



SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS EN ZANJAS



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

LAN ETA GIZARTE
SEGURANTZA SAILA

DEPARTAMENTO DE TRABAJO
Y SEGURIDAD SOCIAL

Eduardo

SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS EN ZANJAS



LAN ETA GIZARTE
SEGURANTZA SAILA

DEPARTAMENTO DE TRABAJO
Y SEGURIDAD SOCIAL

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 1994

Edición: 1º. Abril 1994
Tirada: 4.000 ejemplares
© Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco
Departamento de Trabajo y Seguridad Social
Edita: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco
Duque de Wellington, 2 - 01010 Vitoria-Gasteiz
Autores: Amador Sánchez Bernal
Mikel Ramírez Markuleta
Alvaro Abancéns Izcue
Coordinadores: Patxi Mendoza Ortiz de Latierro
Iñigo Arriaga Segura
Impresión: Gráficas Santamaría, S.A.
Bekolarra, 4 - 01010 Vitoria-Gasteiz
I.S.B.N.: 84-457-0425-7
D.L.: VI-157/94

Agradecemos la colaboración inestimable de la empresa IGUAZURI, S.L., que ha aportado su asesoramiento técnico, material fotográfico y catálogos.

INDICE GENERAL

	Pág
PRESENTACION	7
1. INTRODUCCION	11
2. AMBITO DE APLICACION	15
3. ANALISIS DE LA ACCIDENTABILIDAD	19
4. ESTADO EN QUE SE ENCUENTRAN LOS TRABAJOS EN ZANJAS	23
5. RIESGOS EXISTENTES.	27
5.1. Derrumbamientos.....	29
5.2. Los derivados por interferencias de conducciones subterráneas (gas, electricidad, agua, etc).	29
5.3. Caídas de personas y materiales al interior de las zanjas.	29
5.4. Los derivados de las máquinas y vehículos.	30
5.5. Inundaciones	30
6. MEDIDAS DE PREVENCION	31
6.1. Derrumbamientos.....	33
6.2. Interferencias de conducciones subterráneas (gas, agua, electricidad, etc.).	33
6.3. Caídas de personas y materiales al interior de las zanjas.	34
6.4. Maquinaria y vehículos.	34
6.5. Inundaciones.	34
7. CRITERIOS DE DISEÑO DE ZANJAS Y POZOS	35
7.1. Cortes sin entibación: taludes.	38
7.1.1. Talud provisional sin solicitud de sobrecarga y ángulo de inclinación no mayor de 60°	39
7.1.2. Talud vertical provisional sin solicitud de sobrecarga.	40
7.2. Conclusiones	41

8. SISTEMAS DE ENTIBACION	43
8.1. Consideraciones.	45
8.2. Entibación Berlinesa	45
8.3. Blindajes ligeros	57
8.3.1. Blindaje ligero de Acero.	57
8.3.2. Blindaje ligero de Aluminio.	58
8.4. Cajones de blindaje Robust-Box	63
8.4.1. Descripción y Características	63
8.4.2. Montaje	66
8.4.3. Introducción	67
8.4.4. Extracción.	69
8.4.5. Recomendaciones.	70
8.5. Planchas con cámara y Tablestacas ligeras	71
8.5.1. Modo operativo	76
8.5.2. Resumen de características generales.	82
8.5.3. Hincado de tablestacas por vibración.	85
8.5.4. Vibradoras eléctricas	90
8.6. Entibación Deslizante: Simple Guía, Doble Guía.	91
8.6.1. Introducción.	95
8.6.2. Extracción.	95
8.7. Entibación Press Box.	97
8.7.1. Descripción.	98
8.7.2. Modo operativo	99
9. BIBLIOGRAFIA	103

PRESENTACION

En los últimos años se están produciendo en la Comunidad Autónoma Vasca importantes avances en materia de seguridad y salud en el lugar de trabajo, cuyo mejor reflejo está siendo el descenso generalizado del número de accidentes laborales; un descenso que se muestra especialmente significativo en los siniestros de carácter mortal y en sectores de alto riesgo como la construcción.

Un factor determinante de estos resultados es, sin duda, la generalización de medidas de carácter preventivo en el medio laboral, fruto de la creciente sensibilización existente, tanto entre las instituciones públicas, como entre los empresarios y los propios trabajadores.

Desde el Departamento de Trabajo y Seguridad Social estimamos que se debe de continuar en esta línea puesto que repercute, no sólo en el descenso de los siniestros laborales, sino también en una mejora sustancial de las condiciones de trabajo. Para ello, es preciso seguir potenciando y mejorando el nivel de conocimiento, formación e información sobre seguridad e higiene entre los propios trabajadores, profesionales y agentes implicados en el sistema productivo. Sobre todo, porque tenemos que hacer compatibles con la seguridad las nuevas formas de organización empresarial y las innovaciones tecnológicas.

A través de este libro sobre "Seguridad en los trabajos en zanjas" pretendemos aumentar el nivel de información y formación de empresarios y trabajadores del sector de la construcción, de los profesionales que intervienen en los estudios y planes de seguridad e higiene en proyectos de edificación y obras públicas, así como de todos aquellos interesados en materia de seguridad y salud laborales.

El trabajo, eminentemente práctico, parte de un somero análisis de la accidentabilidad y del estado en que se encuentran los trabajos en zanjas, para pasar a señalar las medidas de seguridad necesarias para evitar o reducir los riesgos. Asimismo, indica criterios de diseño de zanjas y pozos y describe los diversos sistemas de entibación, destacando lo más característico de cada uno de ellos, a fin de que esta información sirva de orientación a la elección del más apropiado, según las circunstancias y condicionantes de la obra a realizar.

Paulino Luesma Correas
Consejero de Trabajo y Seguridad Social

1. Introducción

Actualmente la existencia de conducciones subterráneas, tanto en las ciudades como en campo abierto, obligan a la ejecución de zanjas de singulares características, y que por sus especiales riesgos producen accidentes, tanto graves como mortales, dentro del Sector de la Construcción.

Cuando se trata de implantar obras sobre el terreno, es habitual la necesidad de establecer niveles de servicio a diferentes alturas, mediante las correspondientes excavaciones a diferente nivel. Para conseguir estos desniveles sobre el terreno pueden realizarse taludes más o menos estables. Sin embargo, en las zonas urbanas especialmente, debido a las condiciones de espacios como pueden ser: viales de tráfico, edificios y cimentaciones colindantes, etc., se impone la necesidad de realizar las excavaciones con paredes verticales, lo que hace prácticamente imposible dejar taludes estables, a no ser que las características del terreno tengan la suficiente cohesión que permitan taludes verticales de la altura que se requiere. Aún en estos casos, los riesgos de accidente para los trabajadores que desarrollan estos trabajos de excavación, son tan importantes como para adoptar las medidas, tanto de protección colectiva, como personal, necesarias para la buena ejecución de los trabajos. (Fig. 1).



Fig. 1. Ejemplo de trabajo en zanjas en zona urbana

Ha de tenerse en cuenta que la cohesión que permite la excavación vertical puede ser transitoria, y perderse al cabo del tiempo, como puede ocurrir en suelos granulares por la acción del agua de lluvia.

Dada la imposibilidad de que los terrenos superficiales puedan soportar taludes verticales, se hace necesaria la instalación de elementos auxiliares que puedan soportar las acciones producidas por el empuje propio de las tierras y las inducidas desde el exterior, tales como solicitudes de viales de tráfico, cimentaciones de edificios colindantes, implantación de maquinaria fija dentro del radio de acción de la excavación, tránsito de maquinaria de excavación que circula por las inmediaciones y generadora de focos de vibraciones y sobrecargas que aumenten los empujes sobre los taludes de las zanjas.

Los sistemas de contención anteriormente citados, son estructuras que pueden ser rígidas o flexibles, y cuya misión es la de soportar los empujes producidos sobre las paredes de la excavación, dado que los terrenos no tienen la capacidad propia de resistir dichas solicitudes.

Las estructuras rígidas son aquellas que por sus dimensiones y materiales soportan los empujes sin que sus elementos acusen deformaciones de flexión y acortamiento. En estos sistemas se encuentran los tradicionalmente llamados "muros".

Las estructuras flexibles son aquellas que, cumpliendo su misión de contención, experimentan deformaciones de flexión. Dentro de estas estructuras se encuentran los tablestacados y las entibaciones.

2. Ambito de aplicación

Las Normas Tecnológicas de la Edificación, consideran como ámbito de aplicación la excavación de zanjas y pozos accesibles a operarios, realizada por medios manuales y/o mecánicos con ancho o diámetro no mayor de 2 metros, ni profundidad superior a 7 metros y nivel freático inferior o rebajado.

3. Análisis de la accidentabilidad

Dentro de la actividad de la Construcción, los accidentes debidos a la realización de trabajos en zanjas no presentan una gran incidencia en cuanto a número, pero sí muy relevante en cuanto a la gravedad de los mismos.

En los últimos años se ha producido una serie de accidentes de consecuencias graves, observándose deficiencias en la ejecución de los trabajos, tales como falta de protección colectiva, desplomes de los terrenos que componen las paredes de las excavaciones, y en la planificación de los trabajos a desarrollar, tales como solicitudes de: edificios colindantes, vías de circulación y en general focos de vibraciones que afectan a la estabilidad de los terrenos. (*Fig. 2 y Tab. I*).



Fig. 2. Accidente mortal ocurrido en una zanja cuando colocaban tubería para saneamiento

*Tab. I. INCIDENCIA DE ACCIDENTES MORTALES PRODUCIDOS EN GUIPUZKOA
EN CONSTRUCCION Y EN ZANJAS*

AÑO	Accidentes mortales totales en la Construcción	Accidentes mortales en Zanjas	% de accidentes mortales en zanjas respecto a mortales en construcción
1988	4	-	-
1989	4	1	25%
1990	10	1	10%
1991	10	1	10%
1992	8	1	12%

**4. Estado en que se encuentran
los trabajos en zanjas**

Con el fin de conocer el estado actual en que se encuentran las obras donde se ejecutan trabajos en zanjas y vaciados, se ha efectuado una toma de datos realizándose una serie de visitas a dichas obras durante el transcurso del año 1993, para la elaboración de un cuadro donde se determinan todas las incidencias en materia de seguridad. (*Tab. II*).

Se han tomado como referencia el tipo de tajo (zanja o vaciado), las zonas de riesgo y el estado de protección de todas ellas, así como, naturaleza del terreno, anchuras y profundidades, entibaciones, conducciones subterráneas, acopios de materiales junto a coronaciones de excavaciones, protecciones contra caída de personal y caída de objetos dentro de la zanja, escaleras de acceso, solicitudes de vías de tráfico y edificios colindantes que pudieran afectar a las paredes de la excavación, y señalizaciones de los tajos. (*Fig. 3*).



Fig. 3. Trabajos en zanjas y sus riesgos

Tab. II. DESCRIPCION DEL ESTADO EN QUE SE ENCUENTRAN LOS TRABAJOS VISITADOS EN ZANJAS

TIPO	Anchura	Profundidad	Entubación	Conducciones Subterráneas	Acopio del material a coronación taludes	Protección contra caída de personas a la zanja	Protección contra caída de materiales a la zanja	Escalera de Acceso	Solicitud Vial de Tráfico	Solicitud Edificios Colindantes	Señalización	OBSERVACIONES (Tipo terreno)
Zanja	1.0 m	1.8 m	No	-	Mal	Mal	Mal	No	No	Si	No exist.	1ª Fase. Roca estratificada 2ª Fase Piedra Arenisca
Zanja	2.0 m	1.5 m	Guías	Si	Bien	Mal	Mal	Si	Si 3 m	No	Insuficiente	Arena
Zanja	2.0 m	1.5 m	No	Si	Bien	Mal	Mal	No	Si 3 m	No	Insuficiente	Tierra de Relleno
Zanja	1.0 m	1.4 m	No	Si	Mal	Mal	Mal	Si	No	Insuficiente	Tierra de Relleno y arena	
Zanja	3.0 m	2.5 m	No	No	Mal	Mal	Mal	Si	No	No	No exist.	Tierra de Relleno
Zanja	3.0 m	2.5 m	Escalera	No	Bien	Mal	Mal	Si	Si 2 m	No	Insuficiente	Roca y Tierra de Relleno
Zanja	2.0 m	3.0 m	Ligera con tablas/cas	Si	Mal	No	No	Si	Si 3 m	No	Insuficiente	Tierra Arcillosa y Tierra de Relleno
Vaciado	4.0 m	4.0 m	Apuntalamiento calle	Si	Bien	Si	Si	No	Si 3 m	No	Insuficiente	Roca y Tierra de Relleno
Vaciado	-	4.0 m	No	Mal	Mal	Mal	Mal	No	No	No	No exist.	Roca y Tierra de Relleno
Vaciado	-	4.0 m	No	Mal	Mal	Mal	Mal	Mal	No	No	No exist.	Roca y Tierra de Relleno
Zanja	3.7 m	4.0 m	Guías	Si	Bien	Mal	Mal	Mal	Si	Si	Insuficiente	Terreno Arenoso
Zanja	1.0 m	1.2 m	No	No	Mal	Mal	Mal	Si	Si	Si	No exist.	Tierra de Relleno
Zanja	1.5 m	2.0 m	No	No	Mal	Mal	Mal	Si	No	No	Insuficiente	Tierra Arcillosa (Semiárida)
Zanja	2.0 m	2.5 m	Guías	No	Bien	Mal	Mal	Si	No	No	Insuficiente	Tierra Arcillosa y Tierra de Relleno
Zanja	2.5 m	3.0 m	Guías	No	Bien	Mal	Si	Si	No	No	Insuficiente	Roca Estratificada y Terreno de Arenisca
Zanja	2.0 m	3.0 m	Guías	No	Bien	Mal	Mal	Si	No	No	Insuficiente	Tierra Arenisca y Arcillas
Vaciado	-	4.0 m	No	Si	Mal	Mal	Si	Si	No	Si	Insuficiente	Arena
Zanja	3.0 m	3.5 m	Guías	No	Bien	Mal	Mal	Si	No	No	Insuficiente	Tierra Arenisca y Arcillas
Zanja	2.5 m	3.0 m	Guías	No	Mal	Mal	Mal	Si	Si	No	Insuficiente	Roca Estratificada y Piedra Arenisca

VISITAS/19

5. Riesgos existentes

SUMARIO

- 5.1. Derrumbamientos.
- 5.2. Los derivados por interferencias de conducciones subterráneas (gas, electricidad, agua, etc.).
- 5.3. Caídas de personas y materiales al interior de las zanjas.
- 5.4. Los derivados de las máquinas y vehículos.
- 5.5. Inundaciones.

Los riesgos detectados más comunes en este tipo de trabajos se pueden resumir en los siguientes:

5.1. **Derrumbamientos**

Los factores que inciden en la inestabilidad de los taludes pueden resumirse generalmente como:

1. Aquellos que producen aumento en las tensiones soportadas por el terreno.
2. Los que causan disminución en su resistencia.

Entre los factores del primer grupo pueden mencionarse los siguientes: aumento del peso específico debido al humedecimiento, la acción de cargas inducidas desde el exterior tales como edificios, el escarpamiento de los taludes debidos a la erosión natural o por excavación y las cargas dinámicas.

La pérdida de resistencia se puede producir por la absorción de agua, cargas dinámicas, acción de las heladas y el deshielo, y pérdida de resistencia con deformaciones en arcillas.

El factor agua es muy importante en la mayoría de rotura de taludes, ya que provoca tanto el aumento de tensiones como la reducción de la resistencia del suelo.

La velocidad del movimiento de deslizamiento en la rotura de un talud puede variar desde varios milímetros por hora a deslizamientos muy rápidos produciéndose una disminución de la resistencia repentinamente.

5.2. **Los derivados por interferencias de conducciones subterráneas (gas, electricidad, agua, etc.)**

Los riesgos derivados de la presencia durante la excavación de zanjas de conducciones subterráneas que puedan provocar accidentes son: contactos directos e indirectos con la electricidad, intoxicación por emanación de gases tóxicos y nocivos procedentes de canalizaciones existentes en la zona, e inundaciones por presencia de tuberías de aguas pluviales y fecales.

5.3. **Caída de personas y materiales al interior de las zanjas**

Los accidentes de caída de personas al interior de las zanjas son debidos a la falta de barandillas de protección en las coronaciones de los taludes de tierras y, en general, en todos los bordes de la excavación. Los accidentes producidos por caída de objetos y materiales al interior de las zanjas, se deben al acojo de éstos junto al borde de las mismas. (Fig. 4).



Fig. 4. Peligro de derrumbe en una zanja por falta de protección

5.4. Los derivados de las maquinarias y vehículos

Los accidentes son producidos por atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimientos de tierras (palas y camiones).

5.5. Inundaciones

Presencia de agua en la obra debido al alto nivel freático, lluvias, inundaciones por rotura de conducciones, etc.

6. Medidas de prevención

SUMARIO

- 6.1. Derrumbamientos.
- 6.2. Interferencias de conducciones subterráneas (gas, agua, electricidad, etc.)
- 6.3. Caídas de personas y materiales al interior de las zanjas.
- 6.4. Maquinaria y vehículos.
- 6.5. Inundaciones.

La adopción de las medidas de prevención de los riesgos expuestos en el punto 5, estará en relación con el tipo de terreno y el entorno del mismo, edificios colindantes, viales de tráfico, productos procedentes de la excavación, así como con los focos que pueden producir vibraciones y las instalaciones subterráneas en el ámbito de ubicación de la zanja.

6.1. Derrumbamientos

1. Deberá conocerse la naturaleza y el estado del terreno mediante sondeos y estudios geotécnicos para prever su comportamiento durante la obra, así como humedad, compacidad, consistencia del suelo, talud natural, nivel freático, buzamientos, etc.

