

Documento Básico

PRL-CI

07 — Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.0_SECCIÓN COMÚN

07.1_SECCIÓN 1 Tratamientos de mejora del terreno

06.2_SECCIÓN 2 Cimentaciones directas

06.3_SECCIÓN 3 Cimentaciones profundas

06.4_SECCIÓN 4 Elementos de contención



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN
ESTATAL PARA
LA PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES, F.S.P.



FUNDACIÓN
LABORAL
DE LA CONSTRUCCIÓN

DB PRL-CI

Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.0.—SECCIÓN CIMENTACION

ÍNDICE | CIMENTACIÓN

1. Objeto.....	4
2. Ámbito de aplicación.....	4
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico.....	4
4. Riesgos laborales y medidas preventivas comunes a todas las secciones	8
4.1. Riesgos y factores de riesgo	8
4.1.1. Relacionados con la seguridad.....	8
4.1.2. Higiénicos.....	10
4.1.3. Ergonómicos.....	11
4.2. Acciones o medidas preventivas	11
4.2.1. Estudios preliminares	11
4.2.2. Acciones Organizativas	13
4.2.3. Acondicionamiento y señalización de la zona de trabajo	13
4.2.4. Influencia sobre medianerías, cimentaciones y viales próximos	14
4.2.5. Trabajos en presencia de agua en el terreno	14
4.2.6. Acciones sobre la ejecución	15
4.2.7. Acciones sobre las máquinas y otros equipos de trabajo.	18
4.2.8. Acciones frente a riesgos higiénicos	19
4.2.9. Acciones frente al riesgo eléctrico	25
4.2.10. Acciones frente al riesgo de incendio y explosión	25
5. Equipos de protección individual	26
6. Formación e información.....	28
7. Riesgos y medidas específicas.....	28

1. Objeto

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan ayudar a cumplir con las exigencias básicas de seguridad en los trabajos de cimentaciones y elementos de contención, determinadas a nivel legislativo y normativo. Los contenidos de este DB contemplan las acciones y medidas de aplicación a considerar en el desarrollo de la actividad a la que se refiere, y que conjuntamente con las acciones y medidas específicas que se contemplan en las Secciones CI1 a CI4 de este documento DB, pretenden posibilitar una respuesta a las exigencias básicas de seguridad aplicables a estos trabajos.

No se incluyen en este DB:

- Aquellas acciones dirigidas a eliminar o limitar los riesgos específicos de la actividad, basadas en principios básicos de actuación de los trabajadores, ya que estos deben ser adquiridos a través de la información, formación y capacitación de éstos y llevados a la práctica por los mismos.
- El total de las medidas preventivas de aplicación al uso de máquinas y equipos de trabajo, al considerar que la manipulación de los mismos y la puesta en práctica de las medidas, es realizada por personal capacitado y con formación suficiente adecuada para ello.
- La maquinaria utilizada, ya que ha sido tratada en el resto de Documentos Básicos y Secciones.

No obstante, este documento es una guía orientativa de aplicación, no exhaustiva, por lo que pueden utilizarse otras medidas o soluciones diferentes a las contenidas en este DB y sus Secciones, documentándose las nuevas acciones a desarrollar para el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad y salud.

2. Ámbito de aplicación.

1. A efectos de este DB, se considera la cimentación como la parte estructural cuya misión es transmitir las cargas al terreno. Al ser el terreno el único elemento que no puede elegirse, la cimentación a realizar debe definirse en función del mismo. Por tanto, la finalidad última de la cimentación es sustentar el edificio garantizando la estabilidad y evitando daños a los materiales estructurales y no estructurales.
2. El contenido de este DB se refiere únicamente a dar respuesta a las exigencias básicas de seguridad y salud relacionadas con la actividad de "Cimentación" y "Elementos de contención", y establece los principios y los requisitos relativos a la prevención de riesgos que son de aplicación en esta actividad, describiendo las pautas de actuación necesarias para posibilitar la definición y puesta en práctica de los mismos.
3. En esta línea, las actividades que contempla este DB, y que constituyen las distintas Secciones en las que el mismo se divide, son las relativas a los trabajos de ejecución de:
 - Sección PRL-CI1. TRATAMIENTOS DE MEJORA DEL TERRENO.
 - Sección PRL-CI2. CIMENTACIONES SUPERFICIALES: ZAPATAS.
 - Sección PRL-CI3. CIMENTACIONES PROFUNDAS: PILOTAJES Y ANCLAJES.
 - Sección PRL-CI4. ELEMENTOS DE CONTENCIÓN.
4. Para actividades de ejecución de cimientos y elementos de contención no contemplados en este DB, se tendrán en consideración los criterios generales de aplicación y aquellos otros criterios particulares que, determinados dentro de cada Sección, mejor se adapten a cada circunstancia particular.
5. Con respecto a este DB, también debe darse respuesta a las exigencias básicas de seguridad y salud existentes para otras actividades con las que pueda interactuar la misma, por lo que se considerará la aplicación de lo dispuesto en los DB correspondientes a cada una de ellas.

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Para satisfacer las especificaciones de seguridad y salud, deberán tenerse en cuenta las exigencias básicas de seguridad generales de la normativa de referencia a esta actividad, y las específicas referidas en cada una de las Secciones de este DB, y entre las cuales se destacan las siguientes:

Concepto de aplicación	de Referencia
SOBRE ACTIVIDAD	LA Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
	ANEXO IV. PARTE A: DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS LUGARES DE TRABAJO EN LAS OBRAS.

Concepto de aplicación	Referencia
	PARTE C. DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A PUESTOS DE TRABAJO EN LAS OBRAS EN EL EXTERIOR DE LOS LOCALES. VI Convenio General del Sector de la Construcción. LIBRO II. ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. TÍTULO IV. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO I. Condiciones generales. CAPÍTULO III. Protecciones colectivas, escalas fijas o de servicio, escaleras de mano y otros equipos para trabajos temporales en altura. CAPÍTULO VII. Instalaciones de suministro y reparto de energía. Almacenamiento de combustibles e instalaciones higiénico-sanitarias SECCIÓN 1ª: instalaciones eléctricas. SECCIÓN 2ª: otras instalaciones de suministro y reparto de energía.
SOBRE LAS MÁQUINAS Y OTROS EQUIPOS DE TRABAJO	Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. ANEXO II: DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. OBSERVACIÓN PRELIMINAR: Las disposiciones del presente Anexo se aplicarán cuando exista el riesgo correspondiente para el equipo de trabajo considerado. CONDICIONES GENERALES DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES, AUTOMOTORES O NO. CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA ELEVACIÓN DE CARGAS. - Generalidades. - Equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS TEMPORALES EN ALTURA.
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	- Guía de cimentaciones en obras de carretera. Ministerio de Fomento. 2009. - Real Decreto 255/2003, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos. - Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual - Real Decreto 485, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. - Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. - Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. - Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. - Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido, que complementa al R.D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. - Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006. - Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción [INSHT] - Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas[INSHT] - UNE-EN ISO 14688-1:2004 ERRATUM. Ingeniería geotécnica. Identificación y clasificación de suelos. Parte 1: Identificación y descripción. (ISO 14688-1: 2002). - UNE-EN ISO 14688-2:2006. Ingeniería geotécnica. Identificación y clasificación de suelos. Parte 2: Principios de clasificación. (ISO 14688-2:2004).

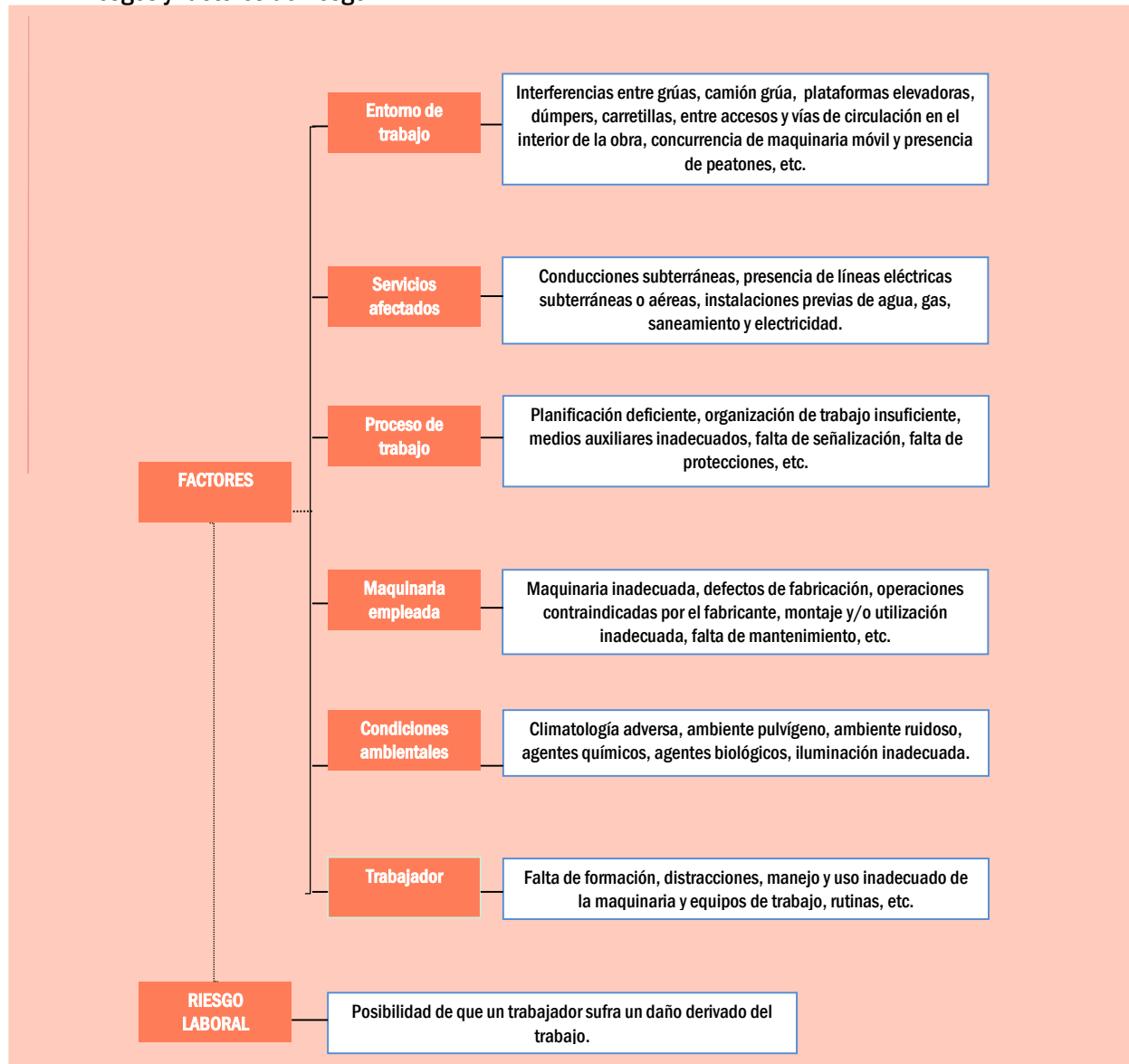
Concepto de aplicación	Referencia
	MÁQUINAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS Perforación y Pilotaje - UNE-EN 791:1996+A1:2009. Equipos de perforación. Seguridad. - UNE-EN 996:1996+A3:2009. Equipos de pilotaje. Requisitos de seguridad.
	MÁQUINAS PARA ENCOFRADO, ARMADO Y VIBRADO Máquinas eléctricas manuales - UNE 20060-1. Herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Condiciones generales de seguridad. - UNE 20060-3. Herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Condiciones particulares de seguridad. Secciones H a N. - CTN: AEN/CTN 203/SC 116 - Herramientas eléctricas portátiles a motor - UNE 20060-1/1M. Herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Parte 1: condiciones generales de seguridad. - UNE-EN 50144-1. Seguridad de herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Parte 1: Requisitos generales. - UNE-EN 50144-1. Seguridad de las herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Parte 1: Requisitos generales. - UNE-EN 50144-1. Seguridad de herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Parte 1: Requisitos generales. - UNE-EN 50144-1/A1. Seguridad de las herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Parte 1: Requisitos generales. - UNE-EN 50144-1/A2. Seguridad de las herramientas manuales portátiles accionadas por motor eléctrico. Parte 1: Requisitos generales. - UNE-EN 60745-1. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales (IEC 60745-1:2006, modificada) - UNE-EN 60745-1. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales. - UNE-EN 60745-1 /A11. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales.
	Transporte, proyección y distribución de hormigón - UNE-EN 12001 +A1. Máquinas para el transporte, proyección y distribución de hormigón y mortero. Requisitos de seguridad.
	Sierras circulares - UNE-EN 60745-2-5:2007. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 2-5: Requisitos particulares para sierras circulares. (IEC 60745-2-5:2006). - UNE-EN 60745-2-5:2007/A11:2010. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 2-5: Requisitos particulares para sierras circulares. - UNE-EN 60745-2-5:2011. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 2-5: Requisitos particulares para sierras circulares.
	Vibradores de hormigón - UNE-EN 60745-2-12:2010. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 2-12: Requisitos particulares para vibradores de hormigón. - UNE-EN 60745-2-12:2004. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 2-12: Requisitos particulares para vibradores de hormigón. - UNE-EN 60745-2-12:2004/A1:2009. Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad. Parte 2-12: Requisitos particulares para vibradores de hormigón.
	ESLINGAS Y APAREJOS E IZADO Eslingas textiles - UNE-EN 13414-3:2004+A1:2009. Eslingas de cables de acero. Seguridad. Parte 3: Eslingas sin fin y eslingas de cuerda. - UNE 40901:2007. Eslingas textiles. Seguridad. Eslingas de cintas tejidas planas, fabricadas con fibras químicas, para uso no reutilizable.

Concepto de aplicación	Referencia
	- UNE-EN 1492-1:2001+A1:2009. Eslingas textiles. Seguridad. Parte 1: Eslingas de cintas tejidas planas fabricadas con fibras químicas para uso general. - UNE-EN 1492-2:2001+A1:2009. Eslingas textiles. Seguridad. Parte 2: Eslingas redondas fabricadas con fibras químicas para uso general. - UNE-EN 1492-4:2005+A1:2009. Eslingas textiles. Seguridad. Parte 4: Eslingas de elevación fabricadas con cuerdas de fibras naturales y químicas para uso general.
	Cables de acero
	- UNE-EN 12385-7:2003. Cables de acero. Seguridad. Parte 7: Cables cerrados de extracción para pozos mineros. - UNE-EN 12385-9:2003. Cables de acero. Seguridad. Parte 9: Cables cerrados de transporte para instalaciones destinadas al transporte de personas por cable. - UNE-EN 12385-5:2004. Cables de acero. Seguridad. Parte 5: Cables de cordones para ascensores. - UNE-EN 12385-8:2004. Cables de acero. Seguridad. Parte 8: Cables tractores y portadores-tractores de cordones diseñados para el transporte de personas por cable. - UNE-EN 12385-5:2004/AC: 2005. Cables de acero. Seguridad. Parte 5: Cables de cordones para ascensores. - UNE-EN 12385-6:2005. Cables de acero. Seguridad. Parte 6: Cables de cordones para pozos de minas - UNE-EN 12385-4:2003+A1:2008. Cables de acero. Seguridad. Parte 4: Cables trenzados para aplicaciones generales de elevación. - UNE-EN 12385-2:2004+A1:2008. Cables de acero. Seguridad. Parte 2: Definiciones, designación y clasificación. - UNE-EN 12385-2:2004+A1:2008 ERRATUM: 2009. Cables de acero. Seguridad. Parte 2: Definiciones, designación y clasificación. - UNE-EN 12385-3:2005+A1:2008. Cables de acero. Seguridad. Parte 3: Información para la utilización y el mantenimiento. - UNE-EN 12385-6:2005 ERRATUM: 2011. Cables de acero. Seguridad. Parte 6: Cables de cordones para pozos de minas.
	MÁQUINAS AUXILIARES
	Compresores
	- UNE-EN 1012-1:1996. Compresores y bombas de vacío. Requisitos de seguridad. Parte 1: Compresores. - UNE-EN 1012-1:2011. Compresores y bombas de vacío. Requisitos de seguridad. Parte 1: Compresores de aire - UNE-EN 1012-2:1996+A1:2010. Compresores y bombas de vacío. Requisitos de seguridad. Parte 2: Bombas de vacío.
	Grupos electrógenos
	- UNE-EN 12601:2001. Grupos electrógenos accionados por motores alternativos de combustión interna. Seguridad.
	MÁQUINAS PARA ELEVACIÓN DE CARGAS
	Otras grúas
	- UNE-EN 13155:2004+A2:2009. Grúas. Seguridad. Equipos amovibles de elevación de carga. - UNE-EN 13157:2005+A1:2010. Grúas. Seguridad. Grúas manuales. - UNE-EN 12077-2:1999+A1:2008. Seguridad de las grúas. Requisitos de salud y seguridad. Parte 2: Dispositivos limitadores e indicadores. - UNE-EN 13001-2:2005+A3:2010. Seguridad de las grúas. Requisitos generales de diseño. Parte 2: Acciones de la carga - UNE-CEN/TS 13001-3-1:2006 EX. Seguridad de las grúas. Requisitos generales de diseño. Parte 3-1: Estados límite y prueba de competencia de las estructuras de acero. - UNE-CEN/TS 13001-3-1:2006 EX/AC: 2006. Seguridad de las grúas. Requisitos generales de diseño. Parte 3-1: Estados límite y prueba de competencia de las estructuras de acero. - UNE-CEN/TS 13001-3-2:2009 EX. Seguridad de las grúas. Requisitos generales de diseño. Parte 3-2: Estados límite y prueba de aptitud de cables metálicos en polipastos.

4. Riesgos laborales y medidas preventivas comunes a todas las secciones

Con carácter general, para la actividad de cimentación se deben considerar como principales riesgos los que se identifican a continuación, si bien y como complemento a estos, también tienen que considerar los definidos, a modo particular, en las Secciones incluidas en este DB-PRL-CI Cimentación.

4.1. Riesgos y factores de riesgo



Factores de riesgo en Urbanización

4.1.1. Relacionados con la seguridad

Riesgo/Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Sepultamientos y/o aplastamientos	a. Desprendimiento de tierras y caída sobre personas localizadas en el interior de la excavación de la cimentación o en sus inmediaciones. b. Hundimiento de encofrados. c. Fallo de entibaciones
Caída de objetos por desplome o en suspensión.	a. Mal apilado de maderas, armaduras, elementos prefabricados. b. Caída de los elementos a montar durante las maniobras de izado. c. Caída del encofrado.

Riesgo/Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Atropellos y aplastamientos por vehículos.	a. Interferencia de personal en el radio de acción de maquinaria y vehículos (camiones de carga, camiones cuba de hormigón, pilotadoras, pantalladoras, hincadoras, camiones autocargantes, grúas autopropulsadas, retroexcavadoras, etc.). b. Interferencia de vehículos y máquinas con zonas de paso de personal. c. Simultaneidad de trabajos de máquinas de movimiento de tierras, máquinas de cimentación y personal de trabajos de cimentación
Vuelco de vehículos y/o máquinas.	Excavación / Perforación / Hincado: a. Cambios de posición de las máquinas en terrenos irregulares, embarrados o blandos. b. Inestabilidad de la plataforma de apoyo (terreno) para acometer las pantallas / anclajes. c. Fallo en los dispositivos de estabilización de las máquinas. Vertido de hormigón: a. Aproximación de camiones a excavaciones, para vertido directo. b. Aproximación de camiones bomba a bordes de talud de vaciado, en vertido mediante bombeo. Otros: a. Descuido y/o falta de atención del conductor de la máquina. b. Falta de iluminación en la zona de trabajo o acceso a excavación. c. Izado de cargas con peso superior a la carga del equipo de elevación.
Caídas a distinto nivel.	a. Personal cercano a la excavación de cimentación abierta, o trabajando en su interior (supervisando o dirigiendo tareas, realizando trabajos, en acceso y salida de excavaciones, etc.). b. Trabajos de armado, encofrado, hormigonado y vibrado en zapatas enterradas. c. Trabajos en las cercanías de excavaciones de pantallas abiertas (medición, instalación de juntas, introducción de armadura, etc.). d. Durante la utilización de andamios tubulares en operaciones de: instalación de juntas, solape de armaduras "in situ" y hormigonado. e. Trabajos de instalación de útiles y mantenimiento en pantalladoras, pilotadoras y equipos de hincado. f. Durante el posicionamiento y retirada del varillaje en la perforadora (anclajes) / recepción, fijación y retirada de arriostramientos (cerchas, puntales, perfiles, etc.). g. Uso de pasarelas inadecuadas en zapatas
Rozaduras, pinchazos, cortes.	a. Contacto directo con armaduras o caída de personas sobre armaduras. b. Pisadas sobre puntas en maderas de encofrados, o puntas sueltas y/o manipulación de maderas y puntas para encofrados. c. Manipulación del varillaje de perforación
Proyección de partículas.	a. Operaciones de corte y conformación de armaduras y montaje de las mismas, destesado de anclajes. b. Operaciones de vertido de hormigón/desencofrado. c. Perforación con pilotadora, pantalladora, equipos de hincado, etc. d. Durante la preparación de la mezcla y llenado del anclaje (inyección).
Golpes, aplastamientos, atrapamientos y contacto con elementos cortantes.	a. Manipulación, transporte, instalación de armaduras y encofrados, así como en desmontaje de estos últimos. b. Manipulación de cubilotes de hormigonados y/o mangueras de hormigonado. c. Caída o balanceo de cargas en suspensión (armaduras, encofrados, entubados, tablestacas y perfiles, andamios, etc.). d. Caída de cargas (encofrados, tubos tremie, entubados, tablestacas y perfiles, etc.) acopiados. e. Manipulación de camisas y varillaje de perforación (anclajes) / Desenrollado de anclajes / Colocación del equipo de tesado (gato y partes fijas de la cabeza del anclaje) / Manipulación e instalación de arriostramientos
Incendios y explosiones / Contactos térmicos.	a. Trabajos con equipos de soldadura para el corte de armaduras o ensamblaje de armaduras o destesado de anclajes.

Riesgo/Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
	b. Fugas o sobrecalentamientos incontrolados por equipos de oxicorte. c. Almacenamiento de botellas de oxicorte.
Contactos eléctricos directos e indirectos.	a. Puesta en tensión de armaduras y encofrados acopiados sobre mangueras eléctricas. b. Trabajos con equipos eléctricos mal aislados o defectuosos. c. Puesta en tensión de terrenos encharcados

4.1.2. Higiénicos

4.1.2.1. Químicos

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Inhalación de polvo.	a. Excavación / Perforación / Hincado de pantallas. b. Manipulación y preparado de cemento. c. Corte de madera con sierra circular. d. Circulación continua de máquinas o vehículos y trabajos de movimiento de tierras, excavación de pantallas y pilotaje próximas a zonas de trabajo.
Inhalación de humos, gases o vapores.	a. Utilización de desencofrantes de limpieza y aditivos del hormigón (especialmente los que presentan alcalinos, sílice cristalina y cromo). b. Trabajos de oxicorte: corte de armaduras / operaciones de destesado de anclajes. c. Rotura de conducciones de gas durante la excavación / perforación
Contacto con sustancias irritantes, cáusticas o corrosivas.	a. Contacto con hormigón. b. Utilización de desencofrantes de limpieza y aditivos del hormigón (especialmente los que presentan alcalinos, sílice cristalina y cromo). c. Rotura de conducciones o bolsas del subsuelo con contenidos tóxicos, durante la excavación / perforación / hincado de pantallas

4.1.2.2. Físicos

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Exposición a ruido.	a. Vehículos de transporte y vertido de hormigón. b. Sierras de corte de madera. c. Pilotadoras (de hincado o perforación), pantalladoras, equipos de hincado, compresores.
Vibraciones.	a. El manejo del equipo de vibrado del hormigón. b. El manejo de pantalladoras, pilotadoras de hincado y/o perforación.
Estrés térmico por frío o calor.	a. Realización de trabajos a la intemperie, durante épocas con temperaturas (altas o bajas) extremas. b. Frío: Trabajo a la intemperie. Ropa inadecuada. Falta de establecimiento de turnos de trabajo y descanso. c. Calor: Trabajo a la intemperie. Falta de establecimiento de turnos de trabajo y descanso. Falta de hidratación y recuperación de sales. Falta de sombras para descanso
Radiación no ionizante: - UV (ultravioleta).	- Exposición a la radiación solar en épocas estivales, por trabajos en intemperie. - Falta de crema de protección solar. - Maquinaria sin cabina. - Falta de sombras. - Trabajos de oxicorte: corte de armaduras / operaciones de destesado de anclajes
Humedad	Climatología. Trabajos en presencia de agua, especialmente filtración de aguas residuales. Terrenos húmedos o embarrados.

	Calzado inadecuado (prever la disponibilidad de botas de agua).
--	---

4.1.2.3. Biológicos

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Exposición a microorganismos, organismos infecciosos o patógenos, parásitos, etc.	a. Contacto con tierras, vegetación, picaduras de insectos, mordeduras de animales, aguas estancadas, etc.

4.1.3. Ergonómicos

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Sobreesfuerzos por posturas forzadas.	a. Posturas mantenidas de rodilla o cuclillas en trabajos de pavimentado, de plantación de vegetación, anclado y atornillado de mobiliario urbano al pavimento, etc. Operadores de maquinaria y conductores: b. Diseños inadecuados de la cabina o de la ubicación de los mandos y controles.
Sobreesfuerzos por manipulación manual de cargas.	c. Manipulación y transporte de cargas pesadas para su colocación final.

4.2. Acciones o medidas preventivas

4.2.1. Estudios preliminares

Previo a la realización de las cimentaciones, definidas en el Proyecto de ejecución de la obra, se debe haber efectuado un reconocimiento del terreno, cuyos resultados se reflejen en el "Estudio Geotécnico", tal y como se ha establecido en el DB-PRL MT de este CTPOC.

Como en todas las actividades en las que se interfiere con el terreno, para la actividad de cimentación también resulta fundamental el conocimiento de las características del suelo sobre el que se van a ejecutar, para planificar adecuadamente los trabajos a desarrollar, así como para definir del tipo de cimentaciones que se van a aplicar. Por ello, para el diseño del trabajo y tareas a realizar y con el objeto de evitar incidencias posteriores, han de tenerse en cuenta una serie de aspectos, de entre los cuales se citan los siguientes:

- Tener en cuenta lo dispuesto en el DB-PRL MT Movimiento de Tierras de este CTPOC, en lo que le sea de aplicación.
- Considerar la incidencia que los taludes de la excavación (desmonte y vaciado) y de los terraplenes, pueden tener sobre los trabajos de cimentación a realizar en zonas próximas a ellos.
- Considerar, a su vez, la incidencia que sobre estos taludes puede causar las vibraciones que la utilización de equipos de perforación e hincado de pilotes pueden transmitir a los mismos.
- Se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Sección 3 Servicios afectados del DB-PRL IM Implantación de este CTPOC.
- Para la definición y selección del tipo de contención a realizar, es preciso tener en cuenta una serie de factores que van a resultar determinantes y entre los que se encuentran:
 - a. Las características geotécnicas del terreno (determinadas en el Estudio Geotécnico).
 - b. Las cargas a transmitir al terreno por la estructura.
 - c. La existencia de agua en el subsuelo.
 - d. El espesor del terreno y la profundidad de las armaduras a introducir en el terreno.
 - e. Las vibraciones que se producen en la apertura de zanjas y su posible repercusión sobre edificaciones y estructuras colindantes.
 - f. En su caso, el tiempo de apertura de excavaciones y la dimensión de las mismas.

Asimismo, y antes de iniciar los trabajos, será preciso:

- a. Identificar las canalizaciones y otros tipos de conducciones que puedan existir en el subsuelo, bolsas o burbujas en el subsuelo que puedan ser fuente generadora de deslizamientos de las paredes de las excavaciones (pantallas y pilotes), así como otras situaciones que puedan provocar daños colaterales como la aparición de gases o vapores tóxicos, aguas contaminadas, altas concentraciones de materia orgánica o contactos eléctricos directos e indirectos.
- b. Se debe asegurar la eliminación o modificación de trazado de los servicios afectados, aéreos y enterrados, que se hayan localizado e identificado.
- c. Determina la posible incidencia que la meteorología de la zona y sus factores como el viento, hielo, lluvias, cambios bruscos de temperatura, etc., pueda tener sobre las excavaciones y la planificación de los trabajos.

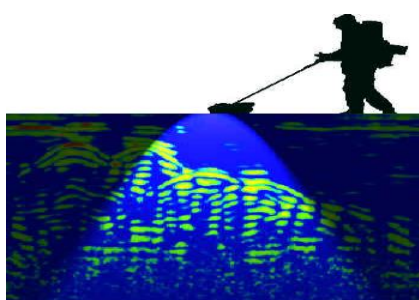


Imagen 1. Georadar.

Georadar

El georadar es un equipo de investigación geofísica no intrusivo, que mediante un sistema de emisión-recepción de ondas electromagnéticas permite diferenciar los diferentes tipos de materiales que encontramos en el subsuelo a partir de las características electromagnéticas de estos. Este método resulta muy útil para determinar la profundidad y posicionar

diferentes estructuras que se pueden presentar enterradas tales como tuberías, cables, colectores, minas, cavidades, etc.

4.2.1.1. Acciones previas sobre elementos de contención

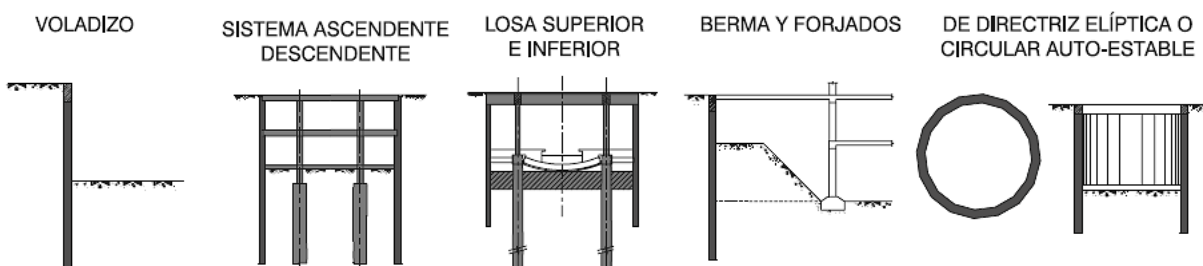
- En el caso de pantallas y pilotes, el plan de trabajo debe establecer, una consideración expresa sobre el tratamiento a aplicar para controlar los problemas que puedan derivarse, entre otros, de los siguientes aspectos:
 - a. La necesidad de disponer sistemas de anclaje y/o refuerzo en pantallas, una vez se inicie la excavación, en función de la altura libre de las mismas y de los empujes y cargas a las que vaya estar sometida, para asegurar su estabilidad.
 - b. La posible contaminación medioambiental que pueda derivarse, en aquellos casos en que sea preciso, de la utilización de lodos o polímeros durante la excavación de los pozos o zanjas de pantallas (bataches).
 - c. La estabilidad de los taludes de las excavaciones y plataformas realizadas para ejecutar las pantallas.
 - d. La protección provisional a instalar en el perímetro de la pantalla, antes de iniciarse los trabajos de vaciado.
- En el caso de muros, se proporcionará una base nivelada o losa de nivelación, acondicionamiento previo de los taludes, arriostramiento y apuntalamientos, y adecuado relleno de trasdós de muro.

4.2.1.2. Acciones previas sobre los anclajes (elementos de sujeción).

La necesidad de disponer elementos de sujeción en las pantallas, vendrá determinada por la estabilidad general de la excavación, la estabilidad propia de la pantalla, la magnitud de sus esfuerzos, y la presencia de otras edificaciones en sus proximidades. Como principios básicos, se debe tener en cuenta:

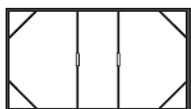
- En general, será conveniente disponer elementos de sujeción cuando la profundidad de la excavación sea superior a los 3 m, y en ocasiones por razón de la estabilidad de las estructuras vecinas.
- La elección del tipo de sujeción, si se precisa, depende, fundamentalmente, de las posibilidades de emplear uno u otro y su influencia en la ejecución de la excavación o de la estructura. Los procedimientos de sujeción más usuales son:
 - a. Apuntalamiento al fondo de la excavación;
 - b. Apuntalamiento recíproco contra otras pantallas que limitan la misma excavación;
 - c. Apuntalamiento contra los forjados de la propia estructura;
 - d. Anclajes al terreno;
 - e. Anclajes a otras estructuras de contención paralelas, como pantallas, muros, etc.

Elementos de sujeción más comunes atendiendo al proceso constructivo:

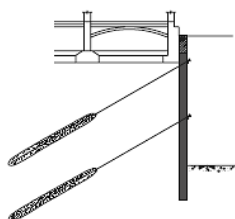


Elementos de sujeción más comunes. Elementos auxiliares:

ARRIOSTRAMIENTO
METÁLICO



ANCLAJES



A efectos de seguridad y salud, este documento básico se centrará en los sistemas de sujeción mediante elementos auxiliares.

4.2.2. Acciones Organizativas

- Se debe asegurar un Plan de circulación y maniobras para los vehículos y maquinaria en el interior del vaciado o plataforma de posicionamiento de equipos de perforación para, entre otros:
 - Minimizar su impacto sobre las excavaciones, por ejemplo, en bordes de taludes, bordes de zapatas y/o pozos de cimentación, así como sobre las zonas de paso de personal.
 - Evitar aglomeraciones de camiones en la zona de carga y/o vertido de hormigón.
- Los trabajos de cimentación y contenciones se tienen que organizar de forma que se asegure la máxima coordinación entre las partes intervinientes, con objeto de evitar interferencias en las actividades de todas ellas.
- Distribución más adecuada de las zonas de acopio de materiales para evitar interferencias entre trabajos y movimiento de máquinas, posibilitando a su vez que el material/es a utilizar se dispongan lo más cerca posible a la zona de trabajo y de forma ordenada, mediante auxilio de medios mecánicos de elevación, con el fin de evitar cargas manuales innecesarias.
- Asimismo, y ante la posible simultaneidad de las actividades de excavación con pantalladoras o pilotadoras, hincas de tablestacas, el posicionado de armaduras, hormigonado y la realización de ensayos de control de las pantallas ejecutadas, es necesario contemplar en el plan de trabajo un orden de actuaciones para evitar las interferencias entre las zonas de trabajo en las que se puedan realizar estas operaciones, asegurando una coordinación adecuada de las actividades.
- Hay que establecer un plan de limpieza de las zonas de trabajo para retirar materiales residuales, con especial atención a maderas y puntas, y en su caso darles el tratamiento correspondiente a lo determinado en el Plan de gestión de residuos de la obra.
- Establecer una planificación de turnos y periodos de descanso, en función de la tipología de los trabajos a realizar.
- En el aprovisionamiento de medios auxiliares para la producción (encofrados, etc.) se debe asegurar la limpieza y el correcto estado de los mismos, así como de los mecanismos de anclaje y fijación, a efectos de garantizar una manipulación cómoda y operativa en su instalación y desmontaje, con el objeto de evitar sobreesfuerzos musculares.
- Se considerarán a su vez, las especificaciones particulares relativas a Acciones Organizativas sobre las tareas que, de forma específica, puedan establecerse en cada una de las Secciones de este DB.

4.2.3. Acondicionamiento y señalización de la zona de trabajo

4.2.3.1. Accesos de personal y maquinaria

- Los caminos de circulación de la maquinaria deben acondicionarse de forma que se impida o minimice la aparición de blandones, barro, etc., realizando un mantenimiento de los mismos mediante compactación de escorias, zahorras o similares.
- Cuando por las condiciones de la obra sea preciso, se debe asegurar la supresión o minimización de la incidencia del agua, barro o lodos sobre los viales públicos (carreteras y aceras), por lo que se habilitarán zonas de espera para el lavado de ruedas y llantas antes de la salida al exterior de la parcela o solar.
- En zonas de tránsito comunes, los accesos de personal a la zona de trabajo han de ser distintos de los de las máquinas y vehículos, para evitar interferencias entre ambos.

4.2.3.2. Señalización y delimitación

- Las zonas de ocupación de trabajos de movimiento de máquinas y vehículos que puedan suponer un peligro para los trabajadores, tienen que acondicionarse en lo que a delimitación y señalización se refiere.
- Con carácter general, debe asegurarse que todas las excavaciones de cimentación quedan correctamente protegidas y balizadas, teniendo en cuenta los criterios establecidos en la tabla siguiente:

Criterios orientativos para delimitación y/o protección de bordes y excavaciones.		
Localización	Profundidad orientativa (H)	Delimitación / Protección
Excavaciones para cimentaciones directas.	H < 2,00 m	Delimitación de borde de excavación, formada por: a. Malla de señalización tipo “stopper” o similar. b. Valla autónoma de contención.
	H > 2,00 m	Delimitación de borde de excavación, formada por: a. Barandillas de seguridad (superior, intermedia y rodapié). b. Valla autónoma de contención, malla de señalización tipo “stopper” o similar, retranqueada 1,00 m del borde (en aquellos casos en que no se vaya a trabajar en la proximidad).
Excavaciones para cimentaciones profundas y elementos de contención.	Cualquiera	Delimitación / protección de pozo de excavación o zanja excavada, formada por: a. Valla autónoma de contención, fijada a suelo y retranqueada 1,00 m del borde. b. Oclusión de abertura de excavación mediante bastidor metálico (tipo trámex), tapas de madera o sistema similar, de resistencia adecuada y con fijación antideslizante.

4.2.4. Influencia sobre medianerías, cimentaciones y viales próximos

- Durante los trabajos de cimentación, excavación de las pantallas, perforación de pilotes o hincado de tablestacados, en aquellos casos en que exista interferencia con edificaciones colindantes y haya sido preciso proceder a su apuntalamiento, hay que desarrollar un procedimiento de trabajo, que determine el proceso a seguir y el orden de los trabajos de armado y hormigonado para posibilitar el desapuntalamiento sin provocar daños.
- Asimismo, en los trabajos de pilotaje se tendrán en cuenta las vibraciones transmitidas al terreno durante los trabajos de excavación y su posible incidencia sobre edificaciones colindantes.
- En cualquiera de los casos, se observará el estado de medianerías y cimentaciones próximas para identificar, en su caso, los posibles daños que se hayan podido provocar. Si esto sucediera, se debe proceder a adoptar las decisiones oportunas, entre otras:
 - a. Paralización de tajos y desalojo de los mismos
 - b. Análisis de daños y aplicación de sistemas de sostenimiento
 - c. Modificación del sistema operativo / constructivo de trabajo, refuerzo estructural de cimentación.

4.2.5. Trabajos en presencia de agua en el terreno

4.2.5.1. Agua de lluvia y escorrentías

- Para trabajos en el interior de excavaciones y zanjas para cimentaciones y losas, se deben tener en cuenta las consideraciones dispuestas sobre este asunto en la Sección 4 Zanjas y tuberías del DB-PRL MT Movimiento de Tierras.
- En caso de lluvias torrenciales, debe asegurarse la adopción de medidas para evitar la entrada de agua a la excavación.
- Asimismo, y si fuese necesario, hay que asegurar la disponibilidad de bombas de achique para posibilitar la extracción del agua del interior.

4.2.5.2. Aguas subterráneas y nivel freático.

La existencia de agua en el subsuelo, provoca una disminución de las propiedades y las características resistentes en suelos saturados, generando a su vez una presión adicional sobre el frente de la excavación.

- En caso de existencia localizada de aguas subterráneas (estudio geotécnico), se deben adoptar las medidas previstas en el proyecto, procediendo, en su caso, al achique de las mismas mediante bombas o sistemas alternativos y adecuados en número para garantizar el desalojo.
- En caso de aparecer aguas subterráneas no identificadas, se pararán los trabajos a efectos de valorar técnicamente:
 - a. La incidencia de las mismas sobre la excavación.
 - b. La necesidad de modificar el sistema constructivo o de tomar medidas adicionales.

- En cualquier caso, si la excavación se produce por debajo del nivel freático, habrá que prever una impermeabilización suplementaria al propio hormigón.

4.2.6. Acciones sobre la ejecución

4.2.6.1. Acondicionamiento de plataforma y acopio de materiales.

- La plataforma de trabajo realizada debe permitir la movilidad de las pantalladoras, pilotadoras, equipos de hincado y perforadoras, así como su estabilidad y nivelación en posición de trabajo.
- En cualquier caso, es necesario asegurar la estabilidad de los acopios, realizándose en una superficie horizontal, alejada de desniveles y con dispositivos (jaulas, cuñas, parapetos, topes o similar) que impidan el movimiento involuntario de los tubos, perfiles, varillas de perforación, armaduras, encofrados, etc.



Contenedor o jaula para tubos tremie (tubos de hormigonado)

Sistema contenedor para acopio de los tubos tremie, que se van a utilizar para el hormigonado de las pantallas.

Las jaulas disponen de un escalera de acceso incorporada al propio contenedor y una plataforma de trabajo superior protegida con un sistema fijo de barandillas (superior e intermedia) desde la cual poder descargar / cargar los tubos.

4.2.6.2. Acciones sobre los trabajos con armaduras

- En el transporte de armaduras o paquetes de ferralla, siempre que intervengan aparatos elevadores (grúas torre, grúas autopropulsadas, pilotadoras, etc.), es necesario asegurar la calidad y condiciones de uso de los aparejos de izado y la definición del método de eslingado, según proceda, evitando en todo momento, tomar como base de enganche los latiguillos de atado de las armaduras o barras. Prioritariamente, se deben utilizar balancines de reparto para el izado de armaduras de grandes dimensiones.



Balancines para izado de cargas

Sistema o útil para el izado de cargas, conformado por perfil de acero provisto de dispositivos de enganche para fijar las eslingas, repartido por la parte inferior del útil de forma que se asegure un reparto de las cargas.

La parte superior del balancín, debe disponer como mínimo 2 puntos de enganche (a ser posicionado de los mismos, atendiendo a las dimensiones y peso de la carga a elevar. Las dimensiones de estos balancines, así como el tipo de perfil, son variables en función del tipo de carga posible desplazables y con dispositivo de enclavamiento) para posibilitar el posicionado de los mismos, atendiendo a las dimensiones y peso de la carga a elevar.

- Para los trabajos de atado de armaduras se recomienda utilizar herramientas eléctricas para el anudado / atado de barras con objeto de evitar movimientos repetitivos de las manos, dedos y muñecas, como ocurre con el método tradicional mediante tenaza y alambre.



Herramientas eléctricas para el atado de ferralla

Existen herramientas eléctricas de anudado/atado de barras, las cuales pueden reducir fuerza y repetitividad. Son herramientas relativamente novedosas. Las que se muestran son ligeras y portátiles (pueden funcionar con batería). Permiten un atado más rápido y fuerte que haciéndolo a mano. Evitan la realización de fuerza intensa con la mano y reducen los movimientos repetitivos. A la mayoría de estas herramientas se les puede acoplar un mango extendido que elimina la necesidad de flexionar la espalda

4.2.6.3. Acciones sobre los trabajos con hormigón

- Se tiene que considerar las especificaciones particulares relativas a Acciones sobre la ejecución durante los trabajos que, de forma específica, puedan establecerse en cada una de las Secciones de este DB.
- Como pauta general, se deben organizar los trabajos de vertido de forma que estos sean realizados desde el exterior de la excavación de la cimentación.

Vertido con cubilote:

1. En las maniobras de aproximación de los camiones a la zona de llenado de cubilote, hay que comprobar que las maniobras de marcha atrás de los vehículos se identifiquen con señal acústica.
2. La maniobra del vertido debe ser dirigida por personal cualificado para evitar la realización de maniobras inseguras. Se ha de asegurar la utilización de cubilotes cuya carga, una vez llenado, no supere a la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
3. En cualquier caso, se deben utilizar cubilotes en buenas condiciones de uso, con palanca de vertido adecuada y dispositivo de enganche para el izado en buen estado y resistencia.

Vertido directo con camión hormigonera:

- Las maniobras de aproximación de los camiones a la zona de vertido deben ser dirigidas por personal cualificado, para evitar una eventual caída de los mismos al interior de la cimentación. Es necesario asegurar que las maniobras de marcha atrás de los vehículos se identifiquen con sonido acústico.
- De igual forma, una vez posicionado el vehículo, hay que asegurar la estabilización del mismo para evitar su desplazamiento accidental.
- Una vez finalizado el vertido de hormigón recoger la canaleta de vertido antes de la puesta en marcha del camión.

Vertido con camión bomba:

- Las maniobras de aproximación de los camiones al borde de la excavación del vaciado deben ser dirigidas por personal cualificado, para evitar una eventual caída de los mismos al interior de la misma. Hay que asegurar que las maniobras de marcha atrás se identifiquen con sonido acústico.
- El personal encargado de estas operaciones tiene que ser conocedor del proceso y de las operaciones a realizar en la manipulación de mangueras y en la limpieza de las mismas, así como ante posibles atrancos del hormigón en el interior de las tuberías de vertido.

Vibrado del hormigón:

- En las operaciones de vibrado de hormigón, las zonas de trabajo deben ser estables, y en su caso protegidas frente a caídas en altura.
- Con carácter general, hay que organizar las tareas de vibrado, de forma que se posibilite la existencia de turnos entre 2 trabajadores para evitar una exposición continuada a las vibraciones.

4.2.6.4. Acciones sobre los trabajos de encofrado

- Las acciones a adoptar se tratan de forma específica en las Secciones que componen este DB-PRL CI.
- Acciones en el uso de desencofrantes (de base vegetal): La mayoría de los desencofrantes, contienen agentes que facilitan el desprendimiento del hormigón son derivados de aceite mineral (petróleo) y pueden contener disolventes orgánicos volátiles, que representan un riesgo para la salud de los trabajadores/as y contribuyen a un problema de contaminación medioambiental. Actualmente existen productos basados en agentes desencofrantes de base vegetal (en inglés VERA – Vegetable-oil based Release Agents) y que representan una alternativa no tóxica, respetuosa con el medio ambiente y procedente de un recurso renovable. En la utilización de desencofrantes de limpieza se debe tener en cuenta la dosificación establecida por el fabricante. Durante las mezclas del producto y su aplicación, se asegurará la utilización de guantes impermeables y gafas antiproyecciones.

4.2.6.5. Acciones sobre los trabajos de desencofrado

- El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.
- Las operaciones de desencofrado no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar, con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desencofrado.

- En los paneles que presenten dificultades para el desencofrado se utilizarán barras de palanca para facilitar el despegue de los paneles o tabloneros utilizados.
- Previamente a realizar un desencofrado por medios mecánicos se procederá a la comprobación del afloje de las palometas, espadas, cangrejos y demás.
- Este despegue será realizado con la pieza ya sujeta del elemento utilizado para el desencofrado.
- En caso de utilizar grúa o camión grúa, la pieza se irá aflojando con precaución mediante barra metálica para evitar realizar tiros sesgados.
- Utilizar gafas de protección durante el desencofrado.
- Se prestará especial atención en los elementos a desencofrar en los que el operario se tenga que situar en la misma trayectoria de salida de la punta. En esas ocasiones siempre se procederá a aflojar los paneles encofrados mediante palanca previamente. El operario debe colocarse de tal modo que no exponga la mitad superior del torso y la cabeza a la proyección.
- El desencofrado de elementos pesados se realizará mediante la ayuda de un elemento de izado (camión grúa, grúa, manitou). En este caso se procederá a sujetar la pieza mediante los aparejos homologados de izado de encofrados previamente al desencofrado. Una vez aflojados los elementos de unión entre paneles (cangrejos) se procederá a realizar un “izado” de manera controlada para extraer el encofrado.
- Esta operación será dirigida por un operario experimentado coordinado con el gruista.
- Durante estos trabajos no podrá haber presencia de operarios en las cercanías de la maniobra.
- En caso necesario, para dirigir los elementos, paneles de encofrado..., se emplearán cables o cuerdas guía, y no se soltarán del gancho del medio de elevación de cargas utilizado hasta que estos estén bien trabados.

4.2.6.6. Acciones sobre los elementos de sujeción (anclajes y arriostramientos)

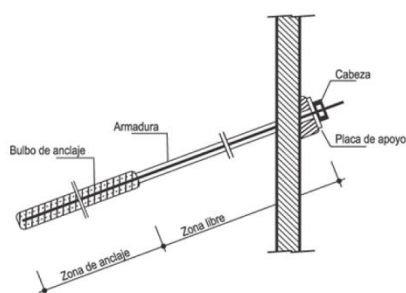
En función de la profundidad de excavación, las características del terreno y el conjunto de esfuerzos actuantes, puede ser necesario arriostrar las pantallas en uno o más niveles, a medida que progresa la excavación. Atendiendo a los sistemas de sujeción que requieren la utilización de elementos auxiliares, durante la ejecución de los mismos se tendrá en cuenta las consideraciones dispuestas a continuación.

4.2.6.6.1. Anclajes

Los métodos y diámetros de perforación dependen de la naturaleza del terreno, siendo habitual el uso de equipos hidráulicos a rotación o rotoperusión y manteniéndose las paredes de la perforación mediante entubación. En estas operaciones:

1. La plataforma de apoyo (terreno) del equipo de perforación debe estar nivelado para asegurar el correcto apoyo y estabilización de la máquina.
2. Con carácter general, se tiene que asegurar que las operaciones que deban realizarse en altura (posicionamiento y retirada de camisas y varillaje en la perforadora, posicionado de manguera de inyección, instalación de gatos de tesado, destesado, etc.), se realizan con el auxilio de medios auxiliares adecuados a la altura de trabajo (andamios con plataformas y barandillas, plataformas elevadoras, escaleras o sistema similar) que garanticen la accesibilidad, una postura adecuada de trabajo y eviten la caída del trabajador.
3. Durante la perforación, inyección y tesado, la zona de trabajo se ha de mantener delimitada (malla tipo “stopper, valla de contención o sistema similar) y señalizada para evitar el acceso de personal a la misma y de esta forma controlar el riesgo de atropello y el de proyección de partículas. Cualquier acercamiento a la zona de trabajo de la máquina requerirá la parada de la misma.
4. Respecto a las operaciones con anclajes, debe establecerse un plan de trabajo que asegure que:
 - a. Existe un control de recepción de las barras de anclaje para eliminar aquellas que puedan resultar defectuosas y evitar su instalación.
 - b. El transporte de los mismos hasta la zona de trabajo se realice prioritariamente con la ayuda de equipos de elevación de cargas para evitar el transporte manual.
 - c. Al soltar el anclaje (normalmente enrollado), esta tarea se realice desde el interior y evite la permanencia de trabajadores en su alrededor con objeto de evitar posibles golpes al desenrollar el mismo.
 - d. El posicionado del anclaje en el taladro sea realizado, como mínimo, por 2 operarios.
5. El tesado del anclaje se debe realizar de manera progresiva, asegurando en todo momento:
 - a. La utilización de medios mecánicos para el posicionado de la máquina (gato)
 - b. La manipulación del equipo, como mínimo, por 2 operarios.
 - c. El apoyo del gato perpendicularmente y centrado sobre el anclaje, así como la instalación de protecciones resistentes por detrás de los gatos.
 - d. La inexistencia de personal en los laterales y por detrás de los mismos.
 - e. Un control de producción (magnitud de esfuerzos y cargas aplicadas).
6. El material sobrante (cables) quedará protegido mediante protectores de goma (setas).
7. Previamente al destesado, se debe dar conformidad a la resistencia alcanzada por el cemento para soportar las tensiones que le transmitirá la armadura. La operación de destesado también se realizará de forma gradual y progresiva, asegurando:
 - a. La adecuación de los equipos de soldadura (oxicorte).

- b. La inexistencia de personal por detrás o por debajo de los mismos.
- c. La inexistencia de materiales combustibles en las proximidades de las zonas de trabajo.



Partes fundamentales de un anclaje

Anclaje en muro pantalla

Anclaje en pantalla de pilotes

4.2.6.6.2. Arriostramientos

Los sistemas de arriostramiento, normalmente se disponen entre pantallas o en esquinas y se caracterizan por el empleo de tubos metálicos de acero, o bien por celosías prefabricadas compuestas por perfiles. Para su instalación hay que considerar los siguientes aspectos:

- Los arriostramientos deben estar definidos mediante cálculo detallado y justificativo, precisando el emplazamiento de los mismos.
- En la elevación de los sistemas de arriostramiento se tiene que asegurar:
 - a. La utilización de medios de elevación con capacidad de carga superior a los mismos.
 - b. La utilización de eslingas y aparejos de izado en buen estado de uso y acordes a la carga a elevar.
 - c. La definición de un método de izado acorde a los pesos y dimensiones de los arriostramientos (cerchas o tubos), teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante.
 - d. El acotamiento (malla tipo "stopper", valla de contención o sistema similar) y señalización de la zona de barrido de la carga y la zona de instalación.
- Tanto para la recepción de piezas, como para su fijación y apriete a pantalla, hay que asegurar la utilización de medios auxiliares adecuados a la altura de trabajo (andamios con plataformas y barandillas, plataformas elevadoras, escaleras o sistema similar) que garanticen la accesibilidad, una postura adecuada de trabajo y eviten la caída del trabajador.
- Es necesario organizar las tareas, de forma que los arriostramientos (cerchas o tubos) se mantengan suspendidos del equipo de elevación, en tanto en cuanto no esté asegurada su fijación y estabilidad.
- En el caso de resultar preciso unir piezas en altura, se dispondrán elementos de fijación que imposibiliten su vencimiento o desplazamiento lateral.



Arriostramiento con tubos

4.2.7. Acciones sobre las máquinas y otros equipos de trabajo.

- La maquinaria utilizada para el desarrollo de esta actividad (pantalladoras, pilotadoras, equipos de hincado, perforadoras, etc.), requiere una atención específica para su acondicionamiento previo, el ensamblaje de elementos auxiliares y una limpieza periódica de estos elementos, que muchas veces requieren trabajar en altura. Por ello:
 - Todas las operaciones se tienen que realizar en la forma y lugares previstos por el fabricante.
 - En el caso de no ser posible lo anterior, se deben disponer medios auxiliares adecuados para la realización de estos trabajos en altura.

- Previo a la ejecución de los trabajos, debe asegurarse la adecuación de los útiles y equipos auxiliares de excavación de las pantalladoras, pilotadoras, hincadoras y perforadoras (plan de inspecciones, planes de mantenimiento, etc.). Igual consideración se tienen que tener en cuenta para los equipos de picado mecánico (martillo rompedor y compresor) de la coronación de las pantallas para la realización de las vigas de coronación.
- Es necesario comprobar, previo a la elevación y transporte de cargas (juntas, armaduras, tremies, etc.), que los aparejos de izado son adecuados a la carga de cada uno de ellos, acordes a normativa y que se encuentran en correcto estado de uso (plan de mantenimiento y revisiones).
- En la elevación de encofrados, armaduras y, en su caso, sistemas de arriostramiento (cerchas o tubos), habrá de considerar el peso de las mismas, así como las dimensiones del vaciado donde llevar a cabo la acción, para asegurar la utilización de medios de elevación adecuados.
- En trabajos que requieran el empleo de equipos de oxicorte, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones en el almacenamiento de gases combustibles:
 - a. La zona de almacenamiento esté protegida del sol, bien ventilada, señalizado "Peligro Explosión", "Prohibido fumar y Prohibido encender fuego", y alejada de posibles focos o fuentes de ignición (trabajos calientes).
 - b. Los acopios de las botellas de gases licuados separados (oxígeno, acetileno, butano, propano, etc.), con distinción expresa de lugares de almacenamiento para las agotadas y las llenas.

4.2.8. Acciones frente a riesgos higiénicos

4.2.8.1. Ambiente térmico

El ambiente térmico es muy variable en función de la época del año, las condiciones atmosféricas, la hora del día y el lugar en el cual se desempeña la tarea. Situaciones de calor y frío intensos pueden ser habituales y es necesario protegerse ante ellas. En la tabla siguiente, se determinan unos criterios básicos a considerar para minimizar las consecuencias del mismo en las actividades de movimiento de tierras.

A continuación se indican unos criterios básicos para minimizar las consecuencias derivadas de una exposición a situaciones de temperatura extrema.

Medidas básicas de aplicación frente al ambiente térmico	
Medidas preventivas frente al calor	Efecto buscado
Protección de extremidades.	Evitar el calentamiento localizado
Protección de la cabeza con casco (cuando se realicen tareas que así lo exijan) o gorra.	Minimizar el aumento de la temperatura de la piel.
Seleccionar la vestimenta (procede señalar que las camisetas de algodón corriente no protegen suficientemente contra las radiaciones ultravioletas). Colores claros que reflejen el calor radiante.	Facilitar la evaporación del sudor. Reducir la cantidad de calor radiante absorbida por la prenda, y por tanto que no llegue a la piel.
Cremas protectoras de factor suficiente.	Protección de la piel.
Establecer regímenes de trabajo-recuperación (descansos cada 2 horas), en resguardos a la sombra.	Evitar el aumento excesivo de calor corporal.
Beber líquidos, preferentemente con un poco de sal, o agua, (hasta un litro por hora y entre 10° - 15°).	Recuperar pérdidas de sales minerales y agua corporal, eliminadas por sudoración.

