– Si se pide. Normalmente a 28 días		
Colocación de un elemento (sí hubiera)	– Profundidad de la sección de excavación	– A un intervalo específico a lo largo de la pantalla, antes de colocarlo	
	– Enlace de juntas entre elementos	– A cada junta, cuando sea aplicable	
Relleno complementario	– Nivel de lodo	– Añadir lodo si fuera necesario	
<p>a) La verticalidad y el desvío en planta de la excavación deberán controlarse a fin de que quede dentro de las tolerancias requeridas. Se deberá aumentar la frecuencia de control en caso de alto riesgo, tal como la presencia de bolos u obstáculos del terreno. Estos controles se harán normalmente por observación visual o por medidas simples (posición de los cables de la cuchara por ejemplo). En algunos casos, por ejemplo, en paneles de gran profundidad puede ser necesario utilizar medidas especiales (por ejemplo inclinómetros) para determinar el perfil de la excavación.</p>			

Tabla 7
Controles para pantallas de estanquidad en hormigón plástico

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Implantación	<ul style="list-style-type: none"> – Posición de la pantalla – Posición y cotas de los muretes guía – Posición de los paneles y juntas 	<ul style="list-style-type: none"> – A partir de los planos de implantación y datos topográficos – Se deberán controlar antes del hormigonado y después del desencofrado – La posición de las juntas se deberá marcar en los muretes guía
Agua	<ul style="list-style-type: none"> – Aptitud de uso 	<ul style="list-style-type: none"> – Normalmente no se exige agua potable
Bentonita	<ul style="list-style-type: none"> – Fuente de suministro 	<ul style="list-style-type: none"> – El albarán de entrega se controlará en cada entrega
Suspensión de bentonita nueva	<ul style="list-style-type: none"> – Filtrante, cake, pH – Densidad, viscosidad Marsh – Resistencia al cizallamiento 	<ul style="list-style-type: none"> – Se controlaron antes de iniciar los trabajos, siempre que sea necesario – Controlar al menos una vez por puesta – Controlar si fuera necesario
Calidad del hormigón plástico	<ul style="list-style-type: none"> – Composición, consistencia y resistencia a la compresión – Módulo de la deformación 	<ul style="list-style-type: none"> – Ensayos de aptitud según las especificaciones, análogas a las prescripciones dadas para el hormigón en la Norma Europea Experimental ENV 206
Excavación	<ul style="list-style-type: none"> – Posición de las herramientas, longitud de cortes (en el caso en que no haya juntas de estanquidad) – Verticalidad y sección de la excavación – Corte del terreno – Profundidad de la excavación. – Nivel de suspensión de la bentonita 	<ul style="list-style-type: none"> – Observación visual – Se deberán controlar en cada panel, durante y al final de la excavación^{a)} – Observación visual
Suspensión de la bentonita, lista para colocar en la excavación	<ul style="list-style-type: none"> – Filtraciones, cake, pH, densidad, viscosidad Marsh – Resistencia al cizallamiento 	<ul style="list-style-type: none"> – Deberán hacerse una vez por panel o turno. Véase la tabla 1 (características del lodo nuevo o reciclado)^{b)} – Controlar si fuera necesario
Limpieza de la excavación	<ul style="list-style-type: none"> – Profundidad de la excavación 	<ul style="list-style-type: none"> – Efectuar después de la limpieza al menos en 3 emplazamientos por panel o a intervalos especificados
Suspensión de bentonita antes del hormigonado	<ul style="list-style-type: none"> – Densidad, viscosidad Marsh, contenido en arena – Resistencia al cizallamiento 	<ul style="list-style-type: none"> – Se deberán efectuar en cada panel. Véase la tabla 1 (características del lodo antes del hormigonado)^{c)} – Controlar si se cree necesario.
Colocación de los encofrados de juntas (si es necesario)	<ul style="list-style-type: none"> – Alineación de los elementos del encofrado de las juntas – Verticalidad, posición y profundidad 	<ul style="list-style-type: none"> – Controlar antes de la inserción – Conviene colocar los encofrados de juntas en contacto con el extremo de la zanja
		<i>(Continúa)</i>