2. Se determinarán las distancias y características de los edificios colindantes cuyas cimentaciones puedan transmitir presiones sobre los taludes de las zanjas y por consiguiente aumentar el empuje sobre las paredes de la excavación.

Se considerarán los viales de tráfico, paso de peatones y, en general, todos los elementos que pueden producir vibraciones.

3. Los productos procedentes de la excavación se acopiarán a una distancia de la coronación de los taludes siempre en función de la profundidad de la zanja con el fin de no sobrecargar y por consiguiente aumentar el empuje hacia las paredes de la excavación.

4. La circulación de vehículos se realizará a una distancia como mínimo de 3 m. del borde de la excavación para vehículos ligeros, y de 4 metros para pesados.

5. Conocidas las características del terreno y los factores que inciden en el entorno de la zanja y dimensiones de la excavación, se determinará la ejecución de los trabajos con o sin entibación.

A partir de 1,30 m. de profundidad o menos (en caso de terrenos sueltos y poco estables), deberá entibarse la excavación.

Para determinar las características de la entibación, sus dimensiones y las separaciones de los elementos que la componen, el cálculo podrá efectuarse según lo que determina la NTE-ADZ. (Ver capítulo 7 y siguientes)

6.2. Interferencias de conducciones subterráneas (gas, agua, electricidad, etc.)

1. Se determinará en lo posible la existencia de otras conducciones, tales, como agua, electricidad, gas, alcantarillado, etc., que se encuentren en la zona de afección de las zanjas, tanto en sentido longitudinal como transversal, tomando las medidas oportunas para evitar riesgo y señalizándolas de forma adecuada.

2. Se comprobará la ausencia de gases y vapores nocivos antes de comenzar la jornada laboral. En caso de existencia de éstos, se ventilará la zanja adecuadamente.

En aquellas zanjas que se realicen en las proximidades de conducciones de gases tóxicos y especialmente en aquellas que alcancen profundidades superiores a 1,50 m., se recomienda efectuar pruebas para la detección de posibles fugas de estos gases. Para ello se dispondrá de detectores de gases tóxicos.

6.3. Caída de personas y materiales al interior de las zanjas

1. Se instalarán antepechos de protección a una distancia de 0,60 m. como mínimo del borde de la zanja, con el fin de evitar caídas de personas al interior de éstas.

2. Se proveerá de un sistema de protección ante el riesgo de caídas de materiales u otros elementos al interior de la zanja, instalando topes adecuados.

3. Deberá disponerse al menos de una escalera portátil por cada equipo de trabajo. Dicha escalera deberá sobrepasar un metro el borde de la zanja, disponiendo al menos de una escalera cada 30 m. de zanja.

6.4. Maquinaria y Vehículos

1. Cuando se utilicen medios mecánicos de excavación se mantendrán distancias mínimas de seguridad, con el fin de que los trabajadores no entren en el radio de acción de las máquinas.

2. En las operaciones de vertido de materiales, con camiones, es preciso que un auxiliar se encargue de dirigir la maniobra, con objeto de evitar atropellos a personas y colisiones con otros vehículos.

3. Durante los trabajos de excavación de las zanjas, el acceso del personal a la zona de trabajo se realizará utilizando vías distintas a las de paso de vehículos.

En caso necesario se organizará el tráfico, determinando zonas de trabajo y vías de circulación.

La circulación rodada se ordenará de acuerdo con la Normativa Vigente en esta materia.

6.5. Inundaciones

1. En régimen de lluvias y encharcamiento de las zanjas, es imprescindible la revisión minuciosa y detallada antes de reanudar los trabajos.

2. Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

7. Criterios de diseño de zanjas y pozos

SUMARIO

7.1. Cortes sin entibación: taludes

 7.1.1. Talud provisional sin solicitud de sobrecarga
 y ángulo de inclinación no mayor de 60°.

 7.1.2. Talud vertical provisional sin solicitud de
 sobrecarga.

7.2. Conclusiones

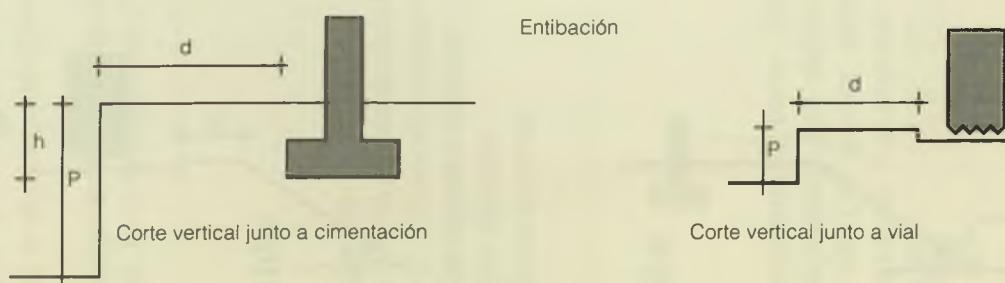
Según lo señalado en la Norma Tecnológica de la Edificación sobre "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y Pozos" (NTE-ADZ/1.976) la Tabla III permite la elección del tipo de entibación mínima en función del tipo de terreno, de que esté o no solicitado por cimentación próxima o vial, del tipo y de la profundidad del corte. (Tab. III).

*Tab. III. ELECCION DEL TIPO DE ENTIBACION MINIMA EN FUNCION
DEL TIPO DE TERRENO DE QUE ESTE O NO SOLICITADO POR CIMENTACION PROXIMA O VIAL,
DEL TIPO Y DE LA PROFUNDIDAD DE CORTE*

Tipo de Terreno	Solicitud	Tipo de Corte	Profundidad P del corte en m.			
			<1,30	1,30-2,00	2,00-2,50	>2,50
Coherente	Sin Solicitud	Zanja Pozo	*	Ligera Semicuajada	Semicuajada Cuajada	Cuajada
	Solicitud de Vial	Zanja Pozo	Ligera Semicuajada	Semicuajada Cuajada	Cuajada	
	Solicitud de cimentación	Cualquiera	Cuajada			
Suelto	Cualquiera	Cualquiera	Cuajada			
Tipo de Entibación						

* Entibación no necesaria en general

Se considera corte del terreno sin solicitud de cimentación próxima o vial, cuando se verifica que $P < (h+d/2)$ ó $P < d/2$ respectivamente. En otro caso se considera con solicitud aunque la intensidad determinada en el Cálculo sea nula. (Fig. 5).



P = Profundidad de corte

h = Profundidad del plano de apoyo de la cimentación próxima.

En caso de cimentación con pilotes, h se medirá hasta la cara inferior del encepado

d = Distancia horizontal desde el borde de coronación del corte a la cimentación o vial.

Fig. 5

Por lo indicado en la "tabla III", sólo no es necesario entibar zanjas y pozos para profundidades P del corte menores de 1,30 metros cuando el terreno es coherente y sin solicitación, por lo que para estas profundidades se podrán realizar cortes verticales sin entibación.

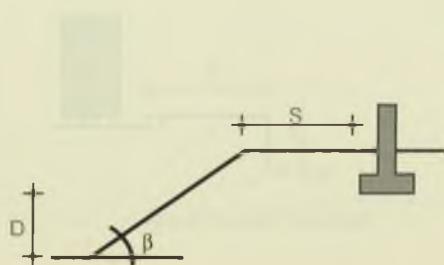
7.1. Cortes sin entibación: Taludes

En caso de que se quieran realizar zanjas o pozos sin entibar, la Norma Tecnológica de la Edificación sobre "Cimentaciones: Contenciones: Taludes" (NTE-CCT/1.977) nos señala los parámetros geométricos de cortes ataluzados del terreno, provisionales sin entibación, de altura no mayor de 7 metros, situados entre dos superficies sensiblemente horizontales, en terrenos coherentes homogéneos o asimilables, con nivel freático a 2 ó más metros por debajo de la cota más profunda de excavación, ubicados en zona de grado sísmico inferior a 7 .

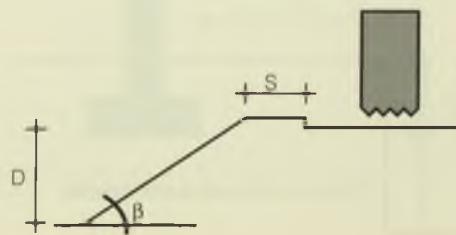
A efectos de la NTE indicada anteriormente, no se considerará el corte solicitado por cimentaciones, viales o acopios equivalentes, cuando la separación horizontal S, entre la coronación del corte y el borde de la solicitud, sea mayor o igual a los valores S de la (Tab. IV) en función del ángulo del talud, siendo D el desnivel entre el plano de solicitud y el fondo del corte. (Fig. 6).

Tab. IV. VALORES MINIMOS DE S EN FUNCION DEL ANGULO DEL TALUD Y DEL TIPO DE SOLICITACION

Tipo de Solicitación	Angulo de talud	
	$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
Cimentación	D	D
Vial o acopios equivalentes	D	D/2



Talud provisional junto a cimentación



Talud provisional junto a vial

S = Separación horizontal entre la coronación del corte y el borde de solicitud.

D = Desnivel entre el plano de solicitud y el fondo del corte.

β = Ángulo del Talud.

Fig. 6

Grado sexagesimal

De Wikipedia, la enciclopedia libre

Un **grado sexagesimal** es el ángulo central subtendido por un arco cuya longitud es igual a 1/360 de la circunferencia. Es la nonagésima (1/90) parte de un ángulo recto.

Contenido

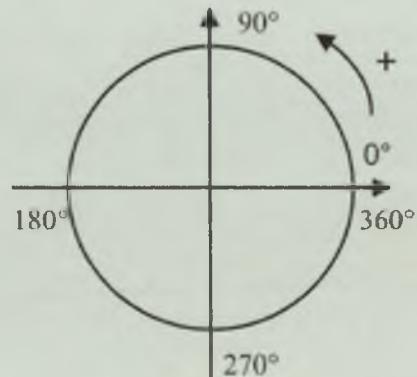
- 1 Definición
 - 1.1 Notación decimal
 - 1.2 Notación sexagesimal
- 2 Relación entre radianes y grados sexagesimales
- 3 Véase también
- 4 Enlaces externos

Amplitud de un grado sexagesimal.

Definición

El grado sexagesimal, como unidad del sistema de medida de ángulos sexagesimal, está definido partiendo de que un ángulo recto tiene 90° (90 grados sexagesimales), y sus divisores: el minuto sexagesimal y el segundo sexagesimal, están definidos del siguiente modo:

- 1 ángulo recto = 90° (grados sexagesimales).
- 1 grado sexagesimal = $60'$ (minutos sexagesimales).
- 1 minuto sexagesimal = $60''$ (segundos sexagesimales).



Notación decimal

Una cantidad en grados se puede expresar en forma decimal, separando la parte entera de la fraccionaria con la coma decimal, se divide en 60 en la forma normal de expresar cantidades decimales, lo que se busca es transformar en minuto y el segundo números decimales, por ejemplo.

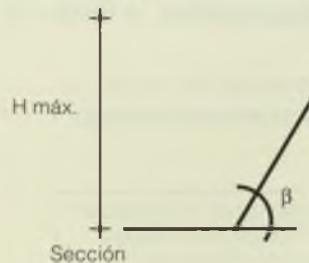
23,2345°
12,32°
-50,265°
123,696°

Notación sexagesimal

Podemos expresar una cantidad en grados minutos y segundos, las partes de grado inferiores al segundo se expresan como parte decimal de segundo, ejemplo:

12°34'34"
13°3'23,8"

7.1.1. *Talud provisional sin solicitudación de sobrecarga y ángulo de inclinación no mayor de 60°. (Fig. 7).*



H máx. = Altura máxima admisible en metros
 β = Ángulo del Talud.

Fig. 7

La (Tab. V) determina para cada tipo de terreno, la altura máxima admisible $H_{\text{máx.}}$, en metros, de talud provisional, libre de solicitudes en función del ángulo de inclinación del talud β en grados sexagesimales y de la resistencia a la compresión simple del terreno R_u en Kg/cm^2 . (Tab. V) y (Fig. 8).

Tab. V. ALTURA MAXIMA ADMISIBLE, $H_{\text{máx.}}$, EN METROS, EN FUNCION DEL TIPO DE TERRENO
 Y EL ANGULO DE TALUD PROVISIONAL LIBRE DE SOLICITACION

Tipo de Terreno	Ángulo de Talud β°	Resistencia a compresión simple R_u en kg/cm^2				
		0,250	0,375	0,500	0,625	$\geq 0,750$
Arcillas y limos muy plásticos (CH-MH)	30	2,40	4,60	6,80	7,00	-
	45	2,40	4,00	5,70	7,00	-
	60	2,40	3,60	4,90	6,20	7,00
Arcillas y limos de plasticidad media (CL-ML)	30	2,40	4,90	7,00	-	-
	45	2,40	4,10	5,90	7,00	-
	60	2,40	3,60	4,90	6,30	7,00
Arcillas y limos pocos plásticos, arcillas arenosas y arenas arcilloosas (SC-SF)	30	4,50	7,00	-	-	-
	45	3,20	5,40	7,00	-	-
	60	2,50	3,90	5,30	6,80	7,00

Altura máxima admisible $H_{\text{máx.}}$ en m.

Valores intermedios se interpolan linealmente

1. Si la altura de la zanja es de 2,40 metros y:

- a) $\beta = 30^\circ$ $N = 4,16$ metros.
- b) $\beta = 60^\circ$ $N = 1,4$ metros. (Fig. 8).

$H_{\text{máx.}}$ = Altura máxima admisible en metros

β = Ángulo del Talud.

N = Distancia horizontal entre la coronación del corte y el borde inferior de la zanja.

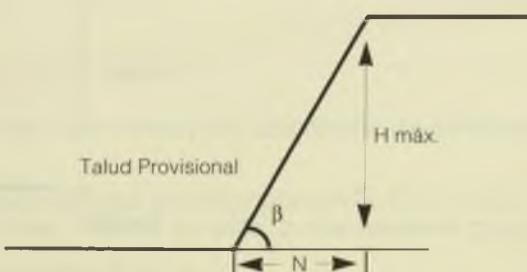


Fig. 8.

2. Si la altura de la zanja es de 7 metros y:

c) $\beta = 30^\circ$ $N = 12,1$ metros

d) $\beta = 60^\circ$ $N = 4,1$ metros

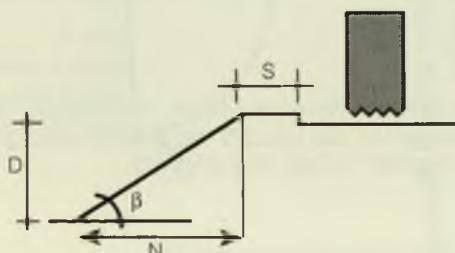
Por lo que, en caso de que no haya solicitudación de vial o acopios equivalentes, la distancia mínima desde el extremo inferior de la zanja al vial o acopios será de:

a: $N + D/2 = 4,16 + 1,2 = 4,36$ metros

b: $N + D/2 = 1,4 + 1,2 = 2,6$ metros

c: $N + D/2 = 12,1 + 3,5 = 15,6$ metros

d: $N + D/2 = 4,1 + 3,5 = 7,6$ metros. (Fig. 9).



S = Separación horizontal entre la coronación del corte y el borde de solicitudación.

D = Desnivel entre el plano de solicitudación y el fondo del corte.

β = Ángulo del Talud.

N = Distancia horizontal entre la coronación del corte y el borde inferior de la zanja.

Fig. 9. Talud Provisional junto a vial

7.1.2. Talud vertical provisional sin solicitudación de sobrecarga

Los cortes ataluzados del terreno con ángulo comprendido entre 60° y 90° que no se entiben a medida que se realizan, se diseñarán para cada altura admisible de la tabla VI, por razones de Seguridad en el Trabajo contra el "venteo" o pequeño desprendimiento, mediante bermas escalonadas con mesetas no menores de 0,65 metros y contramesetas no mayores de 1,30 metros. (Fig. 10).

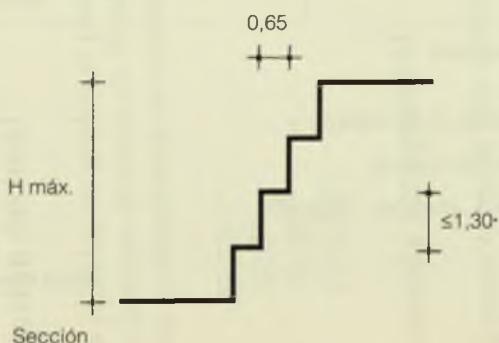


Fig. 10. Talud Vertical provisional sin solicitudación de sobrecarga

La (Tab. VI) determina la altura máxima admisible $H_{\text{máx}}$, en metros en cortes verticales, libres de solicitudes, para distintos pesos específicos aparentes del terreno γ en g/cm^3 , en función de la resistencia a compresión simple del terreno R_u en Kg/cm^2 (Tab. VI).

Tab. VI. ALTURA VERTICAL ADMISIBLE (H_{MAX}) EN METROS, EN CORTES VERTICALES LIBRES DE SOLICITACIONES PARA DISTINTOS PESOS ESPECÍFICOS (γ) EN FUNCION DE LA RESISTENCIA A COMPRENSIÓN SIMPLE DEL TERRENO

Resistencia a compresión simple R_u en Kg/cm^2	Peso específico aparente γ en g/cm^3				
	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80
0,250	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
0,300	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
0,400	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10
0,500	2,10	2,20	2,30	2,45	2,60
0,600	2,00	2,70	2,80	2,95	3,10
0,700	3,00	3,15	3,30	3,50	3,70
0,800	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20
0,900	3,90	4,05	4,20	4,45	4,70
1,000	4,30	4,50	4,70	4,95	5,20
1,100	4,70	4,95	5,20	5,20	-
$\geq 1,200$	5,20	5,20	-	-	-
Altura máxima admisible (H_{max}) en m.					