Medidas básicas de aplicación frente al ambiente térmico	
Medidas preventivas frente al calor	Efecto buscado
Proporcionar fácil accesibilidad a recipientes de agua potable. No beber alcohol.	
Limitar el consumo de café como diurético y modificador de la circulación sanguínea.	Minimizar pérdidas de agua.
Sustituir la ropa humedecida. Mantener la piel limpia de sudor.	Favorecer la pérdida del exceso de calor corporal mediante la sudoración. Evitar el efecto lupa del agua.

En caso de golpe de calor, colocar al accidentado en una zona fresca, con la ropa aflojada, y suministrarle bebidas isotónicas.

En el caso de operadores de máquinas, las cabinas de las máquinas deben disponer de sistemas de climatización adaptables.

Medidas preventivas frente al frío:

- Realizar una aclimatación previa y llevar ropa interior cálida que permita la transpiración (tejidos naturales como algodón y lana) y ropa de abrigo e impermeable que nos aísle y proteja de las bajas temperaturas, la humedad e impida la pérdida de calor.
- Proteger la cabeza, manos y pies para impedir la pérdida de calor por contacto con el frío exterior.
- Ingerir alimentos ricos en calorías e hidratarnos continuamente con bebidas calientes.
- Hacer pausas frecuentes en lugares cálidos que nos permitan recuperar calor.
- Evitar las corrientes de aire frío y los lugares húmedos, alejando o apantallando los equipos que puedan provocar frío o corrientes de aire.

4.2.8.2. Radiación Ultravioleta

Medidas preventivas:

- Verificar que las máquinas disponen de cabina o similar.
- Instalar en el puesto de trabajo, siempre que sea posible, parasoles, toldos o cualquier otro dispositivo que proteja de la radiación solar.
- En condiciones climáticas de calor extremo, moderar la exposición al sol, alternando actividades o rotando a los trabajadores expuestos.
- Establecer que los horarios de comidas sean entre las horas de mayor radiación.
- Cuando sea posible, mantenerse a la sombra en los horarios de mayor intensidad de la radiación solar.
- Asegurarse de que los trabajadores lleven la ropa de trabajo y que ésta no ha sido sustituida por elementos que no cubren la totalidad del cuerpo.
- Planificar las actividades para que durante las horas de máxima insolación se pueda trabajar en la sombra.
- Evitar las exposiciones prolongadas al sol permaneciendo inmóvil (las posiciones fijas no son aconsejables).
- Utilizar cremas solares y/o filtros de protección solar (según la necesidad) y aplicarlos treinta minutos antes de la exposición para obtener una buena absorción. Renovar la aplicación cada dos o tres horas. El espesor de la película ha de ser generoso y ha de extenderse de forma homogénea (en los días con nubes también es necesaria la protección).
- Hidratar la piel con emulsiones especiales tras la exposición.
- Es necesario ingerir abundante agua, preferentemente bebidas isotónicas, para compensar la pérdida sufrida durante la exposición solar.

EPI:

- Casco con visera larga.
- Usar paño colgando del casco para proteger la zona posterior del cuello.

- Gafas de sol (cuando sean necesarias). Cuando se trabaja en lugares con reflexión (nieve, agua, salares, superficies claras), usar lentes con protección UV, con la indicación de que bloqueen la radiación UVA y UVB.

4.2.8.3. Humedad

Medidas preventivas:

- Sustituir la ropa humedecida.
- Mantener la piel limpia de sudor.
- Ropa de agua y calzado de seguridad de goma.
- Drenajes adecuados.

4.2.8.4. Fuerte viento, tormenta eléctrica y lluvia

Medidas preventivas:

- Disponer instalaciones para resguardarse, especialmente en épocas de lluvia y tormentas o incluso suspender el trabajo hasta que las condiciones ambientales no impliquen un riesgo.
- No circular en vehículos en caso de tormenta eléctrica.
- Nunca situarse debajo o cerca de árboles, postes y sobre todo de tendidos eléctricos para evitar el riesgo de electrocución en el caso de rayos o de aplastamiento en el caso de fuertes vientos.
- No permanecer en lugares elevados (p. ej. cerros).
- Evitar estar cerca de lugares con agua o humedad que puedan atraer electricidad (ríos, cuevas, charcos, etc.).
- Informarse sobre la meteorología en la zona de trabajo.
- Mantener contacto continuo en desplazamientos a zonas deshabitadas o de difícil acceso o en previsión de temporal.
- Evitar el trabajo en presencia de tormentas eléctricas o finalizarlo inmediatamente si aparecen.

4.2.8.5. Iluminación

En todo momento debe asegurarse la correcta iluminación de las zonas de trabajo, asegurando como valor general los 100 lux, y teniendo en cuenta la tipología de las exigencias de los trabajos que se van a desarrollar.

En aquellos casos en los que sea preciso realizar trabajos nocturnos, previo permiso o autorización por parte de la autoridad competente, se reforzará la iluminación en los caminos de acceso y en las zonas específicas en las que se deban realizar los trabajos.

4.2.8.6. Ruido

Medidas preventivas:

La aplicación de medidas preventivas frente al ruido depende en primera instancia del nivel de ruido existente, de la localización del trabajador afectado y del tiempo de exposición al mismo.

De este modo, y conforme a lo establecido en el Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se debe realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores. No obstante, esta medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

En función de los resultados obtenidos en la mencionada evaluación, se determinan las medidas necesarias tomando como base los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción establecidos en el referido real decreto. Entre dichas medidas, se debe tener en cuenta, entre otros aspectos, lo siguiente:

- La elección de equipos de trabajo que generen el menor nivel de ruido posible.
- Programas de mantenimiento adecuado de los equipos de trabajo, transmisión, tubo de escape y todas las partes que puedan producir vibraciones y ruidos.
- Limitar la duración e intensidad de la exposición: rotación de los puestos de trabajo.
- Planificación de la producción para disminuir los puestos de trabajo sometidos a ruido: diseñar procesos de trabajo, de forma que cuando sea posible se sustituyan las operaciones más ruidosas por otras equivalentes que generen menos ruidos. Por ejemplo, control de los puntos de descarga orientado a la regulación de las alturas en la caída del material.
- Emplear anclajes correctos para evitar ruido por vibraciones.

- Utilizar elementos auxiliares (asientos, amortiguadores, asas, mangos o cubiertas...) para reducir vibraciones y ruidos. Así, por ejemplo, se podrían utilizar revestimientos elásticos en tolvas y cajas de volquetes o cierres semirrígidos o con lonas de las cintas transportadoras para limitar la propagación al exterior del ruido producido.
- Evitar dejar en marcha máquinas y vehículos, incluido al ralentí, cuando no se están utilizando.

No obstante, para más información se recomienda consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido elaborada por el INSHT y que complementa al citado Real Decreto 286/2006.

ACCIONES	VALORES DE EXPOSICIÓN		
	≥ 80 dB(A) ó ≥ 135 dB(C)	≥ 85 dB(A) ó ≥ 137 dB(C)	≥ 87 dB(A) ó ≥ 140 dB(C), considerando la atenuación proporcionada por el protector auditivo.
Evaluación higiénica	Sí Mínimo cada 3 años	Sí Mínimo cada año	Sí Mínimo cada año
Formación e información a los trabajadores	Sí	Sí	Sí
Vigilancia de la salud: control audiométrico preventivo	Sí Mínimo cada 5 años	Sí Mínimo cada 3 años	Sí Mínimo cada 3 años
Equipos de protección individual de protección auditiva	A disposición Uso voluntario	Entrega y uso obligatorio	Entrega y uso obligatorio
Señalización de la obligatoriedad del uso de equipos de protección individual de protección auditiva	Recomendable	Obligatorio	Obligatorio
Elaboración y puesta en marcha de un programa de medidas técnicas y/u organizativas	Recomendable	Obligatorio	Obligatorio

- En cualquier caso, y en espera de la realización de un estudio de ruido más detallado, se deben tomar las medidas orientativas de aplicación dispuestas en la siguiente tabla:

Medidas básicas de aplicación frente al ruido	
TRABAJADOR / LOCALIZACIÓN	MEDIDA
Operadores de máquinas / Maquinaria de excavación, pilotadoras, pantalladoras, equipos de hincado, equipos de perforación y grúas.	a. Las cabinas de las máquinas estarán acústicamente aisladas. b. Disponibilidad de protectores auditivos para su utilización en caso de necesidad.
Operadores de máquinas / Sierra circular, martillos rompedores.	Disponibilidad de protector auditivo para su utilización durante el corte de madera, picado de pilotes y muretes guía, de forma continua.

Medidas básicas de aplicación frente al ruido	
TRABAJADOR / LOCALIZACION	MEDIDA
Trabajadores / Zona de actuación de las máquinas y vehículos.	Disponibilidad y utilización de protectores auditivos, para atenuar el impacto sonoro.

4.2.8.7. Vibraciones

Los operadores de las pantalladoras, pilotadoras de hincado y/o perforación, equipos de hincado de tablestacados, así como de los vibradores de hormigón, están sometidos a la vibración continua transmitida por la máquina durante el funcionamiento de las mismas. Con objeto de minimizar las consecuencias de esta vibración sobre los operarios, se pueden seguir los siguientes principios:

- En cualquier caso, se tiene que realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores.
- En función de los resultados de la mencionada evaluación, se deben determinar las medidas que han de adoptarse y planificar su ejecución, tomando en consideración, especialmente:
 - a. Otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas.
 - b. La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible.
 - c. El suministro de un equipo o dispositivo auxiliar capaz de amortiguar las vibraciones transmitidas por la propia máquina o equipo con el objeto de minimizar los riesgos de lesión, tales como, por ejemplo:
 - Asientos amortiguadores (con colchón de aire, reposabrazos, apoyos lumbares y regulación en base y espalda) u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero durante la conducción de maquinaria móvil.
 - Asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo durante el manejo de maquinaria portátil. Como medida complementaria, se tiene que recomendar la utilización de guantes antivibraciones por parte de los trabajadores.
 - d. Programas apropiados de mantenimiento tanto de los equipos de trabajo, como del lugar y puestos de trabajo.
 - e. Durante los trabajos con la maquinaria se ha de tratar de reducir, al máximo posible, las irregularidades del terreno para favorecer unos desplazamientos de vehículos y máquinas más horizontales.
 - f. La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.
 - g. La información y formación adecuadas a los trabajadores sobre el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas.
 - h. La limitación de la duración e intensidad de la exposición. En este sentido, se deben planificar las correspondientes tareas de forma que se posibiliten las rotaciones en el puesto de trabajo con el objeto de minimizar los tiempos de exposición de los trabajadores a las referidas vibraciones.
 - i. La aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, ya que ambos factores agudizan los efectos negativos de las vibraciones, incluyendo el suministro de ropa adecuada.
- Planificar estas tareas específicas, de forma que se planteen rotaciones en el puesto de trabajo con objeto de minimizar los tiempos de exposición a estas vibraciones.

Nota: Para más información referente a la estrategia de muestreo y su representatividad, se puede consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas, que complementa al RD 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

4.2.8.8. Contacto / Inhalación de sustancias químicas

Durante los trabajos de ejecución de cimentación y contención los trabajadores están expuestos a distintos tipos de sustancias químicas que pueden provocarles daños en su salud. Esta exposición se produce, fundamentalmente, durante la realización de las tareas siguientes:

- Trabajos de movimiento de tierras, excavación de pantallas y perforación de pozos para pilotes así como circulación continua de máquinas y vehículos, que constituyen una fuente generadora de polvo en suspensión.
- Asimismo, durante estas tareas, pueden tener lugar fugas o emanaciones de gases u otras sustancias tóxicas procedentes de posibles conducciones, depósitos o bolsas subterráneas.
- Manipulación y preparado de cemento, utilización de desencofrantes de limpieza y aditivos del hormigón, que pueden ser irritantes o corrosivos al entrar en contacto con la piel o al inhalar el polvo, vapores o gases que pueden emitir durante su empleo.
- Trabajos de soldadura, que pueden generar humos o gases en el ambiente de trabajo.

- a. Se debe evaluar el riesgo de exposición de los trabajadores a dichas sustancias químicas. En este sentido, es esencial considerar la información proporcionada tanto por la ficha de datos de seguridad de cada una de las sustancias empleadas (facilitada por el fabricante), como por la etiqueta de sus envases, así como identificar la existencia de trabajadores con posibles problemas respiratorios, asma, etc., que vayan a verse afectados por una posible exposición a polvo, gases o vapores en las zonas de trabajo.
- b. En principio, esta evaluación ha de incluir la medición de las concentraciones de polvo, gases o vapores que pueden existir en el aire, y su posterior comparación con el correspondiente valor límite ambiental legalmente establecido. Sin embargo, esta medición no será necesaria en los casos en los que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.
- c. Con carácter general, y salvo que un estudio de detalle basado en mediciones indique la necesidad de aplicar otras acciones, se deben aplicar las medidas básicas siguientes:
 - Mantener una buena ventilación.
 - Adoptar medidas higiénicas adecuadas tanto personales, como de orden y limpieza, tales como, por ejemplo: no comer, beber o fumar durante la realización de las tareas, así como guardar una profunda higiene personal en manos y caras antes de tomar cualquier alimento.
 - Reducir al mínimo el número de trabajadores expuestos.
 - Reducir al mínimo la duración e intensidad de las exposiciones.
 - Utilizar ropa de trabajo que cubra todo el cuerpo, guantes, gorro y mascarillas de protección respiratoria adecuados a cada caso concreto.
- d. En la utilización de equipos de soldadura por oxicorte, se debe asegurar la disponibilidad, por parte de los trabajadores, de filtros adecuados (mascarilla FFP2 ajustable con filtro para protección frente a partículas sólidas, humos de soldadura, nieblas de líquidos no volátiles de toxicidad media).
- e. Asimismo, durante el empleo de desencofrantes de limpieza se ha de hacer uso de mascarilla de protección respiratoria con filtro específico para gases y vapores
- f. Ante la sospecha o conocimiento de existencia de conducciones de gas, depósitos y/o bolsas subterráneas de gases, sustancias tóxicas, durante la excavación de las zanjas de las pantallas y la perforación de pilotes es necesario realizar un plan de mediciones para la detección de posibles fugas y/o emanaciones.
- g. En aquellos casos en los que, durante los trabajos de excavación, se entre en contacto con este tipo de conducciones o depósitos, no localizadas inicialmente, se paralizarán los trabajos a efectos de:
 - Evacuar al personal de la zona de trabajo.
 - Su comunicación inmediata a la Autoridad competente y, en su caso, a compañía/s afectada/s, para su intervención.
 - Realizar un análisis inmediato y proceder a la determinación de las acciones concretas a adoptar.

No obstante, para más información referente a la evaluación de este tipo de riesgo y, en particular, a la estrategia de muestreo en el caso de ser necesario realizar mediciones de las concentraciones de sustancia química en el aire, así como en relación a las medidas que se han de adoptar, se recomienda consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos elaborada por el INSHT y que complementa al Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

4.2.8.9. Polvo

La actividad de excavación y perforación, debe considerarse como fuente generadora de polvo en suspensión. La incidencia de este polvo en suspensión sobre las personas y el entorno depende de varios factores, entre los cuales se deben considerar las propias características del terreno y sus componentes, los m³ de tierra a mover, la cantidad de polvo en el ambiente y en especial aquellos con una concentración en sílice cristalino (SiO₂) > 1%, el tiempo de permanencia en suspensión, la población de trabajadores afectados y el tiempo de exposición de los mismos.

Con carácter general, además de considerar lo indicado en el apartado “Contacto / Inhalación de sustancias químicas” anterior, y atendiendo a la localización de los trabajadores con respecto a la zona de incidencia del polvo en suspensión, provocado por otras actividades simultáneas en el tiempo (como el movimiento de tierras y perforación de pilotes), se pueden establecer las consideraciones básicas dispuestas en la siguiente tabla:

TRABAJADOR/LOCALIZACIÓN	MEDIDA
Trabajadores/General	Disponibilidad y utilización de mascarilla clase FFP
Operadores de máquinas / Maquinaria de Excavación, Pantalladoras, Pilotadoras, Equipos de hincado, Equipos de perforación.	Las cabinas de las máquinas serán estancas y dispondrán de dispositivos para el filtrado del aire. Disponibilidad de mascarilla clase FFP1, para su utilización en caso de necesidad (cabinas no estancas, trabajos con puertas de cabinas abiertas, etc.)
Trabajadores/zona de ejecución de cimentación y contención	Disponibilidad y utilización de mascarilla clase FFP1.
	Tipos de mascarillas autofiltrantes respecto norma EN 149:2001
Clase	Uso recomendado
FFP 1	Partículas sólidas de sustancias no tóxicas.
FFP 2	Partículas sólidas de finos polvos tóxicos, humos y nieblas en base acuosa.
	Partículas sólidas de finos polvos tóxicos, humos y nieblas en base acuosa.
FFP 3	Polvos, nieblas en base acuosa y humos.
	Tipo de protección
	4xTLV
	12xTLV
	50xTLV

4.2.9. Acciones frente al riesgo eléctrico

- En todo momento se debe cumplir con lo determinado en el RD 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y el RD 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Además, considerar lo determinado en el DB-PRL IM para las Instalaciones eléctricas provisionales de obra.
- Las mangueras eléctricas de distribución deben ser normalizadas, antihumedad y resistentes frente a riesgos mecánicos, disponiéndose de manera que no se vean afectadas por tránsito de vehículos ni acopios de materiales para evitar su deterioro (especialmente rotura).
- Las zonas de acopio y apilado de armaduras, encofrados metálicos y otros materiales metálicos, tienen que estar organizadas de forma que se encuentre libres de mangueras eléctricas.
- Debido a la alta presencia de fluidos conductores de la electricidad, como el agua, lodo y hormigón en las zonas de trabajo, y a la necesidad de suministro eléctrico en dichas zonas para posibilitar la actividad, se debe asegurar, además:
 - La definición de un plan de implantación específico de toda la aparamenta eléctrica.
 - La señalización y delimitación de las zonas de trabajo con riesgo eléctrico, especialmente las muy encharcadas.
 - El aislamiento frente al suelo, en zonas con presencia de agua o barro, de los armarios eléctricos que precisen instalarse en estas zonas y de los sistemas de iluminación.
- En lo referente a vibradores hay que asegurar:
 - Que el convertidor de estos esté protegido para evitar contactos eléctricos directos
 - El correcto estado de cables, la utilización de petacas de conexión normalizadas y puesta a tierra del mismo.
- Además, para estos equipos es necesario establecer un plan de mantenimiento preventivo que garantice el correcto estado de los mismos para su uso.
- Asimismo, debe tener en consideración lo dispuesto a modo particular en cada una de las Secciones de este documento en lo referente a Acciones frente a la electricidad.

4.2.10. Acciones frente al riesgo de incendio y explosión

- En cualquier caso, es preciso elaborar un mapa de zonas de riesgo de incendio y explosión, así como dotarlas de los equipos de extinción (extintores portátiles) más adecuados a la tipología de fuego.
- Se tiene que asegurar la accesibilidad a la zona de trabajo de los equipos de extinción y, en su caso, de los bomberos para facilitar los trabajos y tareas de extinción.
- En las zonas de trabajo identificadas con riesgo de incendio y explosión, se debe restringir el acceso a la zona afectada mediante un vallado perimetral, señalizarla adecuadamente y planificar los trabajos de manera que no se utilicen herramientas, máquinas o equipos de trabajo que puedan ser fuente de ignición o combustión, por las características propias del terreno (ej. pastos) o de los materiales en proximidad.
- Se deberá asegurar que las pantalladoras, pilotadoras, equipos de hincado, grúas y vehículos de movimiento de tierras estén equipadas con extintores portátiles.
- Cuando se realicen trabajos de perforación en proximidades de conducciones de gas, así como en terrenos que puedan contener en el subsuelo bolsas de otro tipo de gases combustible, es necesario equipar la zona de trabajo con aparatos portátiles de detección, de funcionamiento continuo y equipados con una prealarma acústica calibrada al 20 % del límite inferior de explosión.

5. Equipos de protección individual

Los trabajadores de esta actividad, deben estar provistos de EPI acordes a los riesgos generales y específicos de las tareas a desarrollar. Orientativamente, se identifican en la siguiente tabla:

Relación orientativa de Equipos de protección individual a utilizar			
Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caídas a distinto nivel	Perforación de pantallas y pilotes / Medición de profundidad excavación / Instalación de armadura / Encofrado y desencofrado de muros / Montaje de andamios / Trabajos en plataformas de trabajo		Equipo anticaída (Arnés, fijaciones, eslinga, mosquetones, etc.), en aquellos casos en que se justifique técnicamente la imposibilidad de utilizar protecciones colectivas o cuando la protección colectiva no evite el riesgo de caída
Caída de objetos, golpes y proyecciones sobre la cabeza.	General.	Casco.	
Atropellos.	General.	Chaleco de alta visibilidad.	
Golpes, atrapamientos y punzonamientos o cortes.	General.	Guantes contra riesgos mecánicos, botas/zapatos de seguridad con puntera y plantilla antiperforación.	
Proyección de partículas	Preparación de lodos bentoníticos		- Gafas de seguridad. - Pantalla anti-proyecciones y anti-impactos. - Pantalla soldador. - Gafas antiproyecciones.
	Descabezado manual de pilotes y muretes guía		
	Soldadura de armadura / Corte de armaduras por oxicorte / Destesado de anclajes		
	Corte de armaduras con radial / Corte de madera / Manipulación de planta de lodos / Vertido y vibrado de hormigón / Picado de hormigón / Limpieza de hormigón tras su picado / Preparación de mezcla y llenado de anclaje		
Presencia de agua u hormigón.	General.		Botas impermeables con puntera y plantilla de seguridad, ropa impermeable.

Relación orientativa de Equipos de protección individual a utilizar			
Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Quemaduras	Corte de armaduras por oxicorte / Soldadura en el conformado de la armadura (premontaje y solapado) de las pantallas		Guantes y mandil de cuero para soldadura
Inhalación de polvo. Inhalación de partículas en suspensión. Inhalación de vapores tóxicos	General.		Mascarilla antipolvo FFP, gafas de seguridad.
	Corte de madera con sierra circular Preparación de cemento. Utilización de desencofrante. Trabajos de oxicorte.		Mascarilla antipolvo FFP. Mascarilla FFA1P2D Mascarilla FFP2
Ruido.	General Corte de madera / Perforación de pantallas / Hincado y perforación de pilotes / Hincado de tablestacas		Protector auditivo.
Vibraciones	Operadores de máquinas		Guantes anti-vibraciones.
Estrés térmico por frío o calor / quemaduras o enfermedades en la piel por radiación solar.	Trabajos a la intemperie	Ropa de protección contra bajas temperaturas. Calzado de protección contra el frío. Crema de protección.	
Contactos cáusticos, corrosivos o tóxicos.	Vertido y manipulación de hormigón. Desencofrado / Aplicación de desencofrantes/ Inyección de lechada para anclajes.		Guantes de goma, o similar, para protección en manos. Botas impermeables, altas, con puntera y plantilla de seguridad. Gafas antiproyecciones
Posturas forzadas.	Armado y encofrado		Rodilleras acolchadas
Manipulación manual de cargas.	Ferrallas		Transporte manual de barras de ferralla: almohadillas acolchadas para hombros

NOTA: aunque la ropa de trabajo no es considerada un equipo de protección individual, es esencial señalar la importancia de utilizar ropa de trabajo adecuada (camisetas con manga y pantalón largo) durante la ejecución de los trabajos en una obra de construcción.

6. Formación e información

- Los trabajadores de esta actividad, incluidos los operadores de grúas, pantalladoras, pilotadoras, hincadoras y perforadoras para anclajes, deben acreditar capacitación y formación adecuada a la misma, y un nivel de formación en prevención de riesgos adecuado a la normativa vigente y puesto de trabajo.
- Si las actividades a desarrollar presentasen sistemas de trabajo o técnicas especiales, no habituales, se deberá asegurar la transmisión de la información pertinente sobre las mismas, así como de sus riesgos, a los trabajadores afectados.

7. Riesgos y medidas específicas

La aplicación de reglas y procedimientos particulares de este DB se debe realizar atendiendo a los contenidos particulares que en cada una de las Secciones se establecen, y que en cualquier caso serán complementarias a las determinadas en el apartado Riesgos laborales y medidas preventivas comunes a todas las secciones de este DB-PRL CI Cimentación y Elementos de contención.

Sección PRL-CI1. TRATAMIENTOS DE MEJORA DEL TERRENO.

Sección PRL-CI2. CIMENTACIONES SUPERFICIALES: ZAPATAS.

Sección PRL-CI3. CIMENTACIONES PROFUNDAS: PILOTAJES Y ANCLAJES.

Sección PRL-CI4. ELEMENTOS DE CONTENCIÓN.

Documento Básico

PRL-CI

07 — Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.0_SECCIÓN COMÚN

07.1_SECCIÓN 1 Tratamientos de mejora del terreno

06.2_SECCIÓN 2 Cimentaciones directas

06.3_SECCIÓN 3 Cimentaciones profundas

06.4_SECCIÓN 4 Elementos de contención

DB PRL-CI

Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.1.—SECCIÓN TRATAMIENTOS DE MEJORA DEL TERRENO

ÍNDICE | TRATAMIENTOS DEL TERRENO

1. Aspectos generales	4
2. Ámbito de aplicación.....	4
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico.....	4
4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados.....	5
5. Estudios preliminares. Riesgos y medidas preventivas.....	6
5.1. Sondeos	7
5.1.1. Sondeo a percusión	7
5.1.2. Sondeos a rotación	9
5.1.3. Sondeos a rotopercusión.....	9
5.1.4. Terminación de sondeos.....	9
5.1.5. Riesgos laborales derivados del puesto de trabajo Sondista	10
5.1.6. Medidas preventivas en las actividades de Sondeo	11
6. Principales técnicas de mejora del terreno. Riesgos y medidas preventivas.....	14
6.1. Precargas	14
6.2. Mechas drenantes	15
6.3. Vibración profunda.....	17
6.3.1. Vibrocompactación.....	17
6.3.2. Vibroflotación.....	18
6.4. Compactación dinámica	18
6.5. Inyecciones.....	19
6.6. Inyecciones de alta presión (jet-grouting).....	20
6.6.1. Descripción	20
6.6.2. Riesgos	21
6.6.3. Medidas preventivas	22
6.7. Columnas de grava.....	24
6.8. Columnas de suelo-cemento	26
6.9. Deep soil mixing.....	26
6.10. Geosintéticos.....	27
6.11. Gunitado.....	29

1. Aspectos generales

Esta Sección pretende describir buenas prácticas de seguridad en las técnicas de mejora del terreno más habituales, entendiendo como mejora o refuerzo del terreno, el incremento de sus propiedades resistentes o de rigidez para poder apoyar sobre él adecuadamente cimientos, viales o servicios.

Los casos más frecuentes en los que se utilizan técnicas de mejora del terreno, son los asociados a la construcción de rellenos sobre suelos blandos.

Frecuentemente, debido a la profundidad de las capas problemáticas y a la presencia del nivel freático, no es viable la remoción y sustitución de estas capas por terrenos de mejores características geotécnicas. Asimismo, la presencia de obstáculos que dificultan la perforación de las capas superficiales blandas o sueltas, o la gran profundidad a la que se encuentran las capas competentes, impiden a menudo la ejecución de cimentaciones profundas.

Lo anterior, sumado a las necesidades geotécnicas planteadas por las grandes obras asociadas a la construcción de nuevas infraestructuras (metro, líneas ferroviarias de alta velocidad, autopistas, puertos, presas, etc.), ha favorecido la aplicación de las técnicas de tratamiento del terreno.

2. Ámbito de aplicación.

Esta Sección se refiere exclusivamente a las técnicas de mejora de terreno para obra civil.

Dentro del grupo de técnicas que suelen considerarse como “mejoras del terreno” existen algunas que son muy similares a las cimentaciones profundas, tales como las de inclusiones rígidas (columnas de grava, de suelo-cemento, etc.).

Antes de mejorar un terreno debe considerarse la posibilidad de retirarlo y sustituirlo por otro de mejores características. La “sustitución”, total o parcial, del terreno debe considerarse siempre que ello sea posible como alternativa a los procedimientos de mejora.

Se excluyen las mejoras de terreno para obras de edificación.

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Además de considerar las referencias normativas indicadas en el apartado III de este Documento Básico (DB-PRL-CI), también se deben tener en cuenta, de forma complementaria, aquellas referencias normativas que son de aplicación específica a esta Sección PRL-CI1 y que se detallan a continuación:

Concepto de aplicación	de	Referencia
SOBRE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO	LAS OTROS DE	Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. ANEXO II: DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. OBSERVACIÓN PRELIMINAR: Las disposiciones del presente Anexo se aplicarán cuando exista el riesgo correspondiente para el equipo de trabajo considerado. CONDICIONES GENERALES DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES, AUTOMOTORES O NO. CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA ELEVACIÓN DE CARGAS. - Generalidades. - Equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS TEMPORALES EN ALTURA.

Concepto de aplicación	Referencia
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	- Dirección General de Carreteras (1989): Manual para el proyecto y ejecución de estructuras de suelo reforzado. - Dirección General de Carreteras. Guía de cimentaciones en obras de carretera. 2009.

4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados

- Máquina de sondeo.
- Compactadora de rodillos.
- Compactadora de neumáticos.
- Compactadora pata de cabra.
- Máquinas vibratorias.
- Máquina de hincar.
- Equipo de congelación de suelos.
- Retroexcavadoras.
- Perforadora (Yumbo) es una máquina empleada, generalmente, para la perforación de los barrenos destinados a la excavación mediante el uso de explosivos (voladuras), también se emplea para realizar las perforaciones para el montaje de bulones e incluso los drenes. Puede disponer de varios brazos de perforación manejados mediante mandos hidráulicos desde la cabina de la máquina.
- Pilotadora: generalmente sobre orugas, que dispone de un brazo articulado, tipo mástil, sobre el que se sitúa un equipo de perforación por rotopercusión con mando hidráulico.
- Grúa máquina; generalmente está formada por una estructura metálica con un brazo móvil del que cuelga un cable con un útil. Algunas grúas disponen de útiles especiales que no hacen la función como tal de grúa, entre los útiles podemos identificar los siguientes: cuchara bivalva, hidrofresa, trépano.
- Camión volquete (camión bañera).
- Camión hormigonera.
- Bomba de hormigonado.
- Robot inyector (gunitadora).
- Plataforma elevadora de personal (PEMP).

Útiles, accesorios y equipos intercambiables:

- Cuchara bivalva: es un equipo cuya misión es la extracción de terreno preferiblemente granular, suelto o algo cohesivo, y que además permite la extracción de material con gran precisión en sitios reducidos. Se emplea para la excavación vertical de muros pantalla.
- Hidrofresa: es un equipo excavador con ruedas dentadas que giran en sentidos contrarios, arrancando el terreno. La elevada fricción que se produce en las ruedas dentadas, hace necesaria la refrigeración de las mismas, así como de la roca. Para ello se suele emplear como líquido refrigerante lodo bentonítico, que se inyecta mediante un dispositivo de la propia máquina. Se emplea para la formación de pantallas.
- Trépano: es la herramienta de corte localizado en el extremo inferior de la sarta de perforación que se utiliza para cortar o triturar la formación rocosa durante el proceso de la perforación rotatoria. Actualmente los trépanos más utilizados son los trépanos triturantes o triconos.
- Vibroflotador: se trata de un cilindro metálico de unos 32 a 45 cm de diámetro, de 2 a 4 m de longitud y de 2 a 4 Tn de peso, en cuyo interior se aloja un motor. Es un vibrador combinado con un dispositivo que inyecta agua en el terreno que lo rodea. Primero se introduce por inyección el vibrador dentro del terreno hasta la profundidad a que se desea compactar el estrato, y luego se lo levanta nuevamente. La compactación se produce al levantar el vibroflotador, por el efecto combinado de las vibraciones y de los inyectores de agua.
- Hincadora de pilotes: introduce el pilote en el terreno mediante una sucesión de golpes en la cabeza del mismo con unos equipos denominados martinets o martillos. También se puede emplear equipos denominados vibrohincadores para realizar la hincar mediante vibración.
- Grupo electrógeno.
- Compresor.
- Planta de lodos: equipo de trabajo formado por las siguientes máquinas: batidora, desarenador y bomba. La primera mezcla el agua con la bentonita, el segundo separa el material excavado de los lodos y el tercero es para impulsar el lodo.

- Equipo de tesado: dispositivo para poner en tensión los anclajes, este consta de un gato de tesado multifilar y central hidráulica.

5. Estudios preliminares. Riesgos y medidas preventivas

Para poner de manifiesto la necesidad y adecuación de la mejora en su caso, debe analizarse la solución de construcción de la obra en cuestión en el caso de no tratar el terreno.

En el caso de construcción de rellenos (terraplenes) sobre suelos blandos, deben evaluarse, para la hipótesis de no tratar el terreno, al menos los siguientes aspectos:

- Seguridad del terraplén frente al deslizamiento.
- Asientos esperados durante la construcción.
- Asientos postconstructivos y estimación de su evolución temporal.

Estos cálculos y evaluaciones deberán permitir la determinación de la necesidad en su caso de la mejora.

Una vez identificada la necesidad de tratar el terreno para conseguir la mejora de algún aspecto, debe elegirse el procedimiento más adecuado de entre los existentes. Los aspectos que han de considerarse son:

- Tipo de problema que se pretende resolver.
- Tipo de terreno.

Tabla 1. Campo de aplicación de las principales técnicas de mejora del terreno (Tabla 7.1 de la Guía de cimentaciones en obras de carretera. Ministerio de Fomento).

TÉCNICA O TRATAMIENTO	TERRENO		MEJORA DE			PROFUNDIDAD EFICAZ DEL TRATAMIENTO
	GRANULAR	COHESIVO	RESISTENCIA	DEFORMABILIDAD	PERMEABILIDAD	
Sustitución del terreno	Cualquier suelo problemático (suelos blandos, arcillas expansivas, suelos colapsables)		Si	Si	Si	Moderada (normalmente menos de 3 m)
Compactación con rodillo	Cualquier terreno no saturado		Si	Si	No	Pequeña (normalmente menos de 1 m).
Precargas	Si	Si	Si	Si	No	Hasta varias decenas de metros
Mechas drenantes	No	Si	No	No	Si	Hasta varias decenas de metros
Vibración profunda	Si Vibroflotación	Si Vibrosustitución	Si	Si	No	Normalmente hasta 15 m de profundidad
Compactación dinámica	Cualquier tipo		Si	Si	No	Véase epígrafe 7.2.4
Inyecciones	Impregnación (véase nota al pie)	No aplicable	Algo	Algo	Si	Hasta más de 100 m
	Hidrofracturación: cualquier terreno		Algo	Si	Si	
	Desplazamiento: cualquier terreno		Si	Si	Si	
Jet-grouting	Cualquier tipo		Si	Si	Sólo con columnas secantes	Normalmente menos de 20 m
Columnas de grava	Cualquier tipo de suelo blando		Si	Si	Si	Normalmente menos de 20 m
Columnas de suelo cemento	Cualquier tipo de suelo blando		Si	Si	No	Normalmente menos de 20 m
Claveteado o cosido del terreno	Suelos de consistencia media o superior		Si	Si	No	Normalmente menos de 10 m

NOTA: La permeabilidad inicial del terreno que se requiere para poder impregnarlo, depende del producto inyectado:

Lechadas de cemento: $k_{\text{eflujo}} > 10^{-2}$ cm/s
 Lechadas de microcemento: $k_{\text{eflujo}} > 10^{-3}$ cm/s
 Geles y otros productos químicos: $k_{\text{eflujo}} > 10^{-4}$ cm/s

El proyecto de cualquier tratamiento de mejora del terreno deberá considerar al menos los siguientes aspectos:

- Espesores y características de los estratos del terreno original, y de los posibles rellenos.
- Magnitud de las presiones intersticiales en los distintos estratos.
- Tipología, tamaño y situación de la estructura o relleno que haya de apoyar sobre el terreno.
- Consideración del posible daño a servicios o estructuras adyacentes.
- Definición de si el tratamiento es de carácter temporal o permanente.
- Interacción del procedimiento de mejora y la secuencia de construcción de la obra (deformaciones pre y postconstructivas).
- Efectos inducidos al medio ambiente, incluyendo la posible contaminación con productos tóxicos, y los efectos producidos por los cambios que se puedan inducir en el nivel freático.
- Durabilidad de los materiales a largo plazo.

5.1. Sondeos

Una de las técnicas para el reconocimiento geotécnico del terreno es la realización de sondeos. Se trata de una perforación excavada por medios mecánicos, preferentemente vertical, de diámetro inferior a 1,5 m, aunque los más usuales se encuentran entre los 150 y los 700 mm.

A la hora de elegir el sistema de sondeo a emplear, hay que considerar factores como la consistencia del terreno y su posible riesgo de colapso frente al agua, adoptando como métodos prioritarios los que afecten lo menos posible al terreno y a las estructuras colindantes.

Para la ejecución de un sondeo se requiere:

- Un elemento de rotura del terreno.
- Un motor de accionamiento.
- Un sistema de eliminación de detritus.
- Un sistema de mantenimiento de las paredes de la obra.

Entre las diferentes técnicas de sondeos empleadas pueden citarse:

- Percusión por cable. Técnica que consigue la fragmentación o rotura del suelo mediante el golpeo de una herramienta pesada de corte (trépano) suspendida de un cable de acero trenzado.
- Rotación. Técnica que consiste en provocar la rotura del terreno o de los materiales a perforar mediante la fricción generada en la rotación del útil de perforación. Normalmente se ejecuta con la batería usual de sondeos, con barrenas helicoidales o tricono.
 - Sondeo a rotación con barrena helicoidal, es un método de perforación a destroza en la que los materiales salen desmenuzados por la boca del sondeo.
- Rotopercusión. Técnica de perforación que consiste en producir la trituración de los materiales mediante la aplicación conjunta de fricción y percusión. En estos trabajos se emplean martillos de fondo o en cabeza.

5.1.1. Sondeo a percusión

En esencia, el sistema se basa en el golpeo repetido de la roca con una herramienta pesada, hasta lograr la rotura en el caso de materiales rígidos (roca), o disgregación, en el caso de materiales de menor cohesión (sedimentos, rocas alteradas). Dentro de este sistema se han desarrollado dos variantes en función del dispositivo que transmite el movimiento a la herramienta de golpeo:

- Método canadiense: el movimiento de vaivén se transmite por un “tren” de varillaje macizo.
- Método pensilvaniense (percusión por cable): el movimiento de vaivén se realiza a través de un cable de acero.

Las acciones esenciales de este tipo de perforación son:

- Rotura de la roca: Se funda en la acción percutora y constante de una herramienta alternativamente levantada y dejada caer, que consigue un efecto de fracturación del terreno.
- Extracción de detritus y limpieza del sondeo. Se realiza mediante una válvula especial llamada “cuchara”.
- Fluido de perforación: La perforación necesita de un fluido que ponga en suspensión los detritus (colada de barro), si este no existe de forma natural. Generalmente es agua a la que puede añadirse bentonita (arcilla expansiva).
- Mantenimiento de las paredes de la obra, a través de tuberías de revestimiento y colocada según avanza la perforación.

Sondeos a percusión por cable.*Imagen 1. Máquina de sondeo a percusión por cable*

Es el sistema de perforación a percusión más extendido. Un equipo de perforación a percusión por cable consta en esencia de los siguientes elementos:

- **Plataforma del equipo:** Los motores, carretes de cable, torre, etc. suelen ir montados sobre un chasis tipo semitrailer autoportante o trailer con cabina tractora. También existen algunos equipos de pequeña capacidad montados sobre patines, que pueden ser incluso aerotransportados. Sobre esta plataforma se disponen motor, caja de cambios, carretes de cable de perforación y de maniobra, balancín, etc.
- **Mástil o torre:** Constituido por un mástil único o por una estructura de vigas soldadas (en algunos casos telescópica). Debe poseer una gran resistencia, pues soporta considerables esfuerzos. Se asegura mediante una serie de vientos de acero. Durante el transporte del equipo suele ir basculada sobre su base y apoyada sobre la plataforma. La capacidad de tiro y resistencia del mástil y cabrestante definirán la capacidad del equipo.
- **Carretes/ cabrestantes:** El principal es el responsable del alojo y arrastre del cable de trabajo. Generalmente se cuenta con otro auxiliar, de menor tamaño, para el cable de limpieza y maniobra.
- **Cabina de mando:** Los mandos de control del motor, caja de cambios, carretes de cable, etc. suelen ir agrupados en un lateral de la base de la torre de la máquina, de forma que el perforador pueda operarlos con visión directa a la boca del sondeo.
- **Herramientas de perforación.** La sarta de herramientas de perforación está compuesta normalmente de abajo arriba de los siguientes elementos: trépano, barra de carga, montera, destrabador o tijera, cable. De estos elementos, los tres primeros conforman la herramienta de golpeo, las tijeras constituyen un elemento auxiliar que se utiliza o no en función de las características del terreno, y el cable es el transmisor del movimiento del balancín.
- **Herramientas auxiliares.**
 - Válvulas o cucharas. Al no existir en este sistema de perforación una circulación que elimine los detritus, es preciso cada cierto tiempo proceder a su desalojo mediante herramientas auxiliares específicas. Las válvulas funcionan de tal manera que durante el descenso permanecen abiertas, cerrándose al iniciar el ascenso. Una vez en el exterior, se vacían, bien volteándolas o bien liberando su mecanismo de cierre.
 - Tubo de lavado: Se utiliza para facilitar el vaciado de la válvula y el desalojo de detritus hacia la balsa.
 - Maza de golpeo: Utilizada en las operaciones de entubación forzada.
 - Herramientas de pesca: Existen gran variedad de herramientas diseñadas para las distintas incidencias en que son necesarias, como recuperación de herramientas de perforación, varillajes, tuberías, etc.
 - Herramientas de apriete: Utilizadas para el roscado-desenroscado de los distintos elementos de la sarta de perforación.
 - Juegos de cuñas y anillos de retención: Elementos necesarios para soportar las columnas de tubería en las maniobras de entubación.

5.1.2. Sondeos a rotación

Están basados en la acción conjunta de la presión ejercida sobre el fondo del pozo y el movimiento de giro de una herramienta de corte transmitido desde la superficie a través del varillaje. La inyección de un fluido a través de una tubería permite la extracción de residuos de forma continua, y el efecto de la perforación se basa en la abrasión, desgaste y molienda de la roca.

Existen dos sistemas de perforación a rotación: Rotación directa y rotación inversa, que difieren esencialmente en el sentido de circulación del lodo inyectado.

Los elementos fundamentales que intervienen en la ejecución de los sondeos a rotación son:

- Sonda o máquina de perforación.
- Instrumento de corte. Broca o barrena.
- Columna o sarta de perforación.
- Fluido de circulación. Está compuesto de una mezcla básica de agua y arcilla en suspensión, a la que se añaden diversos elementos para controlar características tales como densidad y viscosidad. Es muy importante en los sondeos a rotación. Sus funciones son:
 - Extraer los detritus producidos por la perforación.
 - Refrigerar la broca.
 - Crear una pared viscosa que sustente las paredes del sondeo durante la perforación.
 - Controlar las entradas o salidas de fluidos a la perforación.

5.1.2.1. Sondeos a rotación por circulación inversa

Es un caso particular de los métodos de perforación a rotación, que permite eliminar en su mayor parte el efecto de colmatación de las paredes del sondeo producido la circulación directa.

En la perforación a rotación por circulación inversa los lodos, después de sufrir una decantación en la balsa, descienden por gravedad hasta el fondo del sondeo, para regresar a la superficie cargados de detritus por el interior del varillaje. Este sistema requiere la ayuda de una bomba de aspiración, que suele estar combinada por inyección de aire comprimido a través de ranuras auxiliares del varillaje, con lo que se consigue una menor densidad en el tramo ascendente del fluido y por tanto una mayor velocidad de ascensión.

5.1.3. Sondeos a rotopercusión

Esta técnica combina los dos métodos anteriores, rotación y percusión.

Utiliza un martillo de fondo, accionado por la inyección de aire comprimido, que se encuentra sometido al mismo tiempo a un efecto de giro transmitido por el varillaje desde la superficie. El aire al salir por las lumbreras de escape del martillo, asciende por el espacio anular del sondeo arrastrando los detritus de perforación, al mismo tiempo que ejerce una acción de lubricado del mecanismo de perforación. Junto con el aire comprimido se emplea espumante y agua con objeto de ayudar a la acción de limpieza del sondeo.

5.1.4. Terminación de sondeos

5.1.4.1. Entubación, ranurado y cementación

La entubación consiste en el revestimiento, aislamiento o protección de las paredes de la obra. Su finalidad es:

- Impedir el derrumbe de las paredes del sondeo.
- Aislar acuíferos de diferente calidad o niveles piezométricos.
- Evitar pérdidas de circulación.
- Aislar zonas peligrosas de gran plasticidad y expansibilidad.

El entubado puede ser, según la función desempeñada de tres tipos: auxiliar, provisional y definitivo:

- **Auxiliar:** Se utiliza durante la perforación y se suele recuperar al terminar ésta. A veces puede quedarse en el sondeo como tubería definitiva, o bien por imposibilidad de extracción.
- **Provisional:** Se utiliza para aislar acuíferos y poder estudiar sus características independientemente.
- **Definitiva:** Es la que se instala al final de la perforación y queda para la explotación de la captación.

Las tuberías más frecuentes suelen ser metálicas aunque se utilizan también las de PVC en sondeos con aguas de especial agresividad y en algunos abastecimientos urbanos.

El diámetro de la entubación vendrá condicionado por el de la perforación así como por el diámetro de la bomba a instalar.

El espesor de la pared de la tubería dependerá de los esfuerzos a que se encuentre sometida. En general suele estar entre los 5 y los 8 mm.

La **cementación** es la colocación y fraguado de suspensiones de cemento en determinadas zonas de un pozo. Tiene diversas finalidades:

- **Aislar la zona superior del pozo no productora.** Con ello se evita:
 - Las diversas formas de contaminación por fluidos superficiales a través del espacio anular y, en su caso, macizo de arena y grava (prefiltro).
 - Los desprendimientos del terreno hacia las zonas de admisión (filtros).
 - Disminuir la corrosión en las tuberías de revestimiento protegiéndolas del colapso.
- **Evitar siempre que interese la comunicación entre acuíferos.** Algunas razones pueden ser:
 - Sellar acuíferos contaminados que por su mayor o menor potencial hidráulico pueden inyectar a través del pozo aguas a acuíferos no contaminados.
 - Impedir el vaciado incontrolado y perpetuo a otro nivel o acuífero superior por flujo ascendente de un acuífero inferior con mayor potencial hidráulico.
- **Cementación entre tuberías** para evitar comunicaciones no deseables entre diversos acuíferos superpuestos.
- **Taponar el fondo del pozo.**

Rejillas y filtros.

Las rejillas son tubos metálicos filtrantes que juntamente con la tubería de revestimiento constituyen la columna del sondeo.

El filtro, además de permitir la entrada del agua al interior del sondeo, sirve de contención de la grava artificial, permite el desarrollo del pozo, mantiene las paredes de la perforación y, sobre todo, evita el arrastre de materiales que no se desea eliminar.

Como regla general, las rejillas deben colocarse enfrentadas a los niveles permeables y abarcando la máxima potencia posible del total de la formación acuífera.

La abertura de las rejillas es función del diámetro de los granos de la formación, y del tanto por ciento del material que se desee eliminar durante el desarrollo.

5.1.4.2. Empaque de gravas

Los sondeos perforados en formaciones acuíferas detríticas no consolidadas, constituidas esencialmente por arenas y gravas de diversos tamaños, precisan de la colocación de un macizo de grava filtrante.

Se coloca un filtro artificial de gravas debidamente clasificadas entre las paredes de la perforación y el entubado del sondeo.

El empaque de gravas, además de servir de contención de las paredes del pozo, actúa como filtro para impedir que se provoquen arrastres de materiales sólidos durante la explotación del sondeo, que deteriorarían los equipos de bombeo.

5.1.5. Riesgos laborales derivados del puesto de trabajo Sondista

- Exposición vía dérmica por contacto con sustancias irritantes.
- Golpes e impactos por caídas durante el traslado y uso inadecuado de las herramientas manuales y equipos de trabajo.
- Pisadas sobre objetos.

- Contacto eléctrico directo e indirecto.
- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación (varillaje, herramientas, cajas de muestras, etc.).
- Choques contra objetos móviles e inmóviles.
- Golpes o cortes con objetos o herramientas.
- Golpes y atropellos por puesta en marcha imprevista de las máquinas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por elementos móviles de la máquina.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- Contactos térmicos con el tubo de escape.
- Incendios o explosiones.
- Sobreesfuerzos por el manejo de cargas pesadas (varillas y cajas porta testigos, extracción de testigos, etc.).
- Trabajos al aire libre en condiciones meteorológicas adversas (frío, lluvia, calor, etc.).
- Exposición a ruidos en proximidad de la máquina de sondeos.

5.1.6. Medidas preventivas en las actividades de Sondeo

Medidas preventivas a llevar a cabo en el emplazamiento del equipo:

- La plataforma de emplazamiento de la máquina será estable y lo más plana y horizontal posible, disponiendo de un área adecuada para el fácil desarrollo de los trabajos.
- El lugar de emplazamiento del sondeo se elegirá cerciorándose de la inexistencia de conducciones subterráneas, agujeros, cortes de terreno, taludes inestables, charcas, barrizales u otros peligros, y suficientemente alejado de líneas eléctricas aéreas en servicio. Nunca se situará a menos de 2 m de un corte de terreno.
- El tamaño de los emplazamientos deberá ser lo suficientemente resistente para soportar las cargas máximas a las que pudiera estar sometido durante la ejecución del sondeo. En caso contrario se preparará una cimentación adecuada a la máquina.
- Alrededor de los emplazamientos se efectuarán pequeñas obras de encauzamiento del agua de escorrentía, así como las necesarias para el drenaje del agua de lluvia sobre el área de trabajo o las procedentes del propio sondeo.
- El camino de acceso al área de trabajo deberá estar preparado adecuadamente para la circulación segura de vehículos auxiliares y personal.
- La zona de trabajo se aislará y balizará perimetralmente mediante barreras, soportes verticales o cinta de balizamiento respetando las distancias de seguridad.
- Se verificará que la máquina oruga se desplace por un camino seguro y resistente para alcanzar la zona de realización de los sondeos y que disponen de capacidad de la máquina, el sendero o el camino a recorrer.
- Para poder arrancar la máquina debe estar correctamente nivelada y estabilizada con los gatos de estabilización.
- Las maniobras a realizar por vías públicas, o por zonas donde circulen otros vehículos, serán coordinadas en todo momento por dos señalistas mediante señales manuales de dos caras (Discos de paso/Stop).
- En caso de afección a viales, se señalizará dicha zona según lo establecido en la Norma 8.3-IC de Señalización de obras.
- Cuando se interfiera con caminos peatonales se balizará y señalizará correctamente el perímetro de la máquina y la entrada a los caminos, debiendo dejar servicio a los terrenos que dan al camino.
- Cuando se interfiera con el paso de peatones se habilitarán zonas de paso.
- La máquina siempre se debe trasladar con el mástil en su posición horizontal y los cilindros de nivelación totalmente elevados. Se evitará la realización de desplazamientos con el mástil elevado o los cilindros de nivelación extendidos, para evitar desequilibrios de la máquina o enganches o contactos eléctricos del mástil con alguna línea eléctrica.
- La máxima pendiente por la que se puede desplazar la máquina de manera segura es de 25° longitudinalmente y 20° lateralmente. Siempre se atenderá a lo especificado por el fabricante en el manual de instrucciones.
- Todos los accesorios de perforación, especialmente varillaje y tubos, deberán estar perfectamente inmovilizados.
- Antes de realizar cualquier maniobra, el operador de las máquinas deberá asegurarse de que no existan personas u obstáculos próximos a las máquinas.
- El personal de operación deberá conocer el gálibo y dimensiones de las máquinas, así como su peso, en relación con posibles limitaciones en el itinerario de desplazamiento.
- Deberá inspeccionarse con frecuencia, durante los desplazamientos, los sistemas de inmovilización de las barrenas o tubos de perforación.
- Se deberá prestar atención a la existencia de posibles canalizaciones o conducciones subterráneas en el itinerario de desplazamiento.

- Se observará la existencia de líneas eléctricas aéreas. Las máquinas deberán mantenerse a una distancia de seguridad mínima de 5-7 m de las líneas eléctricas aéreas, dependiendo de su tensión.
- Durante el transporte el operador ocupará el lugar de conducción designado por el fabricante. No se permitirá la presencia de personas no autorizadas sobre las máquinas durante el transporte.

Normas o medidas preventivas en el entorno de trabajo:

- Los sondistas utilizarán en todo momento en los trabajos en campo vestuario de alta visibilidad y en caso de realizar mediciones en cercanías de carreteras, pistas y similares, con vehículos en movimiento, se procederá a señalizar y delimitar las zonas de trabajo previo al comienzo de los mismos. En caso necesario se nombrará a señalistas al objeto de dirigir el tráfico cercano.
- En caso necesario, se debe acceder al lugar de medición y/o clavado de estacas por zonas más transitables, evitándose el acceso por taludes o zonas abruptas o de difícil acceso. Se utilizarán gafas de protección en desplazamientos entre la maleza. El acceso entre matorrales se realizará despejando previamente la zona. Si existe riesgo de caída a diferente nivel en los accesos, se utilizarán EPI de protección contra caídas.
- Cuando las inclemencias meteorológicas no permitan la realización del trabajo en condiciones seguras, se suspenderán los trabajos (cercanía de tormenta eléctrica, fuertes lluvias y/o vientos, lugares helados y/o con niveles de nieve importantes).
- Delimitar las zonas de paso junto a la vertical de trabajos que puedan ocasionar la caída de objetos o herramientas al vacío (desencofrado, trabajos de limpieza, etc.).
- Se prohibirán trabajos simultáneos en la misma ladera y en la misma vertical de un terraplén, montaña, etc. para evitar atrapamientos por vuelco de maquinaria, desprendimiento de rocas y similares.
- Se coordinarán los trabajos entre los diferentes tajos, en los que se generen interferencias que puedan ocasionar accidentes.
- Los componentes del equipo de sondeo en sus desplazamientos y trabajos en campo dispondrán de equipos de comunicación en todo momento.
- En trabajos cercanos a líneas eléctricas se comprobará previamente a los mismos la distancia vertical desde el cable a zona de trabajo (se descontará la longitud de estacas y otros elementos a utilizar), al objeto de evitar contactos directos y/o arcos eléctricos con los mismos. En caso de ser líneas de alta tensión de menos de 66 Kv, la distancia de seguridad será como mínimo de 3 m. y para líneas de más de 66 Kv, la distancia mínima será de 5 m. (En caso de existencia de árboles bajo líneas de alta tensión se comprobará que las distancias son mayores a las indicadas, en caso contrario se suspenderán los trabajos hasta que se garantice la seguridad de los operarios).
- En zonas con riesgo de caída de materiales se dispondrá de marquesinas u otras medidas que eviten el impacto de dichos materiales con los operarios.
- Se protegerán los huecos existentes en el suelo destinados al paso de instalaciones, bajantes, etc. mediante tabloncillos de madera adecuadamente fijados o mallazo de cuadrícula pequeña. Los huecos de mayores dimensiones se protegerán con barandillas, redes horizontales o mallazo continuo. En desniveles con riesgo de caída inferior a los 2 m. se señalizarán perfectamente.
- En el caso de que exista riesgo de caída de más de 2 m se fijará una barandilla sólida que impida las caídas o se adoptarán medidas con protección similar.
- Las esperas de las estructuras de hormigón armado, estarán protegidas mediante “setas” que eviten que el trabajador se las pueda clavar.
- Las escaleras portátiles tendrán una longitud suficiente (1 m sobre la zona de desembarco), con zapatas antideslizantes, y fijadas en su parte superior e inferior, así como una inclinación de $\frac{1}{4}$.
- Las conducciones eléctricas serán conformes al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Se prestará la máxima atención al cableado continuo y sin peladas, así como en la correcta puesta a tierra. El conjunto de cables no entorpecerá el paso. Las uniones entre conductores y entre estos y los cuadros eléctricos se realizarán mediante conexiones macho-hembra con un índice de protección de al menos IP-55. Los cuadros eléctricos permanecerán cerrados, señalizado el riesgo eléctrico y con protección de las partes activas, así mismo los metálicos estarán puestos a tierra, incluida la puerta.