Tabla 7 (Continuación)
Controles para pantallas de estanquidad en hormigón plástico

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Hormigonado	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud de los tubos de hormigonado, longitud y posición de cada elemento del tubo - Certificado de suministro de hormigón plástico - Aspecto del hormigón plástico - Resistencia del hormigón plástico - Método de arranque del hormigonado - Profundidad del hormigón en función del volumen vertido - Nivel de hormigón antes de acortar los tubos de hormigonado, número y longitud de cada elemento de tubo retirado, inmersión de los tubos de hormigonado - Tiempo entre el amasado y el comienzo del vertido - Duración del hormigonado - Temperatura del hormigón - Nivel final de hormigón plástico 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar en cada panel - Controlar en cada suministro. Esto se aplicará únicamente al hormigón plástico preparado - Controlar al principio de cada panel y en caso de necesidad (conforme a la Norma Europea Experimental ENV 206) - Se tomará una muestra al menos cada 100 m³ para el hormigón de un solo proveedor. ^d - Efectuar en cada panel conforme al apartado 8.8. El primer vertido de hormigón para cada tubo de vertido se hará sin interrupción e íntegramente - Controlar después de cada vertido de hormigón, de unos o varios camiones. El nivel de hormigón en los tubos de vertido permanecerá uniforme. Se establecerá una curva de hormigonado en el caso de paneles de profundidad superior a 20 m o cuando el consumo de hormigón difiera significativamente del volumen teórico - Controlar cuando se retiren los tubos - A controlar después de cada suministro - Anotar para cada panel - En caso de temperaturas extremas será necesario (véase la Norma Europea Experimental ENV 206) - Controlar en cada panel
Extracción de los encofrados de juntas (si hubiera)	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar el modo operativo de extracción establecido sobre los primeros paneles de cada tipo 	<ul style="list-style-type: none"> - Se aplicará a todos los paneles (véase el apartado 8.6)
		<i>(Continúa)</i>

Tabla 7 (Fin)
Controles para pantallas de estanquidad en hormigón plástico

Fase de construcción u objeto	Control	Comentarios
Descabezado (si hubiera)	– Nivel de descabezado y calidad de hormigón a este nivel	– La calidad del hormigón deberá controlarse en cada panel por observación visual
<p>a) La verticalidad y el desvío en planta de la excavación deberán controlarse a fin de que quede dentro de las tolerancias requeridas. Se deberá aumentar la frecuencia de control en caso de alto riesgo, tal como la presencia de bolos u obstáculos del terreno. Estos controles se harán normalmente por observación visual o por medidas simples (posición de los cables de la cuchara por ejemplo). En algunos casos, por ejemplo, en paneles de gran profundidad puede ser necesario utilizar medidas especiales (por ejemplo inclinómetros) para determinar el perfil de la excavación.</p> <p>b) Conviene que el control de las características de la suspensión de bentonita sea en ciertos casos más frecuente, cuando existan materias orgánicas en el suelo, capa freática químicamente activa o cuando las juntas de los paneles se realicen por corte del hormigón endurecido de un panel adyacente.</p> <p>c) Las muestras servirán para determinar las características de la suspensión de bentonita antes del hormigonado. Se comprobarán en las proximidades del fondo del panel, o en el circuito de desarenado, o con un dispositivo de toma de muestras, esencialmente se escogerá la solución que mejor se adapte a la técnica de perforación y de circulación del lodo.</p> <p>d) Cuando el hormigón se fabrica por un proceso continuo y teniendo un certificado nacional que asegure su calidad, se aceptarán diferentes procedimientos de muestreo del hormigón. El mínimo de probetas, cúbicas o cilíndricas es de cuatro por muestra.</p>		

10 DOCUMENTOS DE OBRA

Los documentos de obra se componen de dos partes; la primera da las referencias y las informaciones generales relativas al hormigón y al fluido de excavación; la segunda sección da información detallada de la ejecución de la pantalla.

Las fichas presentadas en el anexo B son ejemplos de documentos de información general y de informaciones detalladas para cada tipo diferente de pantalla.