Valores intermedios se interpolan linealmente.

Según ésto (Angulo $\beta > 60^\circ$)

- a) Si la altura de la zanja es de 1,4 metros, tendríamos una meseta $> 0,65$ m.
- b) Si la altura de la zanja es de 5,2 metros (es la máxima admisible), tendríamos como mínimo 3 mesetas de 0,65 metros.

Por lo que en caso de que no haya solicitud de vial o acopios equivalentes, la distancia mínima desde el extremo inferior de la zanja al vial o acopios será de:

$$a: N + D = 0,65 + 1,4 = 2,05 \text{ metros}$$

$$b: N + D = 1,95 + 5,2 = 7,15 \text{ metros}$$

7.2. Conclusiones

– Para profundidades inferiores a 1,3 metros en terrenos coherentes y sin solicitud de cimentaciones o viales, podrán realizarse cortes verticales sin entibar.

– Si no queremos hacer entibaciones, debemos realizar taludes provisionales (NTE-CCT/1.977), lo cual nos llevará a dejar libre de solicitudes por cimentaciones, viales o acopios, zonas bastante grandes de terreno, lo cual, en la práctica, es imposible.

– Por lo señalado anteriormente, las zanjas deberán realizarse con una entibación que por su forma, materiales empleados y secciones de éstos ofrezca absoluta seguridad. (Ver capítulos siguientes).

8. Sistemas de Entibación

SUMARIO

- 8.1. Consideraciones.
- 8.2. Entibación Berlinesa.
- 8.3. Blindajes ligeros.
 - 8.3.1. Blindaje ligero de Acero.
 - 8.3.2. Blindaje ligero de Aluminio.
- 8.4. Cajones de blindaje Robust-Box.
 - 8.4.1. Descripción y Características.
 - 8.4.2. Montaje.
 - 8.4.3. Introducción.
 - 8.4.4. Extracción.
 - 8.4.5. Recomendaciones.
- 8.5. Planchas con cámara y Tablestacas ligeras.
 - 8.5.1. Modo operativo.
 - 8.5.2. Resumen de características generales.
 - 8.5.3. Hincado de tablestacas por vibración.
 - 8.5.4. Vibradoras eléctricas.
- 8.6. Entibación Deslizante: Simple guía, Doble guía.
 - 8.6.1. Introducción.
 - 8.6.2. Extracción.
- 8.7. Entibación Press Box.
 - 8.7.1. Descripción.
 - 8.7.2. Modo operativo.

8.1. Consideraciones

La presente recopilación pretende ofrecer una visión global de la actual oferta del mercado, bajo un prisma sencillo, práctico y operativo.

La descripción de los distintos sistemas de blindaje, se ha hecho tomando como referencia, en cada caso, el fabricante más significativo, según criterios que hemos pretendido sean lo más objetivos posible y que, en unos casos, han sido la experiencia de la marca, su calidad, su prestigio internacional, lo avanzado de su tecnología y la documentación de que hemos dispuesto.

De este modo, se ha tratado de destacar lo más característico de cada sistema de blindaje, para que pueda elegirse el más apropiado a las circunstancias y condicionantes de la obra a realizar.

La presentación obedece a un orden creciente de importancia del sistema, que va desde la Entibación Berlinesa al Press Box hidráulico.

Si hemos conseguido algo útil para el proyectista, ingeniero o constructor y, sobre todo, si hemos ayudado a evitar accidentes de cualquier tipo, nos damos por muy satisfechos.

8.2. Entibación Berlinesa

Es el sistema clásico de entibación.

Supuso un avance importante respecto a otros procedimientos más rudimentarios empleados hasta el momento.

Consiste en unos perfiles de acero, normalmente doble T de ala ancha (HEB), que se clavan verticalmente en el suelo, a ambos lados de la zanja y separados entre sí 2,25 ó 1,5 m. Los perfiles sujetan a los tablones horizontales que constituyen las paredes de la entibación. (Fig. 11).

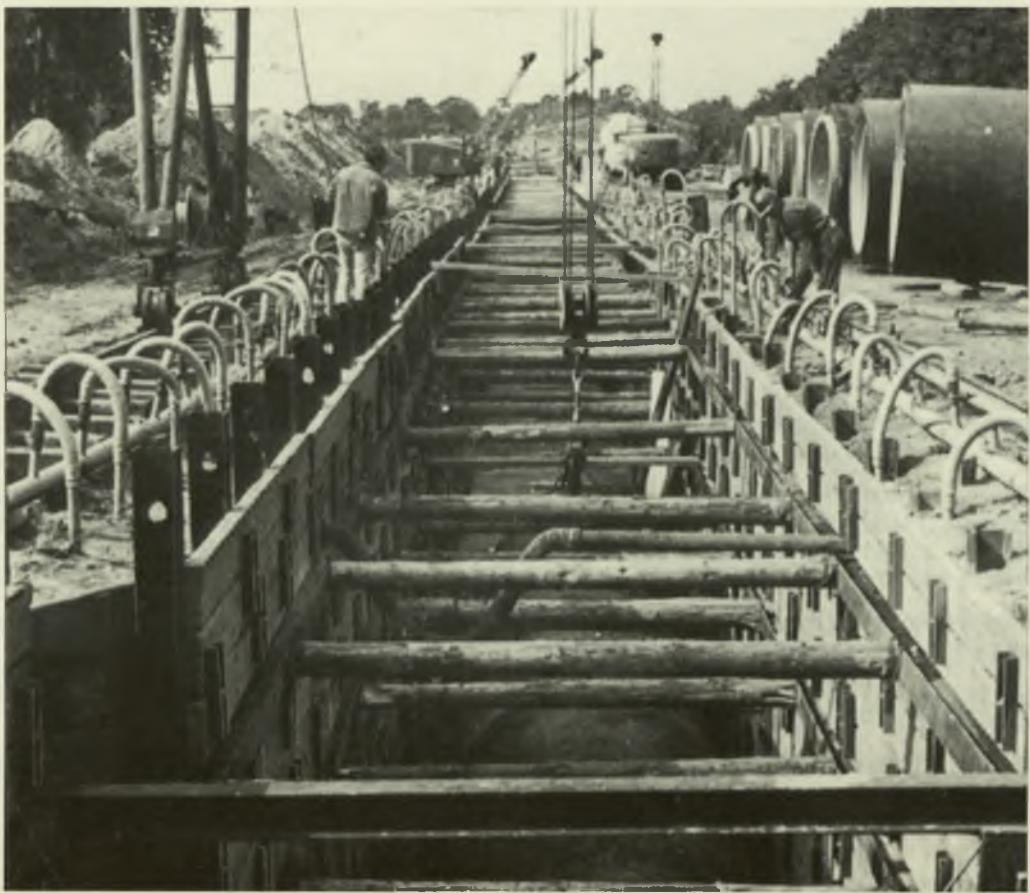


Fig. 11. Sistema clásico de entibación

La entibación berlinesa es muy adecuada para zonas urbanas con tuberías y conducciones transversales.

Se han hecho trabajos a 8 m. de profundidad.

El modo operativo consiste en hacer unos taladros en el suelo, de diámetro ligeramente inferior a la anchura del perfil HEB escogido y clavar éstos unos 75 cm. en el fondo.

Después, se deslizan los tablones entre las alas del perfil y se acuñan contra las paredes de la zanja. (Fig. 12).

Una importante mejora respecto a la colocación de los tablones, constituye la aparición de los cerrojos que fijan los tablones a los perfiles HEB, por el interior de la zanja. (Fig. 13).

Los cerrojos se componen de una pletina con forma de gancho, que presenta una ranura para el ala del perfil HEB y dos agujeros rectangulares.

El gancho se coloca horizontalmente entre dos tablones y entra en una ventana practicada en un perfil U.

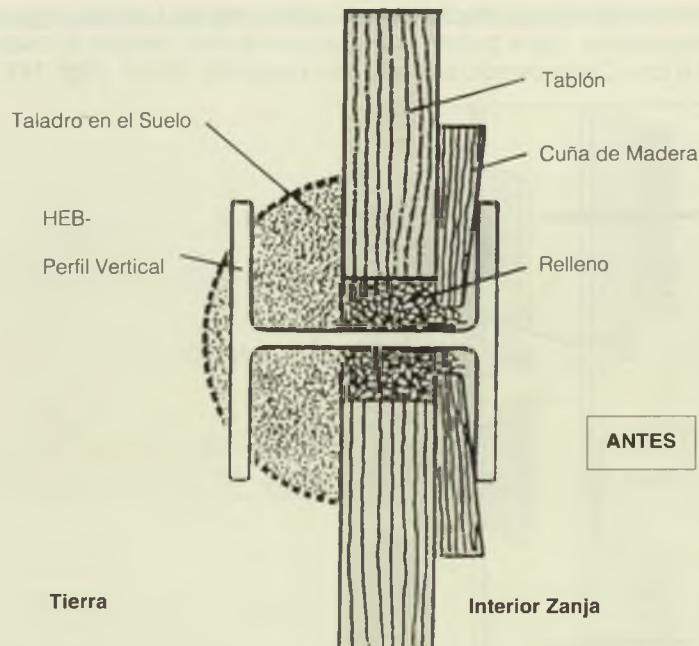


Fig. 12. Detalle de Entibación Berlinesa

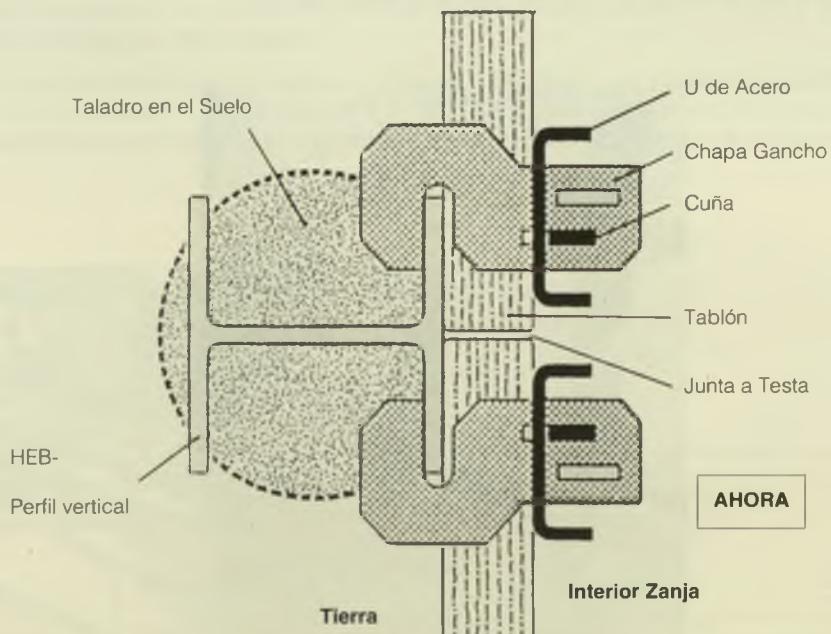


Fig. 13. Los nuevos cerrojos "Berlinesa" facilitan la sujeción de los tablones y dan más seguridad

Se fija, entonces, contra los tablones, mediante una cuña vertical. Los dos agujeros rectangulares se encuentran ligeramente desfasados, para poder emplear uno u otro, según el espesor de los tablones empleados, que será de 5 a 8 cm. Cada cerrojo soporta una carga de 10 kN. (Fig. 14).

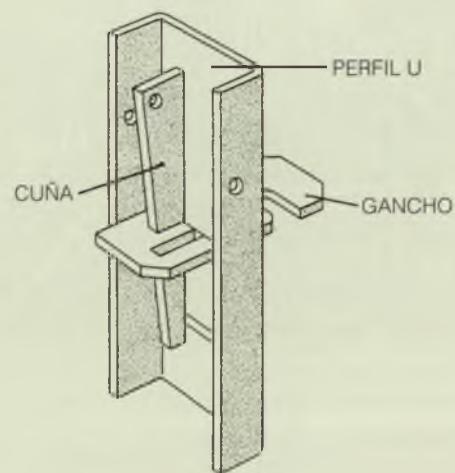


Fig. 14. Cerrojo "BERLINESA". Conjunto

Para acodalar entre sí ambas paredes de la entibación, se empleaban troncos o codales apoyados contra tacos de madera que abarcaban dos cerrojos a la vez. (Fig. 15).

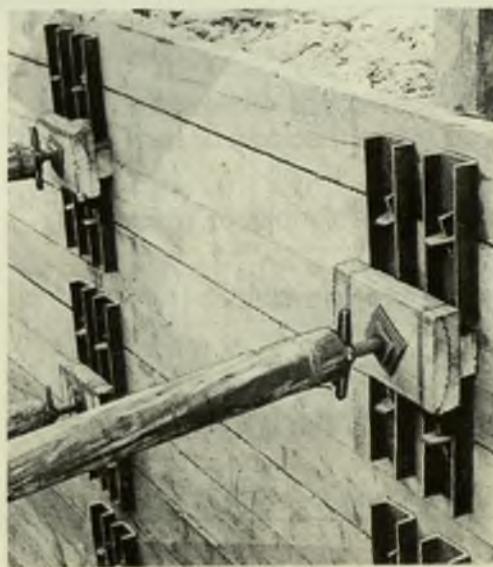


Fig. 15. Acodalamiento de la entibación. Abarcando dos cerrojos a la vez

Este proceder va dejando paso al que se representa en la (Fig. 16).

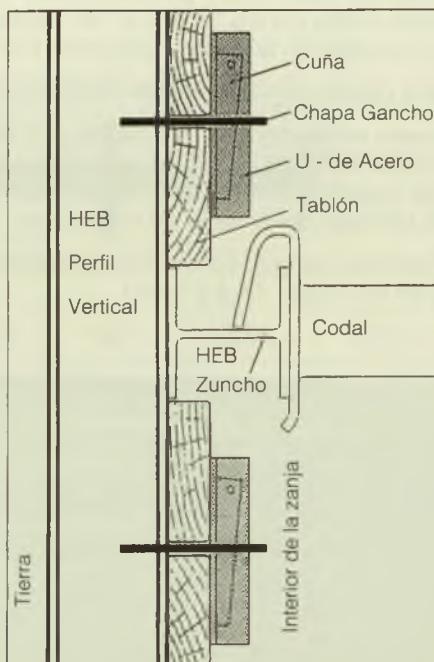


Fig. 16. Detalle de Acodalamiento

Consiste en intercalar una doble T entre los tablones horizontales y colocar los codales que sean necesarios según los empujes del terreno.

Los troncos se acodalaban con cuñas y mazas. Más tarde, se comenzó a practicar en uno de sus extremos, una cavidad para embutir una cabeza ajustable. Existen en el mercado cabezas ajustables de 15 a 50 cm. y las máquinas para hacer las cavidades en los troncos de diámetros comprendidos entre 20 y 40 cm. (Fig. 17).



Fig. 17. Máquina para hacer cavidades a los troncos y alojar las cabezas de los codales

	peso aprox. kg	ajuste cm	carga admisible kN	denominación
	23	15-50	150	Gi-Ho/S

Evidentemente, los codales de madera tienden a desaparecer y se van sustituyendo por codales de acero con rosca en un extremo.

Si el apriete se hace contra perfiles doble T, los codales tienen unas uñas para colgarlos de los perfiles. Si los codales están contra tablones, las placas de apoyo están dotadas de esquinas ligeramente curvadas, que se incrustan en aquéllos, fijándolos e impidiendo su deslizamiento y caída.

Existe una gama muy extensa de codales, para diversas anchuras de zanja y cargas admisibles.

En Alemania es preceptivo que desde el 1 de Enero de 1982 los codales lleven el símbolo TBG (TIEFBAU BERUFS GENOSSENSCHAFT), según DIN 4124. Los inspectores de obras cuidan especialmente este aspecto, porque significa una garantía de calidad, al estar sometidos a revisiones y controles continuos, en los laboratorios oficiales de ensayo de materiales.

En las grandes zanjas, se emplean codales apoyados en tablones de 14/16 cm. o perfiles H, tal y como aparece en las (Figs. 18-A y 18-B).

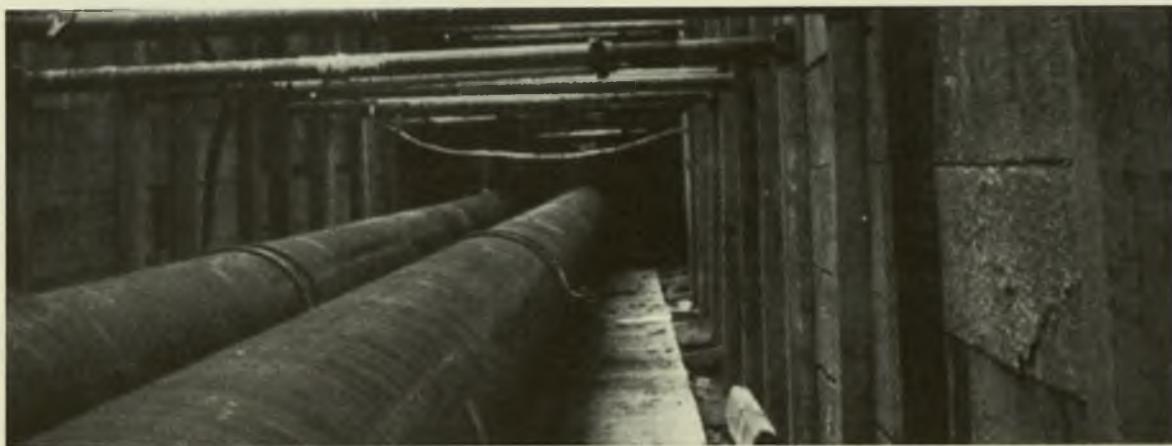


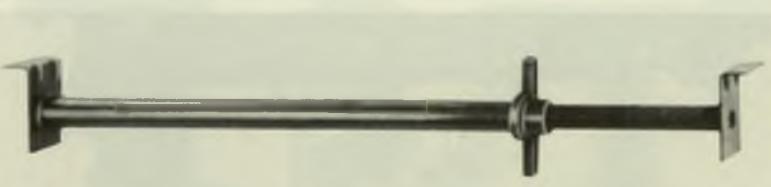
Fig. 18-A. Codales sobre tablones



Fig. 18-B. Codales sobre perfiles metálicos H

Admiten cargas entre 72 y 100 kN. El husillo roscado es de 60 cm. útiles, de longitud.