Acopios:

- Los equipos y materiales se mantendrán ordenados y se establecerán lugares de acopio adecuados, de modo que se eviten tropiezos, y siempre dejando pasillos libres para el paso. Siempre que la zona de ubicación lo permita, se aconseja que la distancia entre los caballetes donde se acopian los tubos y la zona de mandos y de actuación sea de 2,5 m. Cuando no pueda ser, se deberá tener en cuenta en el momento de trabajar en la zona de perforación para evitar caer sobre los tubos o los caballetes si se resbala o se sale despedido por un fallo de agarre de la herramienta.
- Las varillas se colocarán ordenadamente, de manera que no deslicen, en la zona destinada al acopio de materiales.
- Las cajas porta-testigos se almacenarán ordenadamente en un lugar donde no constituyan obstáculo en las vías de paso o en el área de trabajo.

Actuaciones y comprobaciones previas:

- Antes de efectuar el levantamiento y montaje de la sonda se comprobará el estado de todos los componentes del equipo, sustituyendo los que se encuentren defectuosos antes de la puesta en marcha de la máquina. Especial atención se pondrá en los elementos de unión, tornillos, manguitos hidráulicos, pernos y tuercas, torre, varillaje, tapones, montera, machos, llaves, cables, etc.
- El cable del cabrestante debe ser metálico, antigiratorio y flexible. Su resistencia debe ser menor que la de la torre o pluma. El buen estado del cable deberá comprobarse diariamente y siempre antes del inicio de los trabajos. Deberá ser sustituido si presenta algún deterioro o vicio (coca).
- Las varillas utilizadas deben retirarse cuando presenten alguna de las circunstancias siguientes:
 - Estén torcidas en más de 2 mm por metro lineal.
 - Presenten una abolladura o grieta detectable a simple vista, o un cordón de soldadura desgastado.
 - Presenten corrosiones profundas.
 - A simple vista se vea que las roscas están desgastadas.
- Se dispondrá en los vehículos oruga de algún contenedor resistente y adecuado para el transporte de las varillas y que evite su desprendimiento durante los desplazamientos. Para poder mover la máquina deberán estar todas las varillas correctamente sujetadas o amarradas, teniendo en cuenta los posibles desplazamientos laterales del varillaje.
- Todos los elementos móviles y accesibles de las máquinas, deben de estar protegidos mediante resguardos y/o dispositivos de seguridad, que impidan entrar en contacto con los mismos. Se deben mantener estos resguardos y/o dispositivos en buen estado. No podrán ser eliminados o retirados, salvo autorización para actuaciones que así lo requieran.
- Las máquinas deben contar con dispositivos de parada de emergencia fácilmente accesibles.
- Se utilizarán herramientas adecuadas al trabajo a realizar.
- Se deben prever medios mecánicos para el traslado y movimiento de equipos auxiliares pesados.
- Los vehículos empleados para el traslado de equipos auxiliares a la zona de trabajo, deberán estar dotados de medios de amarre adecuados para evitar el deslizamiento o caída imprevista del material.
- Si los trabajos se prolongan hasta oscurecer, se deberá prever una iluminación adecuada en la zona de trabajo. De lo contrario se tendrán que suspender los trabajos.
- Medidas de seguridad en el arranque:
 - Deberá comprobarse la ausencia de personas innecesarias en las máquinas o en su proximidad.
 - Deberá inspeccionar la posición de todos los mandos de control, así como las posibles señales o etiquetas de advertencia existentes en la máquina.
 - La máquina deberá ser arrancada solamente por personal autorizado y desde el lugar adecuado.
 - No se debe abandonar las máquinas arrancadas mientras se está trabajando.

Medidas preventivas durante la realización de sondeos:

- Los sondistas se ubicarán siempre, durante el desplazamiento de la máquina, en la parte más alejada al borde de las excavaciones o zanjas.
- Se bloqueará el movimiento de los vehículos oruga y se impedirá cualquier puesta en marcha imprevista.
- Una vez realizado el emboquillado del taladro, antes de iniciar la perforación, el personal de ayuda (ayudante de sondista) deberá alejarse del radio de acción de la maniobra de perforación (distancia mínima 5 m por delante del punto de perforación), o podrá situarse por detrás de la máquina y así será la máquina la que lo proteja, permaneciendo junto a los mandos de la máquina sólo el operador sondista.
- En ningún momento los ayudantes de sondista deberán aproximarse a las partes móviles de la máquina, mientras se encuentran perforando o extrayendo el varillaje, evitándose con ello posibles atrapamientos entre objetos. Para poder acercarse el varillaje deberá estar parado, sin girar.
- Los sondistas antes de iniciar una operación comprobarán que el ayudante se encuentra en una zona segura y sin riesgo. Hasta no cumplirse tal circunstancia el sondista no podrá iniciar las operaciones.
- En caso de que el ayudante de sondista deba realizar alguna operación auxiliar, lo hará bajo la supervisión del sondista y con su consentimiento. De no ser así no se podrá realizar dicha operación.
- Las operaciones auxiliares o de ayuda, tan sólo se podrán realizar cuando la máquina esté parada y no exista peligro de atrapamiento.
- Ningún operario subirá a la torre de perforar para realizar cualquier servicio. En caso necesario deberá bajarse la torre y posicionarse horizontalmente. De no poder bajarse la torre los operarios tan solo podrán acceder a la misma mediante un arnés con dispositivo anticaídas correctamente enganchado a un cable fiador vertical fijado a un punto fijo en la parte superior de la torre.
- Las operaciones de enroscado y desenroscado manual del varillaje y útiles de perforación, deberán hacerse siempre con el motor de rotación parado.
- En ningún caso se utilizarán los medios y herramientas para fines distintos a los que estén destinados.
- Las operaciones de mantenimiento deberán ser realizadas por personas formadas y autorizadas para ello.

- Al hacer fuerza con una herramienta, se deberá prever la trayectoria del cuerpo o de las manos para el caso de que aquella se escape.
- En la realización de las operaciones de recuperación de la tubería que ha quedado trabada, el sondista deberá cumplir las siguientes medidas preventivas:
 - Las operaciones deberán realizarse tan sólo con la cabeza de rotación, quedando prohibido utilizar el cabrestante para tales fines.
 - Mientras se estén realizando las operaciones de enganche, giro y extracción de la tubería, el Sondista no permitirá que su ayudante esté a una distancia inferior a 7 m de dicha zona de actuación.
 - En caso de que el sondista estime oportuno que el ayudante realice alguna operación auxiliar (giro de tubería con la llave grifa, etc.), deberán realizarse con la máquina parada.
 - Una vez realizadas las operaciones auxiliares pertinentes y antes de ponerse de nuevo la máquina en funcionamiento, el sondista deberá exigir al ayudante que se sitúe a una distancia mínima de 7 m de la zona de actuación, sólo cuando se encuentre a dicha distancia se podrá poner en funcionamiento la máquina.
 - Las operaciones de enganche de la tubería cuando se queda trabada, se llevarán a cabo con el ayudante del sondista situado a (distancia mínima 5 m por delante del punto de perforación), o podrá situarse por detrás de la máquina y así será la máquina la que lo proteja (pues en dichas operaciones puede escaparse el tapón o el macho utilizado para sacar la tubería e impactar con el ayudante del Sondista si se encuentra dentro de la zona de actuación de la máquina).
- Es obligatoria la sustitución de la montera cuando tenga pérdidas.
- No se interpondrán las extremidades entre los elementos de la máquina en movimiento y los cables accionados por los mismos.
- Durante la extracción de testigos, se depositarán los tubos sacatestigos sobre un lugar o plataforma próxima al sondeo y limpia (a una distancia de la máquina que garantice que el personal que se encuentra trabajando no se vea afectado por la realización del sondeo).
- En las maniobras de elevación, los operarios se mantendrán alejados de la vertical del cable y gancho de elevación.

EPI:

- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Guantes de protección frente a riesgos mecánicos. Para evitar golpes por la maza y para evitar que las astillas de las estacas se claven y en tareas de despeje de matorrales y similares.
- Ropa de alta visibilidad (Chaleco y/o chaquetón y/o impermeable). Destinado a evitar atropellos por deficiente visibilidad al trabajar en cercanías de maquinaria móvil y/o vehículos en circulación.
- Gafas de protección antiproyecciones. Destinado a evitar que partículas y/o ramas lesionen los ojos en el clavado de estacas o en la circulación por lugares con vegetación.
- Arnés de seguridad, elementos de amarre, dispositivos anticaídas, absorbedores de energía, etc. En trabajos en altura con riesgo de caída no protegido mediante sistemas colectivos.
- Protección auditiva. Utilización maquinaria de sondeo.

Protecciones colectivas:

- Los trabajos de sondeo se realizan en zonas específicas acotadas y reservadas respecto a otros oficios.
- Se señalizarán las zonas de trabajo.
- Se balizará para evitar interferencias con otros procesos constructivos o industriales.
- Mantenimiento de distancias de seguridad a fin de no invadir una zona de incertidumbre respecto a proyecciones. La distancia convenida es de 5 m si el operario ve el punto de perforación y de 2,5 m en caso de que el cuerpo de máquina se interponga entre hombre y punto de sondeo.

6. Principales técnicas de mejora del terreno. Riesgos y medidas preventivas

6.1. Precargas

El método de precarga consiste en someter al terreno a una presión aplicada en la superficie antes de colocar la carga estructural, con la finalidad de aumentar la densidad del mismo, disminuir los asentamientos que pueden originar posteriormente las construcciones y, en consecuencia, aumentar la capacidad portante.

Suele realizarse mediante rellenos de tierra o mediante la colocación de tanques de agua sobre la superficie.

Estos sistemas se suelen utilizar para acelerar la consolidación de terrenos cohesivos blandos, aunque también se aplican para la mejora de rellenos, limos orgánicos e inorgánicos, turbas, etc.

Se requiere un estudio minucioso del terreno que se va a consolidar para poder predecir la magnitud de los asientos y el tiempo de consolidación.

Puede ser la solución más viable cuando el terreno tiene una capacidad portante insuficiente y las cargas de las futuras construcciones son ligeras y uniformes. Sin embargo, presenta los siguientes inconvenientes:

- Excesivo plazo de ejecución. Este tiempo se reduce mediante la instalación de drenes verticales, pero esta solución aumenta el coste del tratamiento.
- El tratamiento afecta a instalaciones y estructuras próximas, pudiendo originar asientos inadmisibles en sus cimientos. En el caso de pilotes origina esfuerzos laterales y/o rozamiento negativo.

Entre las distintas posibilidades de precarga, que trata de forzar y controlar la consolidación del terreno, son habituales las basadas en:

- Terraplén de tierras. Método de uso habitual si se dispone de los materiales apropiados en las inmediaciones de la obra; se trata, en definitiva, de colocar un terraplén que posteriormente habrá de ser retirado. Generalmente se combina el terraplén con un drenaje apropiado para acelerar la consolidación, con o sin bombeo.
- Llenado de tanques. Si la estructura a construir es un tanque de almacenamiento, u otra aplicación similar, puede utilizarse entonces el propio llenado de los tanques para forzar el asiento del terreno de forma que se pueda controlar las deformaciones del terreno sin malograr la estructura.
- Anclajes. En este caso se trata de aplicar una carga al terreno a través de una losa de hormigón, situada en superficie del mismo, mediante el tensado de una serie de anclajes cuyo bulbo de reacción se encuentra incorporado al terreno a suficiente profundidad; el efecto es, en definitiva, una deformación previa del mismo.
- Rebajamiento del nivel freático. Se trata de disminuir la presión del agua intersticial mediante un proceso de bombeo en zanjas o, más habitualmente, en pozos; ello supone el aumento de la tensión efectiva actuante sobre el terreno y, en consecuencia, forzar la deformación correspondiente.
- Vacío. Consiste fundamentalmente en aislar la zona de actuación mediante una membrana de sellado. Se aplica un cierto nivel de vacío a la parte inferior de la membrana en contacto con el terreno; con ello se logra disminuir la presión de agua intersticial en el terreno y, en consecuencia, aumentar la tensión efectiva con el consiguiente asiento en dicho terreno.

Cuando el suelo blando esté saturado, es necesario mantener aplicada la precarga durante el tiempo preciso para que la compresión efectiva sea la deseada. El tiempo de espera puede ser en ocasiones incompatible con el plan de construcción deseado. Este grave inconveniente puede paliarse acelerando artificialmente la consolidación mediante el uso de “mechas drenantes”.

6.2.Mechas drenantes

Descripción:

Las mechas drenantes son drenes prefabricados que se hincan en el terreno blando a consolidar y que permiten recoger el agua y conducirla, sin apenas pérdida de carga, hacia el exterior. Normalmente el agua se recoge en una capa o tongada libremente drenante colocada, a estos efectos, en la superficie del terreno (base de la precarga en su caso).

En ocasiones, la presencia de costras desecadas superficiales, o de algún horizonte o estrato duro intercalado o que cubre el terreno blando, puede hacer necesario realizar perforaciones auxiliares para facilitar la hincada de las mechas.

El uso principal de las mechas drenantes es el de acelerar el proceso de consolidación para disminuir en forma significativa el tiempo de asentamientos de terraplenes sobre suelos blandos, pasando de plazos entre 5 a 25 años, al de unos pocos meses, según la disposición de drenes que se emplee. En el proceso de consolidación el suelo mejora también sus propiedades de resistencia al corte.

Se utilizan en suelos como limos, arcillas, limos y arcillas orgánicas, turba y fangos.

Los equipos de instalación consisten en mástiles de empuje estático que se montan sobre la máquina base de retroexcavadoras o grúas.

Los suelos blandos saturados, sometidos a cargas o precargas, han de expulsar agua para ganar la consistencia suficiente para construir la obra en cuestión. El agua circularía naturalmente hacia los extremos permeables, normalmente el superior, inferior y los laterales del área precargada y ello puede implicar caminos o recorridos del agua demasiado largos, que podrían requerir tiempos superiores a los compatibles con la realización de las obras en cuestión.

En aquellos casos en los que los plazos de espera de las precargas sean, según las estimaciones realizadas, demasiado largos, se estudiará la conveniencia de reducirlos mediante la disposición de mechas drenantes, hincadas a través del terreno blando a consolidar.



Imagen 3. Mechas drenantes.



Imagen 2. Carrete de mecha.

Riesgos:

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados durante el transporte e izado.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes y cortes con objetos. Manipulación de herramientas de corte para cortar la mecha. Golpe con carrete de mecha drenante y boca perforadora.
- Proyección de partículas.
- Contactos eléctricos.
- Quemaduras.
- Incendios.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos por manipulación de los rollos de mechas drenantes.
- Golpes contra objetos móviles: grúa o retro.
- Atropellos: grúa o retro.

Medidas preventivas:

- En todo momento se mantendrán las áreas de trabajo limpias y ordenadas.
- Previamente al inicio de los trabajos se resolverán las posibles interferencias de los carriles con canalizaciones de servicios existentes.
- El personal debe conocer el sistema constructivo a ejecutar y será dirigido por un Capataz especialista.
- Toda la maquinaria deberá montarse sobre base firme y nivelada.
- Queda prohibido terminantemente permanecer en el radio de acción de las máquinas.
- Quedará prohibida la ubicación de personal bajo cargas y toda maniobra de transporte se realizará bajo la vigilancia y dirección de personal especializado y conocedor de los riesgos que estas operaciones conllevan.
- Se izará de forma vertical, evitando arrastres y enganchones inclinados.
- Cuando sea preciso guiar o presentar manualmente algún elemento suspendido, se extremarán las precauciones para evitar movimientos bruscos o pendulares.
- No se utilizarán las manos para guiar o presentar elementos.
- Las cadenas, ganchos, cables, cuerdas y demás aparatos de izar se revisaran periódicamente para asegurar el buen estado de los mismos.
- Siempre que se note alguna anomalía en los equipos, se dará aviso al encargado de los trabajos.

- El acopio de tuberías se realizará de forma que quede asegurada su estabilidad, empleando para ello calzos preparados al efecto. El transporte de tuberías se realizará empleando útiles adecuados que impidan el deslizamiento y caída de los elementos transportados. Estos útiles se revisarán periódicamente, con el fin de garantizar su perfecto estado de empleo.

EPI:

- Casco.
- Guantes.
- Botas de seguridad.
- Protección auditiva.
- Gafas de seguridad.
- Ropa de alta visibilidad (chaleco).

Protecciones colectivas:

- Vallado y señalización de la zona de trabajo e influencia.
- Calzos para acopios de tubos.

6.3. Vibración profunda**6.3.1. Vibrocompactación.**

Es una técnica de mejora del terreno por vibración profunda del suelo que produce la densificación de suelos no cohesivos. La vibrocompactación es aplicable en suelos granulares con porcentajes de finos menores de entre 10 y 15%.

La técnica consiste en la introducción de un equipo vibrador en el terreno hasta la profundidad deseada, el cual densifica el terreno circundante mediante la transmisión de un elevado nivel de energía vibratoria y al desplazamiento lateral del terreno.

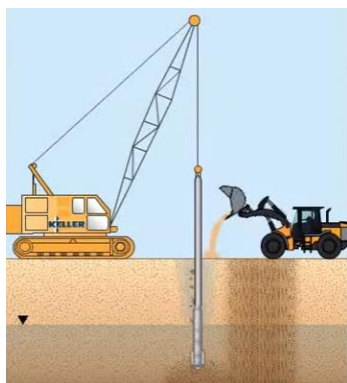


Imagen 4. Equipo de vibrocompactación.

Descripción del equipo. El equipo mecánico consta de 3 partes fundamentales:

- Un vibrador, suspendido de la pluma de la grúa.
- Un sistema de inyección de agua o aire por medio el cual circula el fluido encargado de facilitar la penetración del aparato. Este sistema de inyección es introducido por la parte superior de los tubos de prolongación hasta la punta del vibrador. Existen sistemas más modernos que incluyen salidas de aguas por los costados de los tubos llamadas toberas con el fin de cooperar con el avance de los tubos de acero.
- Un aparato de soporte, este puede ser un grúa o estructura capaz de soportar las cargas.

Por último, se debe agregar un conector de material elástico ubicado entre el vibrador y los tubos de prolongación, con el fin de aislar de los movimientos la parte que se encuentre más cerca de la superficie para evitar daños o impactos en la estructura.

Entre los riesgos de esta actividad cabe destacar:

- Caída del vibrador suspendido de la pluma de la grúa, durante su montaje y manejo.
- Golpes con el vibrador durante su desplazamiento.
- Vuelco o hundimiento del equipo durante su desplazamiento o al modificar las condiciones del terreno.

- Ruido y vibraciones, tanto para el operador del equipo de compactación como para el operario de la pala cargadora durante el vertido del material de aporte.
- Concurrencia de actividades entre la pala y el vibrador, con afección por el desplazamiento del terreno, golpes y proyecciones, caída del vibrador suspendido.

Las medidas preventivas más comunes son:

- Posicionamiento adecuado del equipo de vibrocompactación en el terreno.
- Delimitación y protección de la zona de ejecución de los trabajos.
- Quedará prohibida la ubicación de personal bajo cargas y toda maniobra de transporte se realizará bajo la vigilancia y dirección de personal especializado y conocedor de los riesgos que estas operaciones conllevan.
- Se izará el vibrador de forma vertical, evitando arrastres y enganchones inclinados.
- El ayudante no estará en proximidad con el equipo en funcionamiento.

En general, estos sistemas comparten gran parte de los riesgos y medidas preventivas, por lo que no se repetirán en cada uno de los sistemas.

6.3.2. Vibroflotación.

La vibroflotación consiste en un sistema que posee un vibrador que es suspendido mediante tubos desde una grúa, el cual es introducido en el terreno a compactar gracias a su propio peso y un chorro de agua que sale desde la punta a gran presión. A medida que el vibrador avanza, el terreno es desplazado y una parte sale hacia la superficie hasta que el vibrador llega a la profundidad deseada. Una vez ahí, se detiene total o parcialmente el flujo de agua y se comienza a vibrar la porción de suelo hasta obtener la compactación deseada, en general se obtiene un primer índice de compactación registrando un cierto nivel de energía necesaria para seguir compactando, siendo éste el parámetro para definir el término de la compactación de la zona a vibrar. Posteriormente, se comienza a desplazar verticalmente el vibrador entre 50 y 120 cm, dependiendo de la exigencias, y se repite el proceso de vibrado subiendo y bajando el vibrador para generar aún más compactación, gracias a la carga de compresión que ejerce el vibrador sobre las partículas, y también de permitir el descenso de los granos por los costados del vibrador. Al llegar el vibrador a la parte superior, se ha generado un cono en la superficie del terreno por lo que es necesario rellenar con material aportante para compensar aquel descenso producto de la densificación del terreno.

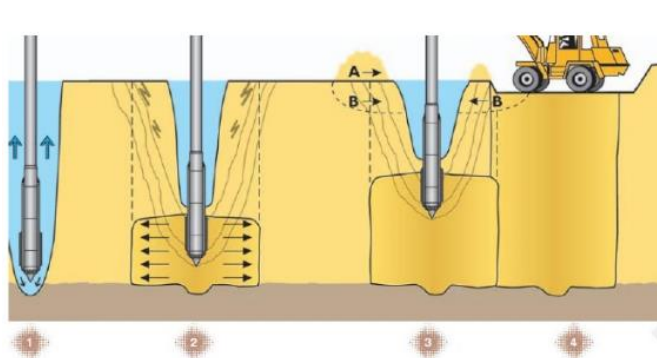


Imagen 5. Vibroflotación.

Normalmente, ambas técnicas requieren de una compactación posterior con compactador de rodillos.

Comparte riesgos con el sistema anterior, adicionalmente a los riesgos derivados del uso del compactador de rodillos.

6.4. Compactación dinámica

Su uso no está muy generalizado. Se trata, en este caso, de utilizar la energía potencial de una masa metálica, típicamente de varias toneladas, dejándola caer sobre el terreno en el mismo punto varias veces hasta obtener el asiento deseado. Es necesario utilizar una grúa apropiada para subir la masa hasta la altura prescrita y dejarla caer aproximadamente en el mismo punto del terreno, ello supone un control preciso de la grúa.

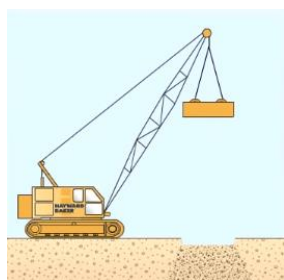


Imagen 8. Compactación dinámica. Masa alzada.

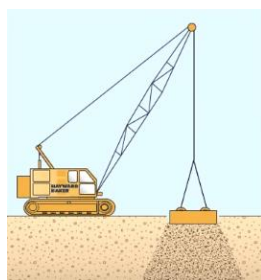


Imagen 7. Compactación dinámica. Caída de la masa.



Imagen 6. Compactador dinámico.

Se extiende material sobre las áreas en que ha caído la carga compactante, se nivela, se riega, y finalmente se pasa el pisón de rodillo liso.

Riesgos más frecuentes:

- Polvo.
- Ruido y vibraciones.
- Caída incontrolada de la plancha metálica o carga por estrobo defectuoso, movimientos bruscos del compactador, etc.
- Vuelco o hundimiento del compactador dinámico al pisar sobre las áreas en que ha caído la carga compactante, o por modificación del terreno.
- Golpes con la carga compactante.
- Riesgos derivados del uso del pisón de rodillo liso.

Medidas preventivas:

- Cada vez que cae la plancha con la carga, se hace sonar un aviso acústico.
- En ocasiones, la plancha con la carga puede ir afianzada con vientos laterales.
- No podrá haber nadie en las inmediaciones del equipo durante la caída de la carga compactante.
- Riego del terreno para reducir la formación de polvo.

6.5. Inyecciones

Las inyecciones más frecuentes son las de lechada de cemento (con bentonita, arcilla u otros aditivos), aunque en ocasiones se utilizan también inyecciones de productos químicos.

La introducción de lechadas en el terreno puede realizarse mediante las siguientes técnicas:

- **Impregnación:** La inyección discurre por los poros del suelo o por las fisuras de las rocas. Así son tratables suelos o macizos rocosos bastante permeables.
- **Fracturación hidráulica:** La lechada se fuerza con altas presiones, que abren las salidas del tubo de inyección en puntos concretos (manguitos) y rompen el terreno mediante fracturación hidráulica para que la lechada cree una “laja” del producto inyectado, que posteriormente endurece. Las consecuencias de la fracturación del terreno normalmente serán mínimas pero no son fáciles de acotar. Las inyecciones de fracturación son poco aconsejables en terrenos cuya estabilidad natural es precaria.
- **Compactación:** Una mezcla espesa (generalmente un mortero de cemento) se fuerza con presiones altas para que desplace el terreno densificándolo. Normalmente estas inyecciones se realizan para reducir (compensar) los asientos de superficie que provocan las excavaciones de los túneles, por ello, en tales casos se suelen denominar también inyecciones de “compensación”.

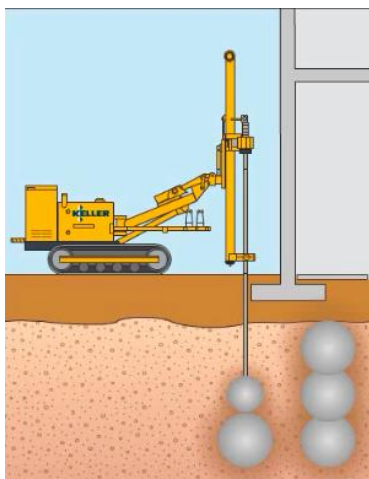


Imagen 9. Inyección.

6.6. Inyecciones de alta presión (jet-grouting)

6.6.1. Descripción

Es una técnica de alta presión para disgregar el suelo o roca poco compacta, mezclándolo y sustituyéndolo por lechada de cemento, así se van llenando huecos y discontinuidades.

Básicamente se expulsan chorros de lechada de cemento (grout) a través de unas toberas a velocidades muy altas, logrando así la rotura del terreno y su íntima mezcla con el mismo.

El proceso consta de dos fases una primera de perforación y una segunda de extracción con inyección simultánea:

- **Perforación.** Varillajes equipados con monitor y broca de perforación se utilizan para ejecutar la perforación del Jet Grouting hasta la profundidad necesaria, controlando la inclinación y el diámetro necesario para garantizar la evacuación de la resurgencia. Normalmente la mezcla de lechada se utiliza como fluido de perforación para estabilizar la perforación durante el proceso de excavación. En fábricas de ladrillo y en hormigón, se utilizan bocas de perforación especiales. Generalmente la perforación se realiza a destroza hasta conseguir la profundidad máxima. Este sistema depende de la calidad del material a atravesar, por lo general será a rotación con tricono o trialeta para suelos y rocas blandas y rotopercusión con martillo en cabeza para gravas, rocas duras y materiales artificiales. Por encima de la herramienta inferior de corte, se ubica una válvula especial de eyección que está compuesta por una o más toberas ortogonales al eje del varillaje.
- **Inyección.** La inyección de fluidos a muy alta velocidad y disgregación del suelo empieza en el extremo inferior del elemento. El exceso de la mezcla de suelo y cemento es empujado a la superficie a través del espacio anular entre el varillaje y la pared de la perforación. Los parámetros de ejecución preseleccionados se controlan y comprueban constantemente.

Mezcla. Para todos los tipos de Jet Grouting la lechada de cemento se inyecta simultáneamente con el proceso de erosión del suelo. Los monitores de inyección, dotados de un movimiento programado de rotación y al mismo tiempo de extracción del varillaje, permiten la realización de la columna de terreno tratado según los parámetros establecidos, formando una mezcla uniforme de la lechada con el suelo dentro de la zona de tratamiento.

Como resultado se obtiene una columna de terreno cementado en cada punto sometido a tratamiento, cuyas dimensiones y resistencia se encuentran en función del tiempo insumido en enviar los chorros de inyección, variando velocidades de extracción y rotación del varillaje, como también la dosificación y presión de la mezcla inyectada en el terreno.

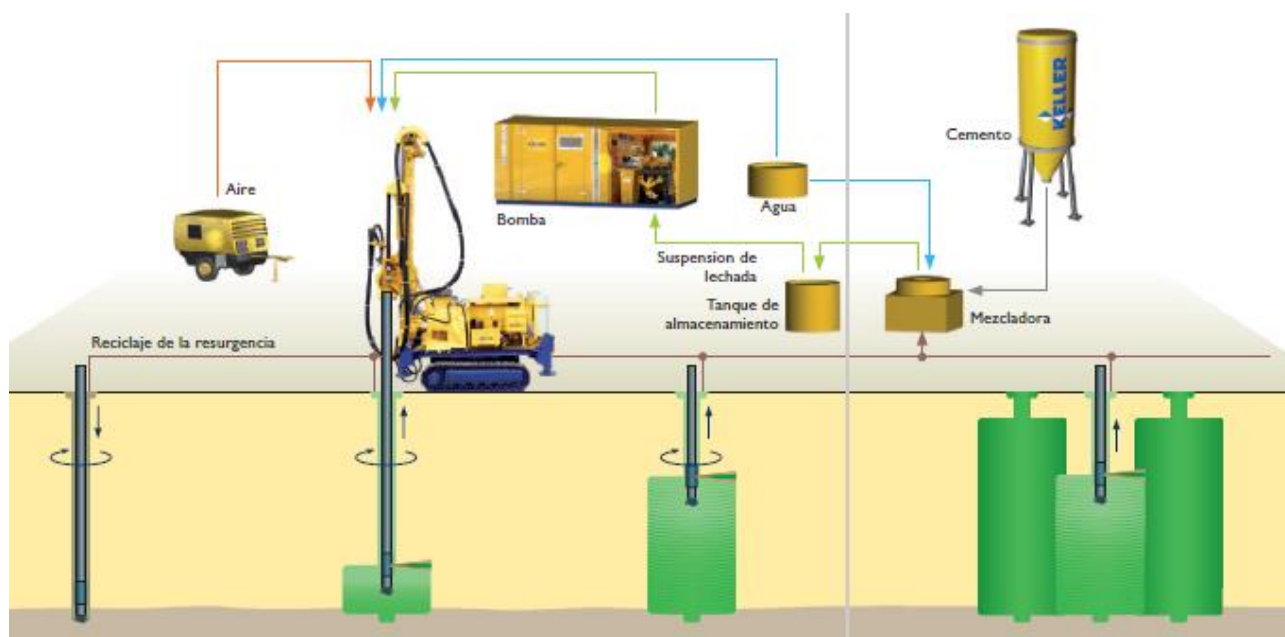


Imagen 10. Jet grouting

Las instalaciones de obra consisten en contenedores, silos y la planta automática de mezcla y bombeo. Varias mangueras de alta presión y líneas de cables de control conectan la central de bombeo con la máquina de perforación en el punto de ejecución. La aplicación de esta técnica tan versátil nos permite trabajar en gálbros limitados, con la longitud del mástil de la máquina base de 2 m, o en zonas abiertas con la longitud del mástil de hasta los 35 m.

Fases:

- Campo de pruebas para fijar los parámetros del tratamiento.
- Almacenamiento de los materiales a inyectar -cemento y aditivos- en cantidad suficiente en función de los ritmos previstos de suministro y utilización.
- Nivelación y preparación de la superficie de los terrenos a tratar.
- Replanteo de los puntos de aplicación de las inyecciones. Se establecerá un sistema de bases de replanteo que permitan la restitución del mismo.
- Establecimiento del orden de las inyecciones.
- Inyecciones.

6.6.2. Riesgos

- Atropellos y colisiones por maquinaria y vehículos.
- Atrapamientos.
- Hundimiento.
- Caídas al mismo nivel.
- Desprendimiento de cargas.
- Proyección de partículas.
- Ambiente pulvígeno.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Golpes con objetos y herramientas.
- Heridas producidas por objetos punzantes.
- Quemaduras.
- Exposición a agentes químicos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Incendios.

6.6.3. Medidas preventivas

6.6.3.1. Medidas preventivas durante la instalación del equipo

- El equipo mecánico en suspensión del balancín, se guiará mediante cabos sujetos a los laterales de la pieza mediante un equipo formado por varios trabajadores.
- Una vez presentado en el sitio de instalación el equipo mecánico, se procederá, sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, el montaje definitivo. Después podrá desprenderse del balancín.
- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.
- Se instalarán señales de “peligro, paso de cargas suspendidas” sobre pies derechos bajo los lugares destinados a su paso.
- Se prepararán zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de camiones de transporte de equipos mecánicos.
- Los equipos mecánicos se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares acondicionados para tal menester.
- Se paralizará la labor de instalación de los equipos mecánicos bajo condiciones atmosféricas deficientes.
- Las zonas de instalación permanecerán limpias de materiales o herramientas que puedan obstaculizar las maniobras de instalación.
- Comprobar la ausencia de líneas eléctricas en la zona de trabajo.

6.6.3.2. Medidas preventivas durante la recepción de maquinaria

- Asegurarse de la presencia y puesta al día del libro de mantenimiento.
- Verificar el buen estado de los latiguillos y su correcto montaje.
- Verificar la fijación de latiguillos, collares y colocación en su lugar de fundas de protección de latiguillos.
- Asegurarse que los latiguillos hidráulicos son bien guiados.
- Asegurarse que el equipo, una vez parado, no pueda moverse.
- Colocar el equipo en punto muerto antes de arrancar.
- Verificar el buen funcionamiento de la parada de emergencia. Proteger el cable de alimentación del mismo.
- Asegurarse que la instalación eléctrica guarda normas vigentes, tomas de tierra, etc.
- Liberar el área de desplazamiento.
- Asegurarse de la estabilidad de la plataforma de trabajo. En caso necesario, ha de consultarse con un geólogo sobre la zona más segura de colocación de la maquinaria planificada para la operación.
- Todos los desplazamientos se harán guiados por el ayudante del perforador.
- Cuidar una buena estabilidad del equipo mediante gatos, calzos, etc. Si fuera necesario, fijar el equipo.
- Verificar el buen frenado del plato de orientación de perforación.
- Señalización y vallas provisionales en el emplazamiento del pozo o balsa de decantación.
- Disponer racionalmente los accesorios del equipo:
 - Bomba recuperación de lodos.
 - Mangueras de aspiración y bombeo.
 - Varillas y tubos sobre caballetes.
 - Útiles de trabajo diverso.

6.6.3.3. Medidas preventivas durante la perforación de la columna de Jet Grouting

- Durante las maniobras, se colocarán los ayudantes en puntos visibles por el maquinista.
- Comprobar que la zona de trabajo está suficientemente saneada.
- No realizar trabajos en bordes de taludes inestables o en zonas con posibilidad de hundimiento del terreno.
- Iluminar adecuadamente el tajo de trabajo.
- Disponer de tomas de tierra y dispositivos de corte en las máquinas eléctricas.
- Eliminar el agua de la zona de trabajo.
- Cortar el suministro de aire a la perforadora cuando se realicen operaciones de reparaciones o mantenimiento. Disponer de mangueras de aire principales con amarres de sujeción.
- Mantener el área de evolución del ayudante y maquinista nivelada y retirados todos los obstáculos.
- Coordinación de movimientos entre el operador y ayudante.
- Enroscado y desenroscado con la ayuda de las mordazas hidráulicas de máquinas, o en su defecto con llaves adaptadas para el caso.
- Limpiar la grasa perdida sobre el terreno o sobre el chasis del equipo.
- No manejar la sarta de perforación con los dedos colocados en los extremos de los tubos por su interior.

- Vigilancia constante de la base de la máquina en el terreno y la orientación correcta de la corredera. Recalzar si hubiera necesidad.
- Prohibir el acceso a la zona de trabajo a toda persona ajena a la misma.
- El operador debe estar viendo siempre el emboquillamiento de la perforación y cuidar que no corra ningún peligro su ayudante.
- Prohibir las ropas de trabajo anchas y abiertas.
- Prohibir el guiado a mano del útil de perforación en el comienzo de ataque de la perforación.
- Informar al personal sobre el peligro de atrapamiento debido al vaivén de los arrolladores o niveladores de latiguillos.
- Humidificación de sedimentos.
- Ventilación en zonas de trabajo confinadas.
- Mandos a distancia si están disponibles en equipo.

6.6.3.4. Medidas preventivas durante el procedimiento de inyección

- No desmontar un circuito de presión sin antes haber disminuido la presión del circuito a cero.
- Tener siempre instalados los filtros en la aspiración de las bombas para evitar que pequeñas piedras, grumos, arena gruesa, etc. no vayan a obstruir las Toberas de Inyección.
- Colocación de un latiguillo fusible como protección en caso de ser necesario.
- Colocación de “abrazaderas y Cadenas de Seguridad” en los empalmes con racores, para evitar los “latigazos” en caso de rotura.
- Presencia y vigilancia permanente de la Bomba Alta Presión por el operador, para que pueda parar la bomba en todo momento en caso de incidentes.
- Respetar el perímetro de seguridad de influencia chorro de JET.
- Parar la Bomba de Alta Presión antes de que las toberas o lanza salgan fuera del terreno o muro.
- Parar la bomba de alta presión si hay obstrucción y roturas internas de varillas de perforación.
- Asegurarse de una buena coordinación entre el perforador y el operador de la bomba alta presión, para la puesta en marcha y parada de la misma durante la localización de la “Sarta” obstruida o rota y localizada con el comprobador mediante un sistema de comunicación adecuado.
- Utilización de un collar guía deslizante en equipo de gran altura.
- Mantener un seguro con cadena, o similar, en latiguillo de alta presión en cabeza.
- Balizar las zonas peligrosas y los obstáculos.
- Disponer de plataformas de trabajo estable, firme y horizontal, libre de todo obstáculo aéreo o en el suelo para la descarga y montaje de la planta.
- Prohibir el manejo de la planta de inyección a toda persona no apta para ello.
- Prohibir al operador abandonar el puesto de mando de la planta mientras ésta está en marcha.
- Alejar de la planta de inyección a toda persona ajena a la misma.
- Favorecer la mecanización para colocación de los latiguillos en los taladros.
- Limpiar regularmente las centrales de los lodos o inyección, de grasas y otras materias.
- Ponerse protecciones individuales adaptadas: guantes con manga larga, máscara, gafas, etc.
- No desmontar una conducción obstruida sin antes eliminar la presión interna en todo el circuito.
- Favorecer la mecanización de la puesta a punto de trabajo de los latiguillos, con arrolladores, etc.
- No colocarse detrás de la salida de inyección (purgadores)
- Limpieza del utillaje con agua abundante.
- Prohibir llamas vivas en el recinto de las centrales.
- Prohibido fumar en el recinto de la central de inyección.
- Colocar órganos de protección móviles, rejillas, etc.
- Prohibir los reglajes en curso de funcionamiento.
- Se tendrá en cuenta antes del comienzo de la obra la eventual eliminación de todos los lodos almacenados y sus medios de evacuación, observando las normas establecidas desde el punto de vista ecológico y de medio ambiente.
- Se observará una limpieza exhaustiva en las zonas de paso y de trabajo en evitación de caídas.

6.6.3.5. EPI y protecciones colectivas

EPI:

- Ropa de alta visibilidad o chaleco reflectante.
- Guantes de protección mecánica y química.
- Gafas anti proyecciones.
- Casco.

- Protección auditiva.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla de protección, en caso de ser necesaria.
- Cinturones anti vibraciones, en caso necesario.

Protecciones Colectivas:

- Vallado y balizamiento de la zona de trabajo durante los trabajos.

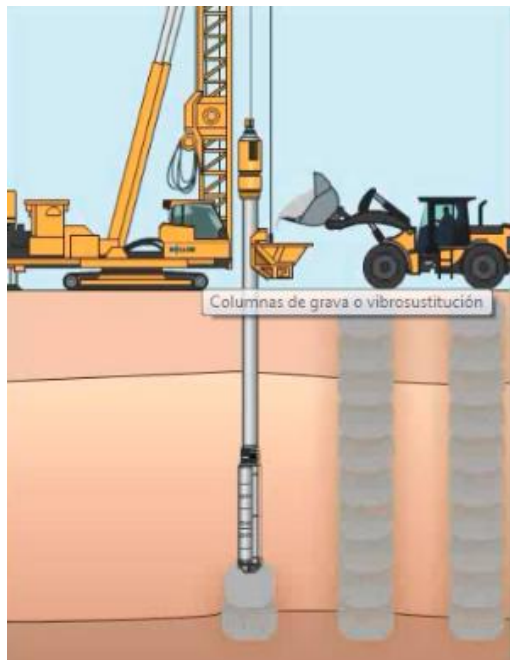
6.7. Columnas de grava

Es una técnica de vibrosustitución que se utiliza en terrenos limo-arcillosos. La misma consiste en la formación de una columna, en cada punto de tratamiento, con aporte de material granular de alta densidad, por lo general se usa grava. El tratamiento mediante columnas de grava, suele completarse con una tongada superficial drenante (gravas), que une sus cabezas a modo de encepado.

El procedimiento de ejecución se puede sintetizar de la siguiente forma:

- Vaciado de la grava sobre suelo mediante camión bañera.
- Ejecución de malla de columnas de grava mediante máquina autónoma de propulsión de orugas, compresor, grupo electrógeno, mástil encargado de soportar el turbovibrador (que constituye el núcleo de la máquina).
 - El turbovibrador se compone de:
 - Cámara de descarga.
 - Tubo alargador.
 - Junta antivibratoria.
 - Motor eléctrico.
 - Tubo alimentador.
 - Excéntrica.
 - Orificio de salida.

Imagen 11. Columna de grava



- Se replantean y estacan los puntos de hinca.
- Se estaciona la máquina mediante los gatos.
- Una pala cargadora transporta la grava hasta la tolva, que está equipada con un tamiz.
- La tolva llena de grava asciende y vierte la grava en la cámara de descarga, donde el aire comprimido asegura un flujo continuo del material. La tolva va descendiendo, una vez vacía.
- El vibrador perfora el suelo hasta la profundidad de diseño.

- A continuación, sube ligeramente y en intervalos cortos, permitiendo que la grava ocupe el espacio liberado.
- Al volver a bajar, el vibrador compacta y expande el material.

Riesgos:

- Atropellos y colisiones por maquinaria y vehículos.
- Atrapamientos.
- Hundimiento.
- Caídas al mismo nivel.
- Desprendimiento de cargas.
- Proyección de partículas.
- Ambiente pulvígeno.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Golpes con objetos y herramientas.
- Heridas producidas por objetos punzantes.
- Quemaduras.
- Exposición a agentes químicos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Incendios.

Medidas preventivas:

- Comprobar la ausencia de líneas eléctricas aéreas o subterráneas en la zona de trabajo.
- Previamente a la entrada de las máquinas de perforación en el tajo, se requiere la preparación de una superficie de trabajo sensiblemente horizontal.
- En previsión de vuelcos por deslizamiento, se señalizarán los bordes superiores de los taludes (cuerdas de banderolas, balizas, etc.). Ubicadas a una distancia de seguridad del borde.
- Se prepararán zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de camiones de transporte de equipos mecánicos.
- Los equipos mecánicos se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares acondicionados para ello.
- Las zonas de instalación permanecerán limpias de materiales o herramientas.
- Los caminos de acceso de vehículos al área de trabajo, serán independientes de los accesos de peatones.
- Cuando necesariamente los accesos hayan de ser comunes se delimitarán los de peatones por medios de vallas, aceras o medios equivalentes.
- El tránsito de la máquina deberá estar en todo momento delimitado.
- Se vallará el tajo para impedir el acceso a cualquier persona ajena a los trabajos e interferencias con la maquinaria y en los accesos se colocaran las señales que indiquen:
 - Cargas suspendidas.
 - Riesgo de caídas a distinto nivel.
- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.
- Se paralizará la labor de instalación de los equipos mecánicos bajo condiciones atmosféricas deficientes.
- En todo momento la máquina se situará en terreno firme y seco.
- En caso de realizarse, para trabajos nocturnos se dispondrá iluminación con focos fijos o móviles que proporcionen correcta visibilidad en las zonas de circulación y trabajo.
- Siempre que un vehículo parado inicie un movimiento, lo comunicara con señales sonoras.
- Las maniobras de aproximación de vehículos que evacúen productos de excavación o aporten materiales, serán dirigidas por un auxiliar.
- La maquinaria y herramientas auxiliares que se genera deberá estar en perfectas condiciones de uso, con sus inspecciones reglamentarias, perfectamente anotadas en los libros de maquinaria.
- La maquinaria dispondrá de todos los elementos de protección, así como de los elementos de protección colectiva (rotativo luminoso e indicativo de marcha atrás), debiendo realizar una señal sonora en el momento de realizar un cambio en su trayectoria.
- En el izado y suspensión de elementos, medios auxiliares y otras cargas, se habilitarán los medios adecuados para evitar tiros oblicuos.
- Los trabajos en que deban acercarse a la máquina se procederá al parado total de la misma.

- No guiar o presentar manualmente los elementos suspendidos; se extremarán las precauciones para evitar movimientos bruscos o pendulares.
- Una vez realizada la excavación del pozo se instalará un vallado metálico para evitar la caída a diferente nivel, a 1, 5 m de distancia. Si el trabajador tiene que aproximarse a una distancia inferior se pondrá un arnés anticaídas y se sujetará a un punto limpio.
- Balizamiento del borde de excavación.

EPI:

- Ropa de alta visibilidad o chaleco reflectante.
- Guantes de protección mecánica y química.
- Gafas anti proyecciones.
- Casco de protección.
- Protectores auditivos.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla antipolvo, en caso de ser necesaria.
- Cinturones anti vibraciones, en caso necesario.

Protecciones Colectivas:

Vallado y balizamiento de la zona de trabajo durante los trabajos.

6.8. Columnas de suelo-cemento

Los equipos de perforación en suelos blandos que se usan para construir pilotes han sufrido diversas adaptaciones para poder mezclar el suelo con cemento (o con cal u otros productos), y opcionalmente con agua, para crear columnas que aumenten la capacidad de soporte del terreno y reduzcan los asentamientos provocados por eventuales cargas colocadas en superficie.

También pueden ser útiles en ciertas circunstancias otras mezclas de suelo con diversos productos químicos, tales como el bacilo-cemento (mezcla de aluminio, cal y yeso), o con cenizas volantes, u óxidos de hierro y silicato sódico. La mezcla de estos productos para formar columnas de suelo tratado puede resultar beneficiosa desde el punto de vista geotécnico, en algunas aplicaciones específicas.

Los riesgos y medidas preventivas son similares a las columnas de grava, por lo que no se repiten en este apartado.

6.9. Deep soil mixing

El Deep Soil Mixing o mezcla profunda de suelos es una técnica de mejora y refuerzo de suelos blandos y/o flojos, mediante su estabilización a grandes profundidades con un material aglomerante, obteniéndose finalmente una serie de columnas de material mejorado tipo suelo-cemento. Apenas produce vibraciones y ruidos, y en la que se emplean materiales fácilmente disponibles. Además, durante el proceso de ejecución se produce un mínimo nivel de residuos o materiales sobrantes.

El método consiste en mezclar el suelo in situ de forma mecánica con un aglomerante que facilita una reacción química con el terreno y el agua. El terreno así estabilizado posee mayor resistencia, menor permeabilidad y menor compresibilidad que el terreno original. Los aglomerantes más utilizados son: cemento, cal y bentonita.

La incorporación de los aglomerantes al terreno puede llevarse a cabo en forma de lechada (método húmedo) o mediante aire comprimido (método seco). Para cada caso es necesaria la utilización de una herramienta especial que permita la ejecución de la mezcla en profundidad. El diámetro de la columna de suelo estabilizado resultante es constante en toda la profundidad de tratamiento y depende de la capacidad de la herramienta y del método que se utilice (húmedo o seco).

La ejecución se realiza mediante una mezcladora giratoria que perfora el terreno a rotación hasta alcanzar la profundidad de diseño, a partir de la cual empieza el proceso de inyección del aglomerante a través de la propia perforadora mientras simultáneamente se extrae el varillaje a velocidad controlada.

La capacidad de los suelos para ser mezclados con el material aglomerante inyectado varía ampliamente dependiendo de su granulometría, resistencia, contenido de agua, plasticidad, estratigrafía, textura, etc.

Entre sus aplicaciones se encuentran:

- Reducir los asientos.
- Mejorar la capacidad portante y la resistencia al corte.
- Estabilizar y homogeneizar el terreno.
- Tratamiento del terreno contaminado.
- Crear barreras geo-hidrológicas.
- Reducir la carga activa de los muros de contención.
- Prevenir o mitigar el riesgo de licuación.
- Aumentar la carga pasiva para los muros de pilotes.
- Aumentar la estabilidad de taludes.
- Reducir el tiempo de consolidación.
- En general, permitir la cimentación de todo tipo de estructuras: edificaciones, tanques, terraplenes, obras portuarias y marítimas, etc.

Los riesgos y medidas preventivas son similares a los métodos anteriormente tratados.

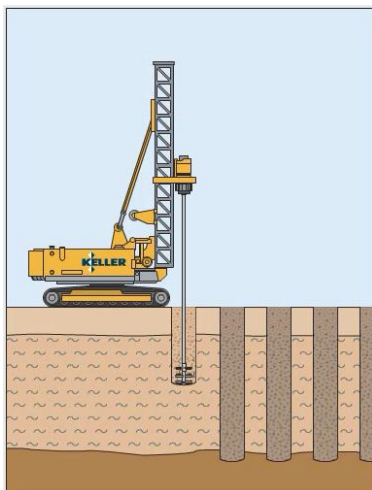


Imagen 14. Deep soil mixing. Fase 1.

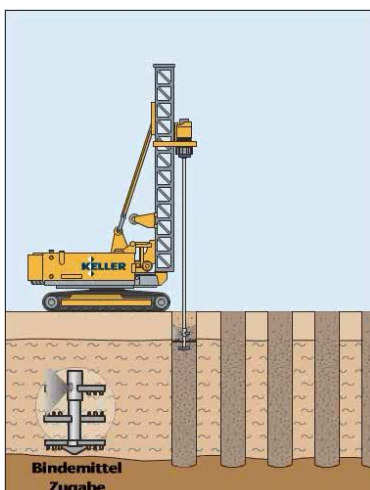


Imagen 133. Deep soil mixing. Fase 2.



Imagen 12. Deep soil mixing. Equipo en ejecución.

6.10. Geosintéticos

Se pueden utilizar geosintéticos como refuerzo de la capacidad resistente del terreno bajo los cimientos de los terraplenes (o en el interior de los propios terraplenes), y bajo los elementos de cimentación.

El reparto de cargas que con ello se consigue puede reducir también los asientos o, al menos, puede hacerlos algo más regulares (reducción de asientos diferenciales).

Una forma interesante de reforzar un suelo es mediante el empleo de geotextiles. Con este sistema se puede construir de forma sencilla un muro de contención con el propio suelo. Los únicos inconvenientes es que son muy flexibles, el propio geotextil puede formar una capa débil que facilite el deslizamiento y hay que tener ciertas precauciones con la descomposición del geotextil debido a la luz solar.

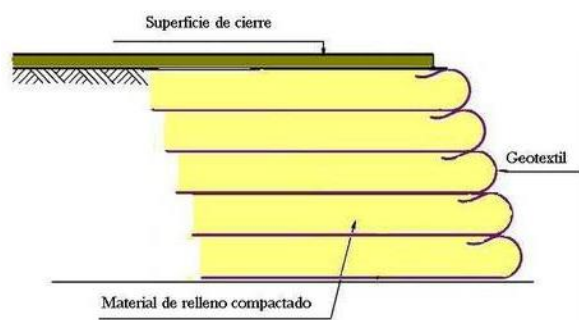


Imagen 15. Geotextil

Riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos desprendidos.
- Caída de objetos por manipulación.
- Contactos eléctricos.
- Golpes por objetos.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas:

- La subida y bajada a los tajos se realizará por lugares seguros.
- Se acotarán las distancias mínimas entre operarios en función de las máquinas que estén utilizando.
- No se permitirán trabajos simultáneos en la misma vertical.
- Se revisará diariamente el estado de los taludes antes de empezar el trabajo.
- Todos los trabajos que impliquen riesgo de caída de altura serán realizados por personal especializado.
- Se dispondrán puntos fuertes para amarre de las cuerdas de suspensión y seguridad.
- Las ayudas al personal que se encuentre trabajando en el talud se realizarán siempre desde su parte superior.
- Se prestará especial atención a mantener la distancia de seguridad con los puntos en tensión, especialmente en el tendido de mallas y cables.
- Orden y limpieza en cada uno de los tajos, estando las superficies de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros) los cuales pueden provocar golpes y caídas, obteniéndose de esta forma un mayor rendimiento y seguridad.
- Prohibición de permanecer en el radio de acción de la maquinaria.
- Señalizar las zonas de actuación.
- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de cargas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.
- En zona de acopios de rollos, hacer uso de cuñas de retención. El acopio se realizará en zonas que no entrañen peligro de caída a las zanjás.
- En operaciones de manipulación los rollos de geotextil, serán izados del gancho de la grúa mediante el auxilio de balancines.
- Una vez presentado el elemento en el sitio de instalación, se procederá, sin descargarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, el montaje definitivo.
- Cuando se trabaje en proximidad de líneas en tensión se tendrá en cuenta la distancia mínima de seguridad, en función de la tensión de la línea. Se situarán pértigas de seguridad en caso de posible invasión de la zona de seguridad por parte de la maquinaria en las zonas de cruce de la línea eléctrica con los caminos de acceso.
- Si fuera necesario realizar trabajos en altura se utilizarán arneses y líneas de vida.

EPI:

- Casco de seguridad con barboquejo tipo alpinista.
- Calzado de seguridad con puntera y suela reforzada.
- Arnés en caso de necesidad
- Guantes de cuero.

Protecciones colectivas:

- Señalización y balizamiento del área de situación e influencia.

6.11. Gunitado

El gunitado se define como la puesta en obra de un mortero u hormigón a gran velocidad, que es transportado a través de mangueras y proyectado neumáticamente sobre un soporte.

Consiste en proyectar, con un “cañón” o manguera de alta presión, hormigón compuesto por una mezcla de cemento, áridos finos y gruesos, agua y aditivos, que, al fraguar, se endurece, adquiriendo una consistencia que permite mantener los taludes de la excavación. La fuerza de la proyección provoca un impacto sobre la superficie, produciendo la compactación del material y un cierto porcentaje de rechazo conocido como rebote.



Imagen 16. Gunitado.

Tiene por objeto mejorar la estabilidad del mismo para permitir la realización de trabajos en el interior de la excavación y, de este modo, evitar los riesgos y daños que puedan derivarse de un desmoronamiento de las paredes.

Como pauta general, el talud debe estar libre de rocas sueltas o fracturadas, suelo disgregado, vegetación y hielo, y debe preverse la instalación de drenajes para evitar el aumento de la presión del agua sobre el talud.

Asimismo, se ha de considerar la ejecución de zanjas en coronación de talud para la recogida de aguas de escorrentía superficial, y, así, desviarlas del mismo.

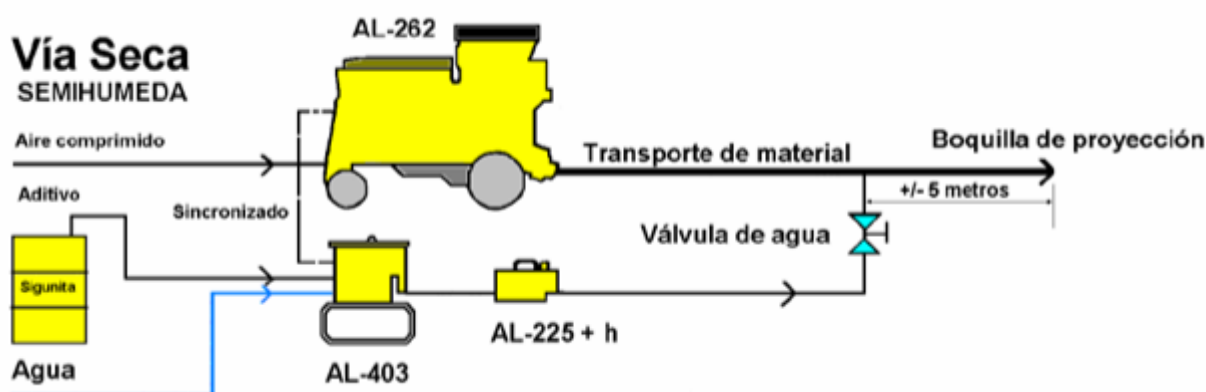
Debe asegurarse un estudio adecuado del terreno y de la tipología de gunitado a aplicar.

En este sentido, el gunitado puede ser:

- Directo: proyección directa sobre el terreno.
- Con refuerzo estructural: proyección sobre malla de acero electrosoldada, fibras de acero o polipropileno, o ancladas al terreno mediante bulones estabilizantes. Este refuerzo tiene por objeto evitar la rotura a tracción de la gunita y reforzar su resistencia a flexión frente a fenómenos de caída de fragmentos de la masa rocosa.