11 EXIGENCIAS PARTICULARES

Para la ejecución de muros pantalla, es preciso atenerse a las normas y especificaciones nacionales, así como a las prescripciones legales, en materia de:

- higiene y seguridad del personal;
- seguridad de la obra;
- seguridad de procesos de construcción;
- reglas de seguridad relativos a la utilización de materiales y herramientas;
- ruidos y/o degradación del medioambiente.

En la obra, es preciso estar atento a los siguientes puntos:

- tareas que necesitan la presencia de personal en la proximidad de equipos pesados;
- peligro que representan las zanjas abiertas;
- trabajos y controles efectuados por el personal en el interior de la excavación.

Las molestias y/o degradación del medio ambiente pueden ser ocasionados por:

- el ruido;
- la vibración del suelo;
- la contaminación del suelo;
- la contaminación de aguas superficiales;
- la contaminación de las capas freáticas;
- la contaminación del aire.

ANEXO A (Informativo)

COMPOSICIONES TÍPICAS PARA EL HORMIGÓN PLÁSTICO Y MORTERO PLÁSTICO

Las composiciones típicas a base de bentonita, para 1 m³ son:

– Hormigón plástico:

Agua:	400 l a 500 l
Cemento o ligante:	50 kg a 200 kg
Áridos:	1 200 kg a 1 500 kg
Bentonita sódica:	12 kg a 30 kg
o	
Bentonita cálcica:	30 kg a 90 kg
o	
Arcilla:	30 kg a 250 kg

– Mortero plástico:

Agua:	400 l a 750 l
Cemento o ligante:	80 kg a 300 kg
Arena:	500 kg a 1 000 kg
Bentonita sódica:	20 kg a 50 kg
o	
Bentonita cálcica:	40 kg a 100 kg
o	
Arcilla:	40 kg a 350 kg

ANEXO B (Informativo)

EJEMPLOS DE FICHAS DE OBRA PARA LOS MUROS PANTALLA

Las tablas B.1 a B.11 son ejemplos de los documentos de información general y de información detallada para los diferentes tipos de pantallas continuas:

- Tabla B.1 a B.2 para los muros pantalla de hormigón;
- Tabla B.3, B.4 y B.5 para las pantallas prefabricadas en hormigón;
- Tabla B.6 y B.7 para los muros de lodo autoendurecible armado;
- Tabla B.8 y B.9 para los muros de estanquidad de lodo autoendurecible;
- Tabla B.10 y B.11 para los muros de estanquidad de hormigón plástico.

Tabla B.2
Ejemplo de ficha detallada para muros pantalla de hormigón

Ficha de información detallada de la ejecución de muros pantalla de hormigón									
<u>Referencia del panel</u> Nº del panel:					Tipo:			<u>Cotas</u> Murete guía Plataforma de trabajo	
<u>Excavación</u> <u>Geometría</u> (adjuntar croquis si se precisa) Anchura: (m) Longitud: (m) Profundidad: (m)				<u>Fecha y hora</u> Comienzo: Fecha: Hora: Final: Fecha: Hora:			<u>Corte del terreno</u> (con niveles de agua)		
<u>Material utilizado</u>									
<u>Obstáculos</u> Profundidad		Fecha/Hora Comienzo Final		<u>Pérdidas de fluido de excavación</u> Profundidad Volumen Inicio Fin					
<u>Trepanado</u> Profundidad		Hora Comienzo Final		<u>Demoras</u> Profundidad Inicio Fin Causa					
<u>Verticalidad, torsión ó desvío en planta</u>					<u>Notas</u>				
<u>Fluido de excavación</u> Tipo <u>Parámetros antes del hormigonado</u> Densidad Viscosidad Marsh Contenido en arena				<u>Limpieza de la excavación</u> Inicio: Fecha: Hora: Final: Fecha: Hora:			<u>Profundidad del panel</u> (al menos 3 emplazamientos) Emplazamiento Profundidad		
<u>Jaulas de armaduras</u> Nº de identificación Nº de plano				<u>Tipo</u> <u>Colocación:</u> Fecha: Hora:					
<u>Notas</u>									
<u>Juntas entre paneles</u> Tipo					<u>Dimensiones</u> (si es necesario)				
<u>Hormigonado</u> <u>Fecha:</u> Hora: Inicio: Fin:					<u>Volumen</u> (si fuera necesario trazar curva de hormigonado) Teórico (m ³) Real (m ³)				
<u>Cotas:</u> Nivel de hormigón (m) Nivel de descabezado (m)					<u>Ensayos de consistencia de hormigón</u> □ Descenso del Cono □ φ de escurrimiento (mesa de sacudidas) de Abrams				
<u>Interrupciones</u> Hora Profundidad Comienzo Final Causas									
<u>Notas suplementarias</u>									
<u>Firmas y comentarios</u> Fábrica: Fecha: (firma) Cliente: Fecha: (firma)									