Los codales de la (Fig. 19) son más manejables y, consiguientemente, sus cargas son menores: de 38 a 63 kN.



marca	peso kg	ajuste cm	carga admisible kN	denominación
TBG 3-GI-L	8	70-117	63-48	TI 48/120
	10	90-150	61-45	TI 48/150
	13	120-210	60-38	TI 48/210

Fig. 19. Codales ligeros para cargas de 38-63 KN.

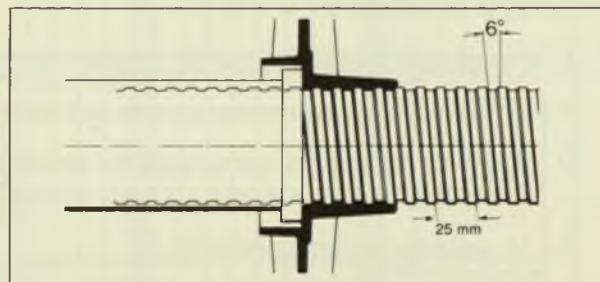
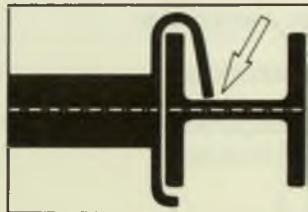
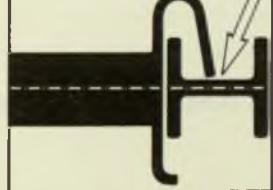
En pequeñas excavaciones, que no por ello están exentas de peligro, se emplean los codales "terra", que se fijan bien a la madera. Cargas admisibles desde 22 kN hasta 38 kN. (Fig. 20).



tornapunta "terra" según DIN 4124 con placas garra	peso kg	ajuste cm	carga admisible kN	deno- minación
marca TBG 3 - terra	2,1	30	-	terra Spindel
32 Ø 500	3,6	50-80	38-30	terra Gr. 1
70 450 42 Ø	4,0	60-90	36-29	terra Gr. 1a
70 550 42 Ø	4,6	80-110	34-29	terra Gr. 2
70 750 42 Ø	5,5	110-140	29-23	terra Gr. 3
70 1050 42 Ø	6,5	140-170	26-22	terra Gr. 4
70 1350 42 Ø				

Fig. 20. Codales ligeros para cargas de 22 a 38 KN

Para las cargas importantes existe una gama de codales con cabeza autocentrada y adaptada a perfiles H de 140 a 240 mm., sin posibilidad de que la cabeza se desplace de su posición correcta. Los tornillos y los tubos son intercambiables. La rosca es de paso rápido: 25 mm. Longitudes entre 100 cm. y 450 cm. Cargas entre 138 kN y 252,7 kN. (Fig. 21).



Cabeza para vigas H 140/240 mm según DIN 4124	husillo tubular	peso kg	ajuste cm	carga admis. kN	Denominación
Marcas TBG 3-Gi-S TBG 3 Gi-SV	74 mm Ø	15	70	-	Gi-S Spindel
	108 mm Ø	29	100-170	210.0-177.3	Gi-S-170
	108 mm Ø	34	140-210	184.4-156.1	Gi-S-210
	108 mm Ø	40	190-260	176.3-139.7	Gi-S-260
	108 mm Ø	45	240-310	156.8-138.1	Gi-S-310
	120 mm Ø	112	310-380	252.7	Gi-SV-380
	120 mm Ø	130	380-450	252.7	Gi-SV-450

Fig. 21. Codales con cabeza autocentrada para cargas importantes

La presión del terreno activa horizontal e_{ah} en kN/m^2 , en función de la profundidad de entibación, se calcula según la expresión establecida por la TBG.

$$e_{ah} = 1,2 K_{ah} \cdot (0,6 \cdot \gamma \cdot H + p) - 2c' \sqrt{K_{ah}}$$

En la que son valores fijos:

$$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$$

$$K_{ah} = 0,4058 \text{ (coeficiente)}$$

$$p = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 7,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (cohesión del suelo)}$$

y es variable la profundidad de entibación H .

En el capítulo dedicado a la entibación DOBLE GUIA se dan valores de la presión del terreno, según profundidades de entibación.

El empleo de los codales se debe regir por normas elementales:

- 1.- Limitar su uso a la finalidad para la que están fabricados.
- 2.- Antes de colocarlos, comprobar su estado y asegurarse de que están en buenas condiciones.
Desechar los que presentan golpes, grietas, abolladuras.
- 3.- No exceder la carga admisible.
- 4.- Evitar que trabajen con cargas adicionales, apoyadas o colgadas.
- 5.- Los extremos roscados se colocarán alternadamente evitando que las zonas articuladas y por tanto más delicadas, se encuentren en la misma vertical.
- 6.- Procurar que las cargas transmitidas a los codales sean lo más centradas posible. Las placas de apoyo deben contactar completamente con las vigas. Si no es así, emplear cuñas de madera.
- 7.- La superficie de los codales debe estar limpia, de manera que se detecten fácilmente posibles deterioros. Las roscas deben estar engrasadas y los tubos bien protegidos por pintura antioxidante.

La (*Fig. 22*) representa una entibación "Berlinesa" actual, a la ya importante profundidad de 8,5 m, con perfiles HEB cada 1,43 m. Obsérvese el empotramiento de 2,0 m en el fondo de la zanja y la altura de 1,95 m del codal inferior, para liberar el tubo.

La sección lateral de la entibación "Berlinesa" de la (*Fig. 23*), nos muestra una disposición con tablones de 4,5 m de longitud.

Nótese en la (*Fig. 23*) que un sólo cerrojo sujet a un tablón y a su inmediato superior o inferior. Deben colocarse sendos cerrojos en los extremos de ambos tablones. En los perfiles intermedios, así mismo, un sólo cerrojo sujet a dos tablones. Sobre el perfil o perfiles intermedios, se colocarán cerrojos, enganchándolos a una u otra ala, alternadamente.

Según las cargas existentes, se colocarán dos o tres codales en una longitud de 4,5 m, separados en altura 1,7 m, aproximadamente.

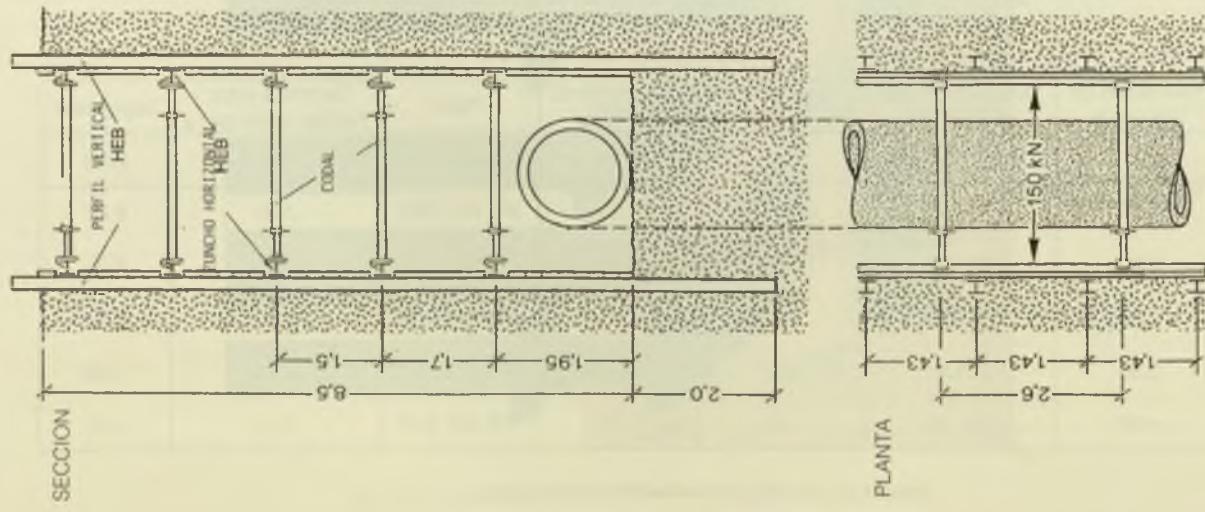
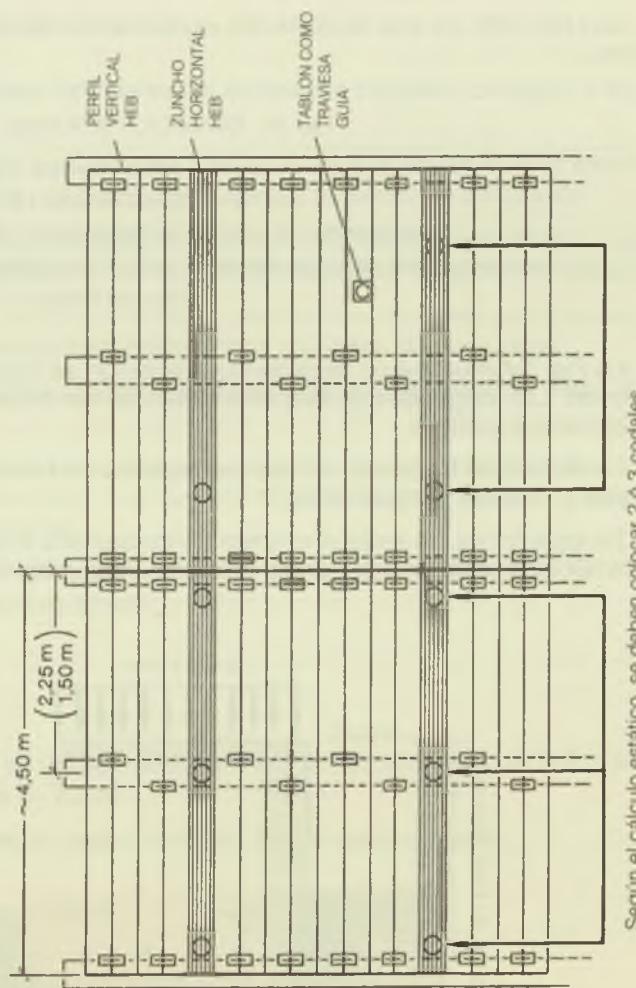


Fig. 22. Enibación BERLINESA actualizada



Según el cálculo estático, se deben colocar 2 ó 3 cordales

Fig. 23. Sección lateral de una enibación Berlinesa

La (Tab. VII), es una recopilación experimental de datos prácticos obtenidos en distintas obras, últimamente.

Tab. VII. ENTIBACION BERLINESA. DATOS PRACTICOS

$$a = 2,25 \text{ m. Cerrojos : } 1,4 \text{ uds/m}^2$$

$$a = 1,50 \text{ m. Cerrojos : } 1,8 + 2,0 \text{ uds/m}^2$$

Rendimiento con tablones de 23/7/450 cm.: 150 uds. por día, con 4 operarios.

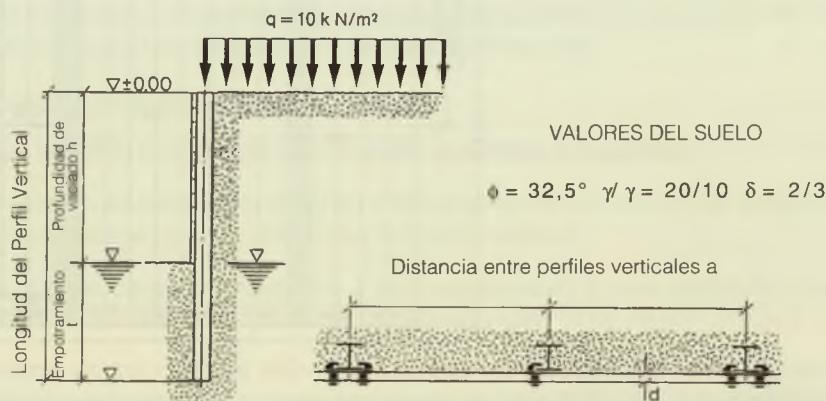
Los cerrojos son válidos para tablones de 5 a 8 cm. de espesor y para perfiles HEB de 100 a 280 mm.

Peso del cerrojo = 3,7 Kg.

La Fig. 24, muestra un vaciado cuya sujeción se hace mediante una sola cara "Berlinesa" empotrada en el fondo. Las longitudes de empotramiento se han establecido en función de los valores del suelo y la carga sobre la superficie.

La entibación Berlinesa es muy manejable y se adapta con facilidad a espacios reducidos con conducciones y tuberías transversales.

De esta forma, se evita el empleo de maquinaria importante, que, a veces, no es posible utilizar en algunos núcleos urbanos, tales como el casco antiguo de algunas ciudades.



Profundidad de Vaciado h [m]	Momento Flector de cada viga [kNm]	Longitud del Perfil Vertical L [m]	Empotramiento t [m]	Perfil Denominación	Distancia entre Perfiles Verticales a [m]	Tablones d [cm]
2,00	86,25	5,93	3,93	IPB 200 St37	3,00	8,00
2,50	146,19	6,94	4,44	IPB 240 St37	2,75	8,00
3,00	183,45	7,65	4,65	IPB 260 St37	2,50	8,00
3,50	268,33	8,57	5,07	IPB 300 St37	2,50	8,00
4,00	301,06	9,50	5,50	IPB 320 St37	2,00	8,00

Fig. 24. Entibación a una sola cara

8.3. Blindajes Ligeros

Englobamos en este capítulo a los sistemas modulares de entibación cuajada, de acero y aluminio, de manejo manual o con pequeñas máquinas.

No deben confundirse los blindajes ligeros con aquellas entibaciones que en las NTE se llaman ligeras (ver NTE, 3 ADZ) y que constan en la práctica, de dos simples franjas o niveles de entibación.

Los que de ahora en adelante, llamaremos blindajes ligeros son dos planchas de acero o aluminio acodadas entre sí, formando un módulo de entibación transportable manualmente, o con minipalas excavadoras.

De modo que, los blindajes ligeros, son auténticas entibaciones cuajadas de poco peso.

Podemos preguntarnos, por qué distinguimos los blindajes ligeros de la entibación berlinesa descrita en el capítulo anterior.

Efectivamente, la entibación berlinesa es un blindaje ligero, tal como ha quedado definido, pero sus componentes no constituyen un módulo de entibación, sino que son sueltos, normalmente de menor tamaño, y su manejo podemos calificarlo de más artesanal.

Por ello, consideramos que los blindajes ligeros, son una fase evolutiva en la industrialización de la técnica de la entibación, y les dedicamos un capítulo aparte.

8.3.1. *Blindaje ligero de acero*

Un módulo de blindaje ligero de acero, se compone de dos planchas cortantes de 2,5 m ó, como máximo de 3,0 metros de longitud y altura 1,6 m ó 2,0 m.

Cada dos planchas, se acodan entre sí con cuatro codales, dos en cada extremo.

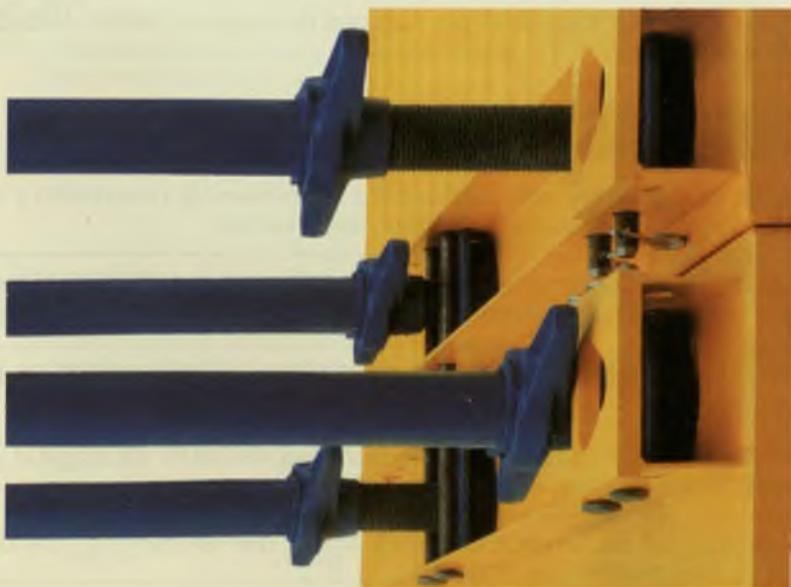


Fig. 25. Apoyo elástico de los codales sobre las planchas de blindaje

El apoyo de los codales, sobre las planchas, debe ser elástico, sobre rodajas de caucho endurecido, para permitir cierto grado de articulación con la plancha de blindaje. Articulación que es favorecida por la sujeción entre plancha y codal, mediante dos bulones que fijan el apoyo. (Fig. 25).

Cuando la profundidad de la zanja lo requiera, se sobrepondrá un módulo o dos, sobre el cortante del fondo.