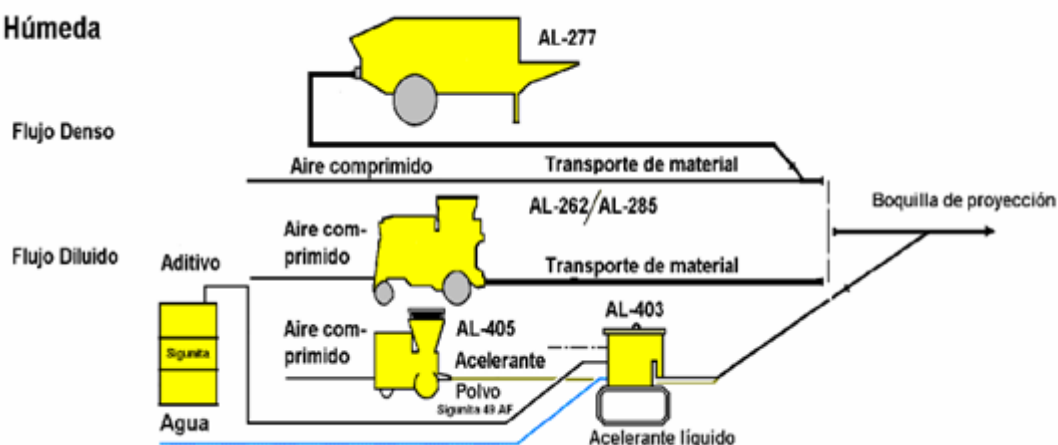
El gunitado puede realizarse por:

- Vía seca: Todos los componentes del mortero u hormigón proyectado son previamente mezclados, a excepción del agua que es incorporada en la boquilla de salida antes de la proyección de la mezcla. El transporte de la mezcla sin agua se realiza a través de mangueras especiales de forma neumática (flujo diluido) desde la máquina hasta la boquilla de proyección. Por este procedimiento es posible también proyectar substratos en técnicas de revegetación.



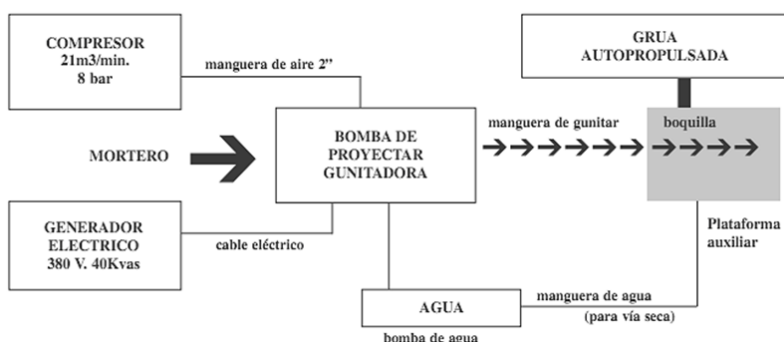
- Vía húmeda: Todos los componentes del mortero u hormigón proyectado son previamente mezclados, incluyendo el agua, antes de ser incorporados a la manguera a través de la cual serán transportados hasta la boquilla de proyección.

Vía Húmeda



Maquinaria tipo utilizada en trabajos de gunitado:

Grúa autopropulsada, plataforma elevadora o cesta suspendida de grúa, mezcladora de lechada, auto hormigonera, compresores y herramientas manuales y eléctricas.



- **Compresor:** Genera aire a presión, hasta 8 bar. Dispone de sistemas propios de seguridad y su correspondiente manual de mantenimiento.
- **Manguera de aire 2":** Conduce el aire a presión del compresor a la gunitadora. En sus extremos dispone de racores especiales de conexión que deberán estar siempre en perfecto estado.
- **Generador eléctrico:** Produce energía para mover la gunitadora y ocasionalmente la bomba de agua. Siempre irá conectado a tierra. Dispone de sistemas propios de seguridad y su correspondiente manual de mantenimiento.
- **Cable eléctrico:** Estará en perfecto estado y siempre protegido de la humedad y posibles aplastamientos.
- **Gunitadora:** Dispone de su correspondiente manual de mantenimiento. Su cuadro eléctrico estará perfectamente aislado del exterior. Además sus elementos de desgaste (discos, codos,..) se verificarán constantemente para evitar fugas de material. Se dispondrá horizontal sobre el suelo y se conectará al grupo a 380 V. equipo de trabajo que proyecta o inyecta hormigón o mortero a gran velocidad. Consta de una pequeña tolva en la que se deposita el hormigón suministrado por camión hormigonera, desde donde es impulsado hasta una boquilla de proyección que se sitúa sobre un brazo telescópico.
- **Bomba de agua:** Se utilizará cuando no se disponga de una instalación con presión. Se conectará al grupo a 380 V.
- **Manguera de gunitar:** Conduce el mortero seco a presión de la gunitadora a la boquilla de proyectar. En sus extremos dispone de racores especiales de conexión que deberán estar siempre en perfecto estado.
- **Plataforma auxiliar:** Se utilizará siempre que se gunita por encima de 2 m de altura e irá sustentada de una grúa móvil autopropulsada. Se prestará especial cuidado al amarre de la manguera a la estructura de la plataforma. Sus características serán las adecuadas y su utilización se ajustará al procedimiento establecido.

Se tiene que considerar la utilización de:

- Plataformas elevadoras para planos verticales.

- Plataforma auxiliar sustentada de una grúa móvil autopropulsada, para planos inclinados, siempre y cuando sea justificable la imposibilidad de utilizar otro medio auxiliar o método de trabajo, y asegurando en todo momento una correcta comunicación entre el operador de la grúa y el de la plataforma. Dicha plataforma debe disponer de un estudio detallado de cálculo.

Riesgos:

- Desprendimientos.
- Caída de objetos.
- Atrapamientos por partes móviles de las máquinas
- Ruido y vibraciones.
- Incendios y explosiones.
- Caídas de personal al mismo y distinto nivel.
- Golpes y cortes.
- Contacto eléctrico.
- Ambiente pulvígeno.
- Proyecciones.
- Atropellos.
- Exposición a agentes químicos.
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria.

Medidas preventivas:

- Obligatorio marcado CE o adecuación al RD 1215/1997 de maquinaria.
- Estos equipos sólo serán utilizados por personal autorizado e instruido, con una formación específica y adecuada.
- Se prohíbe trabajar o permanecer dentro el radio de acción de la maquinaria.
- Cada máquina debe llevar un manual de instrucciones redactado, como mínimo, en castellano, en el que se indique, entre otras cosas: la instalación, la puesta en servicio, la utilización, mantenimiento y revisiones programadas, etc.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria desde el punto de vista mecánico.
- Mantener limpios los rótulos de seguridad instalados en la máquina y reemplace los que falten.
- El mantenimiento, revisiones y reparaciones generales sólo serán efectuados por personal autorizado.
- Respetar en todo momento la señalización de la obra.
- No se manipularán los dispositivos de seguridad bajo ningún concepto.
- Mantener el contacto visual permanente con los equipos de obra que estén en movimiento y los trabajadores del puesto de trabajo.
- Sólo debe ser usado para el fin al que ha sido destinado y siempre por personal autorizado y formado en el manejo de este tipo de máquina.
- Queda totalmente prohibido realizar ajustes y modificaciones, por sí mismo, de la maquinaria.
- En todo momento se seguirán las instrucciones del fabricante.
- Se deberá delimitar la zona de trabajo, prohibiendo el acceso a toda persona ajena a la ejecución.
- Orden y limpieza de la zona de trabajo. Superficies de tránsito libre de obstáculos, que puedan provocar golpes y caídas.
- Comprobación y conservación periódica de todos los elementos que definen el equipo (mangueras y elementos mecánicos).
- Las conexiones de las mangueras se harán mediante abrazaderas para evitar que se puedan soltar las mismas.
- Para evitar el taponamiento de la conducción se debe reducir al mínimo el número de codos y sobre todo evitar el uso de los de radio pequeño.
- Si se produce algún taponamiento eliminar la presión del tubo y parar la bomba para proceder a su destaponamiento.
- En primer lugar, localizar el atasco golpeando distintas secciones de tubería para determinar por el sonido el punto exacto, aflojando a continuación la brida más próxima al atasco.
- Comprobar la necesidad de realizar prueba de limpieza y carga de equipo y manguera previamente al inicio de trabajos.
- En las operaciones de gunitado, la manguera de aire habrá de situarse de forma que no se tropiecen con ella. Verificar el estado de las mangueras y acoplamientos a fin de evitar fugas de aire y no utilizar aire comprimido para limpiarse las manos o ropa de trabajo, etc.
- En caso de obstrucción de la máquina (bloqueo de las boquillas) en las operaciones de proyección de gunita, proceder a su parada y desconexión y posteriormente a su limpieza; es decir, purgar totalmente la instalación de forma que la presión interior sea nula.
- Revisión de forma periódica de todos los empalmes y uniones de las mangueras y tuberías.
- Siempre que se detecte alguna anomalía en los equipos se avisará al encargado de los trabajos.
- Utilizar guantes apropiados para evitar el contacto directo con la gunita.

- Se dispondrán de mascarillas apropiadas para este tipo de trabajo (especial atención a la presencia de sílice – mascarilla auto filtrante adecuada clase P3).
- Se respetará la correcta dosificación de la mezcla de gunita así como el tiempo necesario de fraguado de la misma.
- El operario deberá agarrar firmemente el cañón proyector, para contrarrestar las posibles sacudidas provocadas por posibles atascos. La manguera se deberá sujetar a la altura del centro de gravedad del cuerpo, para evitar así sobreesfuerzos. Cuando se realicen giros se hará con todo el cuerpo no solo desde la cintura.
- En caso de obstrucción de la máquina (bloqueo de las boquillas) en las operaciones de proyección de gunita, proceder a su parada y desconexión y posteriormente a su limpieza; es decir, purgar totalmente la instalación de forma que la presión interior sea nula.
- Durante la ejecución de estos trabajos, no se trabajará a distintos niveles, no permaneciendo operarios en la proyección en planta de la plataforma ni en el entorno.
- Deben usarse aditivos en cuyos envases figuren las precauciones de uso, las medidas a adoptar en caso de exposición accidental y los elementos de protección colectiva o individual necesarios para su correcta manipulación. Todo el personal que interviene en los trabajos debe estar informado de los riesgos de cada producto y de las instrucciones para su correcta manipulación y almacenamiento.
- Iluminación correcta del área de trabajo.
- El personal que realice trabajos de gunitado debe utilizar protectores oculares homologados, preferiblemente de clase D.
- Se deben guardar distancias de seguridad suficientes respecto al paramento sobre el que se esté proyectando.
- Utilizar, siempre que sea posible, equipos con dispositivos especiales como, por ejemplo, alimentación de los aditivos del hormigón por vía húmeda; éstos producen menor cantidad de polvo y son menos susceptibles a rebotes que los procesos por vía seca.

EPI:

- Botas de seguridad.
- Guantes de protección mecánica y química.
- Casco de protección.
- Chaleco reflectante.
- Ropa y botas de seguridad impermeables, en caso de ser necesario.
- Gafas anti proyecciones/pantalla.
- Mascarilla auto filtrante adecuada.
- Arnés anticaídas, en caso de ser necesario.
- Protección acústica.

Documento Básico

PRL-CI

07 — Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.0_SECCIÓN COMÚN

07.1_SECCIÓN 1 Tratamientos de mejora del terreno

06.2_SECCIÓN 2 Cimentaciones directas

06.3_SECCIÓN 3 Cimentaciones profundas

06.4_SECCIÓN 4 Elementos de contención

DB PRL-CI

Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.1.—SECCIÓN CIMENTACIONES DIRECTAS

ÍNDICE | CIMENTACIONES DIRECTAS

1. Aspectos generales	4
2. Ámbito de aplicación.....	5
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico	6
4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados.....	7
5. Estudios preliminares. Riesgos y medidas preventivas.....	7
6. Riesgos y factores de riesgo.....	12
7. Acciones o medidas preventivas	12
7.1. Estudios preliminares.....	12
7.2. Acciones sobre los taludes	13
7.2.1. En terraplenes y/o taludes de vaciado próximos a cimentaciones perimetrales	13
7.2.2. En excavaciones para zapatas	13
7.2.3. En excavaciones para zapatas a diferentes niveles	13
7.3. Acciones Organizativas.....	14
7.4. Acondicionamiento y señalización de la zona de trabajo.....	14
7.4.1. Accesos de personal	14
7.5. Trabajos con agua y bajo nivel freático	14
7.5.1. Agua de subsuelo.....	14
7.6. Medidas preventivas sobre la ejecución de los trabajos.....	14
7.6.1. Excavación.....	14
7.6.2. Trabajos de acabado y compactación de fondo de excavación.....	15
7.6.3. Durante el encofrado	15
7.6.4. Durante el armado	17
7.6.5. Durante el hormigonado y vibrado	18
7.6.6. Durante el desencofrado	21
7.6.7. Zapatas en pasos superiores, viaductos y zonas de talud	21
8. Ejecución de losas de cimentación	22
9. Equipos de protección individual	23

1. Aspectos generales

Dentro del ámbito de aplicación de esta Sección, se entiende como cimentación superficial aquella que transmite las cargas de la estructura a las capas más superficiales del terreno. Cuando la profundidad de cimentación es claramente mayor que el ancho (o dimensión menor en planta) del elemento de cimentación (zapata), la cimentación debe considerarse semiprofunda o profunda.

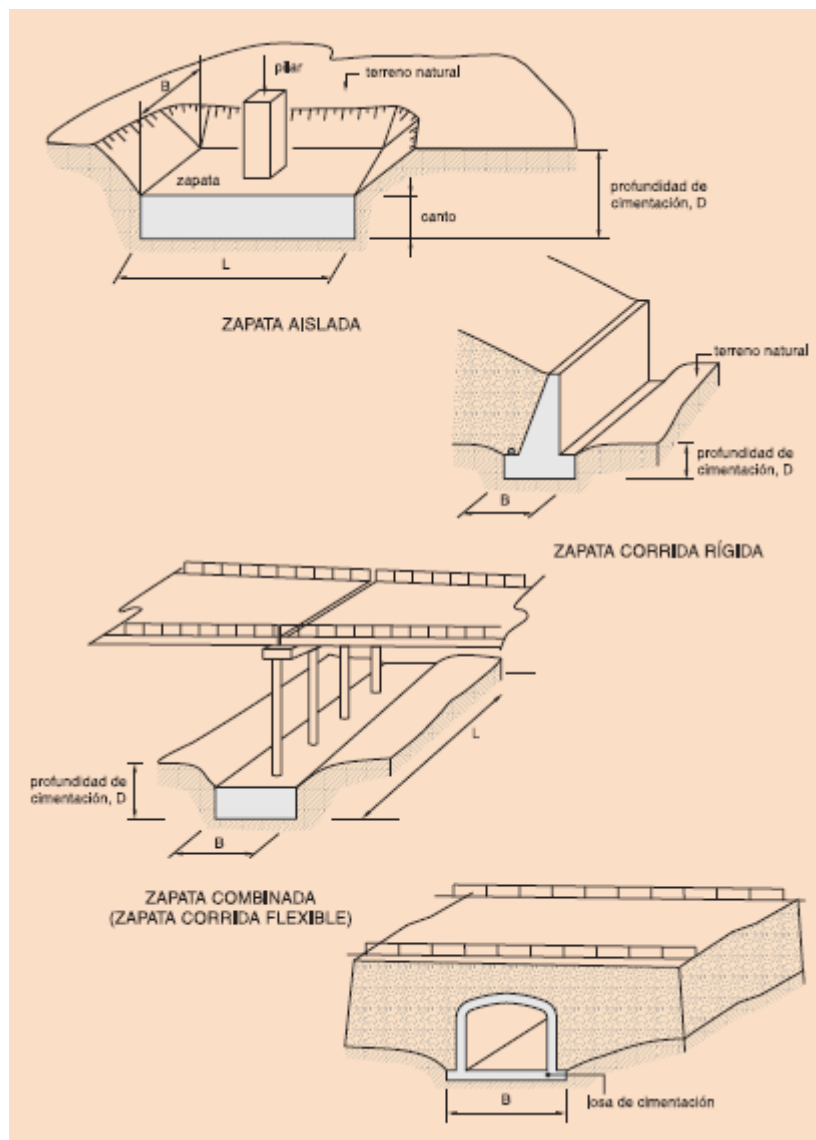


Imagen 1. Principales tipos de cimentación superficial. Fuente: Guía de cimentaciones de carretera. Ministerio de Fomento.

El elemento estructural de apoyo o transmisión de cargas de una cimentación superficial se denomina zapata y generalmente su planta es de forma rectangular. El resto de características que puede tener este elemento son variadas:

- La cimentación superficial de las pilas de los puentes suele hacerse mediante zapatas aisladas, una por cada apoyo de la estructura.
- En ocasiones, cuando existen apoyos próximos o cuando la carga unitaria que se quiere transmitir al terreno es pequeña, pueden construirse zapatas combinadas, donde apoyan dos o más pilares.
- Las cimentaciones de los estribos de los puentes y de los muros de contención suelen ser de forma alargada, de longitud claramente mayor que la anchura y reciben el nombre de zapatas corridas.
- Los marcos y estructuras de paso bajo carreteras pueden cimentarse mediante zapatas corridas cuando el terreno es de buenas características, o mediante losas (uniendo ambas zapatas corridas). Se entiende por losa de cimentación, aquel elemento de transmisión de cargas al terreno con ambas dimensiones en planta claramente mayores (varias veces) que su canto.

La ejecución de estos trabajos, que se realiza normalmente una vez alcanzada la cota de fondo del vaciado, puede plantear una problemática específica, entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

Durante el armado, vertido del hormigón y vibrado:

- Realización de trabajos en espacios expuestos a desprendimientos de materiales, como taludes de la excavación del vaciado, de las paredes de excavación de zapatas profundas y de pozos de cimentación.
- Uso de maquinaria de vibración (vibradores de hormigón), cuya incidencia directa sobre el ser humano puede acarrear trastornos importantes sobre el organismo a medio plazo.
- El uso de maquinaria de elevación de cargas.
- La utilización de materiales tóxicos y potencialmente corrosivos, como el hormigón, los aditivos y los desencofrantes.
- En caso de grandes losas, posibilidad de utilizar sistemas de distribución de hormigón mediante bombas estacionarias y tuberías.

2. Ámbito de aplicación.

El contenido de esta sección está referida a las acciones que, en materia de seguridad y salud, se han de considerar en las actividades relativas a cimentaciones superficiales en obra civil y en las que se tendrán en cuenta, a su vez, otros factores que pueden influir en la seguridad de los trabajos como:

- La cota de arranque de la base de la cimentación (en superficie o enterrada).
- La localización de las cimentaciones frente a taludes de vaciados y terraplenes.

Las especificaciones dispuestas en esta Sección no deben tratarse aisladamente, sino de forma complementaria a aquellas especificaciones ya contempladas en la parte general de este Documento Básico (DB-PRL CI), y que sean de aplicación a esta subactividad.

No se consideran en esta sección:

- Los trabajos de preparación y elaboración de ferralla.
- Las operaciones de excavación, al estar contempladas en DB-PRL MT Movimiento de Tierras.
- Las cimentaciones profundas, que se describen en la Sección 3 de este DB.
- Los trabajos de cimentación en edificación.

Tipos de cimentación superficial	
Tipo de cimentación superficial	Elementos estructurales más usuales a los que sirven de cimentación
Zapata aislada	Pilar aislado, interior, medianero o de esquina
Zapata combinada	2 o más pilares contiguos
Zapata corrida	Alineaciones de 3 o más pilares o muros
Pozo de cimentación	Pilar aislado
Emparrillado	Conjunto de pilares y muros distribuidos, en general, en retícula
Losa	Conjunto de pilares y muros

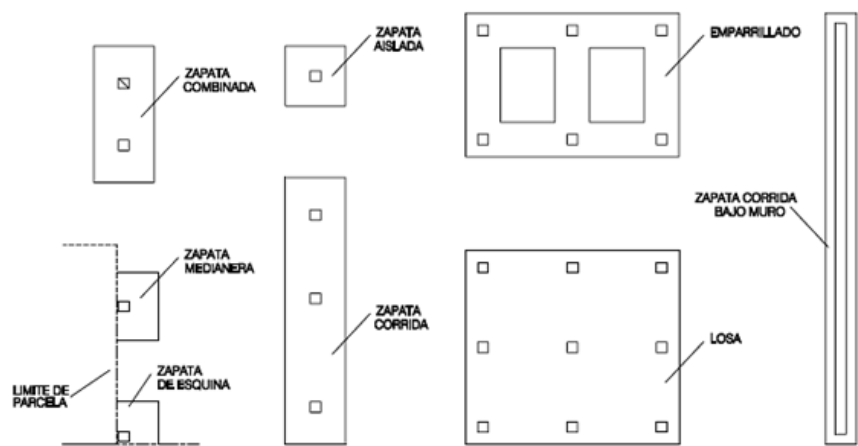


Imagen 2. Tipos de cimentaciones superficiales



Imagen 3. Zapata combinada

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Además de considerar las referencias normativas indicadas en el Documento Básico (DB-PRL-CI), también se deben tener en cuenta, de forma complementaria, aquellas referencias normativas que son de aplicación específica a esta Sección PRL-CI2 y que se detallan a continuación:

Concepto de aplicación	Referencia
SOBRE MÁQUINAS Y OTROS EQUIPOS DE TRABAJO	LAS Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. ANEXO II: DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. OBSERVACIÓN PRELIMINAR: Las disposiciones del presente Anexo se aplicarán cuando exista el riesgo correspondiente para el equipo de trabajo considerado. 1. CONDICIONES GENERALES DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. 2. CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES, AUTOMOTORES O NO. 3. CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA ELEVACIÓN DE CARGAS. 1. Generalidades. 2. Equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas. 4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS TEMPORALES EN ALTURA.

Concepto de aplicación	Referencia
	VI Convenio General del Sector de la Construcción. LIBRO II. ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. TÍTULO IV. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO I. Condiciones generales. CAPÍTULO III. Protecciones colectivas, escalas fijas o de servicio, escaleras de mano y otros equipos para trabajos temporales en altura.
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	Guía de cimentaciones en obras de carretera. Ministerio de Fomento.

4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados

Máquinas y equipos principales	Medios auxiliares	Productos
Grúa autopropulsada Camión autocargante Sierra circular (corte de madera) Camión bomba/ Bomba de hormigonado Cortadora y dobladora de ferralla.	Sistemas de encofrado Eslingas y aparejos de elevación de cargas Puntales Cubilote Vibrador Escaleras de mano Cizalla Palancas Bombas de achique de aguas Herramientas manuales (picos, palas, etc.) Equipos de topografía	Cemento Hormigón Desencofrantes Aditivos para el hormigón Madera

5. Estudios preliminares. Riesgos y medidas preventivas

- **Replanteo:**

A fin obtener los datos con la mayor precisión posible, el replanteo está a cargo de un topógrafo contando con la ayuda de una estación total.

Estas tareas se realizan mediante la colocación de estacas o camillas de madera en las esquinas de la excavación, indicando la cota que deberá bajarse desde la cabeza de la estaca, marcando con pintura o yeso las dimensiones de la zapata.



Imagen 4. Replanteo de la zapata.

- **Excavación y Hormigón de Limpieza:**

Después de efectuar el replanteo de la zapata, se inicia la excavación con una retroexcavadora con cuchara, en el caso de terreno de tránsito, o con martillo en caso de terreno rocoso o conglomerado, reservando el material acopiado para el posterior relleno o para su transporte a vertedero. De acuerdo al tipo de terreno y a la profundidad de excavación se disponen los taludes necesarios para garantizar su estabilidad.

Al llegar al fondo de la excavación, se procede a la nivelación de la misma.

Antes de verter el hormigón de limpieza, se limpiará el fondo de la excavación, quitando cualquier material suelto hasta obtener una plataforma horizontal. En la superficie de la excavación se marca la cota de hormigón de limpieza coincidiendo con la cota inferior de la zapata.

Si el terreno no fuera estable y la zapata tuviese una profundidad importante, se procederá a la sobreexcavación de la misma dejando taludes estables y espacio suficiente para encofrar con chapas metálicas.

En caso necesario, se coloca seguidamente el encofrado lateral, comprobando las dimensiones y pendientes.

Después se coloca el hormigón de limpieza para nivelar el fondo de la excavación y para preparar la colocación de la armadura.

Se suele incluir un mallazo a la capa de hormigón de limpieza para evitar que se fisure el mismo.



Imagen 5. Excavado con retroexcavadora. Acto inseguro: nadie debe permanecer en el entorno de la retroexcavadora

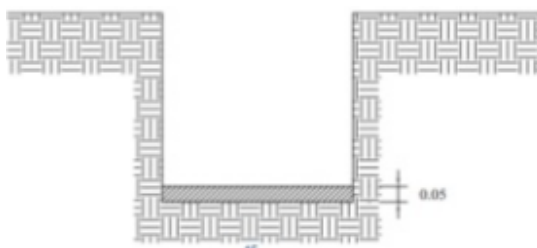


Imagen 6. Colocación de plantilla de hormigón.



Imagen 8. Hormigón de limpieza.



Imagen 7. Mallazo para el hormigón de limpieza.

- **Colocación de la armadura en la zapata:**

La ferralla se coloca con la ayuda de una grúa, con sus respectivos separadores para respetar los recubrimientos que la zapata necesita.

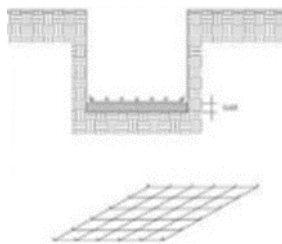


Imagen 10. Colocación de armadura inferior de acero.

El ferrallista prepara el armado para cada una de las zapatas.



Imagen 9. Colocación de armadura

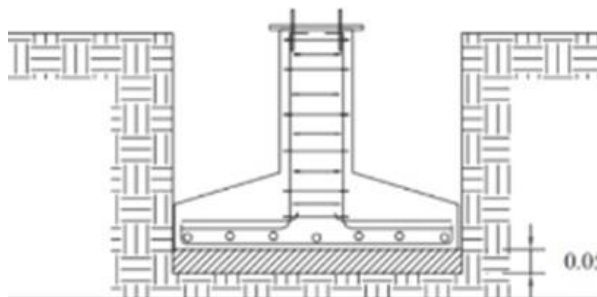


Imagen 12. Colocación de acero vertical.



Imagen 11. Armado de zapatas. Distintas fases de ejecución.

- **Hormigonado.**

Comprobada la colocación de la ferralla, se efectúa el replanteo de la cota de hormigonado, colocando barras de acero o pintando los laterales de la zapata. Luego se disponen cuerdas entre las marcas para la nivelación de la superficie de hormigón.



Imagen 13. Acto inseguro: tablón de paso entre ambos extremos de la zapata. Se observan las cuerdas de nivelación

Previo a hormigonar, debe limpiarse la superficie de asiento de toda suciedad y materiales sueltos. Se lava la superficie y si quedan charcos, debe eliminarse todo resto de agua.

El vertido del hormigón se realiza con camión hormigonera en la zapata a través de su canaleta, a través de cubilote o, en caso de zonas de difícil acceso, con camión autobomba, que bombea el hormigón hasta la zapata.

El hormigón se coloca con vertido directo, desde una altura menor o igual a 1,5 m., tratando de que no segregue y considerando los factores climáticos (EHE).

Al hormigonar, debe cuidarse que no se produzcan desplazamientos de los encofrados o de las armaduras y tratando que no se formen juntas, coqueras o planos de debilidad dentro de estas secciones.

El hormigón se coloca en forma continua o en capas, con esperas cortas para que, al colocar la capa siguiente, la anterior aún se encuentre en estado plástico, para evitar la formación de junta fría.

Se compacta el hormigón mediante vibradores de aguja, introduciendo la aguja profundamente en la masa vertical. La aguja debe retirarse con lentitud y a velocidad constante.

El hormigón se compacta en tongadas no mayores a 60 cm. Cuando se compacta por tongadas, la aguja del vibrador debe introducirse en la capa inferior entre 10 y 15 cm.



Imagen 14. Hormigonado

- **Juntas de hormigonado.**

Todas las juntas de hormigonado deben preverse en el proyecto. Si se produjera alguna junta no prevista, deberá ejecutarse normalmente en la dirección de los esfuerzos máximos; cuando esto no pueda realizarse, formarán con ella el mayor ángulo que sea posible.

Cuando se interrumpe el hormigonado, superando las 4 ó 6 horas, se limpiará la junta con un chorro a presión de aire y agua o con cualquier otro sistema que realice la correcta limpieza de la lechada superficial, áridos sueltos, etc., para que el árido quede visto.

- **Curado del Hormigón.**

El curado se efectúa mediante riego de agua o con líquido especial de curado (filmógeno) durante 7 días seguidos.

Esta operación se realiza a continuación del vibrado y enrasado de la superficie final, en toda la superficie expuesta para evitar la aparición de fisuras de retracción plástica con la pérdida de humedad. Si se emplea película filmógena, se extiende sobre la superficie humedecida y saturada pero evitando los charcos.

Los paramentos encofrados se curan inmediatamente después de desencofrar.



Imagen 15. Aspecto general. Protecciones colectivas en la zona



Imagen 16. Zapatas. Fase de hormigonado.

Técnica constructiva de zapatas combinadas y corridas:

- Movimiento de tierras y limpieza del solar.
- Replanteo.
- Excavación de cimientos: entibado y encofrado si es necesario.
- Refinado manual de la excavación.
- Excavación de los últimos 10 cm de tierra y colocación del hormigón de limpieza.
- Puesta en obra de la armadura.
- Parrilla inferior, con separadores.
- Jaula de la viga de rigidización (armadura gruesa).
- Armadura de arranque de los soportes, etc.
- Verificación del replanteo y alineación de muros y pilares.
- Hormigonado, dejando juntas de hormigonado.
- Curado del hormigón.

Zapatas arriostradas:

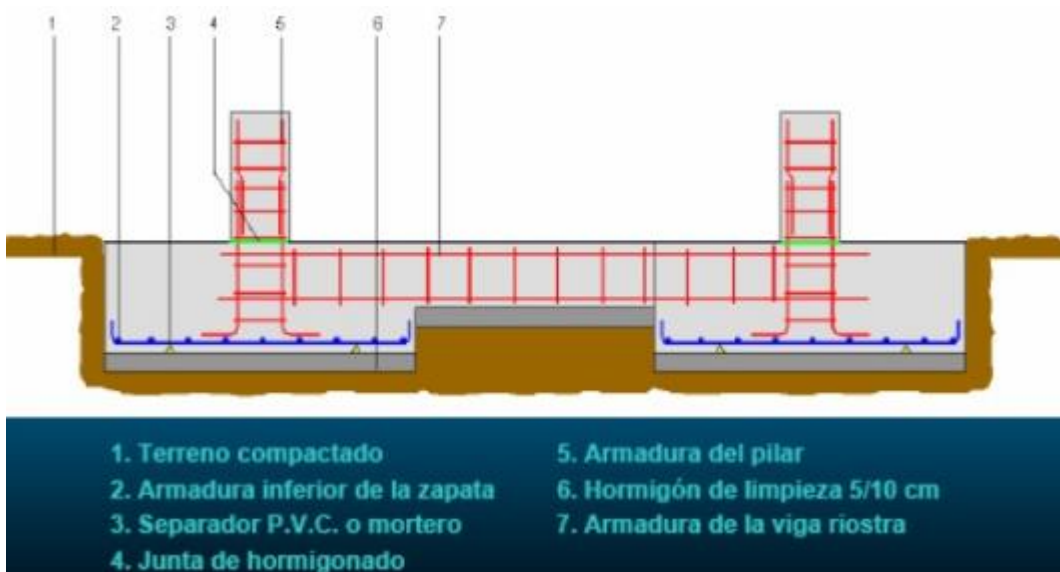


Imagen 17. Zapatas arriostradas

6. Riesgos y factores de riesgo

De forma específica, y como complemento a los ya dispuestos en la parte general de este DB-PRL-CI, han de considerarse los siguientes riesgos:

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Sepultamientos y/o aplastamientos.	a. Desprendimiento o deslizamiento de tierras y caída sobre personas localizadas en el interior de la excavación de la cimentación. b. Desprendimiento de tierras de taludes de vaciado y caída sobre personas localizadas en sus inmediaciones. c. Hundimiento de encofrados. d. Fallo de entibaciones.
Caídas a distinto nivel.	Personal cercano a la excavación de cimentación abierta, o trabajando en su interior: a. Supervisando o dirigiendo tareas. b. Realizando trabajos de encofrados, armado hormigonado y vibrado. c. En acceso y salida de excavaciones. d. Al pasar de un extremo a otro de la excavación de la zapata por pasarelas improvisadas o sin protección.
Caída de objetos por desplome o en suspensión.	a. Mal apilado de madera. b. Caída de encofrados trepadores. c. Vuelcos de los paquetes de madera (tablones, tableros, puntales, correas, soportes, etc.) durante las maniobras de izado. d. Caída de madera o paneles al vacío durante las operaciones de desencofrado.
Contactos con sustancias nocivas.	a. Dermatitis por cemento. b. Contacto con desencofrantes.
Proyección de partículas.	a. Salpicaduras de hormigón en los ojos. b. Oxycorte y uso de radial en ferralla y armaduras. c. Uso de mesa de sierra circular para corte de madera.
Vibraciones.	a. Vibrado del hormigón (manejo de agujas vibrantes).
Golpes y cortes con objetos y herramientas.	a. Cortes al utilizar las sierras circulares. b. Cortes al utilizar las mesas de sierra circular. c. Pisadas sobre objetos punzantes. d. Manejo de armaduras, ferrallas, etc.

7. Acciones o medidas preventivas

7.1. Estudios preliminares

Considerar la meteorología de la zona y los factores atmosféricos (como el hielo, lluvias, cambios bruscos de temperatura, etc.), y su posible influencia sobre las excavaciones realizadas y la planificación de los trabajos.

Recomendación: Para profundidades de pozos y zanjas superiores a 2,5 m. debe plantearse, por el riesgo que implica, la aplicación de otros métodos de cimentación tales como pilotajes, cimentaciones flotantes con placa de reparto, etc.

7.2. Acciones sobre los taludes

A efectos de esta Sección, se considerará que los taludes de los terraplenes y los taludes de las excavaciones practicadas (desmontes, vaciados y zanjas) que afectan a la ejecución de las zapatas han sido ya ejecutados, atendiendo a lo dispuesto en DB-PRL-MT Movimiento de Tierras.

7.2.1. En terraplenes y/o taludes de vaciado próximos a cimentaciones perimetrales

La necesidad de realizar trabajos en zonas próximas a taludes del vaciado y, en su caso, terraplenes para montar la armadura, el vertido de hormigón y el posterior vibrado, implica trabajar en un espacio con riesgo de desprendimiento o desplome de las paredes de la excavación. En aquellos casos en los que se dé esta circunstancia, se aplicarán las siguientes acciones:

Acciones orientativas para trabajos de cimentación en zonas adyacentes a taludes de vaciado / terraplenes		
	Sobre taludes	Sobre sistemas de sostenimiento
Reconocimiento y evaluación.	Reconocer el estado de los taludes del vaciado (Sección 2 Excavación, desmonte y vaciado del DB-PRL MT).	Reconocer el estado de los sistemas de sostenimiento instalado.
Estabilización	Planificar los trabajos de forma que se dispongan encofrados interiores para sostener paredes, en aquellas zonas en las que la estabilidad de taludes no esté asegurada.	
Accesibilidad	Asegurar una accesibilidad adecuada para facilitar la retirada de los trabajadores, así como una evacuación de emergencia.	

7.2.2. En excavaciones para zapatas

Dado que los trabajos de armado de zapatas requieren el trabajar en el interior de las excavaciones, ha de considerarse también el riesgo de desprendimiento o desplome de las paredes de las excavaciones. En estos casos se deberán asegurar las acciones orientativas dispuestas en la siguiente tabla:

Acciones orientativas para los trabajos en el interior de excavaciones de zapatas		
	Sobre taludes	Sobre sistemas de sostenimiento
Reconocimiento y evaluación.	Reconocer el estado de los taludes de las zanjas de cimentación (DB-PRL MT)	Reconocer el estado de los sistemas de sostenimiento instalados (Excavación en zanja del DB-PRL MT)
Estabilización	Planificar los trabajos de forma que se dispongan encofrados interiores para sostener paredes, en aquellas zonas en las que la estabilidad de taludes no esté asegurada.	
Accesibilidad	Asegurar una accesibilidad adecuada para facilitar la entrada y salida de los trabajadores, así como una evacuación de emergencia.	

7.2.3. En excavaciones para zapatas a diferentes niveles

- En el caso de excavaciones para cimentaciones a diferentes niveles, la ejecución de los trabajos debe hacerse de modo que se evite todo deslizamiento de las tierras comprendidas entre los diferentes niveles consecutivos.
- La inclinación de los taludes de separación entre zapatas a diferentes niveles debe ajustarse a las características del terreno. A efectos indicativos y salvo justificación en contra, la línea de unión de los bordes inferiores entre dos zapatas situadas a diferente nivel no debe superar una inclinación 1H: 1V (H: horizontal y V: vertical) en el caso de rocas y suelos duros, debiendo reducirse dicha inclinación a 2H: 1V para suelos flojos a medios.

7.3. Acciones Organizativas

- Cuando exista alguna simultaneidad entre las actividades de movimiento de tierras, armado y/o hormigonado, se establecerá un plan de trabajo específico para evitar las interferencias entre las zonas de trabajo en las que se realicen operaciones de excavación y las zonas en que se ejecuten las estructuras de zapatas, encepados o pozos, asegurando una coordinación adecuada de las actividades.
- De igual forma se actuará cuando sea previsible la simultaneidad entre trabajos de armado y hormigonado, para evitar el paso de cargas suspendidas sobre las zonas de hormigonado / armado.

7.4. Acondicionamiento y señalización de la zona de trabajo

7.4.1. Accesos de personal

- El acceso y salida de una excavación o pozo para cimentación no debe suponer un riesgo añadido para el trabajador. Para el dimensionado del sistema de acceso es preciso tener en consideración la profundidad, la anchura y la longitud de la excavación, así como el número de trabajadores que vayan a estar en el interior.
- En la tabla siguiente se recogen unos criterios orientativos, y no exhaustivos, para la definición de estos accesos:

Tipología de accesos al interior de excavaciones profundas de cimentaciones directas.			
Zonas de trabajo	Profundidad orientativa (H)	Tipo de acceso	Otras consideraciones
Excavaciones de cimentación poco profundas.	$H < 0,50 \text{ m}$	Pequeñas escaleras de mano y/o banquetas.	Altura a determinar en función de la profundidad.
Excavaciones profundas para cimentación.	$0,50 < H$	Escaleras de mano, con anclaje superior resistente para evitar su vuelco y dispositivo de reparto de cargas en su apoyo para evitar hundimiento y/o desestabilización.	Cantidad: A determinar en función de la longitud de la excavación y del número de operarios, para garantizar una evacuación rápida.

7.5. Trabajos con agua y bajo nivel freático

7.5.1. Agua de subsuelo

- En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones de las zapatas y losas, éste se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.
- Dicho agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.
- En el caso de excavaciones ejecutadas sin agotamiento en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de las cimentaciones directas.

7.6. Medidas preventivas sobre la ejecución de los trabajos

7.6.1. Excavación

- El acceso y salida de las zapatas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y estará apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas. La escalera sobrepasará en 1m, el borde de la excavación.
- Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia del borde de una zanja inferior a profundidad de la misma (mínima 2 m).
- Los acopios deberán colocarse suficientemente calzados para evitar su eventual deslizamiento y caída en la excavación.
- Los acopios deben estar lo más alejados posibles para evitar la caída accidental a la zapata por fallo en el acopio, y para evitar sobrecargas a la excavación.

- Las excavaciones se señalizarán mediante malla naranja o cinta situada a un metro como mínimo del borde de la excavación (barandilla en paso de vehículos o personas, valla en zona urbana).
- Se estudiará los servicios afectados para evitar contactos eléctricos, inundaciones, explosiones, etc., reflejando su trazado en planos. Si se encuentra una tubería, se avisará inmediatamente al encargado, y más si se ha producido una rotura de la misma.
- Si el terreno en el que se excava no presenta características suficientes para garantizar la estabilidad vertical de las paredes, es preciso taluzar hasta un talud estable o proceder a su entibación.
- Se recortará la zona superior de la excavación, dándole un mayor talud, para evitar la caída de tierras, piedras y materiales en el interior de la zapata.
- Las vibraciones de las máquinas en su proximidad, el eventual tráfico rodado en trabajos urbanos, las sobrecargas provocadas por acopios, además de los fenómenos atmosféricos (lluvia, heladas) disminuyen la estabilidad del terreno.
- Es importante recordar que una excavación puede ser estable en verano e inestable en invierno por la subida del nivel freático que disminuye la cohesión entre partículas.
- Si empieza a llover fuertemente y se está trabajando dentro de la zapata, parar los trabajos y salir inmediatamente.
- Se revisará el estado de cortes o taludes. Se vigilarán en caso de lluvias o subida del nivel freático, en estos casos se recomienda la paralización de los trabajos.
- Se establecerán pasarelas sobre las zanjas para el paso del personal, con 60 cm. de anchura mínima y con barandilla.
- A veces se realizan zapatas sobre zonas que han sido rellenos, no terreno natural. En estos casos se deben extremar las precauciones ya que la posibilidad de derrumbamientos es mayor.
- Se evitará la acumulación de agua en el fondo de la excavación eliminando la que se haya introducido con una bomba.
- Cuando se prevea una larga duración de la zapata abierta hay que extremar la vigilancia y es aconsejable entibarlas o disminuir el talud por el deterioro progresivo con el tiempo de la estabilidad de las paredes.
- Nunca se trabajará simultáneamente en distintos niveles de la misma vertical.
- Ningún operario debe situarse bajo el radio de acción de los equipos de excavación.



Imagen 18. Pasarela de acceso a la zapata

7.6.2. Trabajos de acabado y compactación de fondo de excavación

En aquellas zapatas en las que sea preciso realizar, en el fondo de la misma, una compactación de éste y/o realizar una cama de hormigón, se debe tener en cuenta las consideraciones establecidas a este respecto para trabajos en el interior de zanjas, en DB-PRL MT Movimiento de Tierras.

7.6.3. Durante el encofrado

Un encofrado es un molde para contener el hormigón, generalmente armado, de una estructura ejecutada in situ. Debe ser:

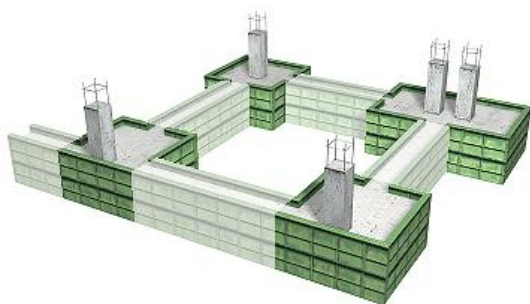
- Resistente a las cargas.
- Indeformable a las presiones del hormigón.
- Estanco, evitando pérdidas apreciables de lechada o mortero.

Los encofrados horizontales de estructuras suelen estar sustentados mediante apeos o cimbras, estructuras verticales provisionales que deben soportar las cargas tanto horizontales como verticales del encofrado hasta que el fraguado del hormigón haya alcanzado su resistencia característica.

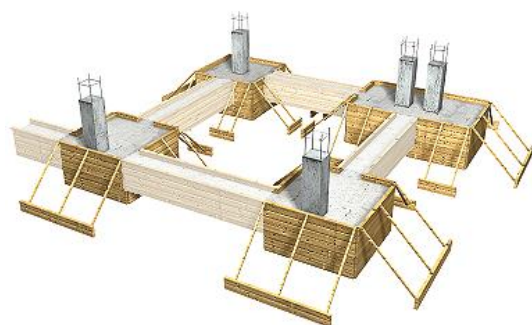
El encofrado de zapatas y encepados se considerará en aquellos casos en los que la cimentación se ejecute de forma directa sobre el terreno, sin tener que realizar excavación previa. En estos casos se puede considerar un encofrado metálico o de madera, tal y como se representan en la figura siguiente:

Encofrados metálicos y de madera en cimentaciones superficiales

ZAPATAS



Encofrado metálico



Encofrado de madera

Medidas preventivas:

- Durante el encofrado se deben organizar las tareas de forma que:
 - Los encofrados metálicos se utilicen de conformidad a las especificaciones del fabricante y en especial a los esfuerzos que deben soportar.
 - Se asegure el mantenimiento diario del orden y limpieza de la zona afectada, eliminando residuos y en especial maderas y puntas.
- En el transporte de paneles de encofrado, siempre que intervengan aparatos elevadores (como grúas autopropulsadas, camiones pluma, etc.), es necesario asegurar el buen estado y condiciones de uso de los aparejos de izado y la definición del método de eslingado, según proceda, y atendiendo a las especificaciones del fabricante.
- El acopio de materiales se realizará de forma estable, calzándolos en su caso.
- En caso de acopio en vertical (panel montado) se dispondrán con una inclinación tal que evite su deslizamiento o abatimiento y debidamente acunados.
- El proceso de descarga se realizará de tal forma que se eviten deslizamientos de la carga dentro de la caja del vehículo.
- Si los elementos prefabricados se acopian en obra durante un tiempo, las piezas se mantendrán limpias y se apilarán sobre durmientes de madera no permitiéndose vuelos mayores de 50 cm, ni de altura de pilas superiores a 1,50 m, salvo que el fabricante indique otros valores.
- Se realizará un correcto almacenamiento de materiales, evitando los posibles desprendimientos, corrimientos o caídas.

- Los clavos o puntas existentes en la madera ya usada, se extraerán, o se remacharán.
- Se mantendrá el orden y limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Una vez concluido un determinado tajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará, en un lugar conocido para su posterior retirada.
- Cuando el encofrado y desencofrado se realicen en altura, se dispondrá de una plataforma adecuada de trabajo. Esta plataforma se realizará mediante andamios, plataformas elevadoras o ménsulas, cumpliéndose en todos los casos lo establecido en la normativa correspondiente.
- Únicamente se hará uso de las escaleras de mano para trabajos y momentos puntuales.
- Si se reutilizase la madera se limpiarán las tablas con espátulas, rasquetas, etc. sin que se produzcan desgarros o astillas en las mismas.
- Los alambres y anclajes del encofrado que puedan haber quedado fijos durante el hormigonado serán cortados a ras del paramento.
- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de acción de cargas suspendidas durante el izado de tablonos, puntales, ferralla, etc.
- El gancho de la grúa utilizado para el transporte de los paneles de encofrado dispondrá de pestillo de seguridad.
- El ascenso y descenso del personal a los encofrados se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.
- En caso de no existir protección colectiva para riesgo de caída de más de 2 m, se sujetará el operario a un punto fijo o línea de vida mediante arnés. Se certificará por un técnico competente la resistencia de la línea de vida y punto de anclaje.
- El encargado de estructuras revisará la estabilidad y correcto montaje del encofrado según las instrucciones del fabricante.
- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán su correspondiente protección a tierra e interruptores diferenciales.

7.6.4. Durante el armado

- Se deben organizar los trabajos y circulación de forma que se eliminen sobrecargas dinámicas en zonas próximas a los bordes de las excavaciones de cimentación en las que se esté trabajando, muy especialmente en excavaciones superiores a 1,30 m de profundidad, restringiendo la aproximación de los vehículos a las mismas.
- Durante el montaje de la ferralla para el armado, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Pautas orientativas en el armado de cimentaciones directas

Zapatas superficiales (sobre terreno)	La armadura, de forma general, se montará "in situ", si bien también podrá estar elaborada.
Zapatas enterradas (en excavación)	En zapatas profundas: Prioritariamente, se asegurará que la armadura se introduzca ya elaborada, para evitar el acceso de trabajadores al interior (instalación de armaduras y atado) y/o tiempos prolongados de permanencia en su interior. El diagrama ilustra una sección transversal de una zapata enterrada. Se muestra la zapata con su armadura, el acabado rugoso del hormigón, el pozo de cimentación, el estrato resistente, el empotramiento en estrato resistente y el acabado variable. En pozos de cimentación: Preferentemente, realizar un vertido de hormigón en masa, para elevar la cota de trabajo y, posteriormente, elaborar la zapata. Si fuese preciso acceder al interior de zapatas, encepados o pozos, por causa justificada técnicamente, antes de la realización de los trabajos en el interior se revisarán los taludes y/o sistemas de sostenimiento instalados. En zapatas de grandes dimensiones, para alturas superiores a 2 m, se asegurará la disponibilidad de líneas auxiliares de anclaje horizontales, para posibilitar la fijación del sistema anticaídas por parte de los trabajadores.

- Una vez realizado el armado, se asegurará la instalación de sistemas de protección (setas o tapones, cajeados, o sistemas similares, etc.) sobre las armaduras verticales, teniendo en cuenta la resistencia de estos sistemas ante las características del posible daño que las armaduras puedan provocar ante contactos directos (rozamiento) o caídas sobre las mismas (impacto).
- Se instalarán protectores de PVC (setas) sobre las esperas de ferralla.
- En zapatas, emparillados y losas de gran superficie, durante el montaje “in situ” de la armadura se habilitarán pasillos de desplazamiento sobre las mismas (plancha de madera, tabloncillos de madera o sistemas similares) para minimizar riesgos de torceduras y caídas al mismo nivel en estas tareas.
- Orden y limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Se habilitarán pasillos compuestos de tableros, para evitar caminar por encima de la armadura, minimizando los riesgos de tropiezos.



Imagen 19. Ferrallado

7.6.5. Durante el hormigonado y vibrado

- Medidas preventivas generales:
 - Evitar el contacto de la piel con el hormigón.
 - En el caso de proyección de cemento o de mortero en los ojos, lavarlos inmediatamente con agua limpia y abundante y solicite asistencia médica.
 - Lavar la superficie cutánea que haya estado en contacto con el cemento o con la pasta (hormigón, mortero, etc.).
 - El encargado o capataz del tajo será el responsable de organizar la circulación de la maquinaria para evitar atropellos.
 - Si existe riesgo de caída de altura en primer lugar se colocarán las protecciones colectivas necesarias (andamios homologados, barandillas, etc.) si esto no es posible se sujetará el trabajador mediante arnés a un punto fijo.
- Medidas preventivas respecto a la forma de puesta en obra y vertido de hormigón:
 - Vertidos directos mediante canaleta:
 - Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m (como norma general) del borde de la excavación.
 - Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
 - Se instalará un cable de seguridad amarrado a “puntos sólidos”, en el que enganchar el mosquetón del arnés de seguridad en los tajos con riesgo de caída desde altura si no existiera protección colectiva.
 - La maniobra de vertido será dirigida por un responsable que vigilará no se realicen maniobras inseguras.
 - Las hormigoneras tendrán el avisador acústico de marcha atrás en funcionamiento.
 - Sólo estará en el radio de acción de la canaleta el operario u operario que manejen la misma.
 - Está prohibido transitar por la obra con la canaleta extendida sin recoger.
 - Vertido mediante cubo:
 - Se adaptará a la carga máxima que pueda elevar la grúa y se revisará periódicamente la zona de amarre y la boca de salida de hormigón, para garantizar la hermeticidad durante el transporte.
 - La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
 - La maniobra de aproximación, se dirigirá con el apoyo de otra persona si el maquinista no ve correctamente el tajo.
 - Prohibido situarse bajo cargas suspendidas.
 - Todos los elementos de la grúa, eslingas, cables, pestillos, etc., estarán en perfecto estado y será responsabilidad del maquinista el mantenimiento de los mismos, rechazando aquellos que estén en malas condiciones, así como el correcto estrobo del cubo.

- Vertido de hormigón mediante bombeo:
 - El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
 - La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
 - La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimientos incontrolados de la misma.
 - El hormigonado de elementos verticales, se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado o plataforma protegida a 90 cm de altura.
 - El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por “tapones” y “sobre previsiones” internas.
 - Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, en evitación de “atoramiento” o “tapones”.
 - Es imprescindible evitar “atoramientos” o “tapones” internos de hormigón; procura evitar los codos de radio reducido. Después de concluido el bombeo, se lavará y limpiará el interior de las tuberías de impulsión de hormigón.
 - Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la “redecilla” de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina. Se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
 - Los operarios, amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.
 - Dentro de la grúa existirá un extintor antiincendios y el manual de instrucciones.
 - No se utilizará la maquinaria para otro uso diferente a lo que marca el fabricante.
 - Las operaciones de mantenimiento, reparación de avería, etc., se hará con el motor parado y por personal especializado.
 - No guarde trapos grasientos ni combustible en la máquina, puede incendiarse.
- Vertido de hormigón mediante gunitado:
 - El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
 - Antes de empezar a trabajar se comprobará el correcto estado de la máquina.
 - Se comprobará que en la zona de trabajo no hay zonas sin sanear.
 - Para proyectar el hormigón sitúese en una zona que no le alcance ni rebote el polvo
 - En terrenos embarrados puede producirse desplazamientos de la máquina, dirija la máquina con precaución.
 - El maquinista no debe abandonar la máquina con el motor en marcha.
 - No se deberá de hacer ajustes a la maquina en movimiento o con el motor en marcha
 - Las rejillas y chapas de protección que evitan el contacto con piezas móviles deben permanecer en su sitio.
 - Se revisará periódicamente todos los puntos de escapes del motor para evitar quemaduras
 - No guarde trapos grasientos ni combustible en la máquina, puede incendiarse.
 - No se utilizará la maquinaria para otro uso diferente a lo que marca el fabricante.
 - Las operaciones de mantenimiento, reparación de avería, etc., se hará con el motor parado y por personal especializado.
- Hormigonado y vibrado de zapatas, encepados y/o pozos de cimentación:
 - Su realización dependerá de la disposición en el terreno de los mismos (en superficie o enterrada).
 - En el caso de cimentación enterrada, prioritariamente se realizará desde el exterior, pero si fuese preciso ubicarse sobre el mismo, por dimensiones del cimient, se debe asegurar la disponibilidad de plataformas de trabajo resistentes (transportables) y protegidas con barandillas en su perímetro, y dispuestas perpendicularmente al eje de la zanja o zapata, de forma que se impida el deslizamiento imprevisto de las mismas.
 - Uso de EPI, en especial gafas para el vertido con bomba o cubo, casco para el manejo de canaleta, cubo o bomba.
 - Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 1 m del borde de excavación.
 - Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
 - El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
 - La manguera de vertido de la bomba, será convenientemente gobernada para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma, a base de una cuerda para evitar retrocesos.
 - Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tabloncillos seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.
 - Cuidado limpieza bomba.
- Hormigonado de muros:
 - El acceso al trasdós del muro (espacio comprendido entre el encofrado externo y el talud del vaciado), se efectuará mediante escaleras de mano.
 - Se prohíbe el acceso “escalando el encofrado”.
 - Antes del inicio del hormigonado se revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.

- Para el hormigonado, cuando éste se realice en altura, se dispondrá de una plataforma adecuada de trabajo. Esta plataforma se realizará mediante andamios, plataformas elevadoras o ménsulas, cumpliéndose en todos los casos lo establecido en la normativa correspondiente.
- Únicamente se hará uso de las escaleras de mano para trabajos y momentos puntuales, pero no para vertido de hormigón.
- Para el hormigonado, cuando este no puede realizarse desde el suelo pero no llega a ser trabajo en altura, se proporcionará una plataforma adecuada de trabajo en función de la altura a salvar.
- El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares, en evitación de sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado.
- El desencofrado de trasdós del muro) se efectuará, lo antes posible, para no alterar la entibación si la hubiere, o la estabilidad del talud.
- En caso de riesgo de caída los operarios se anclarán con arnés a un punto fijo si no existieran protecciones colectivas.

EPI:

- Casco.
- Botas de agua, clase III.
- Guantes de goma.
- Gafas contra la proyección de partículas.
- Arnés de seguridad si fuera necesario.
- Traje de agua.
- Chaleco reflectante.



Imagen 20. Cimentación

- En zapatas, emparillados y losas de gran superficie, durante el vertido de hormigón desde la propia armadura de habilitarán pasillos de desplazamiento sobre las mismas (plancha de madera, tabloncillos de madera o sistemas similares) para minimizar riesgos de torceduras y caídas al mismo nivel en estas tareas.



Pasarelas de aluminio
Pasarelas de aluminio para operaciones de vertido de hormigón y vibrados, a instalar sobre excavaciones de cimentaciones, con laterales abatibles o desmontables, para su fácil transporte. Longitudes, pesos y resistencias variables en función de fabricantes.