Tabla B.6
Ejemplo de ficha general de pantalla de mortero armado

Ficha de informaciones generales sobre la ejecución de pantalla de mortero armado		
<u>Empresa</u>	<u>Cliente</u>	
<u>Informaciones sobre la obra</u> Número de obra: Lugar:		
<u>Planos principales</u>	<u>Nº de referencia</u>	<u>Título</u>
<u>Lodo autoendurecible</u>	<u>Notas</u>	
<u>Características</u>		
Densidad:	(g/ml)	
Viscosidad Marsh:	(s)	
Exudación: (si se solicita)	(%)	
Tiempo de colocación:	(min)	
Resistencia a compresión: (a 28 días)	(MPa)	
Resistencia de cizallamiento: (si se solicita)	(Pa)	

Tabla B.7
Ejemplo de ficha detallada para pantalla de mortero armado

Ficha de información detallada de ejecución de pantalla de mortero armado											
<u>Referencia de la sección de excavación</u> Nº de referencia:			Pasos: Tipo:		De: A:			<u>Cotas</u> Murete guía Plataforma de trabajo			
<u>Excavación</u> <u>Geometría</u> (añadir croquis si fuera necesario) Anchura: (m) Longitud/día: (m) Profundidad: (m) Longitud de corte: (m)				<u>Fecha y hora</u> Comienzo: Fecha: Hora: Final: Fecha: Hora:						<u>Corte del terreno</u> (con niveles de agua)	
<u>Material utilizado</u>											
<u>Obstáculos</u>			Fecha/hora		<u>Pérdidas de fluido de excavación</u>						
Pasos	Profundidad	Comienzo	Fin	Pasos	Profundidad	Volumen	Inicio	Fin			
<u>Trepanado</u>			Hora		<u>Verticalidad y torsión o desvío en planta</u>						
Paso	Profundidad	Comienzo	Fin								
<u>Demoras</u>			Hora								
Pasos	Profundidad	Comienzo	Fin	Causas							
<u>Notas</u>											
<u>Fluido de excavación</u> Tipo <u>Mortero fresco</u> Densidad Viscosidad Marsh Tiempo de fraguado Exudación				<u>Lodo extraído de la zanja</u> Densidad Viscosidad Marsh Tiempo de fraguado Exudación							
Muestras				<u>Muestras</u>							
Nº	Pasos	Profundidad		Nº	Pasos	Profundidad					
<u>Elemento de armadura</u> <u>Nº de identificación</u>				<u>Tipo</u>							
<u>Nº de plano</u>				<u>Colocación:</u>		Fecha: Hora:					
<u>Relleno complementario</u>											
Asiento del lodo						(mm)					
Volumen del mortero añadido						(m ³)					
<u>Notas suplementarias</u>											
<u>Firmas y comentarios</u>											
Empresa:			Fecha:		(firma)						
Cliente:			Fecha:		(firma)						

Tabla B.8
Ejemplo de ficha general para pantalla de estanqueidad de lodo autoendurecible