La altura de las planchas sobrepuertas es de 0,6 m y se acodalan entre sí, con dos codales, uno en cada extremo.

Los codales del mercado permiten unas anchuras de zanja entre 0,65 m y 2,1 m.

Por su condición de blindaje ligero, las cargas admisibles del terreno se han limitado a 17,5 kN/m².

El diámetro del tubo que se puede poner en el fondo de la zanja, por debajo de los codales más profundos, es de 1,0 m.

Las paredes del blindaje se han reducido a 6 cm de espesor, para limitar en lo posible, la anchura de la excavación.

La (Fig. 26) muestra un blindaje ligero de acero, con un módulo cortante y otro sobrepuerto.

Es de resaltar la resistencia de este tipo de entibación, aún bajo su denominación de blindaje ligero.

8.3.2. *Blindaje ligero de aluminio*

El manejo de las unidades de blindaje de acero, incluso los ligeros, es especialmente difícil en el ámbito urbano. Supone unas servidumbres engorrosas y caras.

Otras veces, es, sencillamente imposible, por razones de espacio, tráfico, falta de altura, paso de líneas eléctricas o telefónicas y otras.

Por ello, se han diseñado los blindajes ligeros de aluminio (ALU) que permiten un manejo manual o con máquinas pequeñas.

Los blindajes ligeros ALU son muy adecuados para la instalación, reparación y mantenimiento de todo tipo de servicios urbanos, acometidas de agua, gas y electricidad.

Los blindajes de aluminio se pueden transportar en furgonetas y se manejan a mano. Dos hombres pueden transportar una unidad de blindaje compacta, ya que su peso es de 85 Kg. aproximadamente.

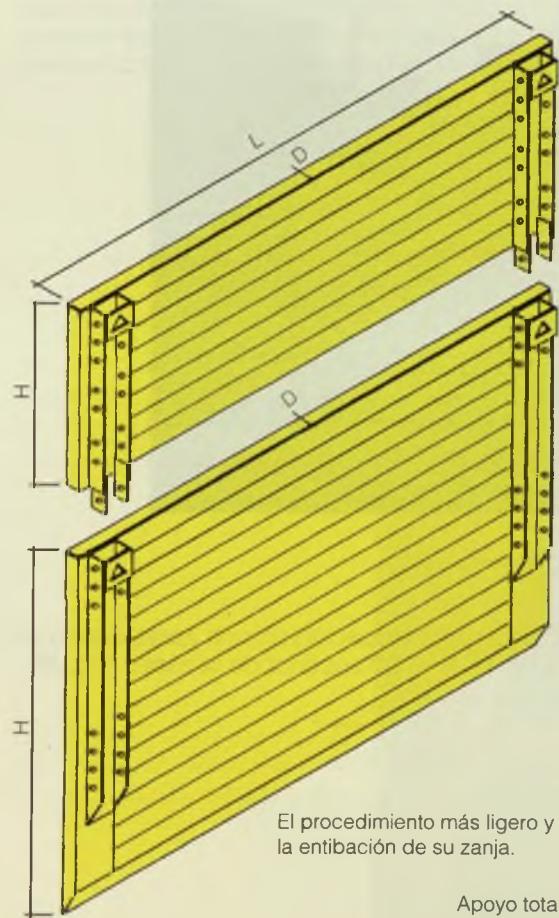
Si se usan pequeñas máquinas para su manejo, se emplean eslingas y cintas de poliéster con ganchos de seguridad.

Un módulo de blindaje ALU, se compone de dos planchas de 3,0 m. de longitud y 0,5 m. de altura, acodaladas entre sí mediante dos codales, uno en cada extremo.

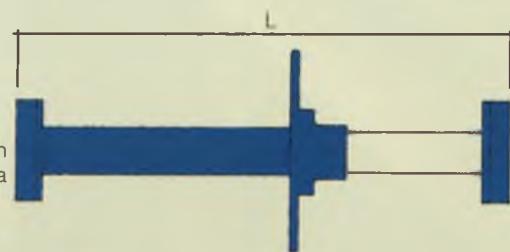
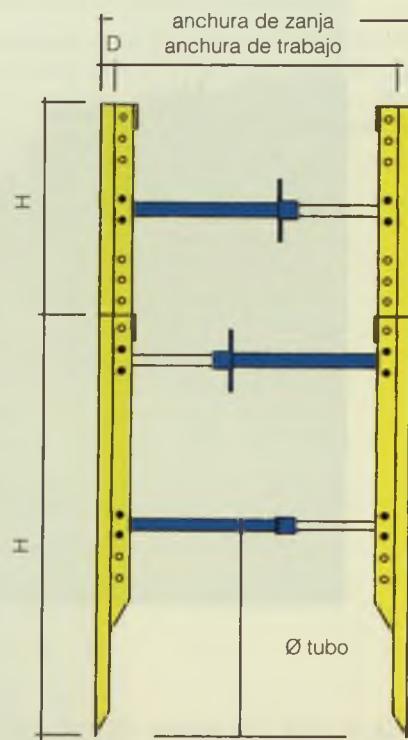
La unión vertical entre planchas, se hace con unas eclisas que les permiten cierto grado de inclinación, para poder adaptarse a las paredes de la zanja.

La luz libre horizontal entre codales es de 2,8 m.

BLINDAJE LIGERO DE ACERO



Apoyo total y elástico del codal en perfil de la plancha



Longitud Plancha	Altura plancha	Peso
3000 mm	1600 mm	782 kg
3000 mm	2000 mm	904 kg
3000 mm	600 mm	310 kg
2500 mm	1600 mm	692 kg
2500 mm	2000 mm	806 kg
2500 mm	600 mm	380 kg

Tipo de codal	Anchura zanja	Anchura trabajo
A	650-850 mm	530-730 mm
B	840-1190 mm	720-1070 mm
C	1180-1780 mm	1060-1660 mm
D	1500-2100 mm	1380-1980 mm

Fig. 26. Blindaje ligero de acero



Fig. 27. Blindaje ligero de aluminio manejado manualmente

En la (Fig. 27) vemos el manejo de las planchas de aluminio y su colocación en una zanja donde se aplicó el criterio de que, según DIN 4124, la entibación sólo se hizo en el tercio superior de la zanja. (Fig. 28).

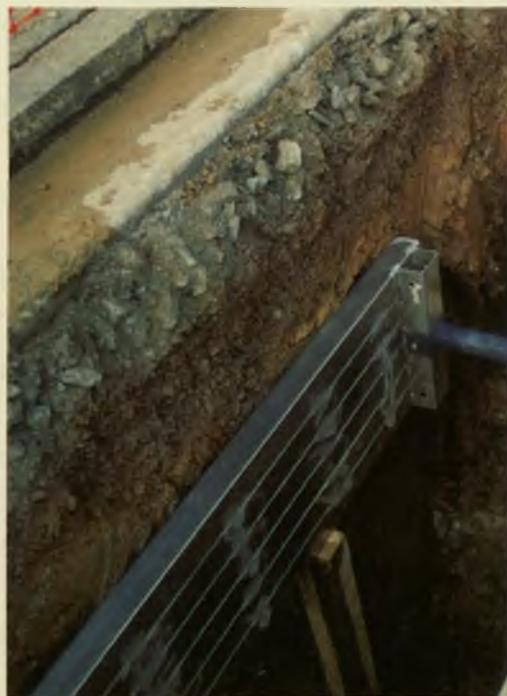


Fig. 28. Zanja con blindaje ligero de aluminio.
Entibación parcial

La profundidad de ésta era de 1,75 m. y en su fondo se colocó una conducción eléctrica.

Si hay peligro de desprendimiento en los bordes de la excavación, o, por la proximidad de zonas peatonales, deben protegerse dichos bordes superiores y colocar barandillas u otra protección colectiva que impida caídas de personal al interior de la zanja. Debe tenerse especial cuidado con los niños, que pueden pasar por debajo de barandillas, que aún siendo eficaces para los adultos, no suponen ninguna protección para los menores. (Fig. 29).



Fig. 29. Protección colectiva con balaustres y barandillas para evitar la caída de personal al interior de las zanjas

El material que se emplea en la fabricación de los blindajes de aluminio es de alta resistencia y, naturalmente, resistente a la corrosión.

Los codales permiten una anchura de zanja entre 0,65 m y 2,1 m.

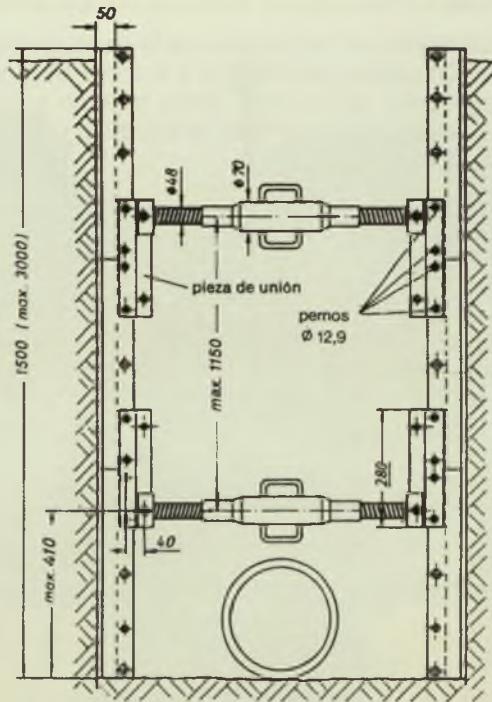


Fig. 30. Sección de una zanja con blindaje de aluminio

La (Fig. 30) representa un blindaje ALU cubriendo totalmente las paredes de la zanja. La máxima profundidad permitida es de 3,00 m. El peso del conjunto es de 600 Kg. por lo que puede moverse con máquinas pequeñas. Para el izado se usan eslingas de poliéster con ganchos de seguridad. (Fig. 31).

El empuje del terreno admisible es de 17,5 kN/m².



Fig. 31. Eslingas de poliéster con ganchos de seguridad para el izado de blindajes de aluminio

8.4. Cajones de Blindaje Robust Box

8.4.1. Descripción y características

El blindaje de acero del tipo ROBUST BOX, ofrece una elevada resistencia a los empujes del terreno, tanto por la rigidez de sus planchas como por la solidez de sus codales mecanizados.

Como en el caso de los blindajes ligeros de acero, el módulo de blindaje ROBUST BOX, se compone de dos planchas de acero cortantes, acodaladas entre sí, con dos codales en cada extremo.

Las planchas están enmarcadas en un bastidor de acero reforzado, que aumenta su rigidez y resistencia a los golpes. Entre dos chapas de la plancha, hay nervios soldados a ambas, que le dan solidez sin aumentar, excesivamente, su peso. Cada fabricante desarrolla su propia tecnología y se esfuerza por ofrecer al mercado sus avances.

Los codales se unen a las planchas de blindaje con unas articulaciones elásticas provistas de dos muelles helicoidales, que permiten a aquéllos, que su incidencia sobre las planchas, no deba ser necesariamente perpendicular.

De este modo, empujando hacia abajo una de las planchas, con el cazo de la excavadora, se clava en el terreno y su desfase respecto a la otra puede ser del orden de 50 cm. La misma operación en el otro lado, simultaneando con la extracción del suelo del interior de la zanja, permite un avance rápido y seguro de la excavación y blindaje hacia abajo, hasta alcanzar la profundidad requerida.

La (Fig. 32) muestra el apoyo de los codales sobre las planchas, a través de las articulaciones elásticas.

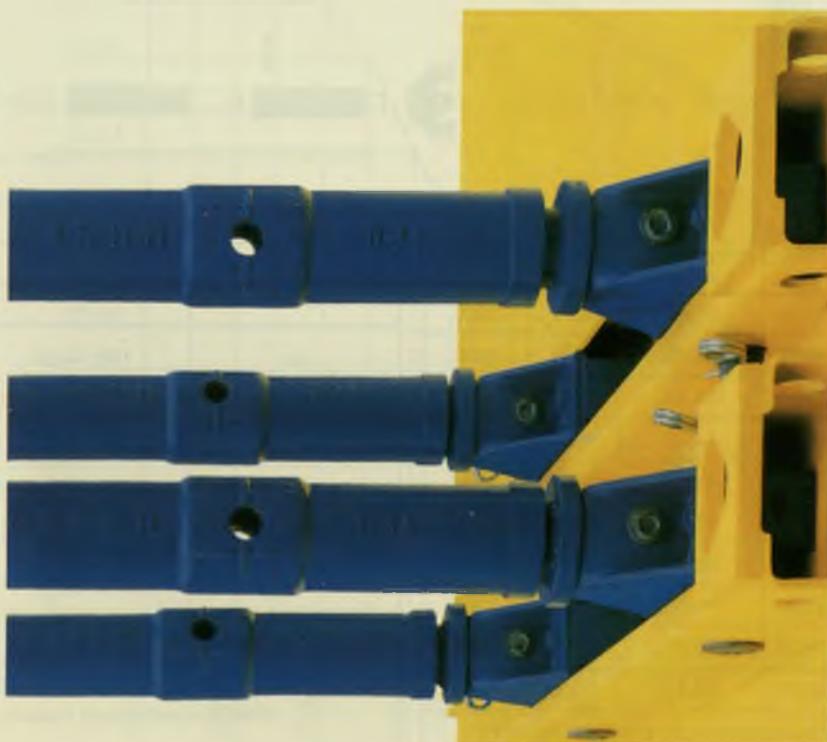
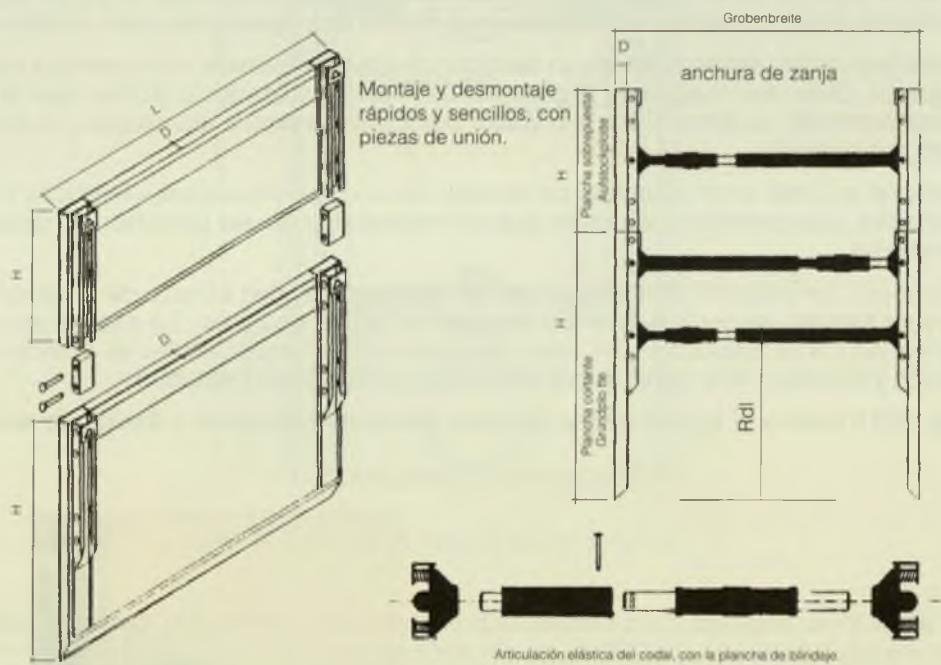


Fig. 32. Blindaje Robust-Box. Apoyo de codales sobre planchas a través de articulaciones elásticas

La (Fig. 33) es una perspectiva del blindaje ROBUST BOX y una sección del mismo.

Las distintas dimensiones de las planchas se indican en la tabla, así como sus pesos, presiones admisibles del terreno y los diámetros y longitudes de los tubos que es posible colocar en el fondo, sin necesidad de mover los codales.

Las planchas presentan unas guías por las que se pueden deslizar los codales para regular su altura.



Long. de Plancha	Altura de Plancha	Peso (kg)	Presión adm. (kN/m ²)	ø tubo mm	Long. Tubo mm
3000	2400	1800	51,60	1550	2600
3000	2600	1885	51,60	1550	2600
3500	2400	2015	44,23	1550	3100
3500	2600	2100	44,23	1550	3100
3700	2400	2080	41,84	1550	3300
3700	2600	2180	41,84	1550	3300
4000	2400	2220	38,70	1550	3600
4000	2600	2330	38,70	1550	3600
3000	3500	2825	39,80	2000	2600
3500	3500	3140	34,13	2000	3100

Las planchas sobreuestas son de 1400 mm de altura

Alargador de codal	Anchura zanja (mm)	Anchura trabajo (mm)
Sin	1180-1490	978-1288
300	1480-1790	1278-1588
500	1680-1990	1478-1788
1000	2180-2490	1978-2288
hasta max.3000	4180-4490	3978-4288

Pueden combinarse hasta 8 alargadores

Fig. 33. Perspectiva, sección y características del blindaje Robust-Box

El codal de los blindajes ROBUST BOX por su elevada resistencia es el mismo que para la entibación con tablestacas ligeras y para la entibación con planchas deslizantes sobre DOBLE GUIA.

El codal consta de un mecanismo básico o pieza mecanizada de gran resistencia, en cuyo interior y, por tanto, bien protegido, está el núcleo roscado que, según el sentido en que se le haga girar a la carcasa, aumenta o disminuye su longitud, en unos 30 cm. Para ello, se emplea una barra de accionamiento transversal. En la carcasa debe estar indicado el sentido de accionamiento.

Para conseguir anchuras de zanjas hasta de 5,0 m se intercalan alargadores de codal entre el mecanismo básico y la articulación, con un sistema de conexión rápida.