7.6.6. Durante el desencofrado

- Se organizarán las tareas de desencofrado, de forma que durante el “despegue” del encofrado, no exista personal en el radio de acción de la carga, en prevención de posibles golpes por el balanceo de la misma.
- En la utilización de desencofrantes de limpieza se deberá tener en cuenta la dosificación establecida por el fabricante. Durante las mezclas del producto y su aplicación, se asegurará la utilización de guantes impermeables y gafas antiproyecciones.
- El ascenso y descenso del personal a los encofrados verticales se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.
- Se procederá a golpear mediante el uso de un martillo los paneles y tablas a desencofrar con el objeto de disminuir la tensión remanente acumulada en las puntas clavadas.
- En la medida de lo posible se utilizarán puntas de acero maleable y no de acero de gran dureza ya que estas últimas presentan problemas de fragilidad.
- Humedecer las zonas a desencofrar previamente a la maniobra para facilitar el despegue de los paneles.
- En los paneles que presenten dificultades para el desencofrado se utilizarán barras de palanca para facilitar el despegue de los paneles o tabloneros utilizados.
- Se procederá a desencofrar en primer lugar mediante la barra de palanca y posteriormente se utilizará el martillo de orejas para extraer la punta.
- Se prestará especial atención en los elementos a desencofrar en los que el operario se tenga que situar en la misma trayectoria de salida de la punta. En esas ocasiones siempre se procederá a aflojar los paneles encofrados mediante palanca previamente. El operario debe colocarse de tal modo que no exponga la mitad superior del torso y la cabeza a la proyección.
- El desencofrado de elementos pesados se realizará mediante la ayuda de un elemento de izado (camión grúa, grúa). En este caso se procederá a sujetar la pieza mediante los aparejos homologados de izado de encofrados previamente al desencofrado. Una vez aflojados los elementos de unión entre paneles (cangrejos) se procederá a realizar un “tiron” de manera controlada para extraer el encofrado. Esta operación será dirigida por un operario experimentado coordinado con el gruista.
- Durante estos trabajos no podrá haber presencia de operarios en las cercanías de la maniobra.
- Todos los movimientos de las piezas de encofrado se harán con uña metálica, proporcionada por el fabricante del encofrado, y cogido al menos de dos puntos.
- El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.
- Orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán, o se remacharán.
- Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante un barrido y apilado en lugar conocido para su posterior retirada.
- Una vez concluido un determinado tajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará, en un lugar conocido para su posterior retirada.
- Los recipientes para productos de desencofrado, se clasificarán rápidamente para su utilización o eliminación; en el primer caso, para su transporte y en el segundo para su vertido.
- Los productos desencofrantes se aplicarán siempre con las manos protegidas por guantes.
- Nadie permanezca debajo de los módulos de encofrado cuando queden suspendidos por los camiones autocargantes. Así, el conductor del camión plataforma deberá abandonar la zona de riesgo de caída del encofrado hasta que la barca queda apoyada en el camión plataforma.
- Para amarrar las eslingas a las barcas un operario realizará el enganche. El operario utilizará arnés, utilizando como punto fijo de amarre la barandilla definitiva del viaducto.
- Asimismo se retirarán, cuando sea necesario, los tabloneros que conforman la barandilla quitamiedos, que al igual que el enganche de la barca, se realizará con arnés anclado en la barandilla definitiva.

7.6.7. Zapatas en pasos superiores, viaductos y zonas de talud

Para ejecutar las zapatas de pasos superiores y viaductos, se procederá a hacer la excavación mediante medios mecánicos.

Siempre que sea posible se dejará una rampa de acceso a la misma. Una vez terminada ésta, se regulariza el fondo mediante una solera de hormigón de limpieza. La estructura de la ferralla se elaborará en la medida de lo posible, fuera de la excavación, de forma que los trabajos en el interior de la misma se minimicen. Se procede entonces al encofrado. En algunas ocasiones puntuales se hace necesario realizar parte del encofrado antes del ferrallado.

Una vez está terminado el encofrado y éste ha sido revisado, se hormigona la zapata. Cuando el hormigón ha endurecido lo suficiente, se procede a desencofrar.

El espacio que queda entre la zapata y el terreno natural (trasdós), se rellena de hormigón pobre. En las excavaciones donde se ha hecho rampa de acceso, se hace necesario encofrar el lateral que da hacia la rampa, a modo de tape. Una vez se llega a la cota superior de la zapata con el hormigón pobre y este endurece, se desencofra el tape, quedando terminada la zapata.

Son aplicables las medidas preventivas mencionadas en los puntos anteriores.

8. Ejecución de losas de cimentación

Una losa de cimentación es una placa de hormigón apoyada sobre el terreno, la cual reparte el peso y las cargas del edificio sobre toda la superficie de apoyo.

Las losas son un tipo de cimentación superficial que tiene muy buen comportamiento en terrenos poco homogéneos y terrenos con muy poca capacidad portante.

Las losas más sencillas son las de espesor constante, aunque también existen las losas nervadas que son más gruesas según la dirección de muros o filas de pilares.

Las trabes de estas losas se invierten para quedar enterradas en el terreno y evitar obstáculos al aprovechamiento de la superficie, que queda lista para ocuparse como un firme aunque su superficie aún es rugosa.

Las losas de cimentación pueden ser de los siguientes tipos: continua y uniforme, con refuerzos bajo pilares, con pedestales, con sección en cajón, nervada y aligerada.

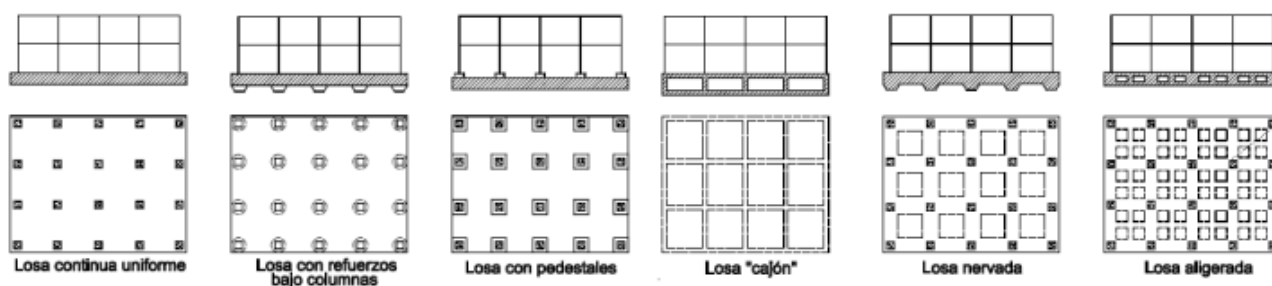


Imagen 21. Tipos de losa de cimentación

Proceso constructivo:

- Excavación.
- Nivelación del fondo.
- Vertido de hormigón de limpieza o de relleno, para ejecución de la solera de asiento.
- Introducción de la armadura.
- Hormigonado, vibrado y curado.



Imagen 22. Recubrimiento de las armaduras. Separadores.

Medidas preventivas:

- Antes de comenzar el armado de las losas se comprobará que los fondos de excavación y las paredes de la misma estén limpios, sin materiales sueltos.
- Las armaduras en espera de los arranques de los pilares se sujetarán para evitar su desplazamiento al verter el hormigón mediante tablonos de madera o perfiles metálicos.

- El hormigonado se realizará mediante canaletas para evitar que el hormigón se segregue y se irá vibrando tal y como se vaya hormigonando.
- Se prohibirá la circulación bajo cargas suspendidas (armaduras, cubilote de hormigón, etc.).
- Se acotarán las zonas de trabajo para evitar caídas en las losas abiertas y no hormigonadas.
- No se acopiarán materiales ni se permitirá el paso de vehículos al borde de la losa abierta.
- Se realizará el transporte de armaduras mediante eslingas enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad.
- Se colocarán protectores en las puntas de las armaduras salientes (setas).
- Se revisará el estado del vibrador eléctrico antes de cada hormigonado.
- Para la ejecución del armado de la losa se utilizarán pasarelas formadas por un mínimo de tres tablones que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zapata.
- La zona de trabajo se mantendrá limpia y libre de obstáculos y de residuos de materiales.



Imagen 23. Atado



Imagen 24. Losa hormigonada

9. Equipos de protección individual

Con carácter específico para esta actividad, y a modo orientativo, se atenderá también a lo dispuesto en la siguiente tabla:

Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caídas a distinto nivel.	Excavación, instalación de armadura, encofrado y desencofrado de muros, montaje de andamios, Trabajos en plataformas elevadoras, escaleras, colocación de hileras o piezas a más de 2 m altura. Cimentaciones directa en zapatas de grandes dimensiones y profundidad > 2 m / Armado y hormigonado.		Equipo anticaídas (Arnés, fijaciones, eslinga, mosquetones, etc.), en aquellos casos en que se justifique técnicamente la imposibilidad utilizar protecciones colectivas o cuando la protección colectiva no evite el riesgo de caída.

Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caída de objetos, golpes y proyecciones sobre la cabeza.	General	Casco	
Atropellos.	General	Chaleco reflectante	
Golpes, atrapamientos y punzonamientos o cortes.	General	Guantes contra riesgos mecánicos, botas/zapatos de seguridad con puntera y plantilla reforzada.	
Proyección de partículas.	Corte de armaduras con radial / Corte de madera y alambre/ambiente pulvígeno.		Gafas antiproyecciones
Quemaduras.	Corte de armaduras por oxicorte / Soldadura en el conformado de la armadura (premontaje y solapado)		Guantes y mandil de cuero para soldadura
Inhalación de polvo.	General		Mascarilla antipolvo FFP1, gafas antipolvo
Inhalación de partículas en suspensión.	Corte de madera con sierra circular		Mascarilla antipolvo FFP1
Inhalación de vapores tóxicos.	Trabajos de oxicorte		Mascarilla FFP2
Ruido.	General		Protector auditivo
Vibraciones.	Operadores de máquinas		Guantes anti-vibraciones.
Estrés térmico por frío o calor / quemaduras o enfermedades en la piel por radiación solar.	Trabajos a la intemperie.	Ropa de protección contra bajas temperaturas. Calzado de protección contra el frío. Crema de protección.	
Posturas forzadas	Armado y encofrado		Rodilleras acolchadas

NOTA: aunque la ropa de trabajo no es considerada un equipo de protección individual, es esencial señalar la importancia de utilizar ropa de trabajo adecuada (camisetas con manga y pantalón largo) durante la ejecución de los trabajos en una obra de construcción.

Documento Básico

PRL-CI

07 — Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.0_SECCIÓN COMÚN

07.1_SECCIÓN 1 Tratamientos de mejora del terreno

06.2_SECCIÓN 2 Cimentaciones directas

06.3_SECCIÓN 3 Cimentaciones profundas

06.4_SECCIÓN 4 Elementos de contención

DB PRL-CI

Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.1.—SECCIÓN CIMENTACIONES PROFUNDAS

ÍNDICE | CIMENTACIONES PROFUNDAS

1. Objeto.....	4
2. Ámbito de aplicación.....	4
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico.....	5
4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados.....	6
5. Cimentaciones profundas. Clasificación y proceso constructivo.....	7
5.1. Pilotes.....	7
5.1.1. Pilotes hincados.....	7
5.1.2. Pilotes in situ.....	9
5.2. Anclajes.....	10
5.3. Muro pantalla.....	10
6. Riesgos y factores de riesgo.....	11
6.1. Relacionados con la seguridad.....	11
6.2. Higiénicos.....	12
6.2.1. Químicos.....	12
6.2.2. Biológicos.....	12
7. Acciones o medidas preventivas.....	12
7.1. Acciones sobre los taludes de vaciados y/o terraplenes.....	12
7.2. Trabajos con agua y bajo nivel freático.....	13
7.3. Acondicionamiento de la zona de trabajo.....	13
7.3.1. Accesos a máquinas y elementos mecánicos para operaciones de montaje, mantenimiento y desmontaje.....	13
7.3.2. Acondicionamiento de terreno y acopio de materiales.....	14
7.4. Acciones sobre la ejecución de los trabajos.....	15
7.4.1. Pilotes hincados o prefabricados.....	15
7.4.2. Pilotes “in situ”.....	18
7.4.3. Micropilotes.....	25
7.4.4. Anclajes.....	31
7.4.5. Muros pantalla.....	34
8. Equipos de protección individual.....	42
9. Maquinaria.....	43
9.1. Pilotera.....	43
9.2. Pilotadora.....	47
9.3. Pantalladora.....	53

1. Objeto

Determinar unas reglas y procedimientos que faciliten el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad y salud establecidas en la normativa vigente de carácter tanto reglamentario, como técnico, aplicables a los trabajos realizados durante las actividades bajo el ámbito de aplicación de esta Sección.

Las especificaciones dispuestas en esta Sección no deben tratarse aisladamente, sino de forma complementaria a aquellas especificaciones ya contempladas en la parte general Documento Básico (DB-PRL-CI), que sean de aplicación a esta subactividad.

La ejecución de estos trabajos, que se realiza normalmente una vez realizada la plataforma de trabajo del terreno para el posicionado de las máquinas, plantea problemas como:

- Realización de trabajos en espacios con riesgo de desprendimientos de materiales, como taludes de vaciado y/o terraplenes. Las vibraciones transmitidas al terreno por las máquinas de pilotaje durante el hincado o perforación pueden incrementar la inestabilidad de los terrenos y de las edificaciones colindantes.
- Movimiento y manipulación de grandes cargas.
- Existencia de líneas eléctricas aéreas, de alta tensión o canalizaciones de gas, que pueden ser causa de accidentes graves.
- Aparición de corrientes subterráneas, nivel freático alto, antiguas minas etc., que ocasionan derrumbamientos y socavones.
- Aparición de suelos o aguas contaminadas, sustancias o vapores tóxicos, así como materia orgánica potencialmente patógena, que pueden entrañar riesgos biológicos para la salud.

2. Ámbito de aplicación.

Cuando la ejecución de una cimentación directa no sea técnicamente viable, se debe contemplar la posibilidad de realizar una cimentación profunda. El objeto de la misma no es otro que transmitir al terreno, las cargas estructurales que por su configuración requieran de una resistencia mucho más elevada que la que puede ofrecer una cimentación directa, así como un terreno de baja resistencia y elevada deformabilidad.

A efectos de esta Sección CI3, se considerará que una cimentación es profunda si su extremo inferior, en el terreno, está a una profundidad superior a 8 veces su diámetro o ancho. Esta Sección contempla los siguientes tipos de Cimentación profunda;

- Pilotes: elemento constructivo utilizado para la realización de cimentaciones profundas en terrenos de escasa capacidad portante. Constituyen una solución de cimentación que permite llegar a profundidades considerable, bien para apoyarse sobre un estrato resistente muy profundo o bien para realizar la transmisión de la carga de la estructura al terreno a través del fuste del pilote.
- Micropilotes: pilotes de reducidas dimensiones que van desde los 80 mm hasta los 250 mm. Tienen una capacidad portante inferior a los pilotes, pero son necesarios en aquellas obras en la no es posible actuar con pilotes convencionales.
- Anclajes: elementos capaces de transmitir esfuerzos de tracción desde la superficie del terreno al interior del mismo. Ayudan a mantener la estabilidad de las pantallas, ya que estos muros de contención tienen un espesor muy delgado en relación con la profundidad excavada.
- Muros pantalla: solución de cimentación, por ser el elemento que transmite las cargas de la estructura al terreno, pero constituye además una solución de contención, a partir de la cual posibilita la ejecución de un tipo de muro de contención cuya construcción es posible antes de realizar el vaciado del terreno.

El contenido de esta sección, está referido a los trabajos de cimentaciones profundas por medio de pilotes en obra civil, atendiendo a su clasificación según el proceso constructivo, por considerarse el mismo proceso constructivo como factor de riesgo.

Clasificación de pilotes según proceso constructivo. Fuente: Guía de cimentaciones de carretera. Ministerio de Fomento.

Tipo de Pilotes			Denominación
PILOTES HINCADOS	Prefabricados	De hormigón armado	CPP 1
		De hormigón armado con azuche	
		De hormigón pretensado	

Tipo de Pilotes			Denominación
		Metálicos	
PILOTES "IN SITU"	Perforados	Con entubación recuperable Con entubación perdida Con lodos tixotrópicos Sin contención. Barrena parcial en punta Sin contención. Barrena continua	CPI 4 CPI 5 CPI 6 CPI 7 CPI 8
	Micropilotes	Con entubación. Armados con barras Sin entubación	A.N.T.E. CPI M1 / CPI M2
	De desplazamiento Con azuche De tapón de gravas	Entubado perdido o recuperable	CPI 1 CPI 2 CPI 3

Se tratan también:

- Anclajes. Perforación en el terreno donde se introducen cables o barras que, después de inyectadas con una lechada de cemento y tras su fraguado, son sometidos a tensión.

No se consideran en esta sección:

- Los trabajos de cimentaciones profundas en Edificación.

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Además de considerar las referencias normativas indicadas en el apartado III de este Documento Básico (DB-PRL-CI), también se deben tener en cuenta, de forma complementaria, aquellas referencias normativas que son de aplicación específica a esta Sección PRL-CI3 y que se detallan a continuación:

Concepto de aplicación	Referencia
SOBRE ACTIVIDAD	LA Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. ANEXO IV. PARTE A: DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS LUGARES DE TRABAJO EN LAS OBRAS.
SOBRE MÁQUINAS Y OTROS EQUIPOS DE TRABAJO	LAS ANEXO IV. PARTE A: DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS LUGARES DE TRABAJO EN LAS OBRAS. VI Convenio General del Sector de la Construcción. LIBRO II. ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. TÍTULO IV. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO I. Condiciones generales. CAPÍTULO III. Protecciones colectivas, escalas fijas o de servicio, escaleras de mano y otros equipos para trabajos temporales en altura.
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	- Pliego de Prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Dirección General de Carreteras. - Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras. 2005. - Guía de cimentaciones en obras de carretera. Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras. 2009.

Concepto de aplicación	Referencia
	- Guía para el diseño y ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera. Dirección General de Carreteras. 2003. - Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. - AENOR 2003: Normas UNE referidas en el Pliego de Prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Dirección General de Carreteras. - UNE-EN 1536:2000. Ejecución de trabajos especiales de geotecnia. Pilotes perforados. - UNE-EN 12699:2001. Realización de trabajos geotécnicos especiales. Pilotes de desplazamiento. - UNE-EN 12794:2006+A1:2008. Productos prefabricados de hormigón. Pilotes de cimentación. - UNE-EN 12794:2006+A1:2008/AC: 2009. Productos prefabricados de hormigón. Pilotes de cimentación.
	MÁQUINAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS Perforación y Pilotaje - UNE-EN 791:1996+A1:2009. Equipos de perforación. Seguridad. - UNE-EN 996:1996+A3:2009. Equipos de pilotaje. Requisitos de seguridad.

4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados

Máquinas y equipos principales	Medios auxiliares	Productos
Pilotera. Pilotadora. Pantalladora. Planta de lodos bentoníticos (batidora, desarenador, bomba, tanque de almacenamiento) Grúa torre Grúa autopropulsada Camión autocargante Retroexcavadora y Pala cargadora Camión basculante Camión bomba/Bomba de hormigonado Compresor Martillo neumático Grupo electrógeno Grupo de soldadura y oxicorte Sierra circular (corte de madera) Dobladoras y tronzadoras de ferralla	Útiles de excavación y elementos auxiliares (entubado, cubo de perforación, cuchara, barrena continua, hélice, trépano) Tubos tremie (para pilote in situ) Vibradores o pinchos (para barrena continua) Manguera de conexión de hormigonado (para barrena continua) Andamios tubulares y torres de acceso Escaleras de mano Plataformas de trámex o similar Balancines, Eslingas y otros aparejos de elevación de cargas Cubilote Vibrador Equipos de topografía	Polvo de cemento Polvos bentoníticos Hormigón Aditivos para el hormigón Madera

5. Cimentaciones profundas. Clasificación y proceso constructivo

5.1. Pilotes

Clasificación de pilotes	
Tipo de Pilote	Descripción
Pilote aislado	Aquél que está a una distancia lo suficientemente alejada de otros pilotes como para que no tenga interacción geotécnica con ellos.
Grupo de pilotes	Son aquellos que por su proximidad interaccionan entre sí o están unidos mediante elementos estructurales lo suficientemente rígidos, como para que trabajen conjuntamente.
Zonas pilotadas	Son aquellas en las que los pilotes están dispuestos con el fin de reducir asientos o mejorar la seguridad frente a hundimiento de las cimentaciones. Suelen ser pilotes de escasa capacidad portante individual y estar regularmente espaciados o situados en puntos estratégicos.
Micropilotes	Son aquellos compuestos por una armadura metálica formada por tubos, barras o perfiles introducidos dentro de un taladro de pequeño diámetro, pudiendo estar o no inyectados con lechada de mortero a presión más o menos elevada.

Según el material del pilote:

El material que constituye el pilote tiene importancia al evaluar su capacidad de soporte. Los materiales usados normalmente son:

- Hormigón «in situ»: Son los que se utilizan con más frecuencia en España. Normalmente se realizan mediante perforación o excavación previa, aunque también pueden ejecutarse mediante desplazamiento del terreno o con técnicas mixtas (excavación y desplazamiento parciales).
- Hormigón prefabricado: Puede ser hormigón armado (hormigones de alta resistencia) u hormigón pretensado. Normalmente se utilizan para fabricar pilotes hincados.
- Acero: Suelen utilizarse secciones tubulares o perfiles en doble U, o en H. Los pilotes de acero se suelen hincar con azuches (protecciones en la punta).

Pueden usarse pilotes mixtos, ej. pilotes de acero tubular rodeados y rellenos de mortero, práctica habitual en los micropilotes.

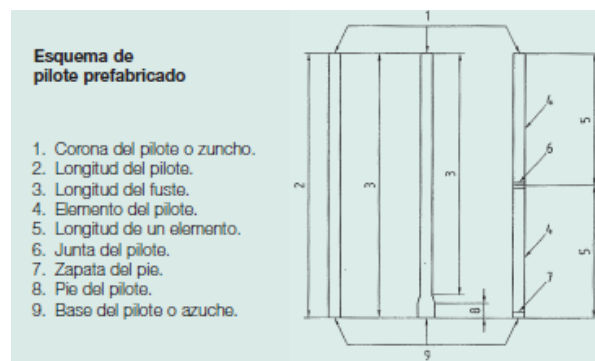
5.1.1. Pilotes hincados

Los pilotes prefabricados o hincados son fabricados y trasladados a obra donde se hincan en el terreno por golpeo del martillo o la maza de la máquina pilotadora.

Fases:

- Izado y presentación del pilote.
- Hincado del pilote. El martillo golpeará el pilote de manera que se introduce poco a poco en el terreno. La hincada en el terreno se realizará hasta obtener rechazo, o bien hasta alcanzar la profundidad establecida en el proyecto.
- Conexión entre elementos. En ocasiones es necesario realizar empalmes de pilotes antes de que se produzca el rechazo.
- Descabezado. Después de la hincada se demolerán las cabezas de los pilotes de hormigón armado hasta dejar la espera al nivel especificado. Se empleará un descabezador hidráulico.
- Conexión con la estructura o el resto de pilotes (encepado)

Imagen 1. Partes de un pilote prefabricado.



Los métodos de hincado de pilotes difieren en cuanto al sistema empleado según se use vibración, presión o más frecuentemente, la hinca o percusión con golpes de maza.

Proceso de hincado de pilote mediante equipo hidráulico de hinca:

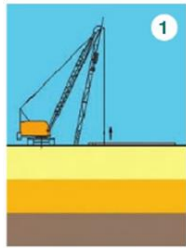


Imagen 2.

1 Eslingado del pilote



Imagen 3

2 Izado del pilote



Imagen 4

3 Bajada de sufridora y martillo y fijación de cabeza de pilote

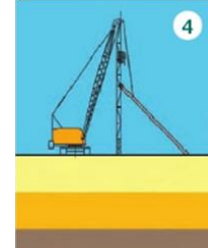


Imagen 5

4 Liberación sufridora y subida de martillo

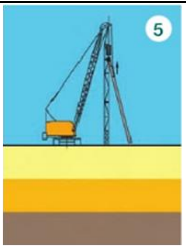


Imagen 6

5 Presentación del pilote

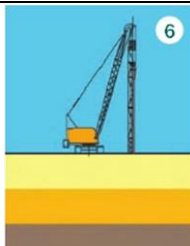


Imagen 7

6 Presentación final y posición hinca

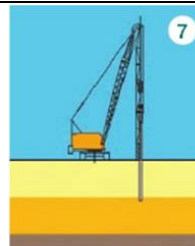


Imagen 8

7 y 8 Hincado de pilote

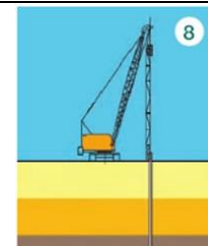


Imagen 9

El plan de trabajo debe considerar el método de control de los problemas derivados, entre otros, de los siguientes aspectos:

- Influencia de la hincado de pilotes prefabricados en estructuras o edificaciones cercanas o taludes próximos por la vibración transmitida.
 - Estabilidad de los taludes de las excavaciones y plataformas realizadas para construir el pilotaje.
- Prever la posibilidad de incorporar en el proceso de fabricación del pilote, dispositivos de anclaje resistentes en cabeza para favorecer las operaciones de izado posterior.



Imagen 10. Vista general



Imagen 11. Hincado



Imagen 12. Descabezado

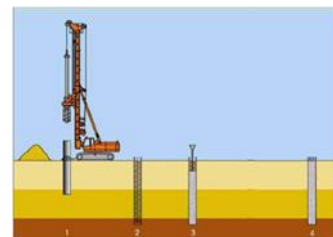
5.1.2. Pilotes in situ

Se dice que los pilotes son in situ cuando la ejecución completa se efectúa en su lugar de emplazamiento definitivo.

Existen diversos tipos con diferentes formas de ejecución:

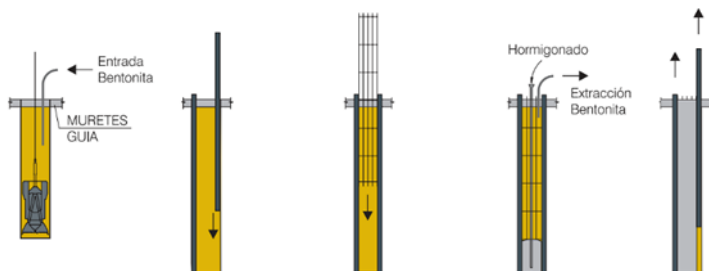
- Los pilotes in situ con entubación recuperable y los de camisa perdida tienen un sistema de ejecución similar:
 - Perforación. La perforación se realiza por el interior de la camisa metálica. Este sistema se emplea en terrenos poco compactos y con presencia de agua.
 - Limpieza del interior.
 - Colocación de la armadura. Las armaduras se montan en la plataforma de trabajo y para su introducción en la excavación se amarran de las asas de izado, elevándolas hasta disponerlas en vertical para introducirlas en la excavación.
 - Hormigonado. El hormigonado se realizará con ayuda de una bomba de hormigonado o una tubería tremie que contará con un embudo en la parte superior donde se verterá el hormigón.

Imagen 13. Pilotes in situ con entubación recuperable y de camisa perdida



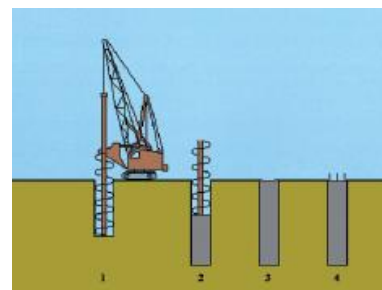
- Los pilotes in situ con lodos tixotrópicos constan de las siguientes actividades:
 - Perforación/Extracción simultánea del terreno y estabilización del terreno con la inclusión del lodo. El empleo de este tipo de pilote implica la instalación de una planta de lodos para su fabricación y reciclaje.
 - Hormigonado. El hormigonado se realizará con ayuda de una bomba de hormigonado o una tubería tremie que contará con un embudo en la parte superior donde se verterá el hormigón. Cuando se trabaja con lodos bentoníticos, es muy importante que el hormigonado se realice desde la parte inferior, para que al hormigonar, los lodos se desplacen hacia arriba y se retiren según se hormigona.
 - Colocación de la armadura sobre el hormigón fresco. El montaje de la armadura también se puede realizar antes del hormigonado.

Imagen 14. Ejecución de pilote con lodos tixotrópicos.



- Pilotes en barrena continua.
 - Perforación. La barrena continua se introduce en el terreno en una sola operación de forma continua, hasta alcanzar la profundidad establecida.
 - Hormigonado y extracción simultánea del terreno. Tras la perforación, se realiza el hormigonado por el tubo central de la barrena a la vez que se va extrayendo la barrena. El terreno de la barrena se limpiará durante su extracción.
 - Colocación de armadura en el hormigón fresco.

Imagen 15. Ejecución de pilotes en barrena continua.



- Micropilote.
 - Perforación del micropilote: Se posicionará y estabilizará la máquina, el mástil y la sarta de perforación en el punto donde se realizará el taladro. La perforación se hará emboquillando en los puntos y con las inclinaciones especificadas en el proyecto. Los métodos y diámetros dependerán de la naturaleza del terreno, normalmente se realizará con equipos hidráulicos a rotación o rotopercusión y manteniendo las paredes mediante entubación.
 - Colocación de armadura: Una vez terminada la perforación y limpia de detritus, se coloca la armadura tubular del micropilote. La armadura de los micropilotes está formada por tubos de acero que se unen por tramos mediante roscas macho-hembra o manguitos roscados.
 - Inyección del micropilote: Se rellena el hueco comprendido entre el taladro de la perforación y la armadura tubular y su interior. La inyección podrá realizarse antes o después de la introducción de la armadura.
 - Conexión con la estructura o el resto de micropilotes.

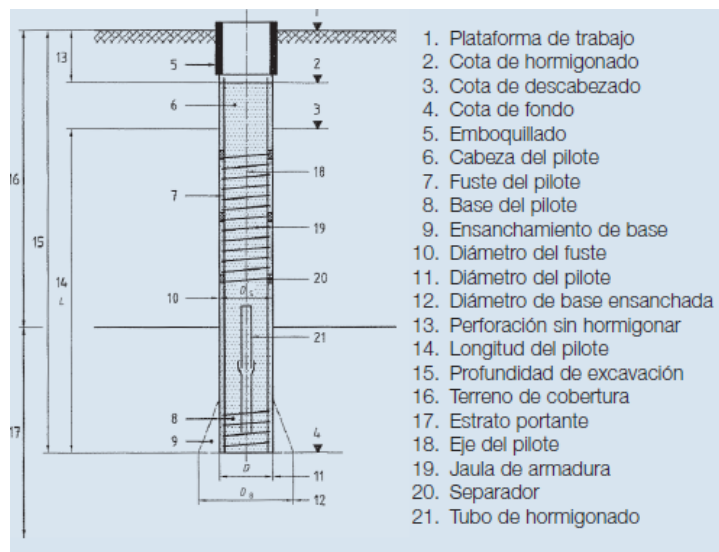


Imagen 16. Pilotado in situ.

5.2. Anclajes

Proceso constructivo:

- Perforación del anclaje con entubación recuperable o no. Se posicionará y estabilizará la máquina, el mástil y la sarta de perforación en el punto donde se realizará el taladro. La perforación se hará emboquillando en los puntos y con las inclinaciones especificadas en el proyecto. Los métodos y diámetros dependerán de la naturaleza del terreno, normalmente se realizará con equipos hidráulicos a rotación o rotopercusión y manteniendo las paredes mediante entubación.
- Colocación del tirante o barra.
- Inyección del anclaje con lechada de cemento.
- Colocación de la placa.
- Tesado del anclaje. Esta operación se realizará cuando la lechada de cemento ha alcanzado un cierto grado de resistencia especificado en el proyecto. La tensión del anclaje se realizará lenta y progresivamente hasta alcanzar los valores deseados.
- En algunos casos se realiza el destesado de los anclajes. Este se realiza cuando no es necesario dicho anclaje.

5.3. Muro pantalla

Los muros pantalla se pueden realizar mediante la construcción de muro continuo, por batache o mediante la realización de pilotes muy próximos unos de otros.

Proceso constructivo:

- Construcción de un murete guía. Su finalidad es garantizar la correcta alineación del muro pantalla, guiar los útiles de la excavación, evitar desprendimientos del terreno y servir como soporte para las jaulas de armadura.
- Excavación/perforación. El útil más común en terrenos sueltos y medios, es la cuchara bivalva. Para eliminar el riesgo de desprendimiento del terreno a medida que avanza la excavación, se recurre al empleo de lodos bentoníticos.
- Colocación de armadura. Las armaduras se montan en la plataforma de trabajo y para su introducción en la excavación se amarran de las asas de izado, elevándolas hasta disponerlas en vertical para introducción en el panel.
- Colocación de juntas o encofrado laterales. Terminada la perforación, se coloca una junta en su extremo y permite la conexión con el siguiente mediante un machihembrado entre bataches contiguos.
- Hormigonado. Si se ha utilizado lodos bentoníticos, la extracción se realizará de forma simultánea durante el hormigonado. Para el hormigonado se podrá utilizar una bomba de hormigonado o una tubería tremie que contará con un embudo en la parte superior donde se verterá el hormigón.
- Construcción de la viga de coronación: Su misión es dar continuidad a la pantalla en su parte superior y asegurar un comportamiento más homogéneo de sus bataches. La ejecución de la viga incluye ferrallado, encofrado y hormigonado de la misma.
- Excavación del recinto interior.
- En algunos casos realización de anclajes.

6. Riesgos y factores de riesgo

De forma específica, y como complemento a los ya dispuestos en la parte general de este DB-PRL-CI, han de considerarse los siguientes riesgos, comunes a las Cimentaciones profundas:

6.1. Relacionados con la seguridad

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Sepultamientos y/o aplastamientos.	a. Desprendimiento de tierras y caída sobre personas situadas en zonas próximas al talud del vaciado. b. Colapso del sistema de sostenimiento por fallo en el diseño, selección, montaje o desmontaje del mismo. c. Colapso de los terrenos del emboquillado del pilote, ante la aparición de cárcavas o burbujas en el subsuelo.
Caídas a distinto nivel.	a. Trabajos o aproximaciones a pozos de pilotes abiertos. Caídas al interior de la excavación de pozos o pilote. b. Durante el ascenso o descenso desde el puesto de mando, o al acceder a las distintas partes de la máquina situadas en altura, para realizar tareas de inspección, mantenimiento, reparación, etc. c. Deficiente utilización de los equipos y medios auxiliares. d. Durante el montaje, uso y desmontaje de las máquinas.
Caídas al mismo nivel.	a. Falta de orden y limpieza, ej. acopios u otros materiales en zonas de tránsito, sin balizar. b. Terreno desigual, agua, barro, lodos.
Golpes y atrapamientos.	a. Durante el mantenimiento de la maquinaria, carga y descarga de material, ferrallado, enganche y manipulación de piezas, etc. b. Atrapamiento entre partes móviles de maquinaria. Operaciones con pilotes prefabricados: a. Deslizamiento o caída de pilotes acopiados. b. Caída de pilotes en izado. c. Interferencia con el radio de balanceo de pilotes en suspensión. d. Ubicación incorrecta entre pilote y máquina, en operaciones de posicionado vertical del mismo. e. Acceso a zonas de influencia de elementos móviles de las máquinas de hincado (entre otros, mazo o martinete y descabezador). Operaciones con pilotes in situ: a. Caída de entubados en izado / Interferencia con radio de balanceo de entubados. b. Caída armaduras en suspensión.
Atropellos y aplastamientos por vehículos y/o máquinas.	a. Interferencias de personal, con máquinas y vehículos. b. Atropello del ayudante del pilotador durante el guiado, posicionamiento de pilotes hincados, etc. c. Trabajos de perforación de pozos para pilotes "in situ".
Vuelco de máquinas.	a. Posicionamiento de máquinas en terrenos irregulares, embarrados o blandos.
Proyecciones de partículas y/o materiales.	a. Trabajos de hincado / perforación de pilotes. b. Trabajos de descabezado de pilotes con maquinaria pesada o equipos manuales. c. Corte de armaduras con radial / soldadura.
Incendios y explosiones.	a. Rotura de conducciones o bolsas del subsuelo con contenidos combustibles, durante la perforación de los pozos de los pilotes. b. Corte de armaduras con radial, oxicorte y trabajos de soldadura.

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Contactos eléctrico directos e indirectos.	a. Arco eléctrico por trabajos de pilotadora, grúa autopropulsada, camión autocargante, sin mantener distancias de seguridad frente a líneas eléctricas aéreas. b. Puesta en tensión de hélice de perforación por contacto con líneas eléctricas enterradas.

6.2. Higiénicos

6.2.1. Químicos

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Inhalación de polvo / partículas.	a. Perforación de pozos de pilotes. b. Manipulación de polvos bentoníticos en la preparación de lodos.
Inhalación de humos, gases, vapores o sustancias tóxicas.	a. Rotura de conducciones o bolsas del subsuelo con contenidos tóxicos, durante la perforación de los pozos de los pilotes. b. Humos de soldadura.
Contacto con sustancias tóxicas o corrosivas.	a. Rotura de conducciones o bolsas del subsuelo con contenidos tóxicos, durante la perforación de los pozos de los pilotes. b. Contacto con lodos bentoníticos.

6.2.2. Biológicos

Riesgo / Factor de Riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Contactos con tierras o materiales contaminados.	a. Los materiales de la propia excavación de pozos.
Exposición a microorganismos y parásitos.	a. Contacto con aguas residuales o estancadas, procedentes del subsuelo.

7. Acciones o medidas preventivas

Adicionalmente a las ya indicadas en DB-PRL-CI. Cimentación y Elementos de contención, se considerarán las siguientes:

7.1. Acciones sobre los taludes de vaciados y/o terraplenes

La necesidad de realizar trabajos en zonas próximas a taludes del vaciado y, en su caso, terraplenes para realizar las operaciones de pilotaje, implica trabajar en un espacio con riesgo de desprendimiento o desplome de las paredes de la excavación, acentuado por las vibraciones que el hincado o perforación transmiten al terreno.

En aquellos casos en los que se dé esta circunstancia, se deben aplicar las siguientes acciones:

Acciones orientativas para trabajos de pilotaje en zonas adyacentes a taludes de vaciado / terraplenes		
	Sobre taludes	Sobre sistemas de sostenimiento
Reconocimiento y evaluación.	Reconocer el estado de los taludes del vaciado (Sección 2 Excavación, desmonte y vaciado del DB-PRL MT)	Reconocer el estado de los sistemas de sostenimiento instalados (Sección 2 Excavación, desmonte y vaciado del DB-PRL MT)
Estabilización	Analizar el posible impacto de las vibraciones que puedan transmitirse durante el hincado o perforado/barrenado a los taludes y, en su caso, sistemas de sostenimiento, y determinar el método más adecuado de trabajo o de refuerzo de taludes para evitar riesgos de desprendimientos o derrumbe.	
Accesibilidad	Asegurar una accesibilidad adecuada para facilitar la evacuación de emergencia de los trabajadores.	

7.2. Trabajos con agua y bajo nivel freático

En caso de existencia localizada de aguas subterráneas (estudio geotécnico), es necesario adoptar las medidas previstas en el proyecto, procediendo en su caso, al achique de las mismas mediante bombas.

En caso de aparecer aguas subterráneas no identificadas, se pararán los trabajos a efectos de valorar técnicamente:

- La incidencia de las mismas sobre la excavación.
- La necesidad de modificar el sistema constructivo o de tomar medidas adicionales.

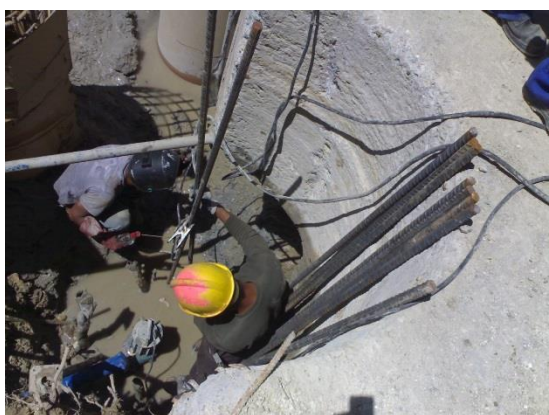


Imagen 17. Trabajos con presencia de aguas subterráneas

7.3. Acondicionamiento de la zona de trabajo

7.3.1. Accesos a máquinas y elementos mecánicos para operaciones de montaje, mantenimiento y desmontaje

La maquinaria utilizada para el desarrollo de esta actividad (pilotadoras de hincado y/o perforación), requiere una atención específica para su acondicionamiento previo, montaje, ensamblaje de elementos auxiliares y limpieza periódica, que muchas veces requiere trabajar en altura. Por ello:

- Se realizará el montaje de equipos según las instrucciones del fabricante y bajo la supervisión de una persona capacitada.
- Apertura de orugas de la hincadora: coordinación y comunicación entre operarios y maquinista. Al finalizar apertura, colocar pasadores.
- Utilizar protección ocular antiproyecciones en las operaciones de montaje en las que se realice golpeo de bulones, pasadores, y en la colocación de cuñas, picas en la barrena.
- Revisar el correcto montaje del equipo, y comprobar que no existen herramientas u objetos que puedan caer o desprenderse en el izado.

- Caídas a distinto nivel durante ascenso y descenso de los equipos, reparaciones en la parte superior de la máquina:
 - Para todos los trabajos que se realicen a alturas superiores a 2 m sin perímetro de seguridad, será obligatorio el uso de arnés de seguridad anclado a línea de vida.
 - Accesos a la torre de la hincadora: El operario que acceda a la torre o a la mesa de rotación, llevará puesto arnés de seguridad anclado a una línea de vida vertical o arnés con doble cabo para atarse a puntos de la estructura con suficiente resistencia. En el caso de no ser posible lo anterior, se debe disponer de medios auxiliares adecuados para la realización de estos trabajos en altura, ej. utilizando una PEMP.
 - Hacer el ascenso y descenso de la cabina por los elementos habilitados por el fabricante y de frente.
- Vuelco de maquinaria:
 - La plataforma de trabajo realizada debe asegurar la movilidad, estabilidad y nivelación del equipo de hinca en posición de trabajo.
 - La maquinaria utilizada para los trabajos de ejecución de pilotes, estará asentada sobre superficies de trabajo suficientemente sólidas, capaz de soportar sobradamente, los pesos propios y las cargas dinámicas añadidas por efecto de las tareas a realizar. Los estabilizadores y elementos de lastrado y asentamiento estable de la maquinaria, estarán emplazados en los lugares previstos por sus respectivos fabricantes.

7.3.2. Acondicionamiento de terreno y acopio de materiales

Medidas preventivas frente a:

- Desprendimiento de cargas suspendidas, por ejemplo durante carga y descarga del equipo desde góndolas y material de los camiones, utilizando grúa.
 - Limitación y señalización de la obra: habilitar zonas separadas para las diferentes actividades de obra: zona de carga y descarga, acopio de material y posicionamiento de los equipos, montaje de equipos, fabricación y almacenamiento de lodos, acopio y montaje de armaduras.
 - Descarga del material con grúas y elementos de izado apropiados.
 - No permanecer en ningún momento bajo cargas suspendidas.
 - Respetar la carga máxima permitida de los aparatos de elevación.
 - Revisar periódicamente todos los elementos de izado (cables, eslingas, poleas, ganchos...).
 - Usar los puntos de izado adecuados para cargar la maquinaria.
 - Mantenerse en todo momento a la vista del operador de la grúa.
 - Una vez enganchado el pilote, el ayudante, se situará en un lugar resguardado para evitar atrapamientos y golpes con los pilotes.
- Cortes, golpes y atrapamientos, por ejemplo por manipulación de elementos suspendidos al dirigirse al lugar de acopio, manejo de herramientas manuales (martillos, llaves...), acopio inadecuado:
 - Realizar el traslado de las armaduras mediante cabos guía (nunca con las manos).
 - Utilizar los guantes, el casco y calzado de seguridad durante el manejo de herramientas y materiales pesados.
 - Prohibido el acopio de materiales a menos de 2 m del borde de cualquier excavación o talud.
 - Es necesario habilitar una zona de acopio, próxima a las zonas de trabajo, donde depositar los materiales necesarios para la realización de la actividad. Esta zona estará delimitada y señalizada, y podrá irse avanzando en base al propio avance de los trabajos.
 - Realizar los acopios de materiales de forma ordenada, con la altura más baja posible (<2m) y asegurando que quedan correctamente estabilizados.
 - Colocar topes una vez depositadas las camisas de los pilotes sobre el suelo, para evitar que rueden.
 - Para el acopio de pilotes prefabricados, habilitar un espacio, delimitado, señalizado, de fácil accesibilidad y lo más cerca posible de la zona en que van a ser posicionados. En su acopio y apilado, es imprescindible asegurar su estabilidad mediante:
 - Apoyo horizontal sobre durmientes de madera o similar.
 - Acuñado para evitar deslizamientos.



Imagen 18. Jaula de tubos tremie

Contenedor o jaula para tubos tremie (tubos de hormigonado)

Sistema contenedor para acopio de los tubos tremie, que se van a utilizar para el hormigonado de los pilotes.

Las jaulas disponen de un escalera de acceso incorporada al propio contenedor y una plataforma de trabajo superior protegida con un sistema fijo de barandillas (superior e intermedia) desde la cual poder descargar / cargar los tubos.

Antes del inicio del montaje de la tubería de hormigonar, y se despejará el entorno de obstáculos que puedan interferir en las operaciones de transporte y montaje.

Las tuberías de hormigonar se transportarán a la perforación por medios mecánicos en posición vertical, evitando tirones y oscilaciones y prestando especial atención en no golpear la camisa metálica que protege la perforación.

Todos los trabajadores se mantendrán fuera del radio de acción de las tuberías transportadas, y solo podrán sujetarlas con las manos cuando procedan a su montaje en la perforación.

El montaje de las tuberías de hormigonar se realizará empleando las herramientas específicas para ello. En cualquier caso, se evitarán los sobreesfuerzos y las posturas inadecuadas.



Imagen 19. Interferencia con líneas eléctricas

7.4. Acciones sobre la ejecución de los trabajos

7.4.1. Pilotes hincados o prefabricados

Izado, fijación y presentación del pilote

- Antes de izar el pilote, el maquinista lo sacará de la zona de acopio para evitar que el ayudante trabaje entre pilotes.
- Antes del izado, se deben revisar los pilotes procediendo a desechar aquellos que presenten defectos de rotura, torsión o pandeo exagerado y objetos sueltos que se pudieran desprender.
- Para la aproximación del pilote a la máquina se utilizará el gancho del cabestrante.
- Durante la aproximación y enganche del pilote se mantendrán los pies fuera del alcance de éste.
- Para izar el pilote se utilizará una cadena ahorcada alrededor del mismo, al menos en tres puntos.
- Se utilizarán siempre las manos hidráulicas montadas sobre la guíadera para abrazar el pilote hasta su traslado al punto de hinc.
- La presentación y replanteo del pilote requiere una perfecta coordinación entre el maquinista y su ayudante.
- El ayudante evitará situar manos y pies en lugares susceptibles de atrapamiento.
- Todos los trabajadores se mantendrán fuera del radio de acción de la hincadora y de los pilotes en movimiento.

- El operario que guía al maquinista se situará en el campo de visión de este último. Vigilará que las orugas no entren en superficies no aptas para su rodadura, que hagan peligrar la estabilidad de la máquina.
- Las máquinas autoportantes utilizadas en los trabajos de hinca de pilotes, deberán disponer de todos los dispositivos luminosos y acústicos, para alertar de su posición y movimientos.
- Las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad.
- Situada la hincadora en el punto de perforación, se procederá a balizar la zona de giro de la misma, para evitar la entrada de personal y maquinaria ajena a la actividad.
- Cuando las guías o resbaladeras deban emplazarse inclinadas, deberán equilibrarse por medio de contrapesos, y el dispositivo de inclinación deberá ser solidario con el conjunto para que no se desplace.
- Los acoplamientos de mangueras neumáticas deberán reforzarse con cables o cadenas entre sí, así como la junta de conexión al martinete, en previsión de latigazos por rotura de la junta. Las válvulas de cierre deberán ubicarse en lugares de rápido acceso.
- Las roldanas de los martinetes deberán estar resguardadas para impedir que arrastren a los trabajadores.
- Mediante un sistema de embrizado o de guiado se impedirá que pueda salirse el cable de la polea o rueda superior.
- En la fase de posicionado de los pilotes de hinca o piezas de amplia superficie o longitud se instalarán trípodes, tirantes o tomapuntas para asegurar su estabilidad.
- En los pilotes hincados, se rechazarán aquellos que estén muy torcidos y la guía se usará permanentemente durante la hinca.
- Los aplomos, estado de los cables engranajes y chavetas de la resbaladera de la perforadora rotativa, deben ser los idóneos y estarán permanentemente controlados.
- La inyectora llevará seguro de sobrepresión.
- Las mangueras y los empalmes garantizarán su estanqueidad en todo momento, así como las uniones en la inyectora y con el cabezal de inyección.
- Preparación del equipo para su funcionamiento: comprobación del cableado, latiguillos, válvulas, izado o bajada del mástil.
- Posicionada la cadena en el pilote e izado levemente, se coloca una eslinga de seguridad.
- La maniobra de izado y enganche del pilote será realizada por personal capacitado y cualificado, atendiendo siempre al procedimiento preestablecido por el fabricante. En cualquier caso se asegurará la disposición de:
 - a. Una cuerda guía para evitar oscilaciones del pilote y llevarlo a su posición de acople.
 - b. Una eslinga complementaria con ganchos y anilla de seguridad, para sujetar y abrazar el pilote en suspensión, junto a la cadena de seguridad de la máquina, para evitar la caída del pilote en el caso de que la cadena se rompa.
- Comprobados los dispositivos de seguridad, se procede al izado completo del pilote hasta su posicionamiento vertical dentro de la sufridera y en el punto adecuado para iniciar el proceso de hincado. A esta operación se le denomina presentación del pilote.
- Durante el izado de pilotes, hay que delimitar el acceso de personal a la zona afectada por el radio de acción de la máquina y de la carga. Sólo el personal autorizado podrá acceder para posibilitar el guiado del pilote y el acople del mismo a las guías de la máquina, permaneciendo en todo momento a una distancia, como mínimo, que doble la de la longitud del pilote.
- Si por cualquier circunstancia, fuese necesario prestar apoyo para el posicionado del pilote, se asegurará la estabilización del mismo, situándose los trabajadores de apoyo en la parte trasera, evitando el posicionado entre el propio pilote y la máquina.
- El mástil se elevará hasta alcanzar la posición vertical mediante el accionamiento de los hidráulicos situados en el panel de mandos de la máquina.
- Perfecta coordinación entre el maquinista y los ayudantes para no hacer ningún movimiento con la máquina hasta que éstos lo indiquen.
- Personal formado y competente, limitado al número estrictamente necesario para el guiado y colocación del pilote sobre el punto de replanteo.
- Prohibido dejar el pilote suspendido.
- Asegurarse de que la carga está correctamente fijada y los ganchos de elevación con los dispositivos de seguridad cerrados.

Hincado del pilote

El martillo golpeará al pilote de manera que introduce poco a poco en el terreno, con una frecuencia y fuerza previamente establecidas. La hinca o introducción en el terreno se realiza hasta obtener rechazo o bien hasta la profundidad establecida en el proyecto.

Durante la ejecución de los trabajos de hinca, el riesgo principal es la caída del martillo, por la separación del pilote de la línea de acción de éste.

Medidas preventivas:

- Durante el montaje de la hinca y operaciones previas habrá de cumplirse las siguientes prescripciones:
 - El amarre del pilote al cable debe ser correcto y mediante útiles normalizados.
 - El levantamiento y arrastre del pilote debe realizarse muy lentamente.
 - Durante el traslado del pilote a la posición de hinca, nadie permanecerá a los lados ni bajo la vertical.

- El asentamiento del martinete sobre el pilote se realizará comprobando el correcto asiento y extremando las precauciones.
- Cuando sea imprescindible mover el pilote, la operación se efectuará por la parte exterior, jamás se realizará esta operación entre el pilote y la resbaladera.
- Durante todas las operaciones descritas anteriormente, habrá estado colocado el seguro para evitar la caída in tempestiva del martillo.
- Se trazará un círculo de seguridad que delimite la zona de posible caída del martillo.
- Se instalará una polea enrollable y autoblocante al entrar en carga para facilitar y asegurar las operaciones que precisen la subida de un operario por la resbaladera.
- Se tiene que comprobar la disponibilidad de tacos de madera en la cabeza del pilote y acordes a la fuerza del impacto que van a recibir. Asegurar la revisión de los tacos de madera y su sustitución cuando sea preciso.
- Durante la hincia:
 - Se debe restringir el acceso de personal a la zona de acción de la máquina, mediante señalización y delimitación de la zona afectada.
 - La guía del pilote se usará permanentemente.
 - Cuando se prevea que va a entrar en un banco de rechazos muy grandes, se parará la bomba de inyección.
 - Nunca permanecerá nadie debajo del martinete.
 - No se realizarán maniobras bruscas.
 - En aquellos casos en que fuese necesario realizar el empalme de dos pilotes, se pararán los trabajos y el dispositivo de hincado de la máquina, para posibilitar el posicionado del nuevo pilote. En todo momento se debe mantener comunicación continua con el operador de la máquina.
 - La zona de movimiento de la resbaladera, para su posicionado, debe ser amplia y libre de obstáculos.
 - Se tomarán precauciones especiales respecto a la inyección cuando se prevea que ésta va a incidir en una zona de gran rechazo.
 - Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra.
 - Siempre que exista la posibilidad de caída de altura de operarios que realicen tareas esporádicas a más de 2 m, deberán utilizar arnés anticaídas amarrado a punto sólido.
 - No se suprimirán los elementos atirantados o de arriostamiento en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.
 - Debe establecerse una vigilancia sobre la acción del agua o desecación, o en su caso de la nieve, sobre la influencia en su estabilidad de la maquinaria pesada o vibratoria que haya en sus inmediaciones y de las cargas estáticas que puedan haberse colocado en sus bordes.
 - Nadie podrá permanecer debajo del pilote de hinca durante la maniobra de movimiento del mismo.
 - No se podrá subir nunca por la resbaladera mientras el accesorio de excavación no esté completamente parado después de haberla izado. Por supuesto tampoco podrá subirse por la resbaladera mientras esté funcionando el martillo.
 - La grúa no podrá utilizarse en la extracción de elementos empotrados.
 - En el martinete se revisará periódicamente el buen estado y correcto apretado de la manguera de inyección.
 - Uso obligatorio de protección auditiva, tanto el maquinista como el ayudante.
 - No introducir las manos entre las juntas al hacer la unión del siguiente tramo o al colocar los pasadores de unión, para no golpearse con la maza.
 - Si se tuviera que interrumpir el proceso para el cambio de tacos de madera, se liberará el pilote mediante el izado del martillo. Verificar que el martillo permanece levantado y con los accionamientos adecuados que eviten su caída. La máquina deberá estar parada. La retirada del taco se realizará con protección ocular y guantes.
 - El ayudante deberá permanecer alejado de la máquina y a la vista del maquinista.
 - Cualquier tipo de medición se realizará con la máquina parada.
- Uso de la inyectora:
 - Llevará seguro de sobrepresión.
 - No se excederá nunca la apertura de la válvula de inyección.
 - Las mangueras y sus empalmes, estarán siempre en buenas condiciones.
 - Las uniones en la inyectora y de ésta con el cabezal de inyección, estarán siempre bien asentados y con un doble seguro de embrizado.



Imagen 20. Proceso de hinca. Delimitación de la zona. Presencia de personal y maquinaria móvil.

Descabezado de pilote

- Después de la hinca, se demolerán las cabezas de los pilotes, hasta dejar las esperas al nivel especificado.
- A la hora de romper el hormigón se realizará automáticamente con descabezador hidráulico que es transportado por una grúa.
- Antes de elevar el descabezador, se comprobará que los ganchos de suspensión están perfectamente colocados y apretados.
- El guiado del descabezador hasta el pilote, se realizará lentamente y ayudándose de sus 4 cadenas de suspensión para su correcto funcionamiento.
- No colocarse bajo el descabezador y brazo de la máquina.
- Durante el descabezado del pilote con máquina (descabezador), hay que restringir el acceso de personal a la zona de acción de la máquina y la posible zona de caída de material proyectado (restos de hormigón). En su caso, se dispondrán de sistema de apantallamiento para contener las posibles proyecciones.
- No introducir la mano entre pilote y descabezador.
- Durante el corte del hormigón, el ayudante llevará protección ocular y se alejará hasta una distancia segura.
- Una vez que el descabezador esté situado en el pilote, alejarse mientras se realiza el corte del hormigón.
- Utilizar gafas al cortar el pilote con la radial.
- Tras el descabezado, se tiene que comprobar la retirada del descabezador antes de proceder al corte de armaduras por parte de los trabajadores.
- Una vez realizado el descabezado, se deben instalar sistemas de protección (setas o tapones, cajeados, o sistemas similares, etc.) sobre las armaduras verticales que queden en el pilote, teniendo en cuenta la resistencia de estos sistemas ante las características del posible daño que las armaduras puedan provocar.

7.4.2. Pilotes “in situ”

- **Durante la excavación, perforación o barrenado, armado y hormigonado:** A continuación se describe brevemente el proceso, riesgos y medidas preventivas según el tipo de Pilote in situ:



Imagen 21. Perforación. Presencia de maquinaria en espacios limitados

- Pilotes in situ con rotación en seco (CPI-7), pilotes in situ con lodos bentoníticos (CPI-6), pilotes con camisa recuperable (CPI-4)

Perforación.