Ficha de informaciones generales de ejecución de pantalla de estanqueidad de lodo		
<u>Empresa</u>	<u>Cliente</u>	
<u>Información de la obra</u> Número de trabajo: Lugar:		
<u>Planos principales</u>	<u>Nº de referencia</u>	<u>Título</u>
<u>Lodo autoendurecible</u>	<u>Notas</u>	
<u>Características</u> (variación específica)		
Densidad:	(g/ml)	
Viscosidad Marsh:	(s)	
Exudación: (si se solicita)	(%)	
Tiempo de fraguado:	(min)	
Resistencia a compresión: (a 28 días)	(MPa)	
Módulo de deformación:	(MPa)	
Permeabilidad: (28 días o según prescripción)	(m/s)	
Resistencia de cizallamiento: (si se solicita)	(Pa)	

Tabla B.9
Ejemplo de ficha detallada de pantalla de estanquidad de lodo autoendurecible

Ficha de informaciones detalladas de ejecución de pantalla de estanquidad de lodo autoendurecible						
<u>Referencia de la sección de excavación</u>		Pasos:		De:		<u>Cotas</u> Murete guía Plataforma de trabajo
Nº de referencia:		Tipo:		A:		
<u>Excavación</u>			<u>Fecha y hora</u>			
<u>Geometría</u> (añadir croquis si fuera necesario)						
Anchura:		(m)	Comienzo:	Fecha:	Hora:	
Longitud/día:		(m)	Final:	Fecha:	Hora:	
Profundidad:		(m)				
Longitud de solape:		(m)				
<u>Material utilizado</u>						
<u>Obstáculos</u>			<u>Fecha/hora</u>		<u>Pérdidas de fluido de excavación</u>	
Pasos	Profundidad	Comienzo	Fin	Pasos	Profundidad	Volumen
				Hora:		
				Inicio		
				Fin		
<u>Trepanado</u>			<u>Verticalidad y torsión ó desvío en planta</u>			
Paso	Profundidad	Comienzo	Fin			
<u>Demoras</u>			<u>Hora</u>			
Pasos	Profundidad	Comienzo	Fin	Causas		
<u>Notas</u>						
<u>Fluido de excavación</u>			<u>Lodo extraído de la zanja</u>			
Tipo			Densidad			
<u>Mortero fresco</u>			Viscosidad Marsh			
Densidad			Exudación (si es necesario)			
Viscosidad Marsh			Tiempo de fraguado			
Tiempo de fraguado						
<u>Muestras</u>			<u>Muestras</u>			
Nº	Pasos	Profundidad	Nº	Pasos	Profundidad	
<u>Elemento de armadura</u>			<u>Tipo</u>			
Nº de identificación			Colocación:			
Nº de plano			Fecha:		Hora:	
<u>Reposición suplementaria</u>						
Asiento del lodo			(mm)			
Volumen del mortero añadido			(m ³)			
<u>Notas suplementarias</u>						
<u>Firmas y comentarios</u>						
Empresa:		Fecha:	(firma)			
Cliente:		Fecha:	(firma)			

Tabla B.11
Ejemplo de ficha detallada de pantalla de estanquidad de hormigón plástico

Ficha de informaciones generales de ejecución de pantallas estanquidad de hormigón plástico					
<u>Panel</u> Nº de referencia:		Tipo:		<u>Cotas</u> Murete guía Plataforma de trabajo	
<u>Excavación</u> <u>Geometría</u> (adjuntar croquis si se precisa) Anchura: (m) Longitud/día: (m) Profundidad: (m) Longitud de solapa (m)		<u>Fecha y hora</u> Comienzo: Fecha: Hora: Final: Fecha: Hora:		<u>Corte del terreno</u> (con niveles de agua)	
<u>Material utilizado</u>					
<u>Obstáculos</u> Profundidad	Fecha/Hora Comienzo	Final	<u>Pérdidas de fluido de excavación</u> Hora: Profundidad Volumen Inicio Fin		
<u>Trepanado</u> Profundidad	Hora Comienzo	Final	<u>Demoras</u> Hora Profundidad Inicio Fin Causa		
<u>Verticalidad, torsión o desvío en planta</u>			<u>Notas</u>		
<u>Fluido de excavación</u> Tipo <u>Parámetros antes del hormigonado</u> Densidad Viscosidad Marsh Contenido en arena			<u>Limpieza de la excavación</u> Inicio: Fecha: Hora: Final: Fecha: Hora: Profundidad del panel (m)		
<u>Hormigonado</u> <u>Fecha:</u> Hora: Comienzo: Final:			<u>Volumen</u> (añadir curva de hormigonado si fuera necesario) Teórico (m ³) Real (m ³)		
<u>Cotas:</u> Nivel de hormigón (m) Nivel de descabezado (m)			<u>Ensayos de consistencia de hormigón</u> □ Descenso del Cono □ φ de escurrimiento de Abrams		
<u>Interrupciones</u> Profundidad	Hora Comienzo	Final	Causas		
<u>Notas suplementarias</u>					
<u>Firmas y comentarios</u> Empresa: Fecha: (firma) Cliente: Fecha: (firma)					