Los codales y las planchas deben estar homologados oficialmente. En el ejemplo que vamos a dar, han superado los ensayos del T.U.V., Technischer Überwachungs Verein, de Baviera, según el Diagrama de cargas de la (Fig. 34).

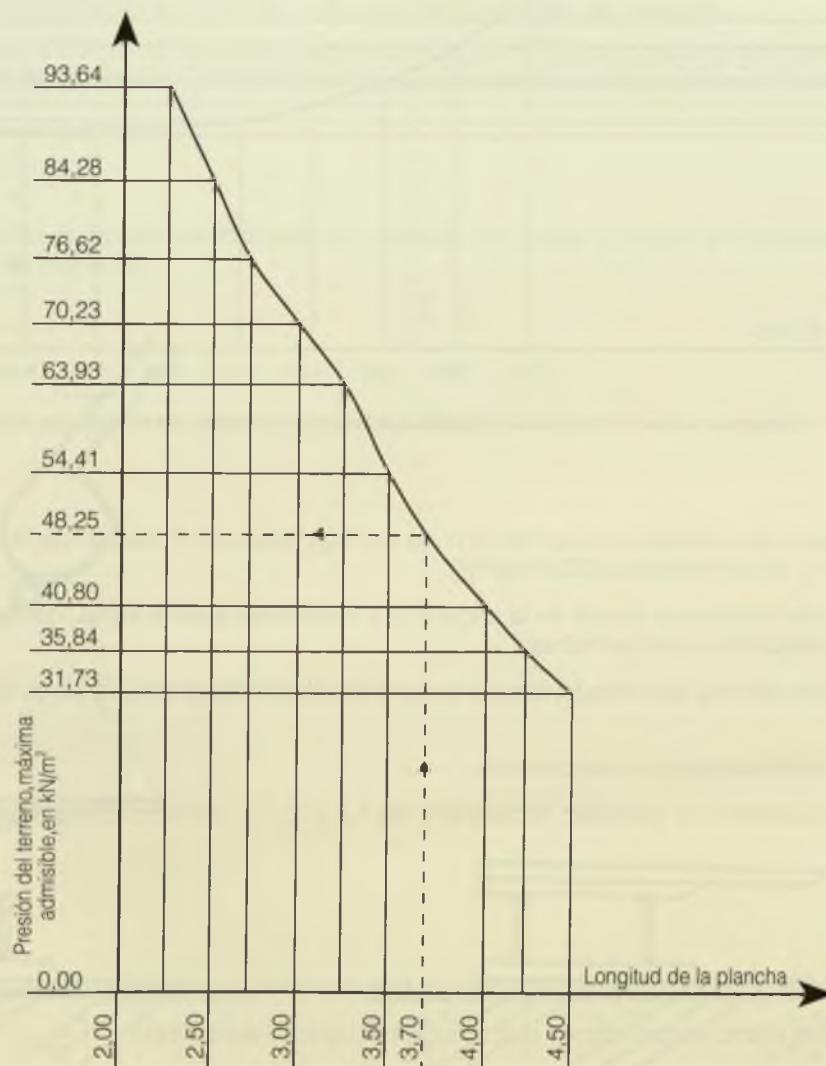


Fig. 34. Ejemplo de diagrama de cargas homologado oficialmente en Alemania

Para relacionar la profundidad de la zanja, según criterios de la TBG y su anchura, con la carga ejercida por el terreno, en kN/m^2 , se ha establecido el diagrama de la (Fig. 35).

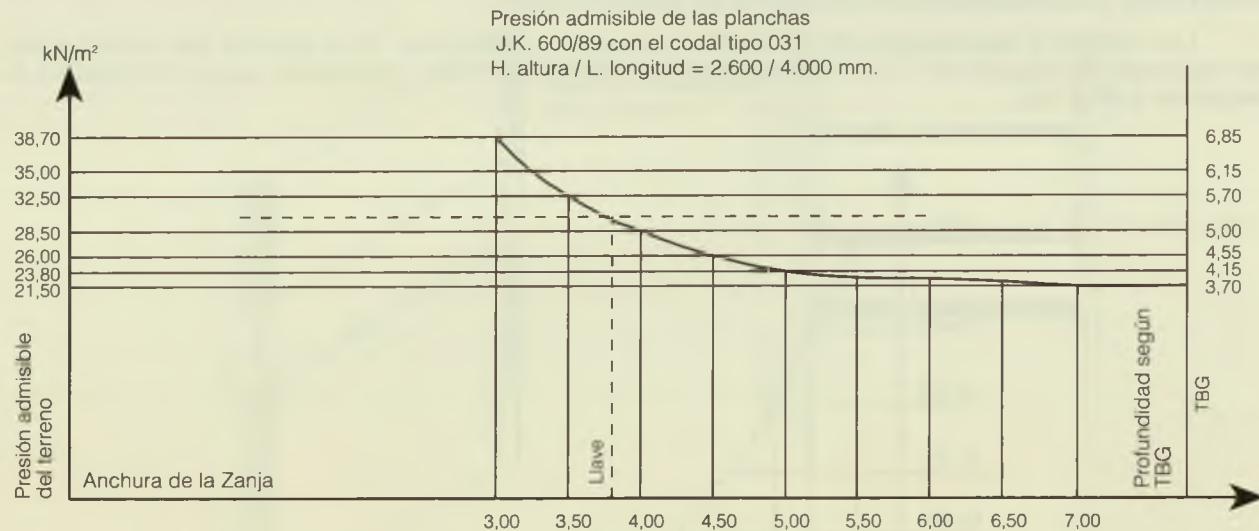


Fig. 35. Diagrama en el que se relaciona la profundidad de la zanja y su anchura con la carga ejercida por el terreno

En este caso, los codales son del tipo 031, lo que significa una limitación de la anchura de la zanja a 3,65 m. y a 5,20 m. de profundidad ($30,0 \text{ kN/m}^2$).

El módulo de blindaje se monta en la superficie y se introduce en la zanja, de manera que el personal siempre esté protegido al hacer su trabajo.

Este aspecto es muy importante, puesto que no se debe trabajar en una zanja sin la previa y adecuada entibación.

Los desprendimientos son inesperados.

Un módulo cortante de blindaje, Robust-Box de 4,0 X 2,4 m. pesa 2.220 kg. aproximadamente.

8.4.2. Montaje

El montaje de un módulo de blindaje Robust-Box se hace con una grúa o excavadora y sus fases son:

1º.- Situar la plancha cortante en el suelo, con las guías hacia arriba.

2º.- Presentar las cuatro articulaciones con muelles, dos en cada guía, para poder pasar los cuatro bulones de 40 mm. de diámetro y asegurarlos con pasadores clip.

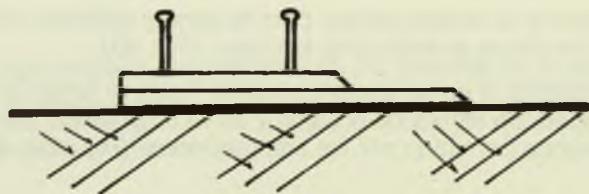


Fig. 36

3º.- Montar verticalmente, los cuatro mecanismos básicos de codal sobre las articulaciones con muelles y pasar los bulones de 20 mm. de diámetro, asegurándolos con pasadores clip. (Fig. 36).

4º.- Si son necesarios alargadores de codal se montarán de la misma manera, pero alternando su posición respecto a los mecanismos básicos, para una mejor estática del conjunto.

5º.- Sobre la segunda plancha se efectuará la operación n.º 2 y se colocará horizontalmente sobre la primera, haciéndola descender para conectar las articulaciones a los codales (Figs. 37 y 38).

8.4.3. *Introducción*

Una vez montado el módulo de blindaje se traslada a la zanja y según la naturaleza del suelo, se puede proceder de dos maneras:

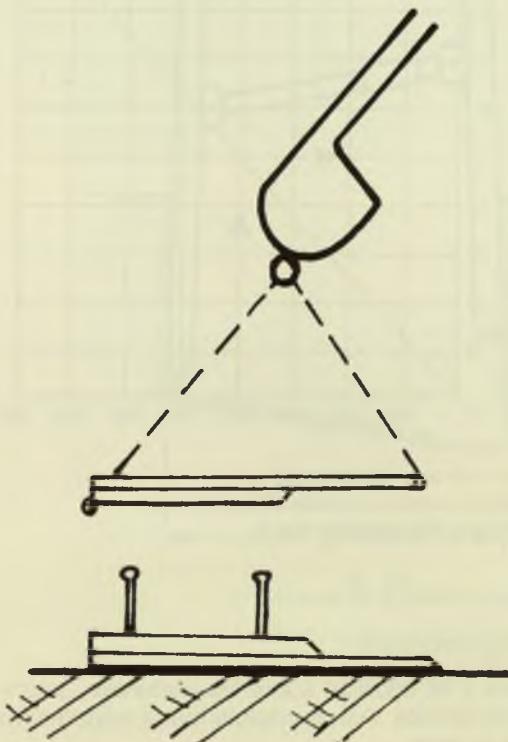


Fig. 37

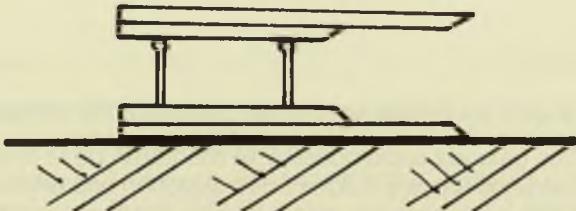


Fig. 38. *Cajón de blindaje montado*

a) Si el suelo es cohesivo y no ofrece peligro para la zona y edificios colindantes, se excava la zanja en toda su profundidad y se introduce el módulo de blindaje. (Fig. 39).

b) Si el suelo no es cohesivo, o no es posible excavar hasta el fondo de la zanja, se hace una excavación de 1,25 m de profundidad. Se introduce el cajón y se va empujando alternadamente sobre una y otra plancha, sin sobrepasar el avance permitido por las articulaciones. (Fig. 40 y 41).

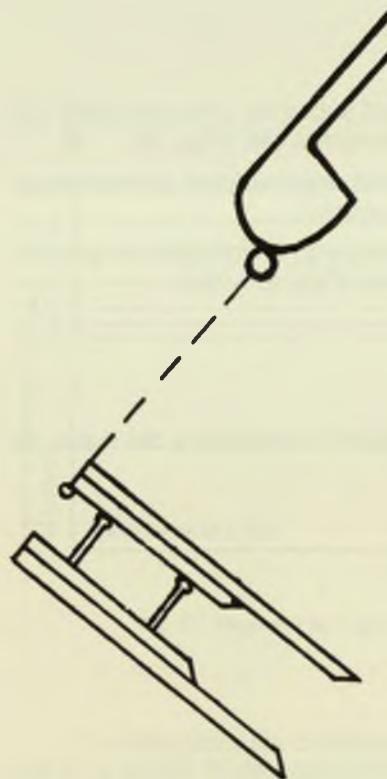
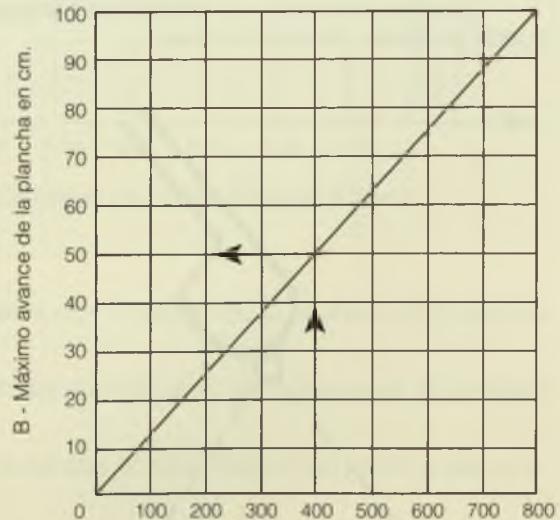
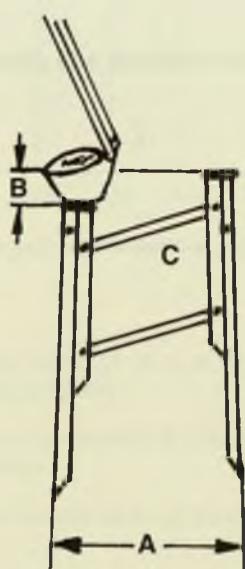


Fig. 39



A - Anchura de la zanja en cm.
B - Máximo avance de la plancha en cm.
C - Siempre más pequeño que A

Fig. 40

Si esto sucediera se podrían deteriorar los codales y las articulaciones.

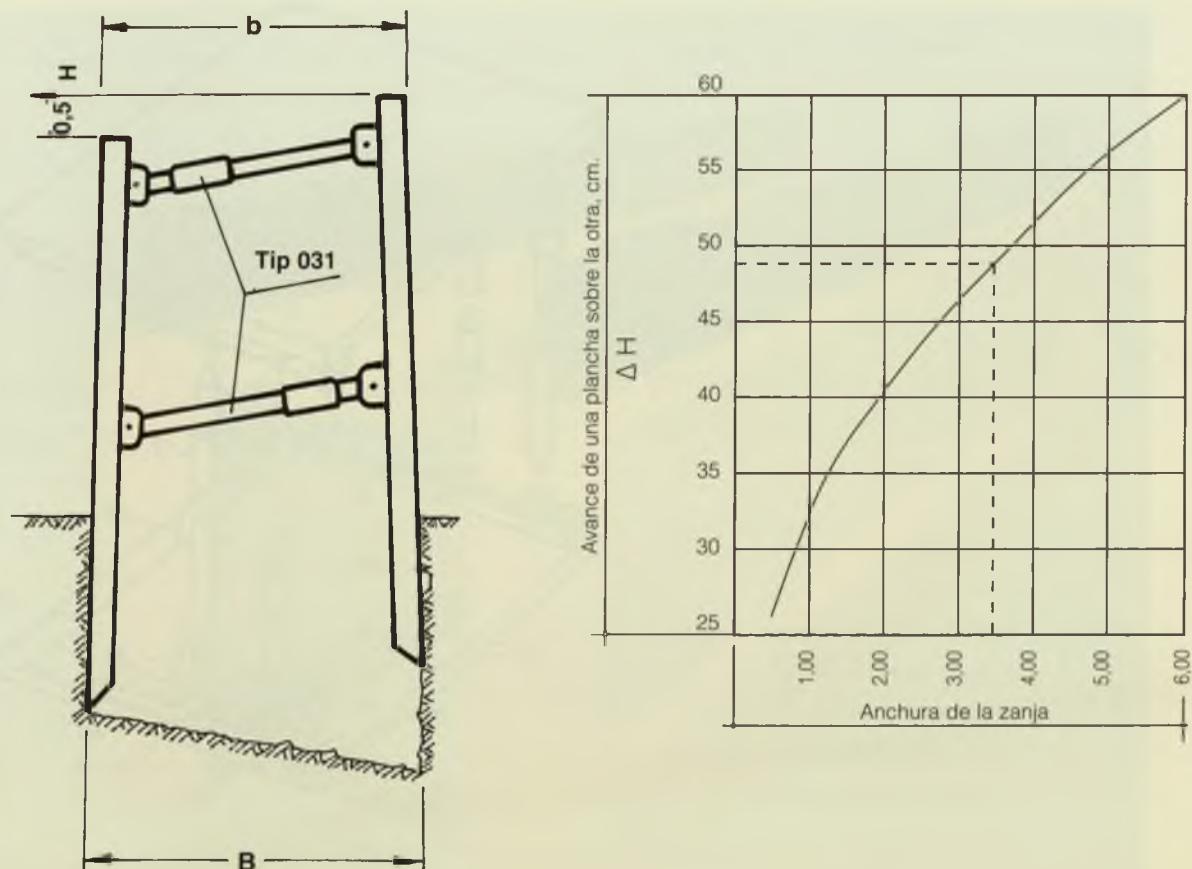
Los cajones superpuestos se montarán de la misma manera y se encajan sobre los cortantes, uniéndolos con unos tubos y bulones que suponen una articulación entre ambos. Así es posible cierta adaptación del blindaje a las paredes más o menos regulares y verticales de la zanja.

El borde superior del blindaje debe sobresalir 10 cm. sobre la cota del terreno.

8.4.4. Extracción

- 1.- Aflojar los husillos para separar las planchas de las paredes de la zanja.
- 2.- Rellenar una capa de 50 cm. de altura.
- 3.- Tirar del cajón hacia arriba la misma altura.
- 4.- Compactar.
- 5.- Repetir la operación hasta alcanzar la altura total.
- 6.- Extraer el cajón.

Se debe cambiar el sentido de la convergencia o divergencia de las planchas, accionando hacia el interior los codales inferiores.



H – Avance de la plancha respecto a la otra

b – Anchura de la entibación medida en la parte superior

B – Anchura de la entibación medida en la parte inferior de los cortantes

Fig. 41. Sección y diagrama de un módulo cortante máxima divergencia entre planchas. Diagrama del avance admisible de una plancha respecto a otra según la anchura de la zanja

8.4.5. Recomendaciones

Los codales inferiores se deben colocar tan bajos como sea posible.

Según la (Fig. 41) la dimensión B debe ser 3 cm. mayor que la b, si no hay edificios próximos. Si los hay, B debe ser 1,5 cm. mayor que b.

El diagrama de la misma figura representa al avance admisible según la anchura de la zanja, si se emplean los codales tipo 031.

La (Fig. 42) representa un cajón de blindaje y sus componentes principales.