- Pilotes in situ con rotación en seco (CPI-7). La perforación se realiza en terrenos compactos y sin presencia de agua por medio de un equipo de perforación rotativo con hélices sin que se produzca desmoronamiento de terreno.
- Pilotes in situ con lodos bentoníticos (CPI-6). La perforación se realiza con la ayuda de lodos bentoníticos, dadas sus propiedades estabilizantes, en terrenos poco compactos y con agua. La ejecución de este tipo de pilote implica la instalación de una planta de lodos para su fabricación y reciclaje.
- Pilotes con camisa recuperable (CPI-4). La perforación se realiza por el interior de una camisa metálica que se introduce a rotación directamente con la propia máquina, en terrenos poco compactos y con presencia de agua.

Medidas preventivas frente a:

- Caídas a distinto nivel, ej. en medición de la profundidad del pilote perforado, cambio inadecuado de hélice, desde plataforma de equipo de desarenado:
 - Las mediciones del hueco se harán de manera que el trabajador esté sujeto a un punto fijo seguro.
 - Proteger permanentemente la zona de perforación.
 - No subir encima de la hélice durante su cambio.
 - El desarenador tendrá una escalera de acceso bien anclada y segura.
 - Las plataformas contarán con barandillas.
 - Los pilotes entubados vendrán protegidos por una camisa que sobresaldrá como mínimo 90 cm; en caso contrario, existirán barandillas de protección.
- Proyección de partículas, como partículas procedentes de la perforación (tierra, agua...):
 - Mantener la distancia de seguridad adecuada durante la perforación y en la sacudida (limpieza) de la hélice.
 - Descarga del terreno perforado a ras del suelo, para evitar proyección y formación de polvo.
 - Si fuera necesario, disminuir la distancia de seguridad, utilizar gafas de protección.
- Desprendimiento de cargas suspendidas, ej. maniobra de perforación, desplazamiento de la camisa hacia el lugar donde se va a introducir:
 - No situarse nunca bajo cargas suspendidas.
 - Comprobar que los elementos de izado están en buen estado.
- Golpes y cortes, por ej. en manipulación de los elementos de perforación, golpes con las camisas durante su introducción, movimientos de maquinaria, uso de herramientas:

- Utilizar las herramientas adecuadas para cada tarea y mantenerlas en buen estado de conservación.
- Coordinación entre el maquinista y los ayudantes para introducir y sacar la camisa.
- Permanecer fuera del radio de acción de la máquina y balizar con cintas o barandillas la parte trasera.
- Para el cambio de picas de la barrena, se deberá emplear útiles especiales y gafas de seguridad, evitando golpear directamente la widia de las puntas.
- Atrapamientos, durante rotación de la máquina, cambio de hélice, limpieza de la tierra desalojada con la máquina en funcionamiento, introducción de la camisa, limpieza de la planta de lodos:
 - Perfecta coordinación entre el maquinista y los ayudantes, con permanente contacto visual.
 - Limpiar la tierra desalojada sólo cuando haya terminado el proceso de perforación, nunca durante el mismo.
 - La pala permanecerá fuera del radio de acción de la pilotadora, o con ésta parada.
- Control de los riesgos en trabajos en la planta de lodos:
 - En las operaciones de preparación de lodos se utilizarán: gafas antiproyecciones, mascarilla buco-nasal, guantes impermeables, ropa de trabajo y calzado de seguridad. De esta forma se evita el riesgo por proyecciones de lodo y el ambiente pulvígeno que origina la bentonita.
 - Mantener la plataforma de trabajo en buen estado.
 - Evitar que la maquinaria pase por encima de mangueras u otras instalaciones.
 - No apilar más de dos palés de sacos de altura.
 - En el proceso de transporte de lodos mediante bombas, en las operaciones de montaje de tuberías y mangueras de lodos, y en aquellos trabajos en la planta de lodos con riesgo de salpicaduras de lodos, se utilizarán las gafas antiproyecciones.
 - La instalación de los equipos eléctricos de la planta de lodos, se realizará por personal especializado en instalaciones eléctricas, que evitará riesgos de electrocución empleando los protectores eléctricos adecuados.
 - Limpiar periódicamente la planta de lodos, para evitar la acumulación de lodos en superficie por pérdidas ocasionales. Cuando sea imposible la limpieza de lodos, se habilitarán plataformas adecuadas para caminar sobre ellas sin riesgo de resbalones o caídas.
 - Utilizar los medios de acceso disponibles, para acceder a los depósitos de lodos y equipos de desarenado. Cuando no existan estos accesos, utilizar escaleras de mano de dimensiones y características adecuadas, siguiendo las normas básicas de utilización.
 - Los trabajos de limpieza o mantenimiento realizados sobre los depósitos o equipos de desarenado estarán protegidos del riesgo de caída mediante barandillas. En caso de no disponer de esta protección, el operario empleará arnés de seguridad anclado a una línea de vida o punto fijo de suficiente resistencia.
 - En aquellos casos que no se utilice el silo de bentonita, y sea necesaria la manipulación manual de sacos, se tendrán en cuenta las normas básicas de manipulación manual de cargas (Pies separados y firmemente apoyados, doblar las rodillas para levantar la carga del suelo y mantener la espalda recta, no levantar la carga por encima de la cintura en un solo movimiento). Se recomienda el uso de cinturón de protección lumbar.
- Una vez realizada la perforación, se retirará el material resultante de la misma, dejando limpia la zona.

Introducción de la armadura. Etapas:

1. Elevación de la armadura con el cable auxiliar de la pilotadora o con grúa auxiliar, introduciéndola lo más vertical y centrada posible, para evitar rozamientos con las paredes.
2. Introducción de armaduras: Si la armadura tiene varios tramos, éstos se solaparán soldándolos o uniéndolos con abrazaderas metálicas ("perrillos"). Se procederá al centrado y aplomado de empalmes de armadura, siempre con cuerdas de retenida, y nunca en contacto con las manos del trabajador.

Medidas preventivas frente a riesgo de:

- Atrapamientos durante izado, traslado, e introducción de la armadura:
 - Perfecta coordinación entre el maquinista y sus ayudantes. No se harán movimientos hasta que no sean indicados.
 - En el desplazamiento de la armadura hasta la perforación, y para evitar oscilaciones, la armadura se llevará guiada mediante cuerdas guía atadas aproximadamente a 1,00 m de la base.
 - No coger la armadura por el extremo al introducirla en vibrador.
- Golpes y cortes durante manipulación de la armadura, herramientas manuales, empalme de partes de la armadura:
 - Utilizar los medios adecuados (escaleras, elevadores...).
 - Si la armadura quedara por encima de la protección perimetral del pilote, se colocarán tapones de plástico en las esperas.
- Caída a distinto nivel, por ejemplo, caída al hueco perforado mientras se introduce la armadura o desde escaleras u otras superficies para acoplar bien la armadura:
 - Utilizar los medios adecuados (escaleras, elevadores...).

- Antes de situar la armadura sobre la boca de la perforación, se procederá a retirar las protecciones que tapan el hueco, y se despejará el entorno de obstáculos que puedan interferir en las operaciones de transporte y colocación.
- Situar la armadura de manera que quede a la altura del trabajador en caso de solapes.
- No saltar, trepar o colgarse de la armadura.
- Quemaduras, en trabajos de soldadura y oxicorte:
 - Tanto el soldador como el ayudante deberán emplear los EPI adecuados (careta, mandil, manguitos, guantes...).
 - Tener un extintor en proximidad.
 - No utilizar el chaleco reflectante mientras se suelda o corta.
- Desprendimiento de objetos suspendidos, durante el izado, traslado e introducción de la armadura se pueden desprender partes de la misma u objetos olvidados o mal soldados:
 - Comprobar que no haya barras u otros elementos sueltos en la armadura antes de izarla, y que las asas están bien soldadas.
 - Se comprobará también que las soldaduras son suficientes y están ejecutadas en los puntos principales.
 - Todos los elementos de elevación, como cables, cadenas, eslingas, ganchos y grilletes, deberán estar en perfecto estado de uso y se desecharán inmediatamente ante cualquier indicio de deterioro. Además, estos elementos de elevación deberán ser adecuados al peso de la armadura, manteniendo el correspondiente margen de seguridad.
 - La operación de izado de la armadura se realizará lentamente y se comprobarán los amarres y la resistencia de las soldaduras.
 - Nadie permanecerá en el radio de acción de la armadura, y la maniobra será guiada por un operario cualificado.
 - No situarse bajo cargas suspendidas.
 - El gruísta no abandonará los mandos de la máquina con cargas suspendidas.

Hormigonado. Un operario guiará la hormigonera hasta la posición de vertido, prestando especial atención al despliegue guiado de la canaleta hasta el embudo, para evitar atrapamientos y golpes.

Etapas:

1. Colocación del tubo tremie, por el interior de la armadura hasta el fondo de la perforación en tramos de tubos acoplables, roscados y sellados.

2. Vertido del hormigón. Según avanza el hormigonado, se procede a la retirada parcial del tubo tremie, debiendo tener en cuenta:

- Cuando se trabaja con lodos bentoníticos, es muy importante que el hormigonado se haga siempre por debajo de los lodos, para que al verter éste, los lodos se desplacen hacia arriba y se retiren por bombeo.
- Cuando se trabaja con camisas recuperables, se procederá a su extracción de manera parcial según avanza el hormigonado. El ayudante no deberá sujetar los tubos por los extremos, ni introducir los dedos dentro.

El ayudante debe aplomar perfectamente los tubos para evitar ser golpeado por éstos durante su elevación.

Cuando comienza el fraguado del hormigón, se procede a la extracción de los tubos.

Para evitar el vuelco de la grúa, ésta únicamente se utilizará cuando la entubación recuperable esté suficientemente suelta del hormigón.

Medidas preventivas frente a riesgo de:

- Proyecciones de partículas como salpicaduras de hormigón durante el llenado del pilote:
 - Limpiar correctamente el tubo tremie después de utilizarlo.
 - Utilizar gafas de seguridad para evitar salpicaduras en los ojos durante el hormigonado.
- Contacto del hormigón con la piel:
 - No tocar el hormigón con las manos. Utilizar siempre guantes de protección.
 - No sujetar el embudo ni la canaleta del camión con las manos.
- Cortes, golpes y atrapamientos, durante introducción y acoplamiento de tubo tremie y manipulación de la canaleta del camión hormigonera.
 - Introducir y sacar el tubo tremie verticalmente, evitando movimientos bruscos y choques contra las armaduras instaladas.
 - Esperar a que el camión esté completamente parado antes de desplegar la canaleta.
 - No permanecer bajo cargas suspendidas (tubo tremie).
 - Se observará especial atención en el despliegue y guiado de la canaleta de vertido hasta el embudo, para evitar atrapamientos y golpes.
 - Cuando sea necesario guiar el embudo durante el vertido, el operario utilizará cuerdas de retenida o varillas con forma de gancho, guardando la distancia de seguridad respecto al embudo.

- La extracción del tubo se realizará una vez alejado el personal y el camión.
- Finalizado el hormigonado se procederá a la señalización y delimitación del pilote.
- Caídas al mismo nivel, por terreno embarrado y con restos de hormigón:
 - Mantener la plataforma de trabajo limpia de agua y restos de perforación, reconduciendo los restos líquidos hasta una balsa de decantación.
- Caída a distinto nivel:
 - Cuando fuera necesario trabajar sobre la camisa de protección de la perforación para el montaje de la tubería de hormigonar, se dispondrán plataformas de trámex necesarias sobre la camisa, convenientemente sujetas, para que el operario pueda trabajar sin riesgo de caídas al interior de la perforación.
 - Una vez finalizado el pilote, se baliza y señaliza a 1 m del borde, debiendo tapar y colocar vallas o protectores de PVC si quedan a ras del suelo.



Imagen 22. Riesgo de caída al interior del pilote



*Imagen 23. Riesgo de caída al interior del pilote.
Altura de la camisa metálica insuficiente*



Imagen 24. Mal estado general de la plataforma de trabajo, vallado, hormigonado, etc.

• Pilotes de barrena continua CPI-8

a) **Perforación.** La barrena se introduce en el terreno en una sola operación, de forma continua, hasta alcanzar la profundidad establecida.

Medidas preventivas durante:

- Desplazamiento al punto de perforación:
 - Todos los trabajadores se mantendrán fuera del radio de acción de la pilotadora.
 - El operario que orienta al maquinista se situará en el campo de visión de este último.
 - El operario orientador vigilará que las orugas no entran en superficies no aptas para su rodadura que puedan poner en riesgo la estabilidad de la máquina.
 - Situada la pilotadora en el punto de perforación, se procederá a balizar la zona de giro de la misma, para evitar la entrada de personal y maquinaria ajena a la actividad.
- Situación barrena en punto de replanteo:
 - El operario que orienta al maquinista en el posicionamiento de la barrena, podrá situarse y permanecer en el radio de acción de la pilotadora mientras duren estas maniobras.
 - Señalizará al maquinista la entrada y salida en el radio de acción de la pilotadora. Se situará dentro del campo de visión del maquinista. Mantendrá una adecuada y constante comunicación con el maquinista durante las maniobras de posicionamiento de la barrena.
- Ejecución de la perforación:
 - Utilizar las herramientas adecuadas para cada tarea y mantenerlas en buen estado.
 - Perfecta coordinación entre el maquinista y los ayudantes en operaciones auxiliares.
 - Limpiar la tierra desalojada sólo cuando haya terminado la perforación y no durante la misma.
 - No situarse en el radio de acción de la pilotadora durante la sacudida de la barrena.

b) **Hormigonado.** Terminada a la perforación, se realiza el hormigonado por el tubo central de la barrena a la vez que se va extrayendo. El terreno de la barrena se limpiará durante la extracción o al final de la misma.

- Medidas preventivas frente a proyecciones de partículas, como salpicaduras de hormigón durante el vertido del hormigón a la tolva:
 - Utilizar gafas de seguridad para evitar salpicaduras.
- Contacto del hormigón con la piel:
 - No tocar el hormigón con las manos y utilizar siempre guantes de protección.
- Cortes, golpes y atrapamientos durante manipulación de la canaleta del camión hormigonera o con la manguera de hormigonado:
 - No desacoplar la manguera de hormigonado sin antes comprobar la ausencia de presión.
 - Esperar a que el camión esté completamente parado antes de desplegar la canaleta.
- Caídas al mismo nivel por terreno embarrado y con restos de hormigón:
 - Mantener la plataforma de trabajo limpia y ordenada.

c) **Retirada de tierra.** Se retira la tierra desalojada y el hormigón sobrante por medio de una pala excavadora o manualmente.

Medidas preventivas frente a riesgos de:

- Atropellos por vehículos o máquinas al retirar la tierra manualmente o durante la retirada de tierra con la pala excavadora:
 - Limpiar la tierra desalojada cuando la máquina esté parada.
 - Para retirar la tierra, el ayudante se colocará siempre del lado de la cabina.
 - La pala excavadora tendrá los avisadores luminosos y acústicos en orden.
 - El conductor comprobará que no haya nadie en el radio de la máquina.
- Caídas al mismo nivel por terreno embarrado y con restos de hormigón:
 - Mantener la plataforma de trabajo limpia de agua y restos de perforación, reconduciendo los restos líquidos hasta una balsa de decantación.
- Cortes, golpes y atrapamientos con las herramientas manuales, pala, rastrillo, al retirar la tierra:
 - Utilizar las herramientas adecuadas para cada tarea y mantenerlas en buen estado.

d) **Introducción de la armadura.** La armadura se introduce en el hormigón fresco.

Son aplicables las mismas medidas que en el apartado anterior CPI-7, CPI-6 y CPI-4.



Imagen 25. Utilización de PEMP



Imagen 26. Acto inseguro. Trepando por la armadura.

- **Descabezado de pilotes**

Para el descabezado de pilotes, preferentemente se utilizarán quebrantadores hidráulicos o sistema similar, para evitar proyecciones, vibraciones y minimizar la producción de polvo y ruido.

Si lo anterior no fuese posible, y la operación de descabezado deba realizarse mediante picado mecánico, hay que restringir el acceso de personal a la zona de acción de la máquina y la posible zona de caída de material proyectado (restos de hormigón). En su caso, se deben disponer de sistemas de apantallamiento para contener las posibles proyecciones.

- **Descabezador de pilotes:**

Sistema hidráulico que, posicionado alrededor del pilote y a la altura adecuada, abraza literalmente el pilote y mediante presión acaba por quebrarlo y eliminarlo en la medida prefijada.

Se trata de un equipo de fácil manejo, y que se conecta a una toma hidráulica de la grúa, o a cualquier unidad independiente.

Existen diferentes diámetros de pilotes según la construcción por lo que este aparato es adaptable quitando o añadiendo eslabones en función del diámetro.

También existen descabezadores de sección cuadrada, para el descabezado de pilotes prefabricados cuadrados (hinca).



Imagen 27. Descabezador de pilotes

- **Quebrantadores hidráulicos:**

El quebrantador hidráulico es un sistema mecanizado para descabezar pilotes de forma rápida y precisa, ya que por medio de unos cilindros provistos de cuñas y contracuñas, se provocan una fractura en el hormigón

Este método es rápido y sólo requiere la realización de taladros previos para colocar los quebrantadores hidráulicos por lo que resulta muy económico.

Ventajas: El descabezado se realiza de forma controlada y segura, respetando la armadura interior y sin producir proyecciones de material, vibraciones, polvo ni ruidos.



Imagen 28. Quebrantador hidráulico

Una vez realizado el descabezado del pilote se deben instalar sistemas de protección (setas o tapones, cajeados, o sistemas similares, etc.) sobre las esperas con objeto de evitar cortes o pinchazos de los operarios que trabajen en su proximidad, teniendo en cuenta la resistencia de estos sistemas ante las características del posible daño que las armaduras puedan provocar ante contactos directos (rozamiento) o caídas sobre las mismas (impacto).

7.4.3. Micropilotes

El micropilote es un elemento para las cimentaciones, resistente a los esfuerzos de tracción y compresión; está compuesto por un tubo de acero colocado en el interior de un taladro perforado en el terreno y recibido en el mismo mediante una lechada de cemento inyectado.

El elemento resistente del pilote es una armadura de forma tubular que se coloca en el taladro con roscado o soldadura de los diferentes tramos.

Clasificación de los micropilotes según norma EN 14199:

TABLA A-1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MICROPILOTES PERFORADOS

MÉTODO DE PERFORACIÓN	TIPO DE ARMADURA	MÉTODO DE INYECCIÓN	MATERIAL DE INYECCIÓN O RELLENO	OPCIONES
Perforación por rotación	Jaula de armadura (barras corrugadas)	Inyección por gravedad u hormigonado	Lechada, mortero u hormigón	Entubación
		En una fase, con entubación provisional	Lechada o mortero	—
	Perfil tubular u otro perfil estructural	Inyección por gravedad u hormigonado	Lechada, mortero u hormigón	Entubación
		En una fase, a través de: – Entubación provisional – Armadura tubular – Tubo-manguito	Lechada	—
En varias fases, a través de: – Tubo-manguito – Válvulas especiales – Tubos de postinyección		Lechada	Punta ensanchada	
Perforación por rotopercusión		Inyección durante la perforación	Lechada	Inyección en varias fases a través de la propia armadura
	Entubación permanente (con o sin jaula de armadura)	Inyección por gravedad u hormigonado	Lechada, mortero u hormigón	Punta ensanchada
Hélice continua	– Jaula de armadura – Elemento portante	Hormigonado a través del alma hueca de la barrena	Lechada, mortero u hormigón	—

TABLA A-1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MICROPILOTES NO PERFORADOS

TIPOLOGÍA	MATERIAL/ENTUBACIÓN	SECCIÓN TRANSVERSAL/ARMADURA	OPCIONES/INYECCIÓN
Prefabricados	Hormigón armado	Maciza	Inyección del fuste
	Acero o fundición	Tubo con extremos abiertos	Inyección del fuste
		Tubo con un extremo cerrado	Inyección por gravedad u hormigonado Con o sin inyección del fuste
		Perfiles	Inyección del fuste
Hormigonados in situ	Entubación provisional	Jaula de armadura	Inyección por gravedad u hormigonado
			Inyección en una fase a través de la entubación
		Perfil tubular u otro perfil estructural	Inyección por gravedad u hormigonado
			Inyección en una fase a través de: – Entubación – Armadura tubular – Tubo-manguito
	Entubación permanente	Jaula de armadura	Inyección en varias fases a través de: – Tubo-manguito – Válvulas especiales – Tubos de postinyección
			Hormigonado, con o sin ensanchamiento de la punta

Maquinaria y equipos de trabajo auxiliar:

- Góndola: transporta los equipos de perforación.
- Excavadora: prepara la plataforma de trabajo (allana el terreno) y retira las tierras.
- Grúa: carga y descarga material.
- Micropilotadora
- Grupo de soldadura y oxicorte: equipo para soldar, cortar hierro.
- Camión hormigonera.
- Vibrador.
- Equipo de inyección de lechada: añade la lechada de cemento al micropilote o anclaje, consta de:
 - Mezcladora, se hace la mezcla con mortero de cemento, agua y aditivos.
 - Agitador, sirve como depósito de acumulación entre la mezcladora y la bomba. Garantiza la continuidad de la inyección.
 - Bomba de inyección, impulsa la mezcla durante la inyección.

Operaciones básicas en la ejecución de un micropilote:

- Perforación del taladro del micropilote (fases 1, 2 y 3).
- Colocación de la armadura (fase 4).
- Inyección del micropilote (fase 5). Demolición de cabeza.
- Conexión con la estructura (fase 6) o con el resto de los micropilotes, mediante un encepado.

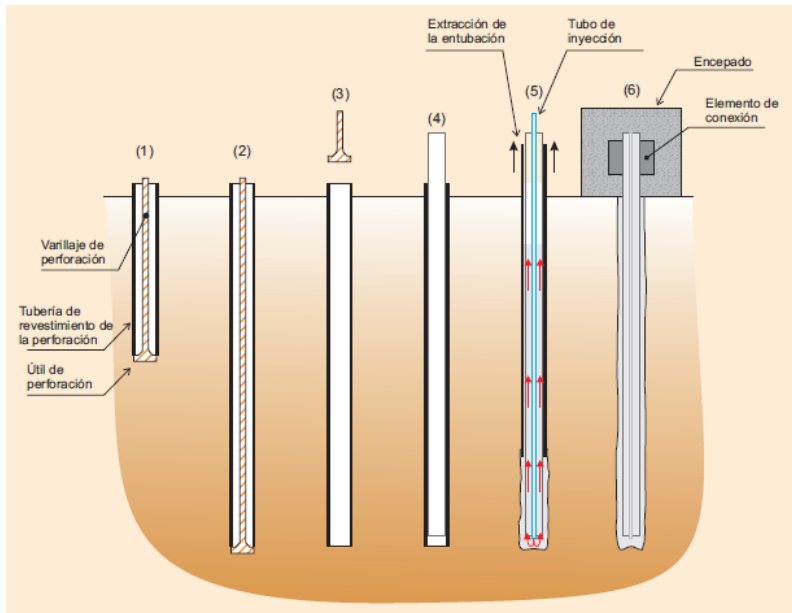


Imagen 29. Fases en ejecución de micropilotes. Fuente: Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera. Ministerio de Fomento.

Maquinaria de perforación:

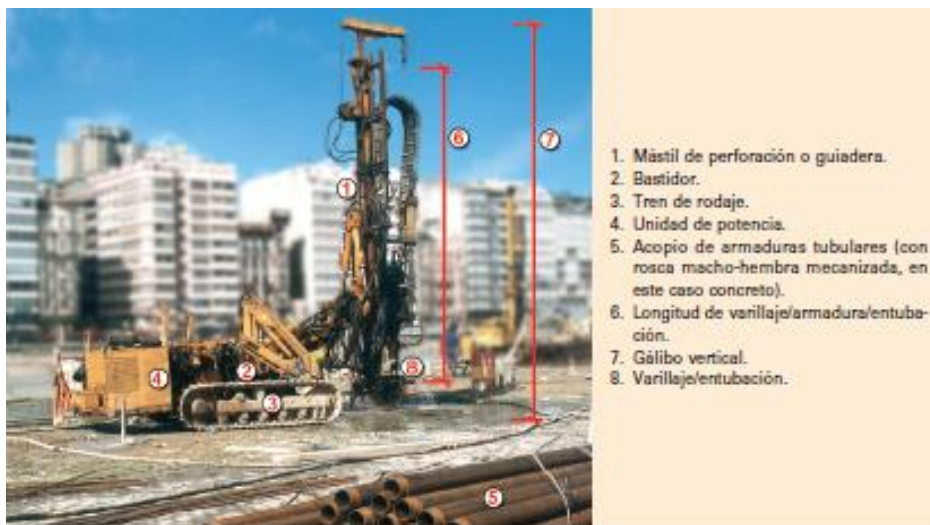


Imagen 30. Fuente: Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera. Ministerio de Fomento.

Sistemas de perforación:

Se deberá escoger un sistema de perforación que afecte lo menos posible al terreno y a las estructuras a recalzar, en su caso.

Según cuál sea la consistencia del terreno y su posible riesgo de colapso frente al agua, se determinará si la perforación se debe efectuar con entubación metálica, recuperable o no, o simplemente de los fluidos más adecuados en cada circunstancia. Si los trabajos forman parte de obras de recalce, o en el caso de suelos susceptibles al agua, resulta fundamental el empleo de aire en lugar de agua.

Los sistemas de perforación a utilizar serán a rotación o a rotoperforación.

La maquinaria de perforación debe contar con sistemas de recuperación de polvo cuando se trabaje en seco, y especialmente cuando se haga en roca.

Medidas preventivas generales:

Dado que muchos riesgos y medidas preventivas son comunes a los ya mencionados en ejecución de pilotes, solamente se relacionan aquí aquellos que sean específicos.

- **Atropellos:**
 - Se establecerán en obra caminos de circulación entre micropilotes para permitir la mejor maniobra de las cubas de hormigón.
- **Atrapamientos:**
 - Los trabajos de colocación de las vainas se realizarán con la máquina parada para evitar atrapamientos.
 - Colocar topes una vez depositadas las camisas sobre el suelo, para evitar que rueden.
- **Proyecciones:**
 - Los operarios que trabajen con la lechada de cemento tendrán que llevar obligatoriamente gafas de seguridad y guantes.
 - Se prohíbe la presencia del resto del personal en la zona del pilotaje.
 - Se evitará tocar con el puntero del martillo las armaduras de la cabeza del micropilote que se pretenden descubrir, en prevención de proyecciones incontroladas de fragmentos de hormigón.
 - Se revisarán las mangueras de presión cada vez que se reanude el trabajo, efectuándose el cambio de manguera inmediata en caso de deterioro.
 - Se prohíbe realizar trabajos a distancias inferiores a una distancia de seguridad suficiente del tajo de desmoche de las cabezas de los micropilotes, en prevención de los accidentes de proyección de objetos.
 - El personal encargado del desmoche será conocedor del correcto empleo del martillo rompedor.
 - Se prohíbe abandonar el martillo neumático clavado en el suelo, conectado al circuito de presión.
- **Pisadas sobre objetos y caídas al mismo nivel:**
 - Concluida la acción de destroza, se retirará el material demolido y se barrera la cabeza del micropilote para evitar accidentes por pisadas sobre material demolido.
- **Caída a distinto nivel.**
 - En caso de llevar armado, la jaula del encepado se montará en superficie. Se desplazará hasta las esperas descubiertas de los micropilotes mediante camión grúa, se guiará mediante cuerdas guía.

Medidas preventivas durante las tareas específicas:

- **Desplazamiento al punto de perforación:**
 - Todos los trabajadores se mantendrán fuera del radio de acción de la micropilotadora.
 - El operario que orienta al maquinista se situará en el campo de visión de este último.
 - El operario orientador vigilará que las orugas no entran en superficies no aptas para su rodadura que puedan poner en riesgo la estabilidad de la máquina.
 - Situada la micropilotadora en el punto de perforación, se procederá a balizar la zona de giro de la misma, para evitar la entrada de personal y maquinaria ajena a la actividad.
 - Se posiciona y estabiliza la máquina colocando el mástil y la sarta de perforación en el punto donde va a realizarse el taladro.
 - La perforación se hará emboquillando en los puntos marcados en el replanteo y con las inclinaciones especificadas en el proyecto.
- **Situación barrena en punto de replanteo:**
 - El operario que orienta al maquinista en el posicionamiento de la barrena, podrá situarse y permanecer en el radio de acción de la micropilotadora mientras duren estas maniobras.
 - Señalizará al maquinista la entrada y salida en el radio de acción de la micropilotadora. Se situará dentro del campo de visión del maquinista.
 - Mantendrá una adecuada y constante comunicación con el maquinista durante las maniobras de posicionamiento de la barrena.
- **Perforación:**
 - Medidas frente a caídas de distinto nivel al subir y bajar de los equipos o desde la parte de arriba de las máquinas al hacer reparaciones durante la perforación o al introducir las varillas de perforación:
 - No subir nunca a la máquina para la introducción de las varillas de perforación.
 - Utilizar los medios auxiliares: escaleras o plataformas elevadoras.
 - Subir y bajar de los equipos a través de los estribos incorporados y nunca con la máquina en funcionamiento.
 - Para todos los trabajos que se realicen a alturas superiores a 2 m sin perímetro de seguridad, será obligatorio el uso de arnés de seguridad anclado a un sistema anticaídas.
 - La retirada de los grilletes de una camisa metálica a una altura superior a 2,00 m, se realizará empleando escaleras de mano de dimensiones y características adecuadas.

- Proyección de partículas
 - Mantener la distancia de seguridad adecuada durante la perforación.
 - Si fuera necesario acortar la distancia de seguridad, utilizar gafas de protección.
 - En la limpieza del hueco durante la perforación y después de la perforación, utilizar gafas protectoras y no situarse cerca del hueco perforado al realizar la limpieza.
- Desprendimiento de cargas suspendidas, por ejemplo, durante el traslado del elemento de perforación hacia el cabezal de la máquina:
 - No situarse nunca bajo cargas suspendidas.
 - Comprobar que los elementos de izado están en buen estado.
 - Durante toda la perforación los operarios se mantendrán fuera del radio de acción de la maquinaria. En ningún caso, el maquinista iniciará la perforación hasta que los operarios hayan abandonado el radio de acción de la maquinaria.
 - Los operarios se mantendrán fuera del radio de acción de las camisas suspendidas, durante su transporte a la perforación.
- Atrapamiento, por ejemplo durante colocación de las varillas en la máquina y al desenroscarlas, con la rotación de la máquina o al limpiar la tierra desalojada estando la máquina en funcionamiento:
 - Perfecta coordinación entre el maquinista y los ayudantes para no realizar ningún movimiento con la máquina hasta que éstos lo indiquen.
 - Alejarse de las varillas de perforación mientras giran.
 - No situar las manos ni los pies dentro de la mordaza.
 - Evitar el manejo del varillaje de perforación con los dedos por dentro, sujetándolo por el exterior.
 - No limpiar la tierra desalojada durante la perforación.
- Golpes y cortes durante la manipulación de los elementos de perforación, con las varillas de perforación durante su introducción, o por movimientos de la máquina:
 - Utilizar las herramientas adecuadas para cada tarea y mantenerlas en buen estado.
 - Perfecta coordinación entre el maquinista y los ayudantes para introducir y extraer las varillas de perforación.
 - Eliminar las rebabas en las rocas de las varillas.
 - Utilizar cuerdas de retenida colocada en los extremos de la varilla para su guiado. Nunca con las manos.
 - La manipulación de las varillas se hará entre dos operarios.
 - Disponer de borriquetas para la instalación del utillaje de perforación, lo más cerca posible del equipo.
 - No realizar esfuerzos innecesarios, siempre que sea posible utilizar medios mecánicos para los movimientos de las armaduras, varillas de perforación.
 - Se utilizan cabos de gobierno para el manejo de los elementos suspendidos.
 - El personal debe estar formado con respecto al manejo manual de cargas y seguir las indicaciones recibidas.
 - Los acoplamientos de camisas metálicas, si fuesen necesarios, se realizarán empleando las llaves específicas para los tornillos de las camisas, evitando los sobreesfuerzos y las posturas inadecuadas.
- Resbalones o caídas:
 - El entorno de la perforación se limpiará convenientemente de restos de lodos u otros materiales.
- Introducción de la armadura:
 - Atrapamientos, golpes y corte durante manipulación de la armadura, herramientas manuales, empalme de partes de la armadura, izado, traslado, colocación e introducción de la armadura, etc.:
 - Mantener una perfecta coordinación entre el maquinista y sus ayudantes.
 - No realizar movimientos hasta que no ser indicados.
 - Evitar el manejo de la armadura con los dedos en el interior.
 - Utilizar cabos guías para direccionar las armaduras suspendidas.
 - Usar guantes de seguridad.
 - Permanecer alejados de las armaduras mientras giran.
 - No situar las manos ni los pies dentro de la mordaza.
 - Desprendimiento de cargas suspendidas, ej. durante el traslado de las armaduras hacia el cabezal de la máquina:
 - No situarse bajo cargas suspendidas.
 - No abandonar los mandos de la máquina con cargas suspendidas.
 - Eslingar correctamente la armadura, con los aparejos adecuados y según las normas de seguridad.
 - Caída a distinto nivel, desde escaleras u otras superficies para acoplar bien la armadura:
 - Utilizar los medios adecuados (escaleras, elevadores...).
 - No subirse a la máquina para acoplar y enroscar la armadura.
 - Para todos los trabajos que se realicen a alturas superiores a 2 m sin perímetro de seguridad, será obligatorio el uso de arnés de seguridad anclado a un sistema anticaídas.
 - Desprendimiento de objetos suspendidos, ejemplo durante el izado, traslado e introducción de la armadura:
 - No situarse bajo cargas suspendidas.
 - El gruísta nunca abandonará los mandos de la máquina con cargas suspendidas.
 - Eslingar correctamente la armadura y comprobar que los elementos de izado son adecuados a su peso.

- Comprobar que no haya barras u otros elementos sueltos en la armadura antes de izarla.
- Inyección del micropilote con lechada o mortero de cemento.
 - Proceso:
 - Se rellena el hueco comprendido entre el taladro de la perforación, la armadura tubular y su interior.
 - La inyección puede realizarse antes o después de introducir la armadura.
 - Después de efectuar la perforación del taladro y la colocación de la armadura, deberá procederse, a la mayor brevedad posible, a la inyección del micropilote, con lechada o mortero de cemento.
 - El equipo para la ejecución de la inyección estará constituido al menos por una mezcladora, un agitador y una bomba de inyección.
 - Proyecciones de partículas durante el llenado del micropilote o la formación de la mezcla:
 - Utilizar gafas de seguridad para evitar salpicaduras a los ojos.
 - No quitar las protecciones de seguridad de la mezcladora.
 - Contacto con sustancias nocivas e inhalación de polvo, contacto del cemento con la piel:
 - No tocar la lechada o el mortero con las manos.
 - Utilizar siempre guantes de protección.
 - Utilizar mascarillas protectoras.
 - Caídas a distinto nivel, ej. al introducir la manguera de inyección en la perforación en altura:
 - Utilizar escaleras o plataformas de seguridad adecuadas.
 - Para todos los trabajos que se realicen a alturas superiores a 2 m sin perímetro de seguridad, será obligatorio el uso de arnés de seguridad anclado a un sistema anticaídas.
 - Caídas al mismo nivel por terreno embarrado y con restos de la inyección de cemento:
 - Mantener la plataforma de trabajo limpia, reconduciendo los restos líquidos hasta una balsa de decantación.
 - Cortes, golpes y atrapamientos, n la limpieza de la mezcladora y al realizar la mezcla, con el obturador, al desenroscar la manguera después de la inyección, etc.
 - No eliminar las protecciones de seguridad de la mezcladora.
 - No introducir la mano mientras esté en funcionamiento.
 - Realizar la limpieza de la mezcladora (para quitar las manchas y los restos de cemento) con la máquina completamente parada.
 - No situarse nunca encima del obturador durante la inyección de lechada.
 - No desmontar la manguera de inyección hasta comprobar la ausencia de presión, tratarlo siempre como si estuviera con presión.
 - Control de los riesgos en vertido de lechada:
 - Para el acopio y almacenaje de las tuberías de hormigón se utilizarán las jaulas o contenedores apropiados.
 - Antes del inicio del montaje de la tubería de hormigonar, y se despejará el entorno de obstáculos que puedan interferir en las operaciones de transporte y montaje.
 - Las tuberías de hormigonar se transportarán a la perforación por medios mecánicos en posición vertical, evitando tirones y oscilaciones y prestando especial atención en no golpear la camisa metálica que protege la perforación. Todos los trabajadores se mantendrán fuera del radio de acción de las tuberías transportadas, y solo podrán sujetarlas con las manos cuando procedan a su montaje en la perforación.
 - El montaje de las tuberías de hormigonar se realizará empleando las herramientas específicas para ello. En cualquier caso, se evitarán los sobreesfuerzos y las posturas inadecuadas.
 - Durante la operación de vertido, el operario utilizará las gafas antiproyecciones para protegerse de las salpicaduras de lechada. Asimismo, empleará todos los EPI necesarios (guantes impermeables, ropa de trabajo, botas de seguridad, etc.) necesarios para evitar el contacto directo con el hormigón.
 - Finalizado el hormigonado se procederá a la señalización y delimitación del micropilote.
 - Control de los riesgos en trabajos en la mezcladora de lechada:
 - En las operaciones de preparación de lodos se utilizarán: gafas antiproyecciones, mascarilla buco-nasal, guantes impermeables, ropa de trabajo y calzado de seguridad.
 - En el proceso de transporte de lechada mediante bombas, en las operaciones de montaje de tuberías y mangueras de, y en aquellos trabajos en la planta de lodos con riesgo de salpicaduras de lodos, se utilizarán las gafas antiproyecciones.
 - La instalación de los equipos eléctricos de la planta, se realizará por personal especializado en instalaciones eléctricas, que evitará riesgos de electrocución empleando los protectores eléctricos adecuados.
 - Limpiar periódicamente la planta de mezclado, para evitar la acumulación de lodos en superficie por pérdidas ocasionales.
 - En aquellos casos que no se utilice el silo, y sea necesaria la manipulación manual de sacos, se tendrán en cuenta las normas básicas de manipulación manual de cargas (pies separados y firmemente apoyados, doblar las rodillas para levantar la carga del suelo y mantener la espalda recta, no levantar la carga por encima de la cintura en un solo movimiento). Se recomienda el uso de cinturón de protección lumbar.

EPI:

- Ropa de alta visibilidad o chaleco reflectante.
- Guantes de protección mecánica y química.
- Gafas anti proyecciones.
- Casco de protección.
- Protección acústica en el manejo de maquinaria de pilote.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla autofiltrante, en caso de ser necesario.
- Cinturones anti vibraciones, en caso necesario.
- Arnés anticaídas, en caso de ser necesario.

Protecciones Colectivas:

- Vallado y Balizamiento de la zona de trabajo durante los trabajos.
- Tapado / Vallado de excavación de pilote.

7.4.4. Anclajes

El sistema consiste en perforar en el terreno una serie de taladros, en los que posteriormente se introduce una barra metálica que se ancla en el fondo por medio de un dispositivo de expansión. La parte del bulón que sobresale del terreno está roscada, lo que permite, por medio de una placa metálica o una cola de anclaje y una tuerca, restablecer un esfuerzo de compresión sobre el terreno.

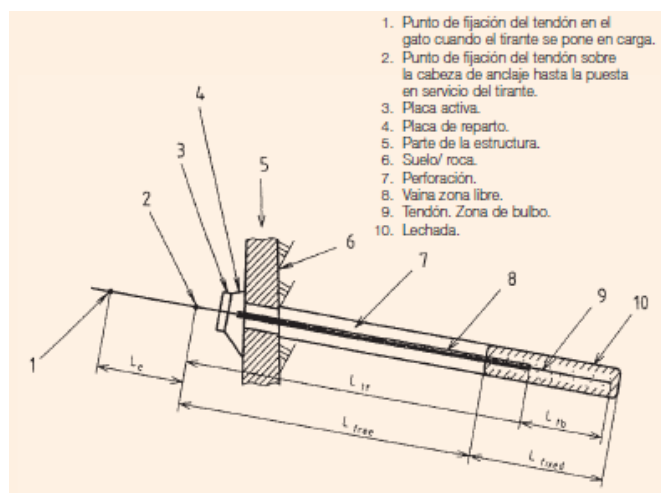


Imagen 31. Partes de anclaje. Fuente: Guía para la cimentación de carreteras. Ministerio de Fomento.

Maquinaria para anclajes: Perforadora, bomba de inyección, equipo de tesado.

Medidas preventivas generales:

- **Atropellos:**
 - Se deberá delimitar la zona de trabajo, prohibiendo el acceso a toda persona ajena a la ejecución.
 - Se permite la presencia del personal mínimo necesario para el guiado, aproximación y posicionamiento de la máquina, siempre en el rango de visión del maquinista.
 - Se señalizarán y delimitarán las zonas de tránsito de personas, que deberán independizarse de las correspondientes a vehículos y máquinas.
- **Caída a distinto nivel:**
 - El acceso a los puntos de trabajo se realizará mediante cesta autopropulsada, o mediante andamios tubulares hasta alcanzar la cota de trabajo.
 - Siempre que se trabaje en un lugar donde exista riesgo de caídas de altura y no haya protección adecuada deberá usarse arnés de seguridad.
- **Caída de cargas en suspensión y en manipulación:**

- Se manipularán los bulones y anclajes entre varios operarios, procurando acopiarlos lo más próximo posible a la zona de actuación.
- Si el trabajo lo requiere, se emplearán vientos desde tierra como apoyo a la grúa móvil autopropulsada y dirigir la operación.
- Durante la ejecución de estos trabajos, no se realizarán trabajos a distintos niveles, no permaneciendo operarios en la proyección en planta de la plataforma ni en el entorno.
- Golpes y proyecciones:
 - Durante la operación de soltar los flejes de los anclajes, no permanecerán operarios en la zona de influencia de la bobina, así como durante el desenroscado de los tramos finales, en previsión de golpes e impactos.
- Se revisarán antes de comenzar los trabajos los martillos, barrenas y llaves fijas para que estén en perfectas condiciones de utilización.

Medidas preventivas específicas:

- Perforación.
 - Proyección de partículas.
 - Mantener la distancia de seguridad adecuada durante la perforación.
 - Tanto el maquinista como el ayudante utilizarán gafas de seguridad o pantalla.
 - Caída de personas a distinto nivel, ej. en el posicionamiento y retirada del varillaje en la perforadora:
 - Prohibido utilizar la corredera de la máquina a la hora de insertar las camisas y varillas de perforación.
 - Atrapamientos, golpes y cortes, ej. durante rotación de la máquina, operaciones de transporte y colocación de camisas y varillas de perforación en las máquinas, introducción de bulones, etc.
 - Utilizar las herramientas adecuadas para cada tarea y mantenerlas en buen estado.
 - Perfecta coordinación entre el maquinista y ayudantes para la señalización de maniobras.
 - Permanecer fuera del radio de acción de la máquina.
 - Eliminar las rebabas en las rocas de las varillas.
 - Al colocar las camisas y las varillas en el carro de perforación, los trabajadores las cogerán por la parte central, nunca introduciendo los dedos en el tubo, para evitar su atrapamiento.
 - El maquinista realizará movimientos suaves y progresivos, reiniciando la operación de perforación una vez que el ayudante le haya avisado del final de la operación de roscado.
 - Sobreesfuerzos durante el traslado, manipulación manual y colocación del utillaje de perforación (camisas o varillas de perforación).
 - Seguir las indicaciones recibidas para el manejo manual de cargas.
 - La manipulación manual de las varillas, si fuera necesaria, se realizará entre dos operarios.
 - Disponer de borriquetas para la instalación del utillaje de perforación, lo más cerca posible del equipo.
 - No realizar esfuerzos innecesarios. Siempre que sea posible utilizar medios mecánicos para los movimientos de varillas.
 - Utilizar cabos guía para el manejo de los elementos suspendidos.
 - Ruido: Protección auditiva.
- Introducción del anclaje.
 - Durante la carga, transporte y puesta en obra de los anclajes se deberán tomar las precauciones necesarias para no deformar o dañar sus componentes así como elementos de protección contra la corrosión.
 - Antes de cortar los amarres, comprobar que están en perfecto estado.
 - A continuación se introduce el anclaje en la zona donde se ha realizado la perforación.
 - Se utilizarán guantes para coger el anclaje.
 - Sobreesfuerzos en el transporte e introducción del anclaje.
 - El traslado del anclaje hasta la zona de inyección se realizará por un número de operarios adecuado a las cargas a manipular y llevándolas sobre el mismo lado del hombro.
 - Los trabajadores deben coordinarse durante el transporte y la introducción del anclaje.
 - Cortes, golpes y atrapamientos durante la manipulación del anclaje, al soltarle de sus protecciones y al desenrollarlo o durante el transporte y su introducción:
 - Soltar el anclaje desde el interior.
 - Utilizar herramientas manuales adecuadas para cortar el anclaje.
 - Para desenrollar el anclaje, el operario deberá situarse en su interior para evitar posibles golpes.
 - La máquina tiene que estar parada hasta finalizar la introducción del anclaje.
 - Caídas al mismo nivel por terreno embarrado al transportar el anclaje:
 - Mantener la plataforma de trabajo limpia y reconducir los restos líquidos hasta una balsa de decantación.
- Inyección de lechada. Una vez colocado el anclaje en el taladro se procede a inyectar la lechada de cemento.
 - Proyección de partículas, ejemplo durante el llenado del anclaje, realización de la mezcla, etc.
 - Utilizar gafas de seguridad para evitar salpicaduras a los ojos.

- No eliminar las protecciones de seguridad de la mezcladora.
 - No situarse cerca de la manguera durante la inyección.
 - Se inyectará a través del barreno, procurando siempre que se introduzca la lechada de abajo hacia arriba, con poca velocidad para evitar sobre presiones y proyecciones de lechada a los operarios.
 - Si durante la inyección el especialista u operarios sufren salpicaduras de lechada en los ojos o la piel se lavarán con abundante agua. Asimismo, si alguna prenda de vestir se moja con dicha lechada, se sustituirá evitando permanecer mucho tiempo con ella puesta.
- Contacto con sustancias nocivas e inhalación de polvo, contacto del cemento con la piel:
 - No tocar en ningún momento la lechada o el mortero de cemento con las manos.
 - Utilizar guantes de protección y mascarillas.
- Caídas a distinto nivel, ej. al introducir la manguera de inyección en la perforación en altura:
 - Mantener la plataforma de trabajo limpia y ordenada.
- Cortes, golpes y atrapamientos, ejemplo en la limpieza de la mezcladora y al realizar la mezcla, con el obturador, al desenroscar la manguera después de la inyección, etc.
 - No desacoplar la manguera de inyección sin antes comprobar la ausencia de presión en el circuito, con ayuda de un manómetro.
 - No eliminar las protecciones de seguridad de la mezcladora.
 - No introducir la mano en la mezcladora mientras esté en funcionamiento.
 - La limpieza de la mezcladora se realiza con la máquina completamente parada.
 - No situarse nunca encima del obturador durante la inyección de lechada.
 - Si por algún motivo, la inyección tiene que interrumpirse, el especialista se cuidará de limpiar adecuadamente la máquina de inyección.
 - Comprobar la necesidad de realizar pruebas de limpieza y de manguera y presión en la máquina previamente a la inyección.
- Tesado.
 - Proceso:
 - Para el manejo de equipos de tesado multifilares, se utilizará una grúa, camión grúa o carretillas elevadoras.
 - Debe existir perfecta coordinación entre gruísta y equipo de tesado.
 - Comprobar que no hay hormigón ni nada que impida el apoyo perfectamente plano en la placa de apoyo.
 - El gato ha de suspenderse de la grúa con el mismo ángulo con el que sobresale el anclaje. Se posiciona detrás del cable, tangente a él y se introduce paralelamente hasta que apoye en la placa de apoyo.
 - Se comprueba que no existe ningún impedimento (hormigón del cajetín, barras de ferralla, etc.) para centrar el gato en la placa de apoyo. Se centra el gato sobre la placa de apoyo y se da una mínima presión que permita al gato aguantar su propio peso. En este momento se afloja un poco el tiro de la grúa y se comprueba que las distancias del frontal del gato a los bordes de la placa de apoyo son iguales. Si no fuera así, se quita presión y se vuelve a centrar el gato. Una vez centrado el gato comienza la operación propia del tesado.
 - No estará permitido situarse nunca bajo la vertical de un gato de tesado.
 - Medidas preventivas frente a Sobreesfuerzos en la colocación del gato en el anclaje, al bajarlo del camión:
 - Utilizar medios mecánicos.
 - Manipular el equipo de tensado entre dos o más operarios.
 - Atrapamientos, golpes y cortes durante la colocación del equipo de tesado (gato y partes fijas de la cabeza del anclaje):
 - Efectuar el tesado por operarios cualificados y con experiencia.
 - Apoyar el gato perpendicularmente y centrado sobre el anclaje.
 - Colocar protecciones resistentes por detrás de los gatos.
 - No pasar por detrás del gato durante el tesado.
 - Proteger el sobrante de los cables con setas de plástico.
 - Extremar precauciones en el montaje de las placas de reparto y demás elementos de bloqueo de la cabeza del anclaje, para evitar cortes, golpes y atrapamiento de manos.
 - Durante la puesta en carga de los anclajes, los trabajadores y observadores se situarán fuera del radio de giro del gato y no pasará nunca por detrás cuando está en carga.
 - Proyecciones.
 - Mantener la distancia de seguridad.
 - No situarse en los laterales ni pasar por detrás del gato.
 - Antes de poner en funcionamiento el equipo, comprobar que los mandos están en posición de parada, fuera de servicio, y los latiguillos hidráulicos están conectados correctamente, antes de conectar el equipo al suministro eléctrico.
 - Utilizar gafas de protección.
 - No sobrepasar la presión de tesado indicada en el Proyecto, con el fin de evitar una rotura de cables, que originarían la proyección de cuñas y cordones de acero sobre los trabajadores presentes en la obra.
 - Está prohibida la presencia de trabajadores dentro del sector delimitado por el eje longitudinal del bulón. Los operarios que manejen el gato no invadirán esta zona durante la operación de puesta en carga.

- El ayudante que se sitúa junto al gato para medir alargamientos debe separarse de éste mientras se va dando presión, acercándose al gato sólo en el momento de medir en el pistón, ya que un posible hundimiento de la placa de apoyo podría hacer girar el gato golpeando a quien esté cerca.
- Destesado. Operación por la cual se deja de transmitir tensión a los anclajes.
 - Proyecciones al destesarse los anclajes:
 - Situar siempre a un lado o por encima del anclaje.
 - Realizar el destesado de modo lento, gradual y uniforme, sin sacudidas bruscas.
 - Quemaduras al realizar el corte de los anclajes:
 - Emplear los EPI adecuados (careta, mandil, manguitos, guantes...).
 - No encender nunca el soplete antes de estar colocado junto al anclaje que va a destesar. No subir ni bajar con el soplete encendido.
 - El corte nunca se realizará por debajo del anclaje para evitar que caiga sobre el soplete encendido. Se realizará siempre desde un lado o por encima.
 - Mantener en buen estado el equipo de oxicorte.
 - Una vez finalizado, apagar las puntas de los cables, para evitar quemaduras y emisión de humos.
 - Caída a distinto nivel durante el destesado en altura:
 - Utilizar andamio, escalera, o plataforma, conforme instrucciones del fabricante.

EPI:

- Botas de seguridad.
- Guantes de protección mecánica y química.
- Casco de protección.
- Chaleco reflectante.
- Ropa y botas de seguridad impermeables, en caso de ser necesario.
- Gafas anti proyecciones, en caso de ser necesario.
- Mascarilla autofiltrante, durante la perforación.
- Protección acústica.
- Arnés anti caídas, en caso de ser necesario.

Protecciones Colectivas:

- Balizamiento y vallado de la zona de trabajo, en caso de ser necesario.

7.4.5. Muros pantalla**7.4.5.1. Proceso**

Muro pantalla: ejecución de un muro subterráneo, generalmente de hormigón armado, para facilitar el vaciado del terreno colindante. Se definen como pantallas continuas de hormigón armado los muros construidos mediante la excavación en el terreno de zanjas profundas en las que se introduce primero la armadura de hierro y luego el hormigón, para constituir una estructura geoméricamente continua, empleando lodos bentoníticos como protección de la excavación en caso necesario. Los muros pantalla se pueden realizar con diferentes elementos, dependiendo de las condiciones del entorno y las características del suelo.

Fases:

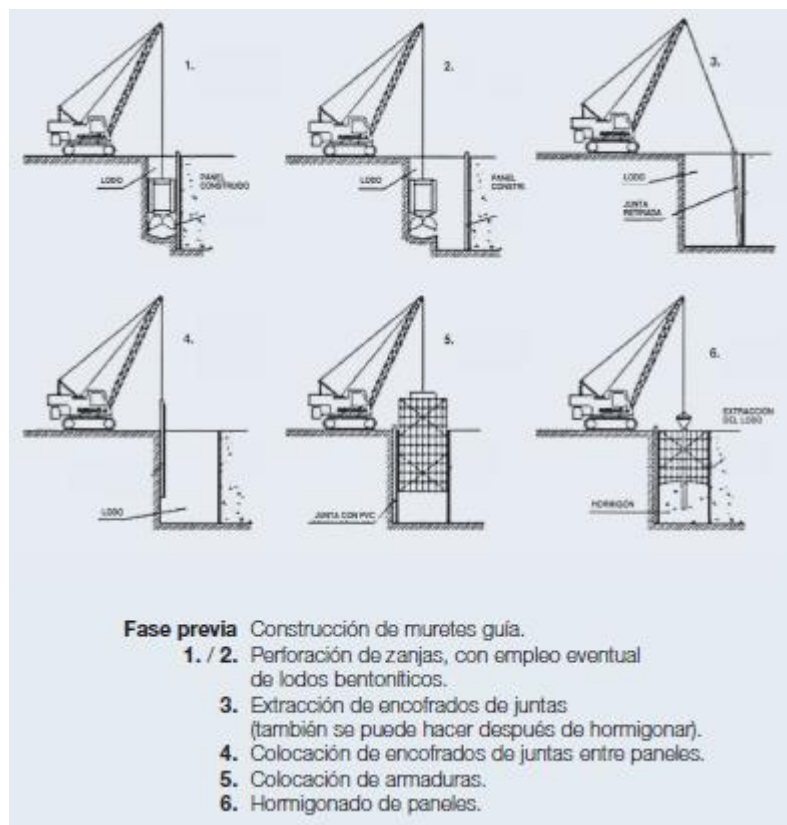


Imagen 32. Fases en la ejecución de Muros pantalla.

Para poder ejecutar los trabajos anteriormente descritos, generalmente se dividirá la obra en las siguientes unidades:

1. Ejecución de muro-guía: El muro-guía tiene dos funciones principales: servir de guía a la excavación de la pantalla, y posibilitar la extracción de las juntas de hormigonado mediante el empleo de un gato extractor, el cual debe estar debidamente apoyado en el muro-guía.
2. Ejecución de pantallas de hormigón armado: La pantalla se excava mediante una cuchara acoplada a la grúa excavadora. Si las paredes de excavación no se mantienen, es preciso el empleo de lodos bentoníticos o polímeros, los cuales deben quedar al menos 1,5 m. por encima del nivel freático del terreno. Una vez finalizada la excavación, se procede al montaje de las armaduras de la pantalla y de la junta de hormigonado. El montaje finaliza con la introducción de una tubería tremie. A través de ella se hormigona la pantalla. Una vez finalizada esta operación y transcurrido el tiempo suficiente de fraguado, se procede a la extracción de la junta.
3. Viga de coronación. Tras la ejecución del recinto de pantallas, se procede a la demolición de la cara vista de murete-guía y al picado del nivel superior de hormigón degradado de la pantalla. Una vez finalizado el proceso, se comienza el montaje de la armadura de la viga de coronación, se encofra y se hormigona.
4. Anclajes: A medida que se van extrayendo las tierras, se procede a la ejecución de los anclajes. Para ello, es preciso contar con un vagón perforador con cabeza pasante. A dicho vagón se le añade un martillo de fondo para el paso de la pantalla, cambiando posteriormente dicho martillo por útil de corte para la perforación del terreno, ya sea mediante agua o aire. Una vez perforado el taladro, se limpia, y se extrae el varillaje de perforación. A continuación se introduce el anclaje provisional, y se inyecta mediante lechada de alta densidad. Para ello se emplea una turbomezcladora, y una bomba para el envío de la lechada a presión. Posteriormente, se introducen las placas de anclaje, y días después, en función del tipo de cemento y el empleo de acelerantes, se procede al tesado de los anclajes. El tesado se realiza mediante gato de tesado, apoyando el mismo en la placa de anclaje por medio de cuñas.

Medidas preventivas. Trabajos previos

Antes de la ejecución de la pantalla, se prepara la plataforma de trabajo, se realiza el montaje de maquinaria y se construyen los muretes guía.