ANEXO C (Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

Recommended Practice Standard Procedure for Field Water-Based Drilling Fluids, (referencia: American Petroleum Institute (Recomendado Practice 13 B-1, Junio 1, 1990).

ANEXO D (Informativo)

GRADO DE OBLIGATORIEDAD DE LOS APARTADOS

El grado de obligación de las cláusulas se indica a continuación:

- RQ: exigencia;
- RC: recomendación;
- PE: permiso;
- PO: posibilidad o eventualidad;
- ST: enunciado.

1 Objeto y campo de aplicación: ST	6.3 Lodos autoendurecibles	3º párrafo: RC
2 Normas para consulta: ST	1ª frase: ST	4º párrafo, 1ª frase: RQ
3 Definiciones	2ª frase: ST	4º párrafo, 2ª frase: PE
3.1 – 3.11: ST	3ª frase: RQ	5º párrafo, 1ª frase: RQ
4 Información necesaria para la ejecución del proyecto	4ª frase: PO	5º párrafo, 2ª frase: PE
1º párrafo: RQ	5ª frase: RQ	6º párrafo: RQ
2º párrafo: RQ	6.5 Hormigón	7º párrafo: PO
3º párrafo: PO	6.5.1 Generalidades	7.2 Estabilidad de la zanja durante la excavación.
4º párrafo: PO	1º párrafo: RQ	1º párrafo: RQ
5 Recomendaciones de los terrenos	2º párrafo: RQ	2º párrafo: RQ
5.1 Generalidades: RQ	6.5.2 Áridos	3º párrafo: ST
5.2 Aspectos específicos: RQ	1º párrafo: RQ	4º párrafo: ST
6 Materiales	2º párrafo: RQ	5º párrafo: ST
6.1 Generalidades: RQ	6.5.3 Cemento	6º párrafo: RQ
6.2 Componentes	1º párrafo: RQ	7º párrafo: RQ
1º párrafo: ST	2º párrafo: PE	8º párrafo: RQ
2º párrafo: ST	6.5.4 Relación agua/cemento	9º párrafo: RQ
3º párrafo: RQ	1º párrafo: RC	10º párrafo: RQ
4º párrafo: RQ	2º párrafo: RC	11º párrafo: RQ
5º párrafo: RQ	6.5.5 Áridos: PE	12º párrafo: PO
6.3 Fluidos de excavación	6.5.6 Hormigón fresco	13º párrafo: PO ó RQ
6.3.1 Suspensión de Bentonita	1ª frase: RQ	7.3 Encastrado en la roca
1º párrafo: RQ	2ª frase: RC	1º párrafo: RQ
2º párrafo: PO	3ª frase: PO	2º párrafo: PO
3º párrafo: PO	4ª frase: RQ	7.4 Jaulas de armadura
4º párrafo: RQ	5ª frase: RC	7.4.1 Generalidades
5º párrafo: PE	6.6 Hormigón y morteros plásticos	1º párrafo: ST
6º párrafo: PE	1º párrafo: ST	2º párrafo: PO
7º párrafo: RQ	2º párrafo, 1ª frase: ST	3º párrafo: RQ
8º párrafo: PO	2º párrafo, 2ª frase: RQ	4º párrafo: RQ
9º párrafo: PO	3º párrafo: PO	5º párrafo: RQ
10º párrafo: PO	6.7 Acero: RQ	6º párrafo: RQ
11º párrafo: PO	7 Consideraciones relativos al diseño	7º párrafo: PE
Nota: ST	7.1 Generalidades	7.4.2 Armaduras verticales
6.3.2 Soluciones de polímeros: PO	1º párrafo: ST	1º párrafo: RQ
	2º párrafo: RQ	