ESQUEMA DEL CAJON DE BLINDAJE

- 1. Plancha
- 5. Articulación con muelles
- 6. Perno de 40 mm. Ø
- 8. Bloque de husillos
- 9. Perno de 20 mm. Ø
- 11. Tubo de codal intermedio

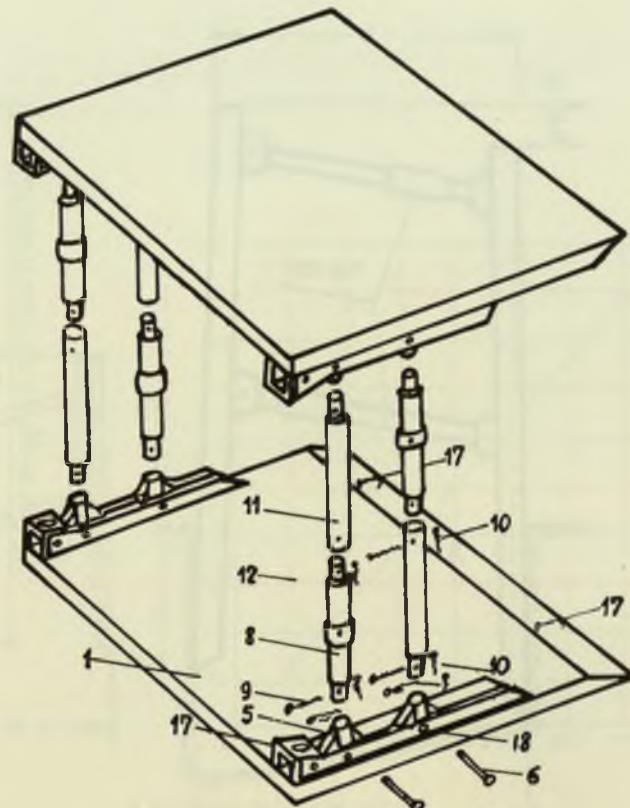


Fig. 42. Cajón de blindaje y componentes principales

8.5. Planchas con cámara y tablestacas ligeras

La entibación de zanjas con planchas con cámara y tablestacas ligeras, está considerada como la solución universal para entibaciones verticales, por su versatilidad y adaptación a los distintos terrenos y circunstancias.

Un módulo de blindaje consta de dos planchas con cámara y cuatro codales, dos en cada extremo.

En las cámaras están dispuestas unas guías adecuadas a los distintos tipos de tablestacas existentes en el mercado, que facilitan su deslizamiento vertical.

Las dimensiones de las planchas con cámara, son de 4,0 m. de longitud y 1,0 m. de altura.(Fig. 43).



Fig. 43. Planchas con cámara y tablestacas ligeras

El módulo de blindaje constituye una unidad compacta que se puede trasladar con la excavadora. (Fig. 44).

Incluso, si se cuenta con una máquina potente (5 toneladas), puede trasladarse el conjunto de módulos y tablestacas completo. Como se demuestra en las (Figs. 45 y 46).



Fig. 44. Módulo de blindaje

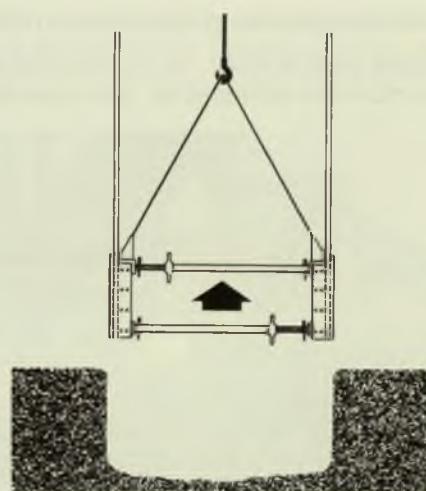


Fig. 45. Traslado del conjunto de módulo y tablestacas. Representación esquemática

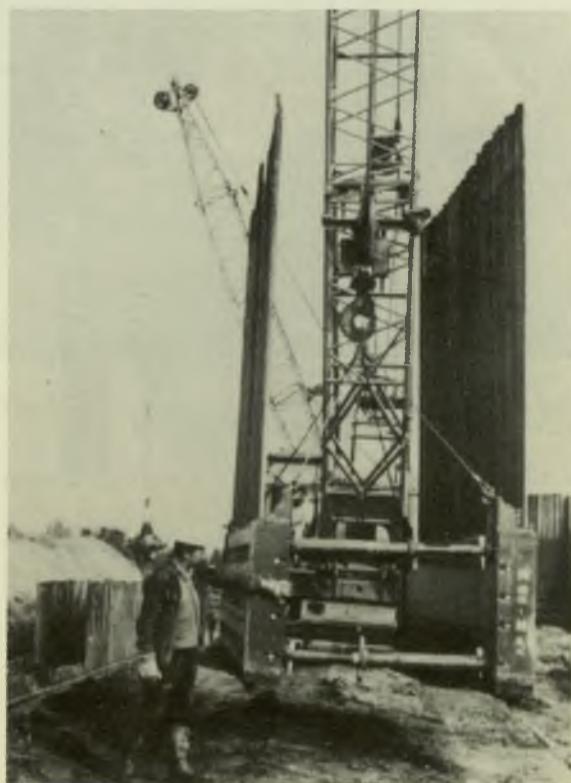


Fig. 46. Traslado del conjunto de módulos y tablestacas

Las tablestacas ligeras no precisan grandes golpes para su hincado.

Normalmente, la retroexcavadora es suficiente. Se va excavando en el interior de la zanja, al tiempo que se presiona con la cuchara sobre las tablestacas, para que desciendan. (*Fig. 47*).

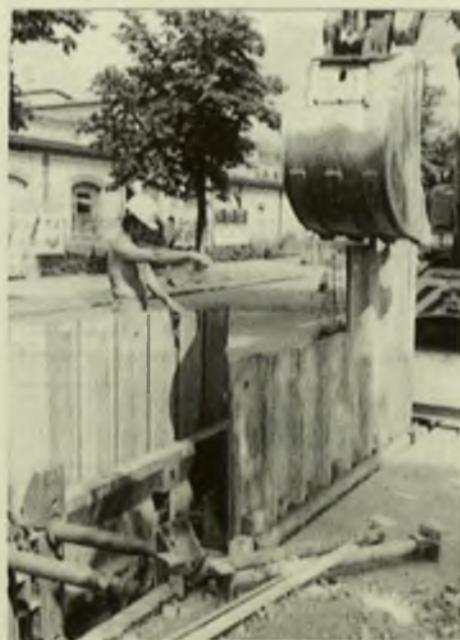
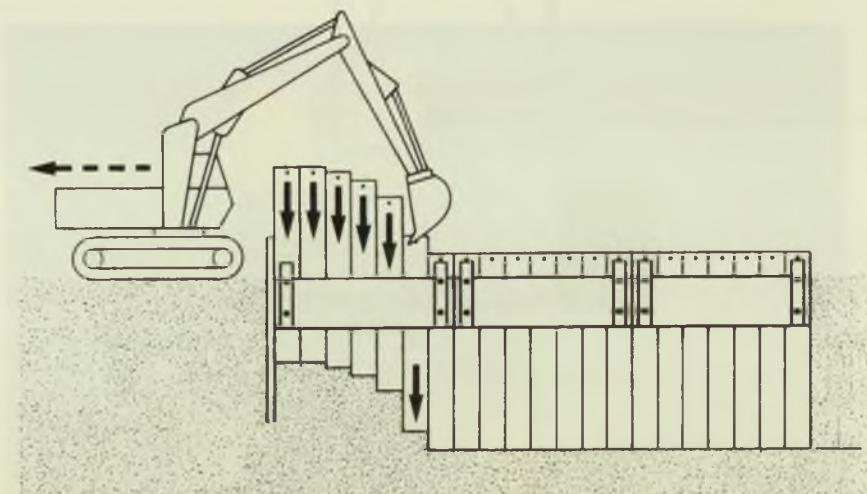


Fig. 47. Introducción de las tablestacas con la retroexcavadora

Si el terreno ofrece dificultades, será necesario una vibradora de alta frecuencia cuyo nivel de ruidos es mínimo y no produce golpeteos ni asentamientos peligrosos. (Fig. 48).



Fig. 48. Utilización de una vibradora de alta frecuencia en terrenos defícultos

Dedicamos más adelante un capítulo a dar unas ideas sobre las máquinas de vibración existentes en el mercado.

8.5.1. *Modo operativo*

1.– El módulo de blindaje de planchas con cámara se monta fuera de la zanja y se sitúa en una excavación previa, de profundidad 1,5 metros aproximadamente, acodalando las planchas contra el terreno. (Fig. 49).

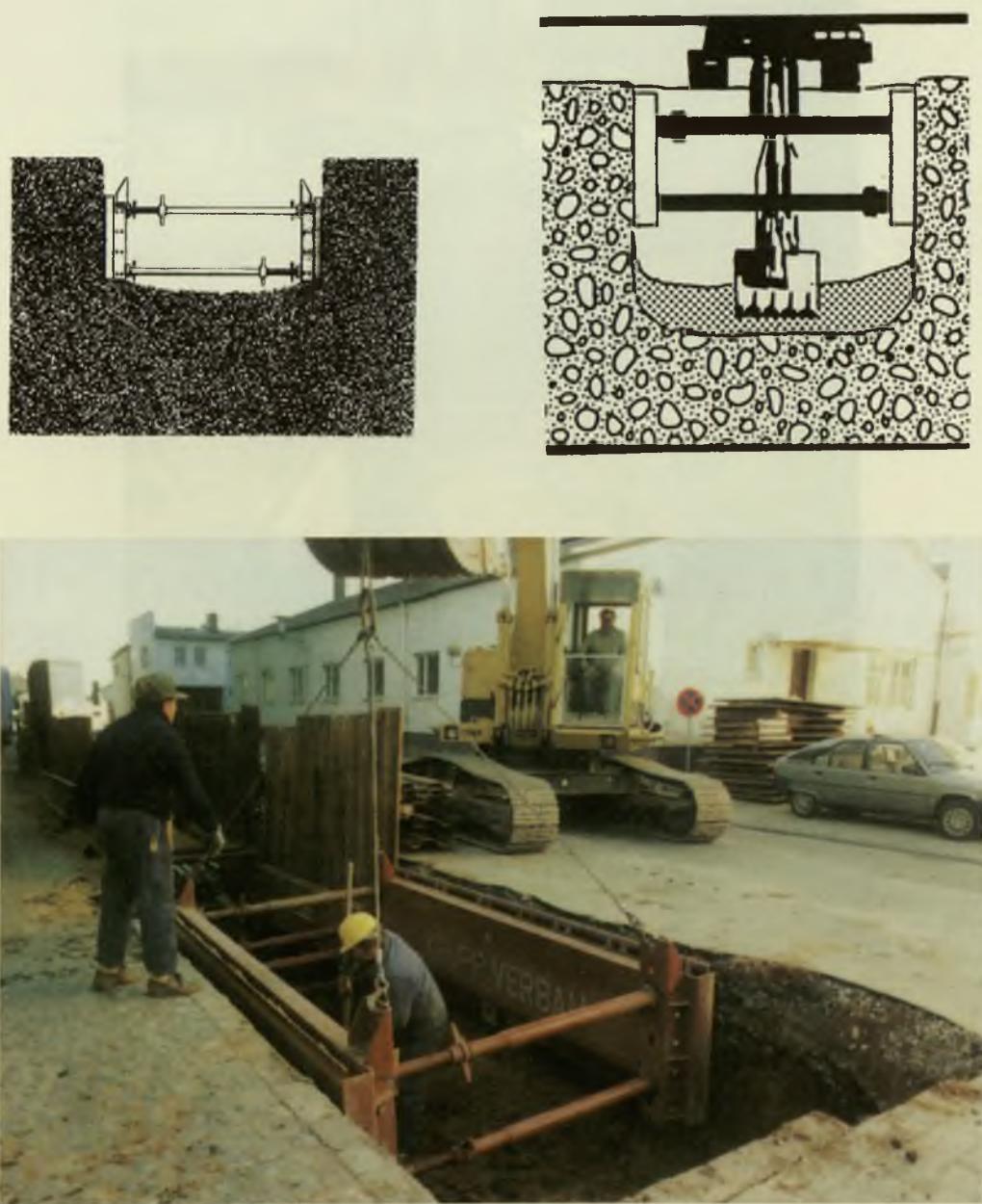


Fig. 49. Colocación del módulo de blindaje en la excavación previa

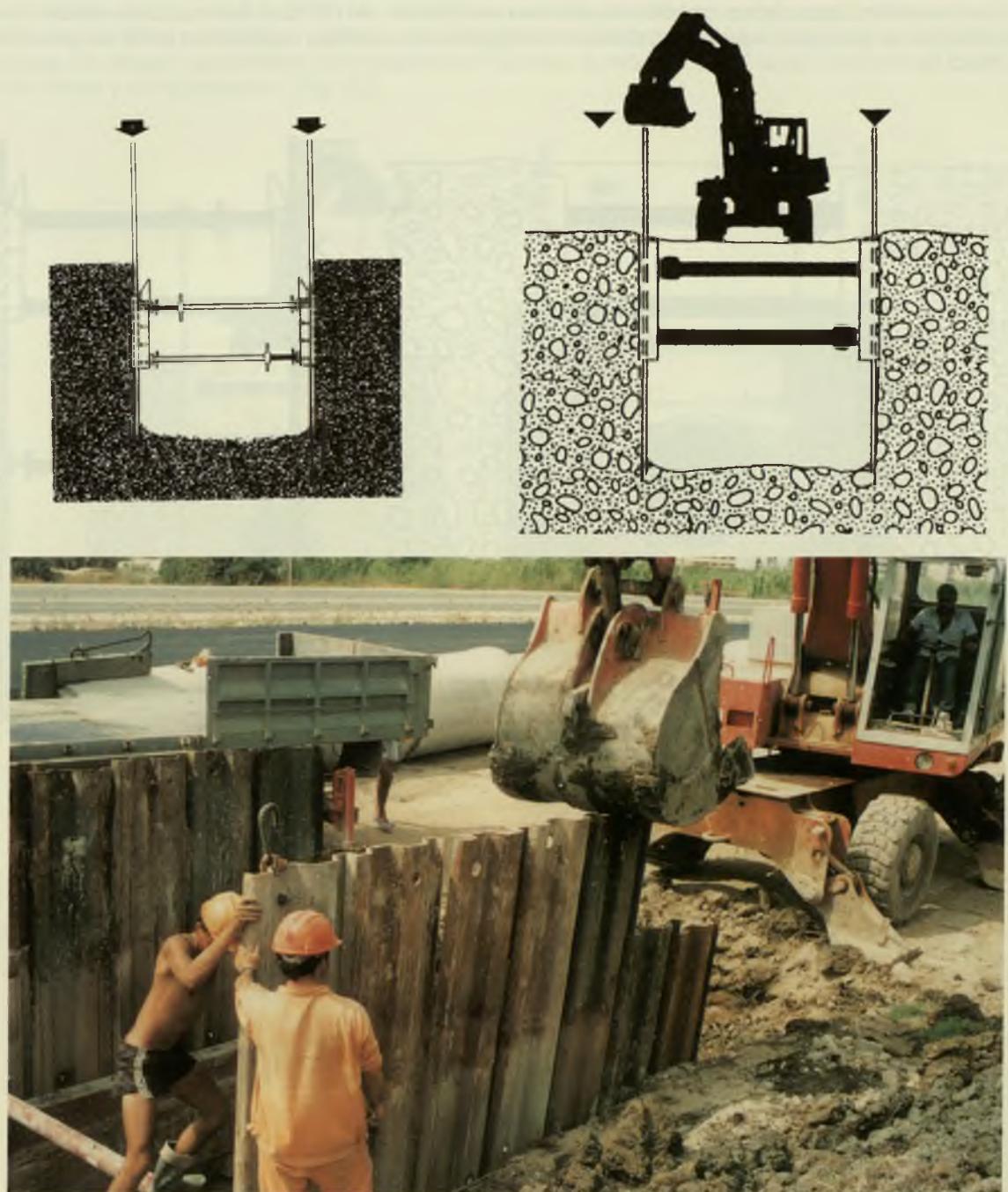


Fig. 50. Introducción de las tablestacas

2.- Levantar e introducir verticalmente las tablestacas ligeras en las cámaras de las planchas. Sujetando la tablestaca entre dos dientes de la excavadora, se empuja hacia abajo y hacia afuera de la zanja, hacia el lado de la tierra. Se excava hasta el fondo de la zanja. (Fig. 50).

3.- Las tablestacas deben quedar empotradas en el fondo, de 0,5 m. a 1,0 m. o bien, se debe montar un acodalamiento adicional, sobre unos perfiles H colgados de cadenas, sujetas a la parte superior del blindaje. (Fig.51).