- Plataforma de trabajo: son aplicables las medidas del apartado “Acondicionamiento de plataforma y acopio de materiales” de esta misma Sección.



Imagen 33. Fabricación en plataforma de trabajo

- Montaje y desmontaje de equipos:
 - Preparación del equipo para su funcionamiento (comprobación del cableado, latiguillos, válvulas, izado o bajada del mástil...).
- Ejecución de muretes-guía: Son dos elementos de hormigón armado dispuestos de forma paralela en el terreno y separados entre sí a una distancia ligeramente superior al ancho teórico de la cuchara. Tienen como finalidad garantizar la correcta alineación del muro pantalla, guiar los útiles de la excavación, evitar desprendimientos de terreno y servir como soporte para las jaulas de armadura.
 - Salpicaduras y contacto con sustancias nocivas, ej. en el vertido del hormigón del murete-guía:
 - Empleo de gafas de protección contra proyecciones al hormigonar.
 - Utilización de guantes que eviten el contacto con el hormigón.
 - Cortes, golpes y atrapamientos durante los trabajos de encofrado y desencofrado, con la canaleta de la hormigonera al verter el hormigón en el murete-guía, etc.:
 - Coordinación entre el conductor y el ayudante en el desplazamiento de la hormigonera.
 - Eliminación inmediata de clavos y puntas de encofrado.
 - Buena visibilidad en la zona de trabajo.
 - Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco de trabajo.
 - Se instalarán cubridores de PVC sobre las esperas de ferralla.
 - Caídas a distinto nivel, ej. al pasar por los muretes-guía:
 - Se instalará una pasarela de al menos 60 cm de anchura, estando prohibido saltar de un lado a otro de la zanja.
 - Se señalizará y delimitará el perímetro de la zanja.
 - Caída de objetos por desprendimiento, ej. desprendimiento del terreno de la zanja, caída objetos a la zanja, etc.:
 - Se prohibirán los acopios de tierra y/ o materiales a una distancia inferior a 2 m del borde de la zanja o taludes.
 - El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos separados mediante eslingas.
 - El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.
 - Caídas al mismo nivel:
 - Una vez concluido la demolición de un determinado tajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará, en un lugar conocido para su posterior retirada.
 - La ferralla montada se almacenará en los lugares designados a tal efecto separado del lugar de montaje.
 - Los desperdicios o recortes de hierro y acero, se recogerán acoplándose en el lugar determinado en los planos para su posterior carga y posterior transporte a vertedero.
 - Orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.



Imagen 34. Señalización con stopper del riesgo de caída a distinto nivel en murete guía

Imagen 35. Protección perimetral de murete guía para pantalla de hormigón



Ejecución del muro pantalla

- Excavación de la pantalla y relleno de lodos.

El útil de perforación más común en terrenos sueltos y medios, es la cuchara bivalva. Ésta se introduce en el espacio situado entre los muretes-guía para extraer el detritus de excavación. Para eliminar el riesgo de desprendimiento del terreno, a medida que avanza la perforación, se recurre al empleo de lodos bentoníticos que forman una película protectora en las paredes del panel.



Imagen 36. Cuchara bivalva

- Contacto e inhalación de partículas, ej. durante la manipulación de los sacos de bentonita para hacer la mezcla.
 - Durante la fabricación del lodo es obligatorio el empleo de mascarilla de protección antipolvo.
 - El operario de la planta de lodos deberá emplear gafas de protección para evitar proyecciones de partículas y salpicaduras a los ojos.
- Caídas a distinto nivel, al medir la profundidad del panel, mezcla de lodos en el desarenador, etc.:
 - Como norma general se deberá proteger el perímetro de las zanjas, paneles, orificios de junta, etc., con vallado perimetral o plataformas resistentes tipo trámex.
 - Durante la excavación se deberá delimitar el área de excavación, mediante vallas tipo ayuntamiento o similar.
 - Los bataches concluidos a la espera de la introducción de la armadura serán cubiertos con planchas de trámex bien asentados y resistentes.
 - Durante los trabajos de excavación no habrá ningún operario situado sobre los muros guía en la zona de trabajo.
 - Está prohibido saltar de un lado a otro el batache.
 - Las zonas de trabajo en altura de la planta de lodos contarán con pasarelas de al menos 60 cm de anchura y barandilla en el perímetro.
 - Para acceder a estas zonas de trabajo se emplearán escaleras atadas y ancladas.
 - Cuando se aproxime a la pantalla excavada para medir su profundidad, lo hará ayudándose de una chapa metálica o tablero o similar que haga de pasarela y le proporcione un lugar amplio para realizar la medición.

Si fuese necesario, el operario llevará arnés de seguridad y se anclará a un lugar fijo o se colocará una línea de vida. Lo mismo se empleará para los operarios que se acercan a la tubería o que controlan la presión de la bentonita.

- Atropellos y golpes con las máquinas, ej. por movimientos de la máquina durante la excavación:
 - Está prohibida la presencia del personal en la zona de excavación y en el radio de acción de la máquina.
 - Deberá existir coordinación entre el maquinista y los ayudantes siempre que la máquina esté en movimiento.
 - No se realizará simultáneamente en el mismo batache la extracción de tierra y la carga de estas con pala en el camión.
 - Siempre que se deba acceder a la zona de trabajo de la cuchara o el radio de acción de la máquina, el ayudante deberá advertir al maquinista de su presencia. Este a su vez interrumpirá los trabajos hasta haber comprobado que el ayudante se encuentre alejado del radio de acción de la máquina.
- Desprendimiento de cargas suspendidas, ej. traslado de los elementos de perforación:
 - Está prohibido situarse debajo de cargas suspendidas.
 - Durante todo el proceso se deberá comprobar que los elementos de izado se encuentran en buen estado.
 - Nadie podrá introducirse dentro del área delimitada mientras la pantalladora esté en movimiento.
 - Se acotará la zona de acción de la máquina.
 - El personal que esté trabajando al lado de la máquina lo hará una vez que ésta haya acabado su trabajo, de manera que nunca esté en movimiento.
 - Se utilizarán cabos de gobierno para el manejo de elementos suspendidos.
 - No situarse en ningún momento bajo la cuchara, los tubos durante su izado o cualquier otra carga suspendida.
 - El gancho estará dotado de pestillo de seguridad en perfecto uso.
 - Elevación correcta de las cargas, mediante eslingas simétricas.
 - Se dispondrá de señalistas de maniobras.
 - Durante los desplazamientos y giros de las máquinas portadoras de los tubos el gruista estará auxiliado por otra persona que vigilará la operación.
- Vuelco de maquinaria:
 - No se desplazará a velocidades altas.
 - La plataforma sobre la cual se disponga la máquina será una superficie horizontal, homogénea, dura, consolidada y drenada.
 - Usar calzos de máquina.
 - Traslado de pantalladora y grúa auxiliar por superficies con poca inclinación lateral
 - No trabajar en plataformas con una inclinación lateral que resulte peligrosa para la estabilidad de la máquina. Preparar la plataforma de trabajo sin irregularidades del terreno.
- Caídas al mismo nivel:
 - En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
 - Se procederá a la limpieza del lodo que se haya depositado sobre el murete guía, antes del inicio de los trabajos de hormigonado.
 - No colocar mangueras en la zona de paso frecuente de los trabajadores
- Inundación y riesgo eléctrico: Evitar el encharcamiento de la obra mediante bombeo.

Colocación de la armadura. Las armaduras de pantallas se fabrican en la plataforma de trabajo. Para su introducción en el batache se amarran de las asas de izado, elevándolas hasta disponerlas verticalmente para su introducción en el panel.

- Caída de cargas suspendidas, ej. caída de la armadura durante su izado, traslado e introducción:
 - El momento de mayor peligro es a la hora de colocar la armadura dentro de la excavación. En ese momento ningún trabajador debe estar en el entorno de la máquina. La carga debe ser guiada con cuerdas. Una vez que la parte interior de la armadura ha sido introducida en la excavación, los operarios se acercarán donde se ha eliminado el riesgo de caída, y ayudarán a la colocación definitiva de la pantalla.
 - Antes de elevar la armadura se deberá conocer su peso que deberá ser siempre inferior a la capacidad máxima de carga de la grúa.
 - Las asas de sujeción para izado de la pantalla estarán correctamente conformadas y se revisarán antes del eslingado.
 - La armadura se sujetará con eslingas con pestillo de seguridad que serán revisadas diariamente.
 - Se deberá comprobar que las soldaduras están correctamente realizadas y son suficientes.



Imagen 37. Acceso a borde de excavación de pantalla sin protección

- Se deberá comprobar que todos los elementos de enganche están en perfecto estado de uso.
- La carga se transportará al punto de ubicación suspendida del gancho de la grúa mediante eslingas que la sujetarán de dos puntos distantes para evitar deformaciones y desplazamientos no deseados.
- Se balizará de forma provisional, la zona de influencia de la maniobra de izado, restringiendo el paso de vehículos y personas.
- Está prohibido situarse bajo cargas suspendidas.
- Una vez izada la armadura se aproximará al batache mediante un traslado lento de la grúa manteniendo lo más próximo al suelo el extremo de la armadura.
- Para controlar el movimiento de la armadura se emplearán cuerdas de retenida atadas a un metro de la base de ésta.
- Cortes, golpes y atrapamientos, ej. en el manejo de la ferralla, introducción y acoplamiento la armadura, etc.:
 - Está prohibido manejar la armadura con las manos para introducirla en los bataches.
 - Nadie deberá situarse junto al batache durante la maniobra de aproximación de la armadura.
 - Una vez introducida la armadura, se colocarán planchas de trámex sobre el murete guía.
 - Está prohibido apoyar los pies sobre los hierros durante la introducción de la armadura.
 - El operador de grúa no deberá bajar la armadura hasta haberse cerciorado de que ningún operario permanezca en contacto con los hierros.
- Quemaduras, ej. soldadura y oxicorte en caso de solape de armaduras:
 - Tanto el soldador como el ayudante deberán emplear los EPI adecuados (careta, mandil, manguitos, guantes...).
 - No utilizar el chaleco reflectante mientras se suelda o corta.
- Caída a distinto nivel, ej. al interior del batache al introducir la armadura:
 - Está prohibido trepar por la armadura.
 - Los bataches deberán estar protegidos con vallado y señalización que advierta del riesgo de caída.
- Vuelco de maquinaria y acopios:
 - La plataforma sobre la cual se disponga la máquina será una superficie horizontal, homogénea, dura, consolidada y drenada.
 - Usar calzos de la máquina.
 - Los paquetes de ferralla se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes de madera, evitándose las alturas de las pilas superiores a 1,50 m.



Imagen 38. Izado de armadura

- Colocación y retirada de juntas. Terminada la excavación del batache, se coloca una junta en su extremo. La junta sirve de encofrado al extremo del batache y permite la conexión con el siguiente, mediante un machihembrado entre bataches contiguos.
 - Atrapamientos durante izado, traslado, e introducción de la junta:
 - Deberá existir una coordinación perfecta entre el maquinista y sus ayudantes. Las indicaciones las efectuará una única persona (jefe de maniobras).
 - Realizar las operaciones manuales de enroscado y desenroscado la tubería de forma ordenada actuando bajo una única voz de mando.
 - El acopio de tubos de junta se efectuará en una superficie horizontal y alejada de desniveles.
 - Asimismo se colocarán topes o parapetos que impidan el movimiento involuntario de los tubos.
 - La junta se guiará con sogas.
 - Desprendimiento de objetos durante el izado, traslado e introducción de la junta:
 - Está prohibido situarse bajo cargas suspendidas.
 - El gruista no abandonará los mandos de la máquina con cargas suspendidas.
 - Antes de eslingar la junta se comprobará que los elementos de izado son adecuados a su peso.

- Los tubos de junta deberán trasladarse a ras del terreno durante su traslado con la grúa.
 - Los embudos se sujetarán con eslingas y gancho con pestillo de seguridad que serán revisadas diariamente.
 - Los embudos deberán disponer, en un extremo, de un dispositivo especial para ser suspendidos, y para ser dirigidos se usará cuerdas.
 - En la extracción de la junta no debe haber personal en el radio de acción de la máquina.
 - Cadenas, cables, ganchos, eslingas y demás aparejos de izar se revisarán periódicamente.
 - Caída a distinto nivel, ej. caída al hueco perforado mientras se introduce la junta, desde escaleras u otras superficies para acoplar bien la junta, etc.
 - Se deberán utilizar los medios adecuados (escaleras, elevadores...) cuando haya que acceder a zonas elevadas.
 - El batache excavado deberá estar tapado con planchas de trámex en caso de existir riesgo de caída al panel.
 - Vuelco de maquinaria:
 - Se dispondrán de toperas adecuadas en los bordes de la plataforma desde la que estacione el camión hormigonera.
 - La plataforma sobre la cual se disponga la hormigonera será una superficie horizontal, homogénea, dura, consolidada y drenada.
 - Usar calzos de la máquina.
 - Las maniobras de aproximación de vehículos que evacuen productos de la excavación o aporten materiales serán dirigidas por un señalista.
 - Atropellos y colisiones.
 - Siempre que un vehículo parado inicie un movimiento lo anunciará mediante señal acústica.
 - Señalistas de maniobras.
 - Se acotará la zona de acción de la máquina.
 - Golpes y cortes con objetos y herramientas:
 - Es obligatorio el uso de guantes para la manipulación de las herramientas manuales.
 - Está prohibido arrastrar las juntas hasta el lugar de montaje.
- Fase hormigonado. Para hormigonar el panel es necesario formar la tubería tremie, que consta en su parte superior de un embudo por donde se vierte el hormigón. Si se han utilizado lodos bentoníticos, debe procederse a su sustitución o limpieza (desarenado) antes de hormigonar el batache.
 - Proyecciones de partículas, ej. salpicaduras de hormigón durante el hormigonado del batache:
 - Se limpiará correctamente el tubo tremie después de utilizarlo.
 - Es obligatorio el uso de gafas de seguridad para evitar afecciones en los ojos.
 - Contacto con sustancias nocivas, ej. contacto del hormigón con la piel:
 - Está prohibido tocar el hormigón con las manos desnudas. Es obligatorio utilizar guantes de protección.
 - Está prohibido sujetar el embudo o la canaleta del camión con las manos.
 - Cortes, golpes y atrapamientos, ej. durante introducción y acoplamiento de tubo tremie, manipulación de la canaleta del camión hormigonera:
 - Se deberán aplomar los tubos tremie antes de su izado, evitando movimientos bruscos y choques contra la jaula o las armaduras.
 - La cuba de hormigón deberá estar completamente parada antes de desplegar la canaleta.
 - Los tubos de hormigonado se deberán manejar en columnas cortas.
 - El embudo de vertido del hormigón se orientará para su introducción en el batache.
 - Realizar las operaciones manuales de enroscado y desenroscado la tubería de forma ordenada actuando bajo una única voz de mando.
 - El posicionamiento de la canaleta de vertido sobre la tolva de hormigonado se realizará desde la parte superior de la canaleta evitando así el posible atrapamiento con la tolva.
 - Desprendimiento de cargas suspendidas:
 - Está prohibido permanecer bajo cargas suspendidas (tubo tremie).
 - La extracción del tubo se realizará lentamente una vez alejado el personal y el camión.
 - Los embudos se sujetarán con eslingas y gancho con pestillo de seguridad que serán revisadas diariamente.
 - Los embudos deberán disponer, en un extremo, de un dispositivo especial para ser suspendidos, y para ser dirigidos se usará cuerdas.
 - Se acotará la zona de acción de la máquina.
 - Cadenas, cables, ganchos, eslingas y demás aparejos de izar se revisarán periódicamente.
 - Señalistas de maniobras.
 - Caídas al mismo nivel, ej. caída al hueco excavado mientras se introduce la tubería, desde escaleras u otras superficies para acoplar bien la tubería:
 - Se mantendrá la plataforma de trabajo limpia de barro, lodos, etc.
 - La jaula de tubería de hormigonado deberá instalarse en una zona plana y estable.

- Se deben extremar las precauciones en el momento de montar o retirar tramos de tubería a la hora de hormigonar. Se deben realizar a nivel del suelo o desde plataformas de trabajo correctas, protegiendo el riesgo de caída en altura con barandillas si se hace el desenroscado desde cierta altura.
- **Vuelco de maquinaria:**
 - Se dispondrán de toperas adecuadas en los bordes de la plataforma desde la que estacione el camión hormigonera.
 - La plataforma sobre la cual se disponga la hormigonera será una superficie horizontal, homogénea, dura, consolidada y drenada.
 - Usar calzos de la máquina.
 - Las maniobras de aproximación de vehículos que evacuen productos de la excavación o aporten materiales serán dirigidas por un señalista. Los vehículos utilizarán calzos en las ruedas en estas situaciones.
 - La operación de acercamiento del camión de vertido de hormigón, se realizará siguiendo las indicaciones de una única persona, oficial de hormigonado, con experiencia y conocimientos suficientes.
- **Sobreesfuerzos:**
 - Levantar y colocar la tubería adoptando posturas correctas.
 - No hacer giros bruscos de cintura cuando se esté cargando.
- **Atropello:** Siempre que un vehículo parado inicie un movimiento lo anunciará mediante señal acústica.



Imagen 39. Hormigonado. Malas prácticas en general.



Imagen 40. Formación de la tubería tremie

- **Construcción de la viga de coronación.**

Se construye después de realizados los bataches de la pantalla y antes de excavar el recinto; su misión esencial es dar continuidad a la pantalla en su parte superior y asegurar un comportamiento más homogéneo de sus bataches.

Suele ir fuertemente armada, tiene el mismo ancho que la propia pantalla y un canto que oscila entre 70 y 100 cm.

La ejecución de la viga de coronación, incluye ferrallado, encofrado y hormigonado de la misma.

Medidas preventivas frente a riesgos de:

- Proyecciones de partículas y contactos con sustancias, ej. salpicaduras de hormigón durante el hormigonado de la viga:
 - Utilizar gafas de seguridad para evitar salpicaduras a los ojos.
 - No tocar el hormigón con las manos. Utilizar siempre guantes de protección.
- Vibraciones, ej. martillo neumático.
 - Descansos frecuentes por manejo del martillo.
 - El personal irá rotando en las labores a lo largo del día.
 - Utilizar los EPI necesarios (guantes, gafas, protección auditiva).
- Cortes, golpes y atrapamientos, ej. uso de radial y oxicorte de armadura, martillo/compresor, manejo de la ferralla:
 - Mantener la zona de trabajo ordenada y limpia.
 - Recoger los desperdicios: puntas, alambres, recortes de ferralla etc.
 - Colocar las barras largas entre varios trabajadores de forma coordinada para evitar sobreesfuerzos.
 - Antes de picar, comprobar que el compresor y el martillo estén en orden, los enganches de la manguera estén correctos y protegidos ante el paso de vehículos.
 - Nunca dejar el martillo clavado de pie, siempre tumbado y desconectado.
- Caídas al mismo nivel, por zona de trabajo desordenada, caminar por la ferralla:
 - No caminar, ni trepar por la ferralla.
 - Mantener el orden y limpieza en la zona de trabajo, recoger los desperdicios, puntas, alambres, recortes de ferralla...

EPI:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Cinturones portaherramientas.
- Guantes de uso general, de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.
- Gafas contra impactos y antipolvo en todas las operaciones en que puedan producirse desprendimientos de partículas.
- Ropa de trabajo.
- Botas de goma o de PVC de seguridad.
- Fajas lumbares.
- Chaleco reflectante.
- Elementos antivibratorios (muñequera, faja) para los que trabajen como maquinistas
- Trajes de agua, muy especialmente en los trabajos que no puedan suspenderse con meteorología adversa.
- Mascarilla antipolvo, en todos aquellos trabajos donde el nivel del polvo sea apreciable.
- Filtros para mascarilla
- Cascos antirruído o tapones (en caso de ser necesario por la situación del trabajador cerca de la máquina o trabajos en entornos cerrados)

8. Equipos de protección individual

Con carácter específico para esta actividad, y a modo orientativo, se puede seguir también a lo dispuesto en la siguiente tabla:

Relación orientativa de Equipos de protección individual a utilizar

Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales
		Uso específico
Caídas a distinto nivel.	Cimentaciones profundas / perforación de pilotes y medición de profundidad excavación.	Equipo anticaídas (Arnés, fijaciones, eslinga, mosquetones, etc.), en aquellos casos en que se justifique técnicamente la imposibilidad utilizar protecciones colectivas o cuando la protección colectiva no evite el riesgo de caída.

Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales
		Uso específico
Proyección de partículas.	Descabezado manual de pilotes. Preparación de lodos bentoníticos. Corte de armaduras con radial. Corte de armaduras por oxicorte.	Pantalla anti-proyecciones y anti-impactos. Gafas anti-polvo. Gafas anti-proyecciones. Pantalla facial de soldador.
Inhalación de polvo bentonítico.	Preparación de lodos bentoníticos.	Mascarilla antipolvo FFP2.
Ruido.	Hincado y perforación de pilotes.	Protectores auditivos.
Presencia de lodos.	Utilización de lodos bentoníticos.	Guantes de goma impermeables. Botas impermeables con puntera y plantilla.
Quemaduras.	Corte de armaduras por soldadura. Soldadura de barras en solapes de armaduras de pilotes.	Guantes y mandil de cuero para soldadura.

9. Maquinaria

9.1. Pilotera

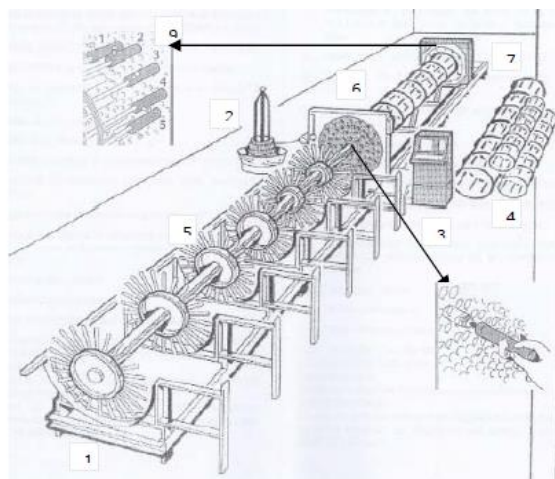


Imagen 41. Pilotera

Máquina diseñada para la formación de jaulas o armaduras cilíndricas mediante electro soldadura, para armar los pilotes de los cimientos.

Realizará el montaje y soldadura de los distintos elementos hasta completar la armadura.

Una vez realizada la armadura, la retirará, o ayudará al gruísta a retirarla, y dejará la zona de trabajo y equipos en condiciones de seguridad.



1 - MÁQUINA
2 - DEVANADORA / DESENROLLADOR / TOMBOLA
3 - CUADRO ELÉCTRICO / CONTROL DE MANDOS
4 - JAULAS CILÍNDRICAS / PILOTES
5.- PEINE GIRATORIO

6.- DISCO FIJO / PLATO MAESTRO
7 - DISCO MÓVIL / PLATO ESCLAVO
8 - CASQUILLOS DE TREFILADO
9.- CASQUILLOS DE FIJACION

Imagen 42. Partes de la Pilotera

Riesgos y medidas preventivas:

- Caída de objetos en manipulación, ej. durante manipulación de herramientas y piezas situadas en alturas superiores, golpes por caídas de elementos como herramientas, caída de barras en manipulación durante las operaciones de alimentación del equipo:
 - Las herramientas no se llevarán en los bolsillos, sino en los cinturones portaherramientas.
 - Al subir las escaleras o realizar maniobras de ascenso y descenso, las herramientas se llevarán de modo que dejen las manos libres.
 - No dejar herramientas abandonadas por la obra.
 - Correcto estado de las herramientas y equipos de trabajo auxiliares.
- Caída de objetos desprendidos, ej. por desorden en el apilado de materiales, falta de delimitación del entorno del área de riesgo:
 - En vías de circulación y accesos, donde exista peligro de caída de objetos, asegúrate que hay marquesinas de protección.
 - No situarse ni circular bajo de cargas suspendidas.
 - Comprobar el amarre de los palés.
 - Los ganchos siempre llevarán pestillo de seguridad.
 - Vigilar el estado de los cables, cuerdas, etc.
- Peligro de enganche o aplastamiento, ej. por partes móviles de la maquinaria:
 - Durante el funcionamiento de la máquina el operador debe cerciorarse de que no haya personas en su radio de acción.
 - No quitar por ningún motivo las etiquetas; en caso de deterioro, avisar al departamento de mantenimiento para su sustitución.
 - Antes de iniciar el trabajo, verificar la eficiencia de los dispositivos de seguridad y parada de emergencia de la máquina. Estos dispositivos no deben modificarse, excluirse o utilizarse para fines distintos a los establecidos.
 - Está terminantemente prohibido sentarse o apoyarse en cualquier parte de la máquina.
 - Antes de cada puesta en marcha y después de cada operación de limpieza, lubricación o mantenimiento, restablecer los dispositivos de seguridad y cerciorarse de que los carenados y las tarimas estén montados y los paneles estén cerrados.
 - Las personas que trabajan en la máquina no deben llevar anillos, pulseras, collares, relojes o cualquier otro objeto que pueda engancharse.
 - Antes de poner en servicio la máquina, cerciórese que la bobina desenrollada esté adecuadamente fijada al suelo.
 - Está terminantemente prohibido pasar por la máquina durante su funcionamiento.
 - El operador debe impedir que cualquier persona (incluso él mismo) pueda detenerse en la máquina o pasar por ella.
- Pisadas sobre objetos, ej. pisadas sobre trozos de alambre, herramientas y piezas defectuosas.
 - No pisar directamente sobre la ferralla.
 - Se efectuará un barrido periódico de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco de trabajo.
 - Mantener los espacios de trabajo limpios y ordenados.
 - Utilización de los contenedores de chatarra.
 - Correcto almacenamiento de las herramientas y útiles de trabajo.
- Choques y golpes contra objetos inmóviles, ej. elementos acopiados:
 - Circular por las zonas adecuada para el tránsito de peatones.

- Correcto apilamiento de elementos como estructuras, etc.
- Mantener el espacio de trabajo libre de obstáculos como cargas y otros elementos acopiados.
- Choque contra objetos móviles, ej. golpes con barras de acero, parte móviles de las máquinas al pasar al lado de éstas:
 - Mirar bien antes de iniciar la marcha atrás o al ponerla en funcionamiento, advertir de las maniobras.
 - Delimitar la zona de trabajo.
 - Guardar las distancias de seguridad.
 - No transportar personal en las máquinas.
- Golpe por objetos o herramientas, ej. con herramientas utilizadas para las operaciones normales y las de emergencia (cuando se atasca una pieza, etc.), con el hilo de acero en las operaciones de alimentación de la máquina: enderezando punta, introducción en los rotores de la máquina, etc., con el material elaborado en las operaciones de evacuación, en la manipulación de la materia prima y alambre de atar:
 - Correcto uso de las herramientas.
 - Utilización de herramientas adecuadas al tipo de trabajo en características y número.
 - Correcto estado de las herramientas de trabajo.
 - Correcto procedimiento de trabajo.
 - Realizar la evacuación de forma automática, no introducir las manos en la zona de acción de las artesas de recogida.
 - Utilización de los EPIS adecuados: guantes y manguitos contra riesgo mecánico.
- Proyección de fragmentos o partículas, ej. metal fundido, características de las piezas a soldar y del puesto de trabajo:
 - Para picar la escoria o cepillar la soldadura o repasar el cordón de soldadura. Se protegerán los ojos, mediante gafas de seguridad o pantalla de soldar.
 - Máscara de soldar, protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactivos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.
 - Delantal de cuero, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.
 - Gorro, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones verticales.
 - Calzado de seguridad, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.
 - No se utilizará nunca oxígeno ni aire para desempolvar o limpiar ropa u otros objetos. No aplicar sobre piel desnuda.
 - Se deben proteger los ojos de posibles proyecciones al picar o repasar el cordón de soldadura.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
 - No circular ni permanecer en las zonas de paso o de maniobra de los vehículos, principalmente cuando están maniobrando marcha atrás.
 - Respetar las limitaciones de velocidad establecidas para los vehículos.
 - No permanecer junto a las máquinas o equipos que estén en proceso de instalación
 - No trabajar ni ubicarse junto a máquinas que no estén ubicadas en zonas estables.
- Sobreesfuerzo, ej. durante manipulación del hilo y las barras en la alimentación de la máquina, posturas forzadas durante el proceso de soldadura, manipulación del pilote:
 - Correcto procedimiento de trabajo.
 - Posturas adecuadas.
 - Manipulación y evacuación del pilote mediante medios mecánicos, ejemplo: el puente grúa.
- Contactos térmicos, ej. chispas de soldadura y piezas trabajadas), pinchazo con hilo de soldar incandescente en mano contraria con la que se está sujetando la pistola de soldadura, en las tareas de colocación de piezas dentro de la estructura a soldar, o debido a que este no hace bien masa y se escurre de la superficie metálica sobre la que se procederá a dar el punto de soldadura:
 - Utilización de ropa ignífuga.
 - Existencia de un extintor cerca del puesto de trabajo.
 - Uso de guantes contra contactos térmicos, así como utilización de una herramienta auxiliar que sujete las piezas donde se dará el punto de soldadura para eliminar la mano expuesta a este riesgo.
- Exposición a contactos eléctricos, por incumplimiento de las normas básicas de seguridad eléctrica, fallos en los equipos, etc.
 - Los cables gastados o pelados deben repararse inmediatamente.
 - Toda instalación debe considerarse bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con los aparatos adecuados.
 - Utilizar conexiones macho-hembra adecuadas. No meter los hilos pelados en los enchufes.
 - Si se observa alguna anomalía en la instalación eléctrica, comunicar.
 - Guardar las distancias de seguridad ante los posibles tendidos eléctricos.
 - Asegurarse de que la instalación está protegida con diferenciales y toma de tierra u otros sistemas.
 - Si se percibe cosquilleo al utilizar un aparato, desconectar y notificar.
 - Prestar atención a los calentamientos anormales en motores, cables, cuadros...
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas, humos de soldadura.
 - Instalación de extracciones localizadas en los puestos de trabajo.
 - Utilización de mascarillas autofiltrantes tipo FFP2 y en los casos establecido en los reconocimientos médicos o las mediciones higiénicas, los soldadores deberán utilizar equipos de protección respiratoria motorizado.
- Exposición a radiaciones no ionizantes.

- Utilización de pantalla protectora y ropa de soldadura tanto en las operaciones de soldadura propiamente dicha como en los procesos de preparación y acabado.
- Explosiones, ej. por utilización de gases a presión inflamables.
 - Correcta utilización, revisión y almacenamiento de las botellas de gas.
- Incendios.
 - No deberán existir almacenamientos en las zonas colindantes a las zonas donde se realizan la soldadura de elementos inflamables.
 - Existencia de un extintor cerca del puesto de trabajo.
- Atropellos o golpes por vehículos.
 - Respetar los lugares de paso de vehículo y las señales de circulación.

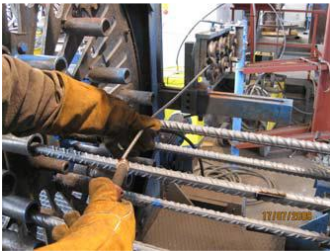


Imagen 43. Proceso incorrecto. Mano que sujeta la pistola nivel inferior a la mano que sujeta el hilo.



Imagen 44. Proceso correcto. Mano que sujeta la pistola nivel superior a la mano que sujeta el hilo.



Imagen 45. Boquilla de la pistola mirando siempre hacia abajo

EPI:

- Pantalla de soldador.
- Gafas de seguridad.
- Tapones/auriculares si el nivel de ruido > 85 dB
- Mandil de cuero/Chaqueta
- Protección contra radiación y proyecciones.
- Manguitos de soldador.
- Protección contra radiación y proyecciones (uso con equipo soldadura)

- Guantes
- Polainas
- Calzado de seguridad antideslizante y con hebillas



Imagen 46. Pilotero



Imagen 47. Acopio indebido

9.2. Pilotadora

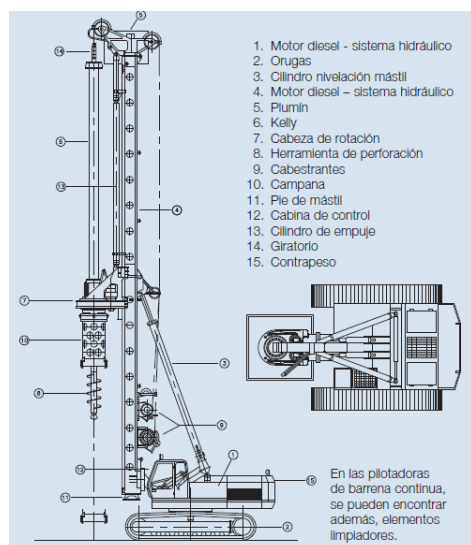


Imagen 48. Pilotadora

Máquina que realiza la perforación del terreno.

Es una máquina autopropulsada, generalmente sobre orugas, que dispone de un brazo articulado, a modo de mástil, sobre el que se sitúa un equipo de perforación por rotopercusión con mando hidráulico. Se emplea para la ejecución de pilotes que servirán de apoyo de los encepados de cimentación de muros, pilares o pilas.

La pilotadora trabaja con distintos elementos de perforación según sea el terreno:

- **Cuchara bivalva:** es un equipo cuya misión es la extracción de terreno preferiblemente granular, suelto o algo cohesivos, además permite la extracción con gran precisión en sitios reducidos. Se emplea para la excavación vertical de muros pantalla.

Consta de los siguientes elementos:

1. Suspensión.
2. Cuerpo.
3. Poleas.
4. Valvas o mandíbulas.



Imagen 49. Cuchara bivalva

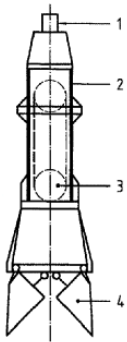


Imagen 50. Partes de cuchara bivalva

- **Hidrofresa:** es un equipo excavador con ruedas dentadas que giran en sentidos contrarios, arrancando el terreno. La elevada fricción que se produce en las ruedas dentadas, hace necesaria la refrigeración de las mismas, así como de la roca. Para ello se suele emplear como líquido refrigerante lodo bentonítico, que se inyecta mediante un dispositivo de la propia máquina. Se emplea para la formación de pantallas.



Imagen 51. Hidrofresa

- Hélice.

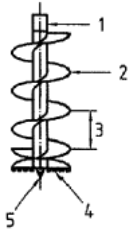
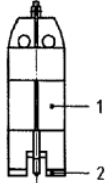


Imagen 52. Hélice

Hélice

1. Eje
2. Aleta
3. Paso
4. Borde cortante
5. Cola de pez

- Trépano: es la herramienta de corte localizado en el extremo inferior de la sarta de perforación que se utiliza para cortar o triturar la formación durante el proceso de la perforación rotatoria. Actualmente los trépanos más utilizados son los trépanos triturantes o triconos.



Trépano

1. Cuerpo del trépano
2. Base de golpeo

Imagen 53. Trépano. Partes



Imagen 54. Trépano

- Vibroflotador: se trata de un cilindro metálico de unos 32 a 45 cm de diámetro, de 2 a 4 m de longitud y de 2 a 4 Tn de peso, en cuyo interior se aloja un motor. El motor es el que induce la vibración y la fuerza lateral al terreno.



Imagen 55. Vibroflotador.

- Hincadora de pilotes: introduce el pilote en el terreno mediante una sucesión de golpes en la cabeza del mismo con unos equipos denominados martinets o martillos. También se puede emplear equipos denominados vibrohincadores para realizar la hinca mediante vibración.



Imagen 56. Hincadora de pilotes

- Entubado. Consta de (1) unión, (2) embudo, (3) diámetro del fuste y (4) corona cortante.

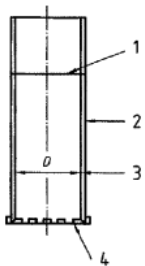


Imagen 57. Entubado

- Cazo o cubo de perforación.

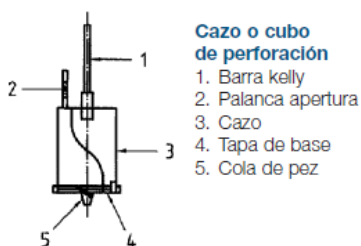


Imagen 58. Cazo de perforación

- Barrena continua. Consta de: (1) tubo de barrena, (2) azuche/tapón, (3) alimentación de hormigón, (4) detritus, (5) hormigón.
- Para barrena continua:
 - Vibradores o pinchos: utilizados como ayuda para introducir la armadura en barrena continua.
 - Manguera de conexión de hormigonado: Se conecta con el punto de alimentación de hormigonado de la barrena.
- Para in situ:
 - Tubo tremie: tubo de hormigonado.
 - Jaula: almacena los tramos del tubo tremie.
 - Horquilla: sujeta el embudo del tubo tremie.

Riesgos:

- Caída de personas a diferente nivel.
- Golpes contra objetos inmóviles.
- Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Atrapamientos por vuelco de máquinas.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Explosiones.
- Incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos y vibraciones.

Medidas Preventivas:

- Deben utilizarse pilotadoras que prioritariamente dispongan de marcado CE, declaración de conformidad y manual de instrucciones o que se hayan sometido a puesta en conformidad de acuerdo con lo que especifica el RD 1215/97.
- Se recomienda que la pilotadora esté dotada de avisador luminoso de tipo rotatorio o flash.
- Ha de estar dotada de avisador acústico de marcha atrás.
- Cuando esta máquina circule únicamente por la obra, es necesario comprobar que la persona que la conduce tiene la autorización, dispone de la formación y de la información específicas de PRL que fija el RD 1215/97, de 18 de julio, artículo 5 y el Convenio Colectivo General del sector de la Construcción, artículo 156, y ha leído el manual de instrucciones correspondiente.
- Las operaciones de pilotaje han de estar dirigidas por un especialista.
- Revisar el cableado antes de iniciar los trabajos.
- Evitar el acceso a personas ajenas de la excavación en la zona de los pilotes.
- Antes de iniciar los trabajos, comprobar que todos los dispositivos de la pilotadora responden correctamente y están en perfecto estado: frenos, cadenas, etc.
- Para utilizar el teléfono móvil durante la conducción hay que disponer de un sistema de manos libres.
- Ajustar el asiento y los mandos a la posición adecuada.
- Asegurar la máxima visibilidad de la pilotadora mediante la limpieza de retrovisores, parabrisas y espejos.
- Verificar que la cabina esté limpia, sin restos de aceite, grasa o barro y sin objetos descontrolados en la zona de los mandos.
- El conductor tiene que limpiarse el calzado antes de utilizar la escalera de acceso a la cabina.
- Subir y bajar de la pilotadora únicamente por la escalera prevista por el fabricante.
- Para subir y bajar por la escalera, hay que utilizar las dos manos y hacerlo siempre de cara a la pilotadora.
- Comprobar que todos los rótulos de información de los riesgos estén en buen estado y situados en lugares visibles.
- Verificar la existencia de un extintor en la pilotadora.
- Mantener limpios los accesos, asideros y escaleras.
- Controlar la máquina únicamente desde el asiento del conductor.
- Prohibir la presencia de trabajadores o terceros en el radio de acción de la máquina.
- No se utilizará como medio para transportar personas, excepto que la máquina disponga de asientos previstos por el fabricante con este fin.
- No subir ni bajar de la máquina cuando esté en movimiento.
- Durante la conducción, utilizar siempre un sistema de retención (cabina, cinturón de seguridad o similar).
- En trabajos en zonas de servicios afectados, cuando no se disponga de una buena visibilidad de la ubicación del conducto o cable, será necesaria la colaboración de un señalista. Asimismo, hay que comprobar el funcionamiento de los frenos.

- Al reiniciar una actividad tras producirse lluvias importantes, hay que tener presente que las condiciones del terreno pueden haber cambiado.
- En operaciones en zonas próximas a cables eléctricos, es necesario comprobar la tensión de estos cables para poder identificar la distancia mínima de seguridad. Estas distancias de seguridad dependen de la tensión nominal de la instalación y serán de 3, 5 ó 7 m dependiendo de ésta.
- Si la visibilidad en el trabajo disminuye por circunstancias meteorológicas o similares por debajo de los límites de seguridad, hay que aparcarse la máquina en un lugar seguro y esperar.
- No está permitido bajar pendientes con el motor parado o en punto muerto.
- Cuando las operaciones comporten maniobras complejas o peligrosas, el maquinista tiene que disponer de un señalista experto que lo guíe.
- Mantener el contacto visual permanente con los equipos de obra que estén en movimiento y los trabajadores del puesto de trabajo.
- Con el fin de evitar choques (colisiones), deben definirse y señalizarse los recorridos de la obra.
- Evitar desplazamientos de la pilotadora en zonas a menos de 2 m del borde de coronación de taludes.
- Trabajar, siempre que sea posible, con viento posterior para que el polvo no impida la visibilidad del operario.
- No utilizar accesorios más grandes de lo que permite el fabricante.
- Los dientes del taladro se tienen que mantener en buen estado, sustituyéndolos por otros cuando estén deteriorados.
- Evitar desplazamientos de la pilotadora en zonas a menos de 2 m del borde de coronación de taludes.
- Durante la actividad de pilotaje, comunicarse por señales visuales para no tener que quitarse la protección auditiva.
- El carro perforador ha de ir dotado de un mecanismo perforador de vía húmeda.
- Los lodos y barro resultantes de la perforación se tienen que dejar secar y llevar a vertedero.
- Hay que inspeccionar y reparar las cadenas en mal estado o excesivamente desgastadas.
- Hay que apretar los pernos flojos y sustituir los que falten.
- Siempre que sea necesario, delimitar la zona de trabajo de la máquina durante los trabajos.
- En operaciones de mantenimiento, no utilizar ropa holgada, ni joyas, y utilizar los equipos de protección adecuados.
- En operaciones de mantenimiento, la máquina ha de estar estacionada en terreno llano, el freno de estacionamiento conectado, la palanca de transmisión en punto neutral, el motor parado, el interruptor de la batería en posición de desconexión y el taladro apoyado en el suelo.
- Efectuar las tareas de reparación de la pilotadora con el motor parado y la máquina estacionada.
- Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su resolución tienen que segregarse en contenedores.
- En operaciones de transporte, comprobar si la longitud, la tara y el sistema de bloqueo y sujeción son los adecuados. Asimismo, hay que asegurarse de que las rampas de acceso pueden soportar el peso de la pilotadora y, una vez situada, hay que retirar la llave del contacto.
- Estacionar la pilotadora en zonas adecuadas, de terreno llano y firme, sin riesgos de desplomes, desprendimientos o inundaciones (como mínimo a 2 m de los bordes de coronación). Hay que poner los frenos, sacar las llaves del contacto, cerrar el interruptor de la batería y cerrar la cabina y el compartimento del motor.
- Se prohíbe arrastrar las camisas de los pozos. La operación de encamisado se tiene que realizar elevando el tubo en posición vertical y guiándolo con cuerdas.
- Durante el tiempo existente entre el momento de abertura y el de relleno con acero y hormigón, se tiene que cubrir el agujero.
- La zona de pozos abiertos se tiene que dotar de señalización nocturna.
- Deben almacenarse las camisas de la pilotadora en posición horizontal. No pueden apilarse más de dos camisas y deben calzarse para evitar rodamientos.
- Durante el proceso de vertido de hormigón en el interior del pilote, debe protegerse el agujero de la excavación con una rejilla o una barandilla para evitar la caída al interior del pilote.

EPI:

- Casco (sólo fuera de la máquina).
- Protectores auditivos: tapones o auriculares (cuando sea necesario).
- Mascarilla (cuando sea necesaria).
- Gafas (sólo fuera de la máquina y en tareas de mantenimiento).
- Guantes contra agresiones mecánicas (en tareas de mantenimiento).
- Calzado de seguridad.
- Faja y cinturones antivibraciones.
- Arnés (cuando sea necesario).
- Ropa y accesorios de señalización (sólo fuera de la máquina).

9.3. Pantalladora

Equipo de trabajo destinado a la realización de la excavación de muros pantalla.

Riesgos:

- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de objetos por manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Golpes contra objetos inmóviles.
- Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Atrapamientos por vuelco de la máquina.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Explosiones.
- Incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos y vibraciones.

Medidas Preventivas

- Deben utilizarse pantalladoras que prioritariamente dispongan de marcado CE, declaración de conformidad y manual de instrucciones o que se hayan sometido a puesta en conformidad de acuerdo con lo que especifica el RD 1215/97.
- Se recomienda que la pantalladora esté dotada de avisador luminoso de tipo rotatorio o flash.
- Ha de estar dotada de señal acústica de marcha atrás.
- Cuando esta máquina circule únicamente por la obra, es necesario comprobar que la persona que la conduce tiene la autorización, dispone de la formación y de la información específicas de PRL que fija el RD 1215/97, de 18 de julio, artículo 5 y el Convenio Colectivo General del sector de la Construcción, artículo 156, y ha leído el manual de instrucciones correspondiente.
- Las operaciones de apantallamiento han de estar dirigidas por un especialista.
- Revisar el cableado antes de iniciar los trabajos.
- Antes de iniciar los trabajos, comprobar que todos los dispositivos de la pantalladora responden correctamente y están en perfecto estado: frenos, neumáticos, faros, etc.
- Para utilizar el teléfono móvil durante la conducción hay que disponer de un sistema de manos libres.
- Ajustar el asiento y los mandos a la posición adecuada.
- Asegurar la máxima visibilidad de la pantalladora limpiando los retrovisores, parabrisas y espejos.
- Verificar que la cabina esté limpia, sin restos de aceite, grasa o barro y sin objetos descontrolados en la zona de los mandos.
- El conductor tiene que limpiarse el calzado antes de utilizar la escalera de acceso a la cabina.
- Subir y bajar de la pantalladora únicamente por la escalera prevista por el fabricante.
- Para subir y bajar por la escalera, hay que utilizar las dos manos y hacerlo siempre de cara a la pantalladora.
- Comprobar que todos los rótulos de información de los riesgos estén en buen estado y situados en lugares visibles.
- Verificar la existencia de un extintor en la pantalladora.
- Mantener limpios los accesos, asideros y escaleras.
- Controlar la máquina únicamente desde el asiento del conductor.
- Prohibir la presencia de trabajadores o terceros en el radio de acción de la máquina.
- La pantalladora no se utilizará como medio para transportar personas, excepto que la máquina disponga de asientos previstos por el fabricante con este fin.
- No subir ni bajar con la pantalladora en movimiento.
- Durante la conducción, utilizar siempre un sistema de retención (cabina, cinturón de seguridad o similar).
- En trabajos en zonas de servicios afectados, cuando no se disponga de una buena visibilidad de la ubicación del conducto o cable, será necesaria la colaboración de un señalista.
- Al reiniciar una actividad tras producirse lluvias importantes, hay que tener presente que las condiciones del terreno pueden haber cambiado. Asimismo, hay que comprobar el funcionamiento de los frenos.

- En operaciones en zonas próximas a cables eléctricos, es necesario comprobar la tensión de estos cables para poder identificar la distancia mínima de seguridad. Estas distancias de seguridad dependen de la tensión nominal de la instalación y serán de 3, 5 o 7 m dependiendo de ésta.
- Si la visibilidad en el trabajo disminuye por circunstancias meteorológicas o similares por debajo de los límites de seguridad, hay que aparcar la máquina en un lugar seguro y esperar.
- No está permitido bajar pendientes con el motor parado o en punto muerto.
- Realizar las entradas o salidas del solar con precaución y, si fuese necesario, con el apoyo de un señalista.
- Cuando las operaciones comporten maniobras complejas o peligrosas, el maquinista tiene que disponer de un señalista experto que lo guíe.
- Mantener el contacto visual permanente con los equipos de obra que estén en movimiento y los trabajadores del puesto de trabajo.
- Con el fin de evitar choques (colisiones), deben definirse y señalizarse los recorridos de la obra.
- Evitar desplazamientos de la pantalladora en zonas a menos de 2 m del borde de coronación de taludes.
- En operaciones de carga de camiones, verificar que el conductor se encuentra fuera de la zona de trabajo de la máquina. Hay que evitar, asimismo, que la cuchara pase por encima de la cabina del vehículo que se está cargando. Durante esta operación, hay que asegurarse de que el material queda uniformemente distribuido en el camión, que la carga no es excesiva y que se deja sobre el camión con precaución.
- La tierra extraída de las excavaciones ha de acopiarse como mínimo a 2 m del borde de coronación del talud y siempre en función de las características del terreno.
- Hay que inspeccionar y reparar las cadenas en mal estado o excesivamente desgastadas.
- Hay que apretar los pernos flojos y sustituir los que falten.
- Tapar el acceso a la excavación durante el tiempo de espera para armar y hormigonar.
- En operaciones de mantenimiento, no utilizar ropa holgada, ni joyas, y utilizar los equipos de protección adecuados.
- En operaciones de mantenimiento, la máquina ha de estar estacionada en terreno llano, el freno de estacionamiento conectado, la palanca de transmisión en punto neutral, el motor parado y el interruptor de la batería en posición de desconexión.
- Efectuar las tareas de reparación de la pantalladora con el motor parado y la máquina estacionada.
- Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su resolución hay que segregarlos en contenedores.
- En operaciones de transporte, comprobar si la longitud, la tara y el sistema de bloqueo y sujeción son los adecuados. Asimismo, hay que asegurarse de que las rampas de acceso pueden soportar el peso de la pantalladora y, una vez situada, hay que retirar la llave del contacto.
- Estacionar la pantalladora en zonas adecuadas, de terreno llano y firme, sin riesgos de desplomes, desprendimientos o inundaciones (como mínimo a 2 m de los bordes de coronación). Hay que poner los frenos, sacar las llaves del contacto, cerrar el interruptor de la batería y cerrar la cabina y el compartimento del motor.

EPI:

- Casco (sólo fuera de la máquina).
- Protectores auditivos: tapones o auriculares (cuando sea necesario).
- Mascarilla (cuando sea necesaria).
- Guantes contra agresiones mecánicas.
- Calzado de seguridad.
- Arnés (para los operarios sometidos a riesgo de caída en la excavación del tajo en determinadas circunstancias).
- Faja y cinturones antivibraciones.
- Ropa y accesorios de señalización (sólo fuera de la máquina).

Documento Básico

PRL-CI

07 — Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.0_SECCIÓN COMÚN

07.1_SECCIÓN 1 Tratamientos de mejora del terreno

06.2_SECCIÓN 2 Cimentaciones directas

06.3_SECCIÓN 3 Cimentaciones profundas

06.4_SECCIÓN 4 Elementos de contención

DB PRL-CI

Prevención de Riesgos Laborales en cimentación y elementos de contención

07.1.—SECCIÓN ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

ÍNDICE | ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

1. Aspectos generales	4
2. Ámbito de aplicación.....	4
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico.....	4
4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados.....	5
5. Riesgos y factores de riesgo.....	5
5.1. Relacionados con la seguridad	5
6. Acciones o medidas preventivas sobre la ejecución de los trabajos.....	5
6.1. Muro de gaviones.....	5
6.1.1. Generalidades y proceso constructivo.....	5
6.1.2. Riesgos	9
6.1.3. Medidas preventivas	9
6.2. Muro de mampostería	10
6.2.1. Generalidades y proceso constructivo.....	10
6.2.2. Riesgos	11
6.2.3. Medidas preventivas	11
6.3. Muro de escollera	13
6.4. Pantalla dinámica	13
6.4.1. Generalidades	13
6.4.2. Riesgos	13
6.4.3. Medidas preventivas	14
6.5. Muros prefabricados	15
6.5.1. Generalidades y proceso constructivo.....	15
6.5.2. Riesgos	16
6.5.3. Medidas preventivas	16
6.6. Muro de tierra armada (prefabricado de escamas)	17
6.6.1. Generalidades y proceso constructivo.....	17
6.6.2. Riesgos	22
6.6.3. Medidas preventivas	23
7. Equipos de Protección Individual	27

1. Aspectos generales

Esta Sección tiene por objeto determinar unas reglas y procedimientos que faciliten el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad y salud establecidas en la normativa vigente de carácter tanto reglamentario, como técnico, aplicables a los trabajos de ejecución de elementos de contención, entendiendo como tales las estructuras cuyo fin es contener los empujes de tierras.

2. Ámbito de aplicación.

Las especificaciones dispuestas en esta Sección no deben tratarse aisladamente, sino de forma complementaria a aquellas especificaciones ya contempladas en la parte general de este Documento Básico (DB-PRL CI), y que sean de aplicación a esta subactividad.

Esta Sección se refiere únicamente a la ejecución de Elementos de Contención en obra civil.

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Además de considerar las referencias normativas indicadas en el apartado III de este Documento Básico (DB-PRL-CI), también se deben tener en cuenta, de forma complementaria, aquellas referencias normativas que son de aplicación específica a esta Sección PRL-CI3 y que se detallan a continuación:

Concepto de aplicación	de	Referencia
SOBRE ACTIVIDAD	LA	Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. ANEXO IV. PARTE A: DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS LUGARES DE TRABAJO EN LAS OBRAS.
SOBRE MÁQUINAS Y OTROS EQUIPOS DE TRABAJO	LAS	Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. ANEXO II. PARTE A: DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS VI Convenio General del Sector de la Construcción. LIBRO II. ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. TÍTULO IV. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. CAPÍTULO I. Condiciones generales. CAPÍTULO III. Protecciones colectivas, escalas fijas o de servicio, escaleras de mano y otros equipos para trabajos temporales en altura.
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:		• Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). • Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. Dirección General de carreteras. • Tipología de muros de carretera. Dirección General de carreteras. • UNE36730 "Gaviones y Gaviones Recubrimiento de enrejados de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado y recubrimiento de PVC". • UNE-EN 10223-3 "Malla hexagonal de acero para aplicaciones industriales". • El alambre es galvanizado con Zn95% Al 5%, según la norma UNE-EN-10244.

4. Máquinas, otros equipos de trabajo y productos más utilizados

Máquinas y equipos principales	Medios auxiliares	Productos
Grúa autopropulsada Camión autocargante Sierra circular (corte de madera) Camión hormigonera. Cortadora y dobladora de ferralla. Retroexcavadora. Dúmpster. Plataforma elevadora.	Sistemas de encofrado. Eslingas y aparejos de elevación de cargas. Puntales. Vibrador. Escaleras de mano. Herramientas para atado de ferralla. Palancas. Herramientas manuales (cizallas, cortafíos, palas, etc.).	Hormigón, morteros. Desencofrantes. Madera. Geotextiles. Materiales pétreos. Ferralla.

5. Riesgos y factores de riesgo

De forma específica, y como complemento a los ya dispuestos en la parte general de este DB-PRL-CI, han de considerarse los siguientes riesgos:

5.1. Relacionados con la seguridad

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Sepultamientos y/o aplastamientos.	a. Desprendimiento de taludes de vaciado. b. Deslizamiento del terreno por acopio cercano a desniveles, durante relleno y compactación del trasdós de muro, etc. c. Desplome o vuelco del conjunto del elemento de contención o sus partes.
Caídas a distinto nivel.	a. Desde el muro de contención sin elementos de anclaje seguro. b. Durante trabajos en plataforma elevadora, andamio, escaleras. c. Desde el trasdós de muro, antes de su relleno.
Caídas de elementos en suspensión.	a. Durante carga, descarga y colocación de elementos prefabricados u otros.

6. Acciones o medidas preventivas sobre la ejecución de los trabajos

Únicamente se relacionan aquí las medidas específicas de las actividades objeto de esta Sección, figurando las medidas generales y comunes en el DB-PRL-CI. Cimentación.

Las medidas previas y organizativas son comunes a todas las actividades de este DB, por lo que pueden consultarse en el mismo.

6.1. Muro de gaviones

6.1.1. Generalidades y proceso constructivo

Un gavión es una caja de forma prismática rectangular de enrejado metálico de malla hexagonales de Triple Torsión, confeccionada normalmente con alambre galvanizado (en función de las necesidades constructivas puede estar recubierto de PVC), para ser llenadas con piedra u otros materiales mampuestos de forma homogénea, tensadas y unidas entre sí con alambre para así trabajar de forma monolítica como estructura de contenido y/o protección.

La característica básica del enrejado de malla hexagonal de triple torsión es facilitar la absorción de los esfuerzos que soportan estas estructuras de gravedad.

Aplicaciones:

- Medio hidráulico: albardas, diques de corrección, defensas fluviales, defensas de márgenes y encauzamientos fluviales entre otros.



Imagen 1. Gavión fluvial

- Gavión como muro de contención: carreteras, autopistas, vías férreas convencionales y de alta velocidad, etc.



Imagen 2. Gavión en carretera

La construcción de los gaviones es rápida ya que únicamente requiere la utilización de medios mecánicos para su ensamblaje, y no necesitan cimentación previa, sino únicamente una base sólida.

Se utilizan como muro de contención, murete de separación, defensa de márgenes, y trabajos de mejora paisajística.

Este tipo de mallas no son válidas para jaulas de gavión de más de 1,5m de altura.