2º párrafo, 1ª frase: RQ
2º párrafo, 2ª frase: PE
3ª frase: RQ
7.4.3 Armaduras horizontales
1º párrafo: RQ
2º párrafo, 1ª frase: RQ
2º párrafo, 2ª frase: PE
3º párrafo, 1ª frase: RQ
3º párrafo, 2ª frase: RC
7.4.4 Paneles con varias jaulas y juntas
1º párrafo: RQ
2º párrafo, 1ª frase: RQ
2º párrafo, 2ª frase: RQ
2º párrafo, 3ª frase: PO
7.5 Reservaciones
1º párrafo: RQ
2º párrafo: RQ
3º párrafo: RQ
4º párrafo: RC
5º párrafo, 1ª frase: RC
5º párrafo, 2ª frase: PO
7.6 Recubrimiento
1º párrafo: ST
2º párrafo: RQ
3º párrafo: PE
4º párrafo: RQ
5º párrafo, 1ª frase: PO
5º párrafo, 2ª frase: RQ
6º párrafo: RQ
8 Ejecución
8.1 Generalidades: ST
8.2 Tolerancias
8.2.1 Paneles
1º párrafo: RQ
2º párrafo: RQ
3º párrafo: PE
4º párrafo: RQ
5º párrafo: PE
6º párrafo: RQ
7º párrafo, 1ª frase: RQ
7º párrafo, 2ª frase: PE
9º párrafo: RQ
8.2.2 Jaulas de armaduras RQ
8.3 Trabajos previos
8.3.1 Plataforma de trabajo
1º párrafo: RQ
2º párrafo: RC
3º párrafo: RQ
4º párrafo: RQ
5º párrafo: RC
6º párrafo: RC
7º párrafo: RC

8.4 Excavación
8.4.1 Estabilidad de las paredes de la excavación
1º párrafo: ST
2º párrafo, 1ª frase: PE
2º párrafo, 2ª frase: RC
3º párrafo: RQ
8.4.2 Avance de la excavación
1º párrafo: ST
2º párrafo: RQ
3º párrafo: RQ
8.4.3 Pérdida de fluido de excavación: RQ
8.5 Limpieza de la excavación: RQ
8.6 Realización de las juntas
1º párrafo: ST
2º párrafo: RQ
3º párrafo: RQ
4º párrafo: RQ
8.7 Colocación de las armaduras u otros elementos: RQ
8.8 Hormigonado y descabezado
1º párrafo, 1ª frase: RQ
1º párrafo, 2ª frase: PE
1º párrafo, 3ª frase: RQ
2º párrafo, 1ª frase: RQ
2º párrafo, 2ª frase: PO
3º párrafo: RQ
4º párrafo: RQ
5º párrafo: RC
6º párrafo: RC
7º párrafo: RQ
8º párrafo: RQ
9º párrafo: RQ
10º párrafo, 1ª frase: RQ
10º párrafo, 2ª frase: PO
10º párrafo, 3ª frase: PO
11º párrafo: RC
12º párrafo: PE
13º párrafo: RQ
14º párrafo: PO
15º párrafo, 1ª frase: RQ
15º párrafo, 2ª frase: PO
16º párrafo, 1ª frase: RQ
16º párrafo, 2ª frase: RQ
16º párrafo, 3ª frase: PE
9 Supervisión de la ejecución y control
1º párrafo: RQ
2º párrafo: RQ
3º párrafo: ST
4º párrafo: RQ

5º párrafo: RQ
6º párrafo: ST
10 Documentos de la obra
1º párrafo: RQ
2º párrafo: PO
11 Exigencias particulares
1º párrafo: RQ
2º párrafo: RQ
3º párrafo: ST

Anexo A (informativo)
Anexo B (informativo)
Anexo C (informativo)

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32