En cuanto a los materiales de relleno, por lo general se suele utilizar roca caliza, granito, cuarcita o productos procedentes de demoliciones como ladrillo u hormigón. No es conveniente mezclar distintos tipos de materiales en el relleno, ya que de esta manera se puede romper la uniformidad de las propiedades resistentes del muro. Estos materiales deben tener un alto peso específico, y el tamaño de los bloques debe ser del orden de 1,5 veces mayor que la abertura de malla. No son recomendables las rocas foliadas o frágiles.

Los muros de gaviones están formados por la superposición de cajas de forma prismática, fabricadas generalmente de enrejado de alambre galvanizado, rellenas de rocas de pequeño tamaño.

Los muros de gaviones suelen ser de una altura no superior a 6 metros.

Los elementos fundamentales utilizados en la construcción de gaviones son las jaulas o mallas metálicas que se transportan hasta la zona de obra plegadas en paquetes, desdoblándose, sobre una base plana, en el lugar donde van a ser colocadas. Después se ensambla la jaula mediante alambres de acero galvanizado, dejando la tapa abierta, y se procede a unir varios módulos, cosiendo unas jaulas a otras mediante alambres de acero galvanizado reforzado de 2,40 mm de diámetro.

También es frecuente el uso de jaulas de diafragma, lo que aumenta la resistencia de las mismas.

En la estructura metálica es necesario colocar un encofrado con bastidores metálicos o de madera que mantengan la tensión en los paramentos y, posteriormente, colocar en el interior de las jaulas unos tirantes de alambre galvanizado, que eviten los procesos de abultamiento o deformación que se pueden generar durante el relleno. Estos tirantes se pueden situar orientados de forma diagonal o paralela a las caras de la estructura.

El relleno de los gaviones se puede realizar manualmente o con máquinas, generalmente retroexcavadoras.

El último paso consiste en el cierre de la jaula mediante alambre galvanizado.

Las jaulas se pueden recibir ya premontadas e incluso ya rellenas desde cantera pero, a efectos de esta Sección, se ha preferido considerar su propio montaje en obra.

Pasos de montaje:

- Desplegar la malla, abatiéndola en el suelo. Posteriormente levantar las paredes y las dos cabezas hasta que coincidan sus aristas contiguas, formándose de esta forma la caja con la tapa abierta, a continuación coser las aristas con alambre galvanizado reforzado.



Imagen 3. Armado de la malla del gavión

- Situar el gavión, una vez armado, en el lugar de la obra que indica el proyecto. Atarlo a los gaviones contiguos mediante alambre galvanizado reforzado y torsiones entre mallas.



Imagen 4. Atado de gaviones

- **Relleno de gavión.**

Previamente es necesario colocar un encofrado en forma de bastidor metálico o de madera, sostenido por puntales, para mantener el enrejado en los parámetros proyectados.

Una vez colocado en su emplazamiento, el gavión se rellena con canto rodado o piedra de cantera. Se pueden utilizar medios mecánicos como retroexcavadoras, excavadoras o cintas transportadoras. Colocar tirantes transversales de alambre galvanizado reforzado cada 25-30 cm aproximadamente.

En esta actividad se genera mucho polvo, lo que requiere el regado del área.



Imagen 5. Relleno de gavión

- **Cerrado del gavión.**

Cerrar el gavión cosiéndolo con alambre galvanizado reforzado. Mediante el empleo de una palanca con el extremo curvado, se ayudará a la coincidencia entre las diferentes aristas de la tapa con los bordes superiores de las caras del gavión.



Imagen 6. Cerrado del gavión.

6.1.2. Riesgos

Durante el montaje de la malla gavión existen operaciones con largos periodos de trabajo, generando así:

- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos, posturas forzadas.
- Golpes y cortes con objetos y herramientas: alambres, cizallas, flejes.

Hoy en día se utilizan máquinas gavioneras, por lo que las mallas se reciben elaboradas ya en obra.



Imagen 7. Gavionera.

Riesgos durante la ejecución del muro de gaviones:

- Caída de mallas durante descarga del camión o durante su transporte a la zona de ejecución.
- Caída de material pétreo sobre los trabajadores.
- Deslizamiento del terreno y sepultamiento.
- Polvo, durante descarga del material pétreo en el gavión y material de relleno entre pared de talud e hilera de gaviones.
- Caída a distinto nivel, durante cosido, llenado de filas de gaviones en altura, relleno de trasdós.
- Proyección de partículas.
- Golpes y cortes con objetos y herramientas: alambre de cosido, tenazas, cortafíos, etc.
- Caída de gaviones llenos o vacíos durante su transporte o colocación.
- Atropellos y golpes con vehículos.

6.1.3. Medidas preventivas

- Señalización y balizamiento de la zona de trabajo. Corte o desvío de carriles en caso necesario.
- Construcción de una superficie nivelada para la ejecución y colocación de los gaviones.
- Recubrimiento de la pared del terreno o talud con geotextil u otro medio adecuado.
- Minimizar las operaciones manuales que conllevan posturas forzadas continuadas o movimientos repetitivos durante el armado de los gaviones.
- Durante el llenado de los gaviones con material pétreo, usar preferiblemente medios mecánicos, o llenar en cantera y transportar rellenas a obra.
- Durante el llenado con medios mecánicos no debe haber trabajadores situados dentro del gavión.
- Durante el llenado manual, el trabajador recibe el material pétreo para situarlo.
- Regado de la zona.
- No se podrá ejecutar otra hilera de gaviones hasta el relleno y compactado del espacio entre talud y muro de gaviones en ejecución.
- El cosido en altura se realizará desde plataforma elevadora o desde la parte compactada, con elementos de anclaje en caso de alturas superiores a 2 m.
- Utilizar grúa móvil y elementos de elevación adecuados a las cargas a transportar.
- Balizamiento y acotación de la zona afectada por la elevación de gaviones, llenos o vacíos.
- Balizamiento de los acopios de material pétreo.

6.2. Muro de mampostería

6.2.1. Generalidades y proceso constructivo

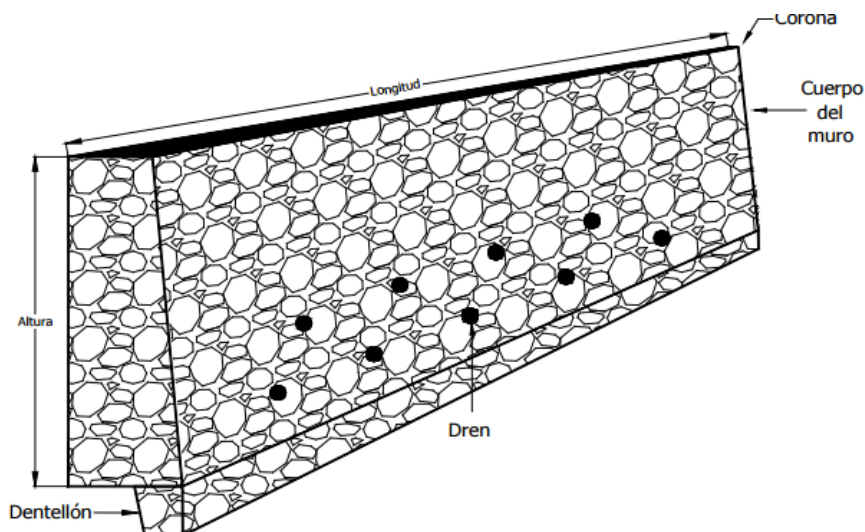


Imagen 8. Muro de mampostería

Los muros de contención de mampostería son muy comunes por ser económicos y fáciles de construir.

La mampostería pueden ser piezas de piedra labrada o ladrillos u otros.

Este tipo de muros sencillos no deben sobrepasar los 3 m de altura.

Fases de construcción de un muro de contención de mampostería:

- Replanteo del muro.
- Los trabajos se inician con el acopio de material pétreo para formación de muro en las inmediaciones de la zona de trabajo.
- Construcción de base o losa de nivelación.
- La base sobre la que se construirá el muro de mampostería debe ser una losa de hormigón nivelada y horizontal, que proporcione estabilidad a las primeras hiladas.
- Aplomado de miras.
- Colocación de hilos entre miras.
- Limpiar y humedecer la base para recibir el mortero de la primera hilada.
- Colocar los mampuestos sobre la capa de mortero inferior, golpear ligeramente con la maza para asegurar su posición.
- La colocación de las hiladas de muro se realiza mediante el empleo de camión grúa/tractor dotado de aparejo específico para manejo de elemento pétreo (mampuestos, escollera, etc.).
- Cada que se termine una hilada debe limpiarse la superficie superior y así garantizar una excelente adherencia de la nueva hilada.
- Los mampuestos deben instalarse con trabazón corrida.
- Instalación correcta del material de drenaje según el diseño, es vital para el futuro comportamiento del muro de contención de mampostería.
- Refinar y rejuntar las juntas.
- Una vez finalizada la colocación de la mampostería se procede al relleno del trasdós del elemento con material de excavación. Los trabajos de relleno del trasdós serán realizados mediante el empleo de una retroexcavadora situada en el pie del muro o desde la parte superior.
- Limpiar el paramento visible.
- Si el terreno presenta pendiente, el muro puede construirse escalonado, haciendo tramos de losas base a diferente nivel.



Imagen 9. Muro de mampostería.

La maquinaria a emplear podrá ser:

- Retroexcavadoras.
- Camiones y dúmperes.
- Camión grúa / Tractor con aparejo para movimiento de mampuestos.
- Plataforma elevadora.
- Herramientas manuales.

6.2.2. Riesgos

- Desprendimientos de terreno, de acopios.
- Caída de personas a distinto nivel, ej. desde hileras de piedras a más de 2 m de altura, racheado de huecos, etc.
- Caída de objetos, elementos de escollera, de material pétreo durante su colocación.
- Vuelco de todo el conjunto del muro o parte del mismo.
- Atrapamientos por partes móviles de las máquinas
- Ruido y vibraciones.
- Caídas de personal al mismo nivel.
- Golpes y cortes.
- Ambiente pulvígeno.
- Proyecciones.
- Atropellos.
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria.

6.2.3. Medidas preventivas

- Se comprobará visualmente el correcto estado de los taludes previamente al inicio de los trabajos y tras las paradas en días de descanso.
- Balizar el borde del acopio de mampuestos hasta su utilización y durante los períodos de inactividad de la obra. Dicho acopio se repartirá de manera uniforme, sobre terreno regular, sin desniveles en su proximidad y sin presentar excesiva altura.
- Prohibición de permanencia del personal en el radio de acción de máquinas y cargas en movimiento.
- Distribución correcta de las cargas en los medios de transporte.
- En las operaciones de carga el conductor del camión se encontrará en la cabina del vehículo.
- Se colocará la señalización de seguridad adecuada para advertir riesgos y recordar obligaciones y prohibiciones. De igual forma, se delimitarán las zonas de trabajo, acopio y circulación con cinta de balizamiento o malla plástica.
- En las operaciones de carga el conductor del camión se encontrará en la cabina del vehículo, en caso de ser reforzada, nunca sobre la misma dirigiendo las operaciones.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria desde el punto de vista mecánico.
- El útil empleado para el movimiento de los elementos de muro estará homologado.
- No se podrá emplear maquinaria agrícola sin cabina de seguridad para el manejo de elementos de mampostería.
- La maquinaria de movimiento de tierras será manejada por personal autorizado con experiencia, haciendo uso de la señalización luminosa en condiciones de baja visibilidad o cuando la máquina se encuentre en movimiento y avisando del inicio de los trabajos mediante la señalización acústica. Las máquinas de movimiento de tierras irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.
- La grúa de movimiento de mampuestos desplegará los gatos estabilizadores sobre suelo compactado.
- Todas las máquinas que hayan de intervenir estarán dotadas de cabina contra los daños por impacto o vuelco.

- Se prohíbe que los conductores abandonen las máquinas, si el motor no está parado, la cuchara apoyada en el suelo y retiradas las llaves de contacto.
- Las maniobras de avance, descarga y colocación de piedra, se ejecutarán a marcha muy lenta.
- Se procurará realizar con medios mecánicos toda aquella operación de manejo de cargas, elevación o transporte que por sus características (peso, volumen, forma, etc.) ofrezca mayores riesgos en caso de ser realizada de forma manual.
- Se evitará el manejo de materiales pesados sin la herramienta o útiles destinados a tal fin.
- Se evitará la presencia de personas y máquinas móviles en el mismo tajo (con la excepción de los trabajadores que dirijan las labores de colocación de muro, que estarán situados en puntos donde las máquinas no puedan alcanzarlos y puedan ser vistos por el maquinista).
- No se situará ningún trabajador en la cota inferior de colocación del muro.
- En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas, y se señalizarán, especialmente las excavaciones realizadas los últimos días.
- Donde resulte necesario se dispondrán topes de descarga de tierra en los bordes de excavaciones y bordes de pistas con desnivel.
- Balizamiento de los bordes de desniveles, correctamente retranqueados del borde.
- Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo.
- Los trabajos en cotas inferiores cercanas a escolleras estarán suspendidos durante las labores de colocación.
- Es necesario definir un correcto procedimiento de ejecución en cuanto a la forma de colocación de mampuestos así como las hileras máximas a colocar entre tongadas de relleno, con objeto de evitar el riesgo de vuelco o desplome del conjunto.
- Se comprobará expresamente el apoyo firme y seguro, de la maquinaria que realice la descarga y colocación de los bloques, sobre la banqueta de ataque.
- Para la colocación de piedras de muro se dispondrá de un operario que guíe la maniobra. Dicho operario nunca permanecerá bajo la carga suspendida.
- Para la colocación de los mampuestos será necesaria la presencia de un operario en la zona de trabajo para el guiado de la piedra a su posición. Dicho operario se situará en la parte superior de la última hilera del mampuesto colocado, nunca en la vertical de la piedra ni en la parte inferior del muro.
- En las operaciones de colocación de piedra que se realicen con riesgo de caída en altura superior a 2 m para el operario será necesario utilizar arnés anticaídas anclado a un punto fijo o a una línea de vida correctamente instalada entre dos puntos fijos en la cabeza del talud.
- Las operaciones de racheado de muro a distinto nivel se realizarán desde una plataforma de trabajo móvil tipo tijera o bien, se podrán realizar desde plataformas de trabajo tipo andamio modular dotados de doble barandilla, rodapié y anchura superior a 60 cm.
- El operario nunca accederá al trasdós del muro si no se ha procedido al relleno.
- Prohibición de pasar los elementos de mampostería por encima del personal.
- Se prohíbe la permanencia de personas en una distancia de seguridad suficiente en torno a las máquinas que realicen las labores de descarga y colocación del muro.
- Los bloques de piedra se colocarán desde la banqueta de apoyo por hiladas continuas completas de una zona hacia arriba. De la forma más ordenada posible para evitar los momentos de riesgo que implica la corrección de las piezas colocadas de forma incorrecta.
- Las correcciones de piezas incorrectas que requieran para su enganche la acción de un trabajador, serán realizadas protegidas con un arnés de seguridad sujeto a un punto de sujeción previamente instalado.
- Se dispondrán “puntos seguros” para anclar el arnés de seguridad, en aquellos casos en que trabajadores tengan que desempeñar su trabajo con riesgo de caída a distinto nivel superior a 2 m.
- Los trabajos de colocación de muro estarán dirigidos por un trabajador especializado para evitar los riesgos de colisión o de caída de piezas, en especial en los movimientos de coordinación o de cruce con camiones volquete o “dumper”.

EPI:

- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Casco de protección.
- Chaleco reflectante.
- Gafas anti proyecciones, en caso de ser necesario.
- Arnés anti caídas, en caso de ser necesario.
- Ropa y botas de seguridad impermeables, en caso de ser necesario.

Protecciones Colectivas:

- Balizamiento y vallado de la zona de trabajo, en caso de ser necesario.

6.3. Muro de escollera

Los muros de escollera son muros formados por grandes bloques de roca obtenidos mediante voladura o escollera de peso superior a 250 kg de forma más o menos prismática.

Comparte riesgos y medidas preventivas con el anterior.



Imagen 10. Muro de sostenimiento de escollera colocada. Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. Dirección General de Carreteras.

6.4. Pantalla dinámica

Imagen 11. Pantalla dinámica

6.4.1. Generalidades

Es un sistema pasivo de protección contra la caída de rocas, compuesto por una estructura que se sitúa en las trayectorias de los desprendimientos, deteniéndolos y acumulándolos sin producirse el fallo del sistema. Protege cualquier zona de las caídas de rocas procedentes de laderas y puede servir para retención de coladas de barro y flujo de detritus.

Es una estructura de protección de taludes, formada esencialmente por perfiles de acero, paneles de red de cable de acero y cables de acero.

Está compuesto por una estructura de apoyo; estructura de cerramiento; estructura de unión y estructura de fundación.

6.4.2. Riesgos

- Atrapamientos por partes móviles de las máquinas.
- Atrapamiento por derrumbe de la estructura.
- Ruido y vibraciones.
- Incendios y explosiones.

- Contactos eléctricos
- Caídas de personal a distinto nivel.
- Caídas de personal al mismo nivel.
- Exposición a agentes químicos.
- Caída de objetos y materiales
- Golpes y cortes con objetos y herramientas.
- Pisadas sobre objetos.
- Ambiente pulvígeno
- Proyecciones.
- Sobreesfuerzos
- Atropellos.
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria.

6.4.3. Medidas preventivas

- En ocasiones se requiere la realización de trabajos verticales, por lo que se recomienda consultar los proyectos de la FLC “Guía práctica para la elección de equipos de protección individual y sistemas de anclaje para el trabajo en altura en construcción” y “Procedimientos de trabajo en técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas. Trabajos verticales”, en www.lineaprevencion.com
- El transporte y acopio del material en obra se realizará mediante camión grúa o grúa.
- Durante la descarga se repartirán los perfiles en las inmediaciones de su lugar definitivo perfectamente horizontales y alejados en la medida de lo posible de las zonas de caída en altura.
- La manipulación de los perfiles se realizará utilizando medios adecuados a tal fin.
- En las zonas de fuerte pendiente se empleará un cabestrante instalado en el anclaje (viento) posterior de la placa de cimentación.
- Se realizará con medios mecánicos (tráctel) toda aquella operación de manejo de cargas, elevación o transporte que por sus características (peso, volumen, forma, etc.) ofrezca mayores riesgos en caso de ser realizada de forma manual.
- Prohibición de permanencia del personal en el radio de acción de máquinas en movimiento.
- En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas, y se señalizarán las zonas de circulación.
- En todas las operaciones con riesgo de caída de alturas, sin protecciones colectivas, se utilizará arnés de seguridad el cual estará enganchado a un punto fijo o línea de vida.
- Se evitará la permanencia de personas bajo cargas suspendidas.
- Se inspeccionará y vigilará el estado del terreno de forma permanente.
- Las ayudas al personal que se encuentre trabajando en el talud se realizarán siempre desde su parte superior.
- La subida y bajada a los tajos se realizará por lugares seguros.
- No se permitirán trabajos simultáneos en la misma vertical.
- En las operaciones de colocación y anclaje de los componentes de la pantalla no se situarán operarios en la parte inferior del conjunto ni a distinto nivel de la misma.
- En caso de existir desprendimientos en el talud, se suspenderán los trabajos, se balizará un perímetro de seguridad en la base del talud y se prohibirá el acceso a la zona de maquinaria y personal.
- Las operaciones de tensado de cables se realizarán bajo las condiciones de fuerza mecánica indicadas por el fabricante.

EPI:

- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Casco de protección.
- Chaleco reflectante.
- Ropa y botas de seguridad impermeables, en caso de ser necesario.
- Protección acústica, en caso necesario.
- Gafas anti proyecciones, en caso necesario.
- Arnés anti caídas.

Protecciones Colectivas:

- Balizamiento de la zona de trabajo, en caso de ser necesario.

6.5. Muros prefabricados**6.5.1. Generalidades y proceso constructivo**

Este apartado comprende los trabajos de carga, descarga y colocación en obra de muros prefabricados.

Maquinaria a utilizar:

- Grúa autopropulsada.
- Plataformas elevadoras.
- Herramientas manuales y eléctricas.
- Medios auxiliares.

El proceso constructivo considerado es el siguiente:

- Descarga y acopio de los elementos de hormigón armado prefabricado en obra.
- Ejecución de excavación, acondicionamiento de taludes y explanación del terreno base de apoyo de la estructura prefabricada.
- Colocación de ferralla, encofrado y hormigonado de la solera de apoyo de los elementos.
- Colocación de los elementos prefabricados sobre la losa de apoyo. Calzado y Nivelación. Una vez colocada la pieza (en horizontal) transversalmente sobre la losa inferior, se hará descender el prefabricado hasta que se anule la tensión en los elementos de izado. A continuación se sueltan las eslingas de los enganches inferiores de los contrafuertes. Se comprobará que las eslingas fijadas en los enganches superiores tienen suficiente resistencia mecánica para el izado de la pieza. Se procederá al levantamiento de la pieza hasta alcanzar la verticalidad, nivelado y su correcto acomodo en la zapata.
- Arriostramiento o apuntalamiento de la parte frontal y posterior de las piezas. Previamente a la liberación de la pieza y todavía con la grúa aplicando tensión, se procederá al arriostramiento de la pieza por ambas caras mediante puntales o similar en número suficiente. Asimismo se utilizarán sargentos con durmientes de madera para fijar el canto superior de la pieza colocada al prefabricado precedente.
- Hormigonado del conjunto formado por la losa inferior y base del muro prefabricado.
- Relleno y compactación del intradós de los muros.



Imagen 12. Muro de contención prefabricado

6.5.2. Riesgos

- Atrapamientos por partes móviles de las máquinas.
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria.
- Atrapamiento por derrumbe de la estructura.
- Ruido y vibraciones.
- Incendios y explosiones.
- Contactos eléctricos.
- Caídas de personas al mismo y distinto nivel.
- Caída de objetos y materiales.
- Pisada sobre objetos.
- Golpes y cortes.
- Ambiente pulvígeno.
- Proyecciones.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos térmicos
- Atropellos.



Imagen 13. Colocación de muro de homigón armado prefabricado modular

6.5.3. Medidas preventivas

- El proceso comienza con la descarga de las piezas en obra. Las piezas han de acopiarse en un lugar apartado de la circulación, con fácil acceso para maquinaria, sin presencia de tendidos aéreos y con pendiente nula si el posible. El izado de los elementos se realizará utilizando los anclajes de las piezas. Las piezas se guiarán mediante cabos hasta su lugar de acopio para evitar que haya personal bajo la carga suspendida.
- La colocación de las piezas comienza con el traslado desde el acopio hasta su ubicación definitiva. Este desplazamiento se realizará con grúa móvil. Se utilizarán los anclajes de las piezas para el izado en horizontal de las piezas mediante eslingas homologadas de suficiente resistencia mecánica. El desplazamiento se realizará a baja velocidad y con la pieza lo más pegada al suelo que sea posible.
- Prohibición de permanencia del personal en el radio de acción de máquinas y cargas en movimiento.
- En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas, y se señalizarán las zonas de circulación.
- Se acotarán las áreas de trabajo siempre que se prevea circulación de personas o vehículos en las inmediaciones.
- Para trabajos nocturnos se dispondrá de una iluminación con focos fijos o móviles que en todo momento proporcione visibilidad suficiente en la totalidad de zonas de trabajo y circulación.
- Se resolverán las posibles interferencias con conducciones aéreas o subterráneas de servicios.
- En todas las operaciones con riesgo de caída de alturas, sin protecciones colectivas, se utilizará arnés de seguridad el cual estará enganchado a un punto fijo o línea de vida.
- Siempre que el izado, traslado y recepción de materiales, por el tamaño y forma de estos, pueda ocasionar choques contra la estructura, otros elementos o trabajadores, se utilizarán cuerdas o cables de retenida o de guía de cargas.
- Los trabajos de manipulación mecánica de cargas pesadas serán suspendidos en condiciones meteorológicas desfavorables.
- Se revisarán los elementos auxiliares de izado previamente a su uso, se utilizarán elementos adecuados según capacidad.

- Se realizará con medios mecánicos toda aquella operación de manejo de cargas, elevación o transporte que por sus características (peso, volumen, forma, etc.) ofrezca mayores riesgos en caso de ser realizada de forma manual.
- Se conocerá en todo momento el peso de la pieza a izar y utilizarán medios con suficiente dimensionado para dicha carga.
- Durante las operaciones de transporte e izado de elementos prefabricados se acotará mediante balizamiento el recorrido que efectúe la carga izada con la grúa autopropulsada, con la finalidad de impedir que el personal se sitúe o pase accidentalmente bajo las cargas suspendidas.
- La base de asiento de las grúas estará nivelada y acondicionada.
- Las grúas trabajarán con los gatos de equilibrio desplegados y apoyados sobre durmientes de madera.
- Las barras pasantes o grilletes de enganche de las piezas prefabricadas han de disponer de un sistema adecuado de seguridad para evitar su liberación accidental.
- Se procederá al arriostramiento o apuntalado de las piezas por su parte frontal y posterior una vez se hayan posicionado, en función de lo establecido por el fabricante.
- Una vez posicionado el elemento, se debe unir con el precedente por medio de sargentos con durmientes de madera, en función de lo establecido por el fabricante.
- Se evitará el manejo de materiales pesados sin la herramienta o útiles destinados a tal fin.
- Para liberar los elementos de izado superiores de las piezas se utilizará una escalera tipo tijera (para no apoyarla sobre la pieza) o una plataforma elevadora de trabajo. Los prefabricados estarán ya colocados y arriostrados convenientemente.
- En los trabajos que se realicen sobre las zonas con riesgo de caída en altura en los que no se pueda colocar una protección colectiva será obligatorio emplear arnés de seguridad anclado a la línea de vida existente durante la operación de colocación de la pieza.
- Se señalará el peligro de caída en altura, peligro de cargas suspendidas y obligación de uso de EPI en la zona de trabajo.
- El acceso a las zonas de enganche y desenganche se realizará desde escalera de mano correctamente colocada sobresaliendo 1 m en coronación o bien mediante plataforma elevadora en caso de trabajos en alturas.
- Los elementos de izado serán los adecuados según la pieza (cadenas, eslingas,...).
- La colocación de elementos prefabricados en posición vertical será realizada según las instrucciones de cálculo del fabricante, en cuanto a la colocación de apuntalamientos, hormigonado de la base, etc.
- Hasta la consolidación definitiva de las piezas verticales prefabricadas, se mantendrán los apuntalamientos, en caso necesario. Se acotará la zona para evitar circulación de maquinaria pesada y cargas en suspensión, en la medida de lo posible para evitar golpes contra dichas piezas.

EPI:

- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Casco de protección.
- Chaleco reflectante.
- Ropa y botas de seguridad impermeables, en caso de ser necesario.
- Gafas anti proyecciones, en caso necesario.
- Arnés anti caídas, en caso necesario.

6.6. Muro de tierra armada (prefabricado de escamas)

6.6.1. Generalidades y proceso constructivo

Los muros de tierra armada de hormigón son muros de tierra reforzada cuyo paramento exterior está formado por escamas prefabricadas de hormigón, que encajonadas unas con otras forman una superficie vertical y continua, que va unida a las armaduras de refuerzo.

Los componentes principales del muro son:

- Paramento o escamas: El paramento exterior consiste en un conjunto de grandes escamas de hormigón encajadas entre sí, de diferentes acabados y con dimensiones aproximadas al metro cuadrado.
- Armaduras: son unas bandas de acero galvanizado con sección y longitud variable según se determine en cada situación. Estas pueden ser lisas o con pequeños resaltes. Van unidas al paramento mediante la utilización de tornillos. El tipo de armadura utilizada en cada caso está condicionada por la ubicación y carácter del muro.
- Relleno con tierra adecuada, según se indique en proyecto.

- Juntas. Las juntas verticales y horizontales son de espuma de poliuretano y su función es la de permitir el paso del agua, impidiendo el de los finos de material de relleno. Su sección es de 44 cm. y la longitud aproximada de cada tira es de 2 metros. En los casos en que la estructura de tierra armada pueda permanecer inundada temporal o permanentemente se emplearán juntas verticales y horizontales tipo “textil no tejido” pegadas a las escamas. En las juntas horizontales entre escamas se dispondrán tiras o dos o más tacos de neopreno, en función de la altura del paramento.

El procedimiento de trabajo contempla las siguientes fases:

1. Preparación del terreno: Preparación de la caja necesaria para colocar las armaduras, que forman parte del muro de escamas, en toda su longitud.

2. Ejecución de solera de reglaje: La solera de reglaje tiene como misión exclusiva obtener una superficie nivelada y lisa que facilite el apoyo y montaje de la primera fila de escamas. No se considera una cimentación. Sobre la solera se replantea la línea exterior del paramento, pintándose la alineación sobre la superficie de la solera.

3. Colocación de la primera fila de escamas. El orden de operación es el siguiente:

- Colocación de escama 1.
- Colocación de escama 2.
- Comprobación con la regla de gálibo.
- Verificación de la horizontalidad con la regla metálica.
- Aplomado de las escamas
- Apuntalamiento.

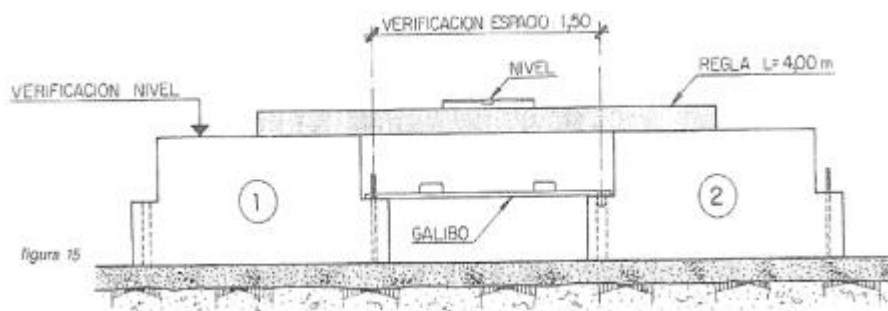


Imagen 14. Comprobación con la regla de gálibo

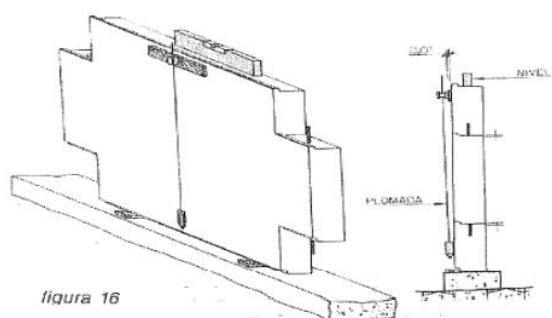


Imagen 15. Aplomado de las escamas



Imagen 16. Apuntalamiento

Seguidamente se continúa el montaje en el siguiente orden:

- Colocación de la escama entera 3.

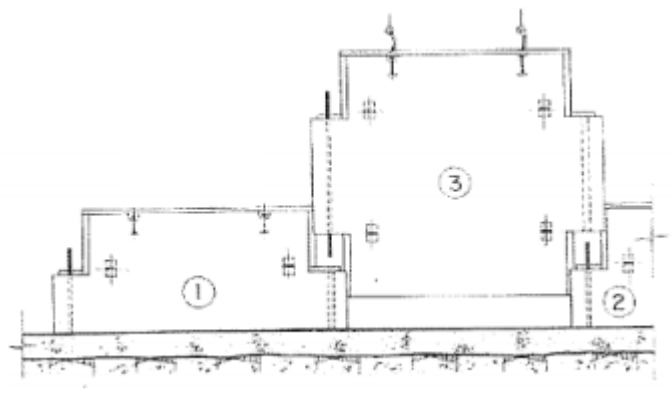


Imagen 17. Colocación de la escama entera 3.

- Horizontalidad y aplomado de la escama 3 e inmediato apuntalamiento.
- Verificación de las juntas horizontales.
- Colocación de la escama media 4 con los criterios expuestos en el anterior orden.
- Colocación de la escama 5.

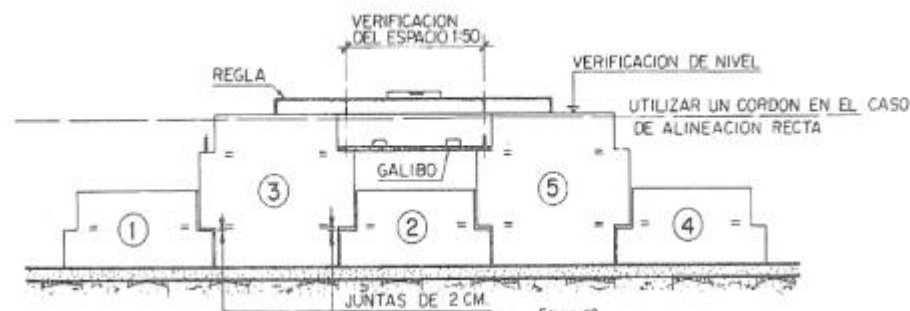


Imagen 18. Colocación escama 5

- Verificación de gálibo entre las escamas 3 y 5.
- Horizontalidad y aplome de la escama 5.
- Verificación de las juntas horizontales.
- Verificación con regla y nivel de la horizontalidad de las escamas 3 y 5.
- Apuntalamiento de la escama 5.

- Colocación por es trasdós de las juntas verticales y horizontales de poliuretano.
- Colocación de gatos en la escama.

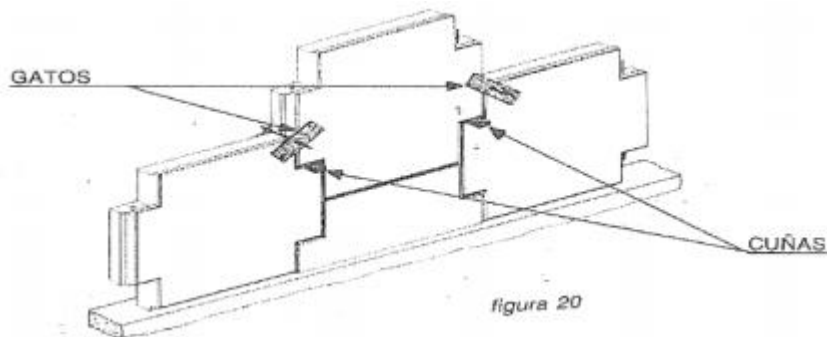


Imagen 19. Colocación de gatos en escama

- Repetición de las operaciones con las escamas sucesivas hasta completar la primera fila de ellas.
- Comprobación de que la alineación es correcta.

4. Terraplenado y colocación de armaduras.

Una vez colocadas y apuntaladas las escamas de la primera fila y rigidizadas con los gatos necesarios, se procederá al terraplenado y compactado, de acuerdo con los niveles que se indican en la siguiente figura.

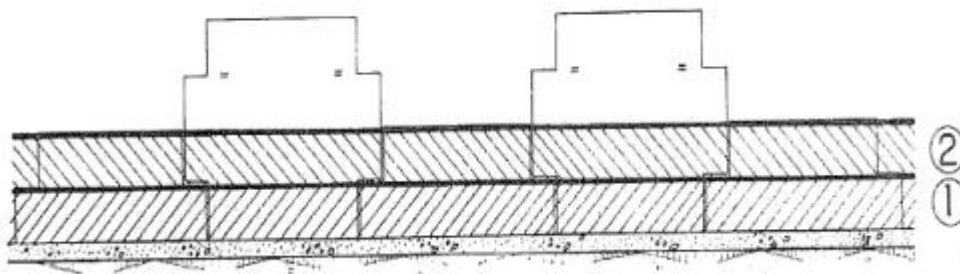


Imagen 20. Terraplenado

- Una vez terraplenado en nivel 1 se procederá al compactado de esta tongada.
- Se procede ahora a la colocación de las armaduras correspondientes a este nivel.

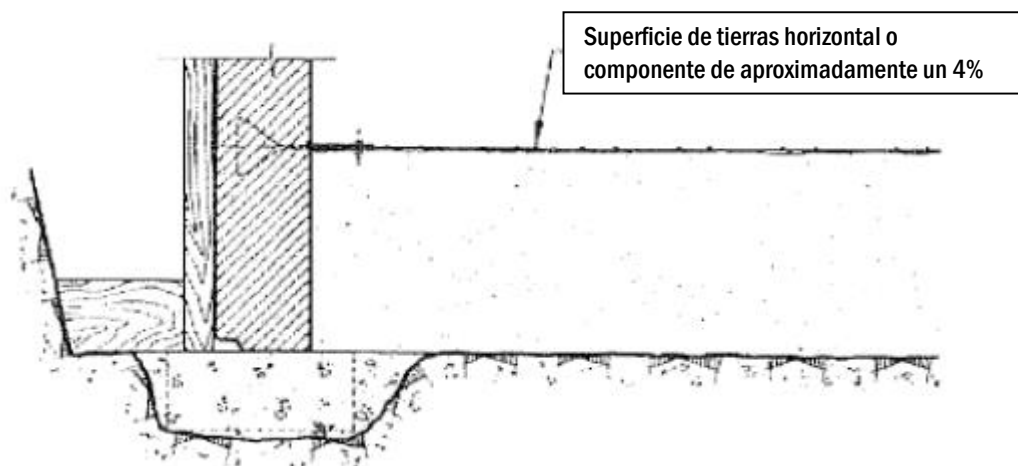


Imagen 21. Colocación de armaduras

- Las armaduras se colocan perpendiculares al paramento del muro y se unen a los arranques mediante los tornillos y tuercas correspondientes.
- Colocado este nivel de armaduras, se extiende y compacta la tongada 2.
- El orden de extendido de las capas se realizará según la siguiente figura:

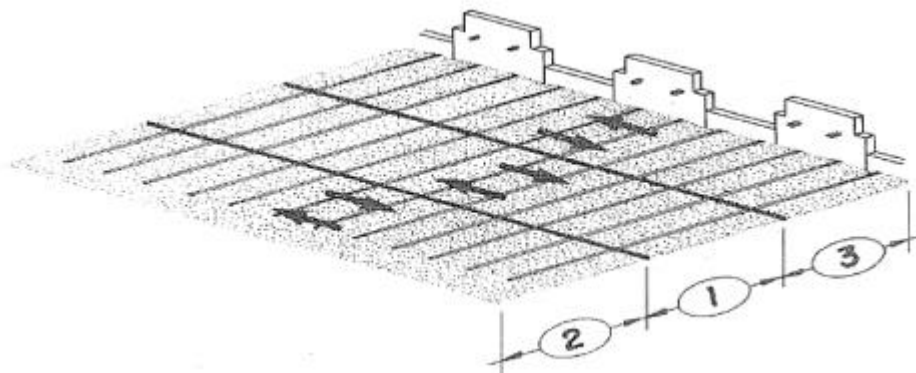


Imagen 22. Extendido de tierras

5. Colocación de la segunda y sucesivas filas de escamas, y acuñado de las escamas.

- Verificación del gálibo entre las escamas ya colocadas con la regla correspondiente.
- Colocación de tacos de neopreno.
- Colocación de la escama.
- Nivelación y aplomado.
- Colocación de la junta vertical y horizontal de poliuretano por el paramento interior.
- Colocación de gatos.
- Comprobación de que la alineación es correcta.
- Continuar extendiendo y compactando las sucesivas tongadas y colocando las armaduras en los niveles correspondientes.

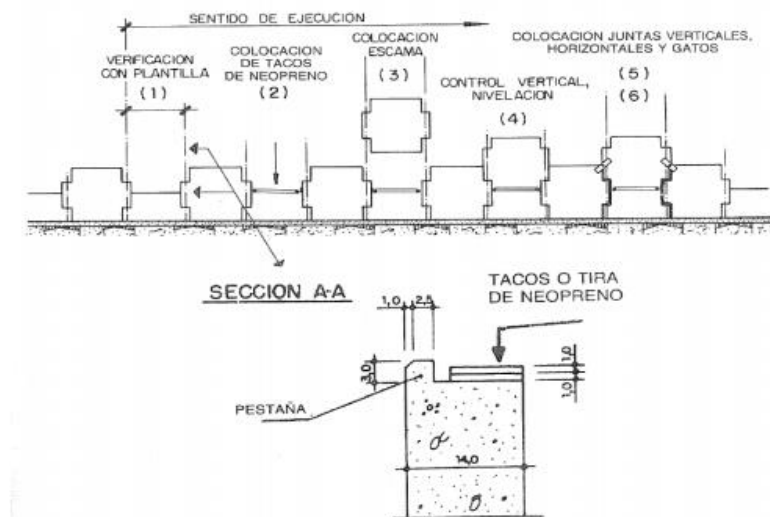


Imagen 23. Colocación de la segunda fila de escamas

- En los casos necesarios para nivelar y aplomar las escamas, se utilizan cuñas de madera. Las cuñas se colocarán siempre en las crucetas de las escamas sobre la cara exterior del paramento.
- Durante el montaje del muro, las cuñas no deben permanecer colocadas en más de 3 filas, eliminando sistemáticamente las existentes filas inferiores.
- Concluido el montaje del muro no debe quedar ninguna cuña en el paramento.
- La no extracción de las cuñas puede llegar a ocasionar, en caso de asentamientos del muro, la rotura de las esquinas de las escamas.
- A excepción de la solera, jamás deben ponerse cuñas en el interior del paramento.

6. Empotramiento de la estructura.

- El apuntalamiento de las escamas inferiores se puede eliminar una vez que las tongadas compactadas alcancen una altura de 1,50 m, es decir, cuando ha quedado superada la escama entera del arranque.
- El comienzo del relleno del empotramiento debe hacerse cuando el macizo armado alcance los 3 m. a efectos de poder aplomar la escama superior con su correspondiente inferior.

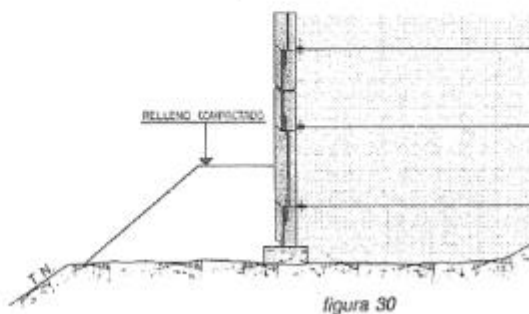
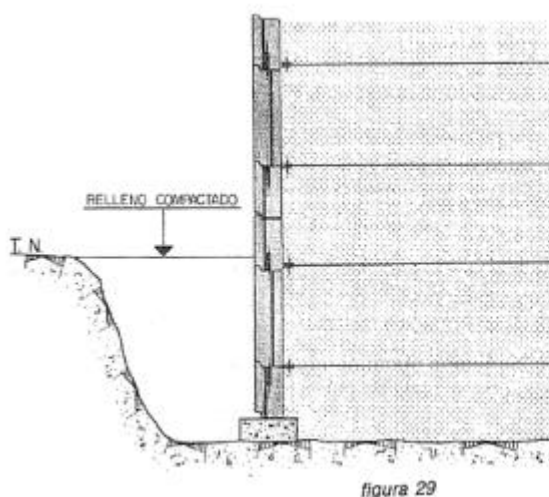


Imagen 24. Relleno

6.6.2. Riesgos

- Atrapamientos por partes móviles de las máquinas.
- Atrapamiento por derrumbe de la estructura, vuelco de maquinaria, etc.
- Ruido y vibraciones.

- Incendios y explosiones.
- Contactos eléctricos con líneas aéreas en tensión.
- Caídas de personal al mismo y distinto nivel.
- Exposición a agentes químicos.
- Caída de objetos y materiales
- Golpes y cortes.
- Pisadas sobre objetos.
- Ambiente pulvígeno.
- Proyecciones.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos térmicos.
- Atropellos.

6.6.3. Medidas preventivas

- Medidas preventivas en la colocación de la primera fila de escamas:
 - El transporte del material utilizado se realizará mediante camión grúa. En el desplazamiento de las escamas se utilizarán exclusivamente los utillajes específicos.
 - Los trabajadores deberán respetar en todo momento la señalización de seguridad implantada en la obra.
 - Se prohíbe la estancia de operarios a pie en el radio de acción de la maquinaria, así como zona de batido de cargas.
 - Se utilizarán elementos de tiro adecuados para posicionar las escamas durante su aproximación, tipo cuerdas, prohibiendo su posicionamiento con las manos.
 - Las zonas de trabajo se mantendrán en las condiciones suficientes de orden y limpieza, para evitar riesgos de caídas y de golpes contra objetos.
 - El acopio se realiza según el siguiente croquis:

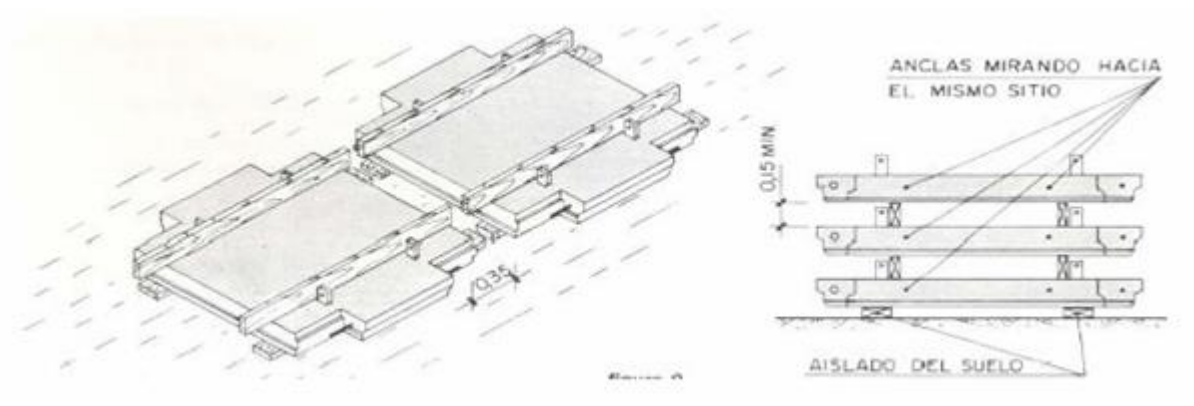


Imagen 25. Acopio

- Las pilas no deberán tener, en altura, más de seis escamas de hormigón.
- Los acopios no se realizarán cerca de desniveles. Se colocarán a una distancia de más de 1,5 m. desde el borde de desniveles.
- En las zonas con ambiente polvoriento los trabajadores dispondrán de mascarilla de protección.
- En temporada seca, se rociará habitualmente mediante camión cuba los caminos de circulación de vehículos y maquinaria para evitar la formación de polvo.
- En el caso de uso de varillas para topografía se les colocará setas de protección en sus puntas.
- Se señalizará la zona de trabajo con señalización de prohibido el acceso a personas ajenas a los trabajos.
- En la colocación de la primera fila de escamas y antes de soltar la pieza de su elemento de izado y traslado se posicionarán los puntales y tirantes de la cara exterior del paramento para evitar el desplome de las piezas colocadas.
- En puntales queda prohibida la utilización de elementos no adecuados para su uso como varillas de acero.
- Los tirantes a colocar serán cables de acero galvanizado.

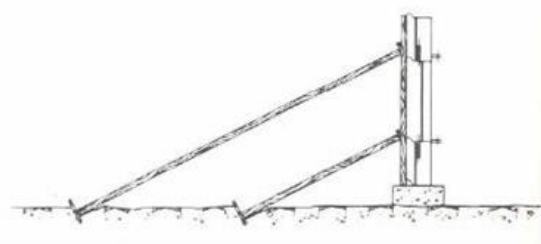


Imagen 26. Tirante

- Medidas preventivas en terraplenado y colocación de armaduras:
 - En el borde del terraplén junto a la fila de las escamas se colocará barandilla rígida de seguridad en caso de caída a distinto nivel. Los montantes a utilizar se introducirán en varillas de acero clavadas al terreno a una profundidad de 20-40 cm.
 - Ante trabajos de maquinaria de compactación del terraplén ejecutado sobre las escamas se prohíbe la permanencia de operarios en el radio de acción para evitar el riesgo de atropellos. Una vez realizadas las labores de extendido y compactado se procederá a ejecutar los trabajos próximos de colocación de las siguientes filas de escamas.
 - Las armaduras se colocan perpendiculares al paramento del muro y se unen a los arranques mediante los tornillos y tuercas correspondientes. Para ello se utilizarán herramientas manuales.
 - Las operaciones de carga y vertido de materiales estarán supervisadas por un operario que guiará tanto al maquinista como al conductor en las maniobras necesarias para un correcto desempeño de su trabajo.
 - Será obligatorio señalizar las zonas de actuación a fin de conseguir su aislamiento.
 - En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas, y se señalizarán, especialmente las excavaciones realizadas los últimos días.
 - Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde del paramento.
 - Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.
 - Extender en primer lugar en el centro del macizo armado, avanzar posteriormente hacia la zona final de las armaduras y finalmente por franjas hacia el paramento.
 - La marcha de la extendidora debe ser siempre paralela al paramento en todas sus fases. Nunca debe extenderse la tierra perpendicularmente a las escamas y aún menos avanzando hacia ellas.
 - Si el terraplenado se hace con máquinas de orugas, éstas no deben apoyar directamente sobre las armaduras para no dañar su galvanizado.
 - En el 1.5 m más próximo al paramento, no se deben utilizar grandes compactadores dinámicos que puedan provocar desórdenes en las escamas, fundamentalmente desplomes. En esta zona es recomendable emplear bandejas vibrantes o rodillos vibrantes de alrededor de 7 kg/cm² de carga estática.
 - El frente y paramentos verticales de una excavación deben ser inspeccionados siempre, al iniciar o dejar los trabajos, se señalarán los puntos que deben tocarse antes del inicio o cese de las tareas.
 - El acceso o aproximación a distancias inferiores a 2 m. del borde del paramento sin proteger se realizará sujeto con arnés de seguridad.
 - Se conservarán los caminos de circulación interna, cubriendo baches, eliminando blandones y extendiendo zahorras y compactando posteriormente.
 - En todo caso, el manejo de maquinaria de cualquier tipo será siempre por personal cualificado, con el consiguiente permiso, certificado de aptitud o categoría profesional adecuada. En particular, se tendrá un especial rigor en la conservación de la maquinaria, mediante revisiones periódicas, por técnicos cualificados.
 - La maquinaria de movimiento de tierras será manejada por personal autorizado con experiencia, haciendo uso de la señalización luminosa en condiciones de baja visibilidad o cuando la máquina se encuentre en movimiento y avisando del inicio de los trabajos mediante la señalización acústica.
 - Durante las operaciones de colocación de escamas se acotará mediante balizamiento la zona de riesgo de caída de las mismas, con la finalidad de impedir que el personal pase por una zona peligrosa.
- Medidas preventivas en la colocación de poliuretano y neopreno:
 - Se colocará neopreno en las juntas horizontales entre escamas y poliuretano en las juntas verticales y horizontales en el paramento interior de las mismas.
 - Los riesgos más comunes a considerar en este caso están contemplados en el apartado anterior, en ejecución de terraplenado, siendo los más comunes en esta fase de trabajo los de caída al mismo y diferente nivel, y los derivados del posible uso de productos químicos.
 - Se mantendrán en todo momento las medidas preventivas indicadas en el apartado anterior. En caso de que por necesidades de obra hubiera que suprimir alguna de las partes de la barandilla de seguridad, los operarios deberán hacer uso de un arnés de seguridad atado al montante de barandilla colocado en la fase anterior.

- En caso de utilizar productos químicos para su ensamblaje, se adjuntarán las fichas técnicas de seguridad de los productos. Los operarios que manipulen dichos productos estarán en conocimiento de estas fichas y cumplirán con lo establecido en las mismas.
- Medidas preventivas en la colocación de sucesivas piezas de escamas y acuñado. Además de lo establecido en medidas preventivas para la colocación de la primera fila, se tendrá en cuenta lo siguiente:
 - Para evitar el riesgo de caída a distinto nivel, en el borde del terraplén, tal y como se ha comentado en el apartado anterior 4, se colocará barandilla rígida de seguridad en caso de caída a distinto nivel.
 - Se utilizarán escaleras de mano para alturas inferiores a los 3,5 metros para la colocación de cuñas por la parte exterior. Para la colocación de cuñas a alturas superiores a los 3,5 metros se utilizarán andamios u otros elementos auxiliares.
 - Las escaleras de mano tendrán: base antideslizante o fijada, parte superior fijada, sobresaldrá 1 m como mínimo de su plano de entrega, inclinación entre 1H:3V y 1H:4V aproximadamente, se sustituirá en caso de deterioro de alguna de sus partes.
 - Están prohibidos los trabajos de manipulación de cargas desde las escaleras de mano.
 - La zona de trabajo permanecerá señalizada en ambos extremos con valla metálica peatonal o malla naranja de señalización, para evitar la incursión de personal a dicha zona.
 - El deslingado manual se realizará por la parte interior de las escamas, siempre respetando la barandilla de protección colocada.
 - Las piezas se mantendrán eslingadas hasta su posicionamiento y anclado a las anteriores piezas para evitar desplomes de las mismas.
- Medidas preventivas en el relleno del trasdós de las piezas:
 - Se señalizarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra, para evitar las interferencias.
 - No se realizará descarga en la cercanía del borde del muro.
 - Se prohíbe la permanencia de personas en un radio de acción de la maquinaria de seguridad.
 - Toda la maquinaria utilizará señal acústica de marcha atrás y la señal lumínica.
 - Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.
 - Los maquinistas utilizarán el cinturón de seguridad en el uso de la máquina.
 - Todo el personal que maneje maquinaria será especialista y estará en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
 - Todos los vehículos y maquinaria serán revisados periódicamente, en especial los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
 - Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.
 - Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

EPI:

- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Casco de protección.
- Chaleco reflectante.
- Ropa y botas de seguridad impermeables, en caso de ser necesario.
- Protección acústica, en caso necesario.
- Gafas anti proyecciones, en caso necesario.
- Arnés anti caídas, en caso necesario.

Protecciones Colectivas:

- Balizamiento de la zona de trabajo, en caso de ser necesario.
- Barandilla de protección de muro de tierra armada, en caso de ser necesario.



Imagen 27. Ejecución de muro de tierra armada



Imagen 28. Ejecución de Muro de tierra armada.

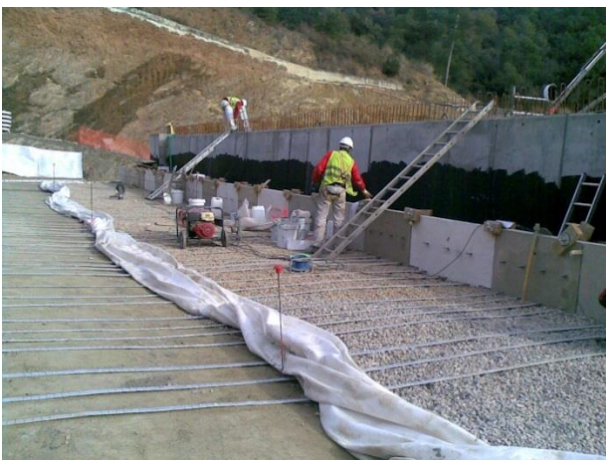


Imagen 29. Ejecución muro tierra armada



Imagen 30. Muro tierra armada. Protección perimetral

7. Equipos de Protección Individual

Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caídas a distinto nivel.	Excavación, instalación de armadura, encofrado y desencofrado de muros, montaje de andamios, Trabajos en plataformas elevadoras, escaleras, colocación de hileras o piezas a más de 2 m altura.		Equipo anticaídas (Arnés, fijaciones, eslinga, mosquetones, etc.), en aquellos casos en que se justifique técnicamente la imposibilidad utilizar protecciones colectivas o cuando la protección colectiva no evite el riesgo de caída.
Caída de objetos, golpes y proyecciones sobre la cabeza.	General	Casco	
Atropellos.	General	Chaleco reflectante	
Golpes, atrapamientos y punzonamientos o cortes.	General	Guantes contra riesgos mecánicos, botas/zapatos de seguridad con puntera y plantilla reforzada.	
Proyección de partículas.	Corte de armaduras con radial / Corte de madera y alambre/ambiente pulvígeno.		Gafas antiproyecciones
Quemaduras.	Corte de armaduras por oxicorte / Soldadura en el conformado de la armadura (premontaje y solapado)		Guantes y mandil de cuero para soldadura
Inhalación de polvo.	General		Mascarilla antipolvo FFP1, gafas antipolvo
Inhalación de partículas en suspensión.	Corte de madera con sierra circular		Mascarilla antipolvo FFP1
Inhalación de vapores tóxicos.	Trabajos de oxicorte		Mascarilla FFP2
Ruido.	General		Protector auditivo
Vibraciones.	Operadores de máquinas		Guantes anti-vibraciones.

Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Estrés térmico por frío o calor / quemaduras o enfermedades en la piel por radiación solar.	Trabajos a la intemperie.	Ropa de protección contra bajas temperaturas. Calzado de protección contra el frío. Crema de protección.	
Posturas forzadas	Armado y encofrado		Rodilleras acolchadas

NOTA: aunque la ropa de trabajo no es considerada un equipo de protección individual, es esencial señalar la importancia de utilizar ropa de trabajo adecuada (camisetas con manga y pantalón largo) durante la ejecución de los trabajos en una obra de construcción.