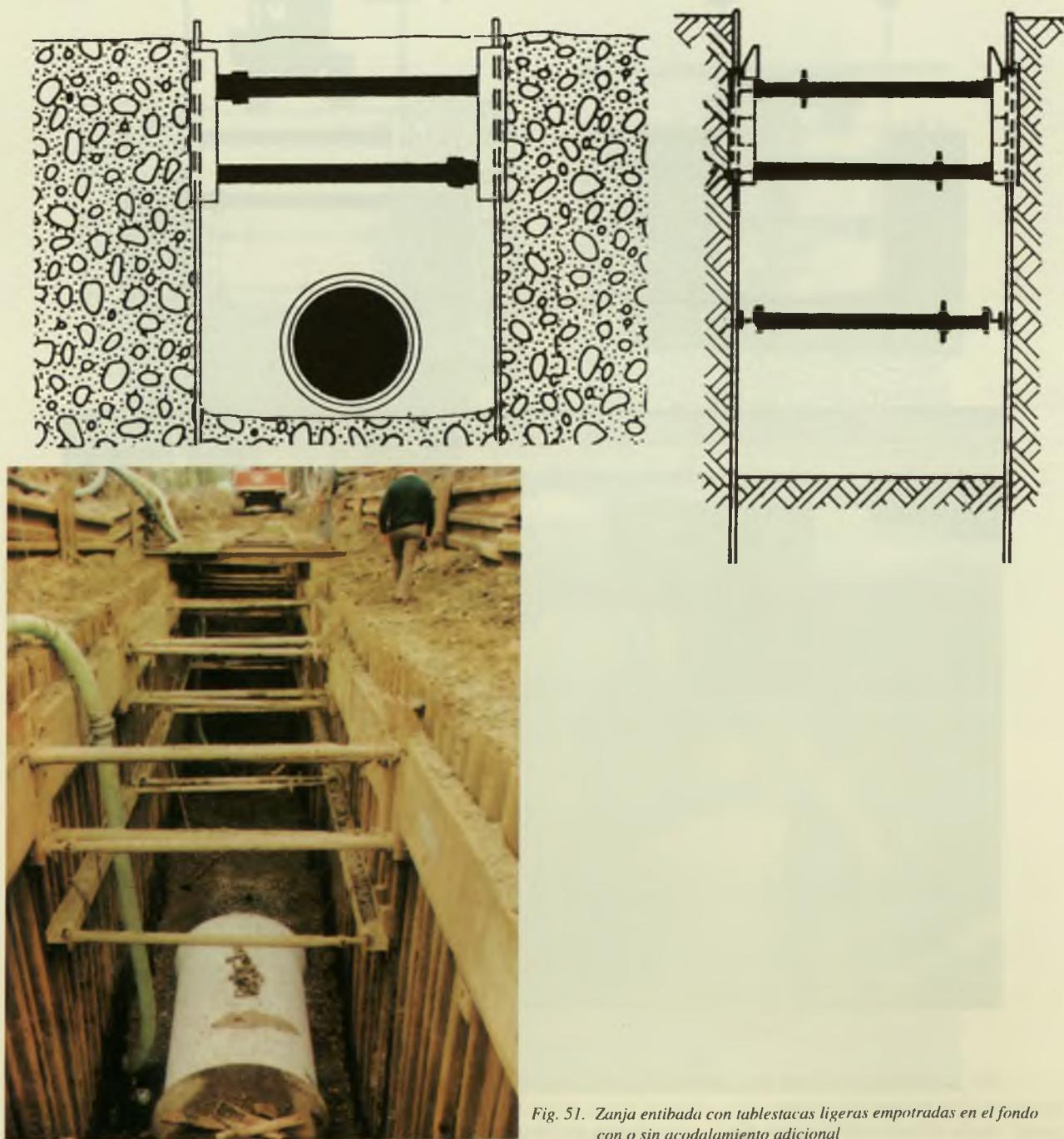


Fig. 51. Zanja entibada con tablestacas ligeras empotradas en el fondo con o sin acodalamiento adicional

4.- Instalado el tubo en el fondo de la zanja, se procede al relleno y compactación, hasta alcanzar el borde inferior de las planchas con cámara. El acodalamiento se debe mantener hasta la extracción de las tablestacas. Se aflojan ligeramente los codales y se levanta el módulo de blindaje. Despues se procede al resto del relleno y compactación. (Fig. 52).

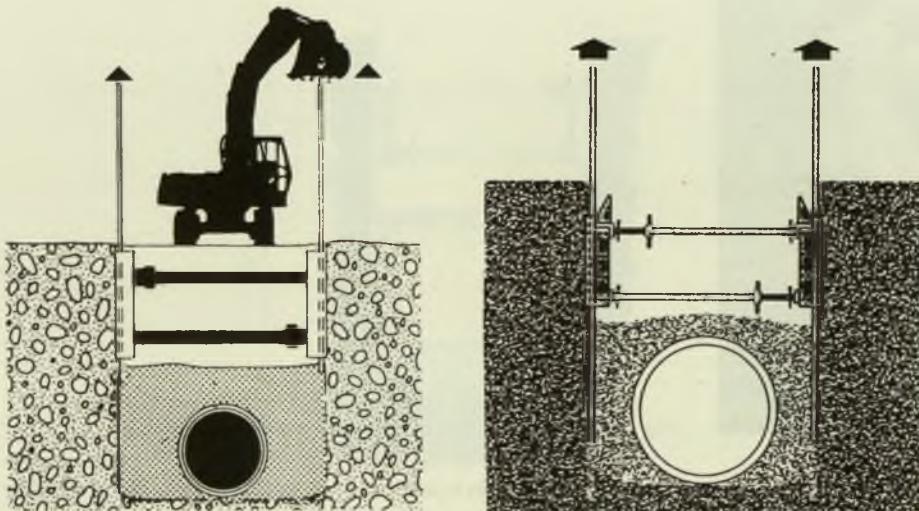


Fig. 52. Relleno y compactación

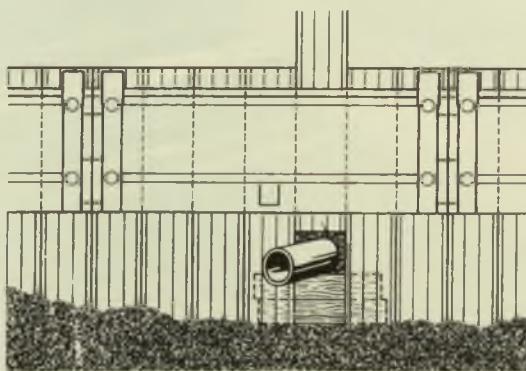


Fig. 53. Actuación ante una conducción transversal

El empleo de planchas con cámara y tablestacas ligeras proporciona un recinto de entibación protegido, exento, lo que permite el montaje de tubos de gran diámetro. También en el caso de zanjas estrechas y profundas, las tablestacas son muy adecuadas puesto que no ofrecen salientes ni estorbos.



Fig. 54. Desplazamiento de la excavadora sobre una zanja ancha

En la (Fig. 55) se puede observar cómo trabajan hombres por debajo de la excavadora y cómo cuelgan de unas cadenas los perfiles H del acodalamiento suplementario.



Fig. 55. Detalle del trabajo en el interior de una zanja ancha sobre la que circula una excavadora

Si aparece una conducción transversal, se coloca una tablestaca hasta llegar a aquélla y se cierra con tablones u otra tablestaca suelta, la zona libre. (Fig. 53).

Cuando las zanjas son anchas y no se puede invadir el terreno adyacente, pueden colocarse perfiles H y unas planchas de acero sobre las tablestacas, formando un camino para la excavadora, que entonces puede desplazarse a lo largo de la zanja y por encima de ella. (Figs. 54 y 55).

Las tablestacas pueden servir de encofrado, debidamente protegidas con un material aislante y elástico tipo porexpan. Para extraerlas, se hincan un poco más y se tira de ellas hacia arriba. (Fig. 56).

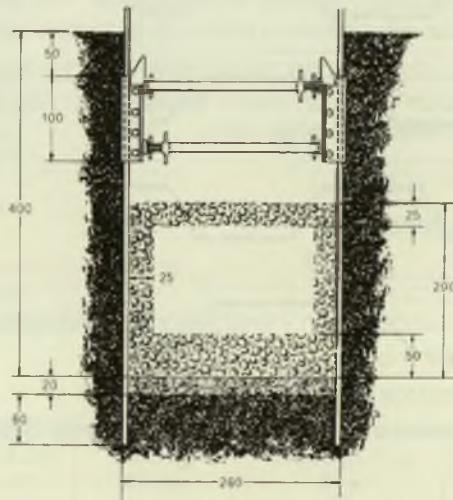


Fig. 56. Detalle del empleo de tablestacas como encofrado, protegido con material aislante y elástico tipo Porexpan

El blindaje con tablestacas ligeras ha servido para construir centrales de bombeo de planta exagonal. (Fig. 57).

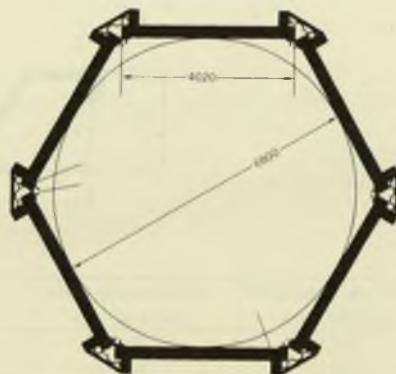


Fig. 57. Ejemplo de la utilización de tablestacas

Disponiendo las planchas con cámara a 120° según dibujo, el diámetro disponible es de 6,9 m. aproximadamente. Para evitar los codales se unieron las planchas con unas piezas nervadas. Después se construyó un zuncho perimetral o losa de hormigón, a 4,50 m. de profundidad.

Una excavación puede provocar una descompresión del suelo y un desplazamiento potencialmente peligroso, por los asentamientos consiguientes. Si la zanja está próxima a edificaciones o una vía férrea, el problema se agrava y puede tener consecuencias imprevisibles. Por ello es recomendable el empleo de tablestacas ligeras, que se introducen en el terreno antes de la excavación y evitan los problemas citados.

Como resumen, indicamos, una serie de datos obtenidos en diferentes obras, que permiten una visión global del sistema de entibación con planchas y tablestacas. Así, la oficina de estudios puede configurar un criterio de elección del blindaje más adecuado.

8.5.2. *Resumen de características generales*

Número de puestas: 250

Longitud de zanja: 20 - 40 m. Excavación y entibación simultáneas.

Profundidad de zanja: De 3 a 7 metros.

Anchura de zanja: De 1 a 4 metros.

Excavación: Con cuchara bivalva o cazo, frontal o lateralmente. Siempre, tras el hincado de las tablestacas.

Suelo : Cualquiera.

Asentamientos : Improbables.

Rebaje del nivel freático : Por bombas.

Colectores hormigonados "in situ": Las tablestacas sirven de encofrado exterior.

Longitud de los tubos : 3,8 m. sin mover codales.

Conducciones transversales : Se pueden salvar.

Rellenado y compactación : Por capas, simultaneando con la extracción de las tablestacas.

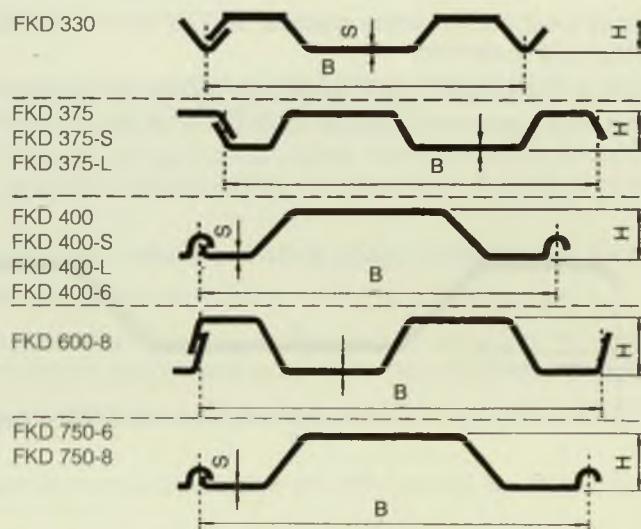
Extracción : Por excavadora o equipo de vibración.

Rendimiento : De 0,15 a 0,25 horas/m. en suelos cohesivos.

El blindaje con tablestacas ligeras es aplicable en la mayoría de los casos.

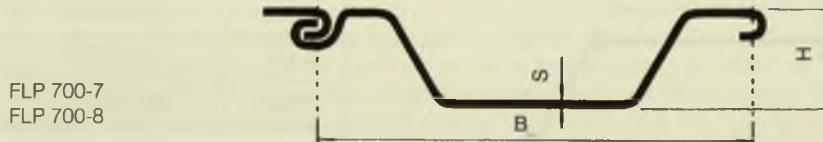
Las tablestacas ligeras más usuales se indican en el cuadro de la Fig. 58.

TABLESTACAS



Perfil	Dimensiones			Sección de Acero cm ² /m muro	Peso Kg/m ² simple	Peso Kg/m ² de Muro	Módulo resistente cm ³ /m Muro	Momento de inercia cm ⁴ /m Muro
	B	H	S					
FKD 330	330	35	5,5	65,0	17,0	51	55	96
FKD 375	375	40	5,5	67,5	20,0	53	70	134
FKD 375-S	375	40	6,5	79,0	23,3	62	80	150
FKD 375-L	375	40	3,0	35,6	10,5	28	46	92
FKD 400	400	50	5,0	58,6	18,4	46	85	212
FKD 400-S	400	50	5,5	63,7	20,0	50	95	240
FKD 400-L	400	50	3,0	35,2	11,1	28	58	146
FKD 400-6	400	50	6,0	70,4	22,1	55	102	254
FKD 600	600	80	8,0	106,0	50,0	83	242	968
FKD 750-6	750	90	6,0	71,3	41,5	56	196	898
FKD 750-8	750	92	8,0	94,9	55,3	75	260	1.196

PERFILES LIGEROS



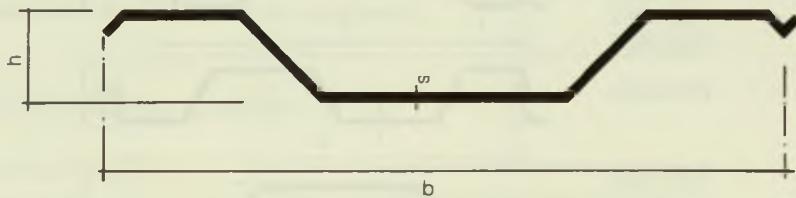
Perfil	Dimensiones			Sección de Acero cm ² /m muro	Peso Kg/m ² simple	Peso Kg/m ² de Muro	Módulo resistente cm ³ /m Muro	Momento de inercia cm ⁴ /m Muro
	B	H	S					
FLP 700-7	700	150	7,0	96,7	53,3	76	478	3.585
FLP 700-8	700	150	8,0	111,2	60,7	87	545	4.087

Fig. 58. Tablestacas ligeras más usuales

El acero debe ser según DIN 17100.

Normalmente es acero St 44-2 con un límite elástico de 275 N/mm². Resistencia a tracción 410-540 N/mm². Alargamiento en la rotura: 22% mínimo.

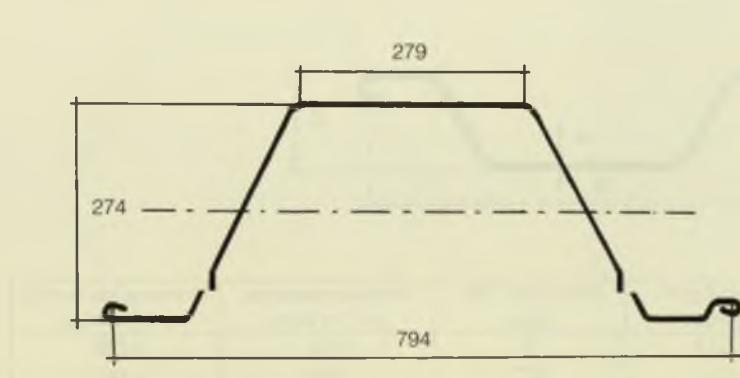
En la (Fig. 59), se dan las características mecánicas de las tablestacas LP 76/7 y LP 88/8, cuya característica más significativa es su geometría ampliamente dimensionada, que reduce el rozamiento entre ambas.



denom.	dimensiones			superficie	sección	peso propio		momento de inercia	momento resistente	radio de inerc.	momento flector admisible por cada metro de muro (10 kN =1kg) carga			
	b mm	h mm	s mm	cm ² /m de muro	cm ² /m de muro	kg/m	kg/m ²	J cm ⁴ /muro	W cm ³ /muro	cm	caso 1 kN m/m	caso 2 kN m/m	caso 2 kN m/m	caso 2 kN m/m
LP 76/7	700	150	7	255	96,2	53,3	76	3585	478	6,0	66,9	77,0	88,0	115,4
LP 88/8	700	151	8	255	112,2	61,6	88	4133	552	6,0	77,3	88,9	101,6	133,6

Fig. 59. Características mecánicas de las tablestacas LP 76/7 y LP 88/8

En el transcurso del presente año, un conocido fabricante alemán, ha desarrollado, en colaboración con el TÜV de München, un nuevo perfil omega que se representa como se indica. (Fig. 60). Supone una ventaja en peso del 10%, respecto a otros perfiles conocidos hasta el momento.



Espesor	Módulo resistente	Peso/m
4 mm.	531 cm /m.	49,3 Kgs./m
6 mm.	800 cm /m.	74,0 Kgs./m.
7 mm.	930 cm /m.	86,0 Kgs./m.
8 mm.	1060 cm /m.	100,0 Kgs./m.

Fig. 60. Perfil Omega

8.5.3. Hincado de tablestacas por vibración

Principio

Se basa en reducir, en todo lo posible, el rozamiento entre el perfil a hincar y el terreno, aplicando a aquél, las oscilaciones generadas en una máquina vibradora.

De este modo, se "ablanda" el suelo circundante, disminuye el rozamiento de las partículas del terreno entre sí y entre ellas y el perfil a hincar, y éste se hunde por su propio peso, al que se añade el de la máquina vibradora.

Evidentemente, cuanto menor sea la superficie frontal del perfil, más fácil se hincará.

Por ello, se escogen tubos abiertos, perfiles H y tablestacas ligeras.

La extracción también se facilita notablemente por la vibración. En este caso, la resistencia frontal desaparece y sólo cuenta el rozamiento lateral que, como hemos dicho, se reduce con la vibración.

Es muy adecuada para suelos no cohesivos, arenosos y como característica común, con mucha agua.

En este caso el rozamiento se reduce entre un 70% y un 90 %. (Fig. 61).

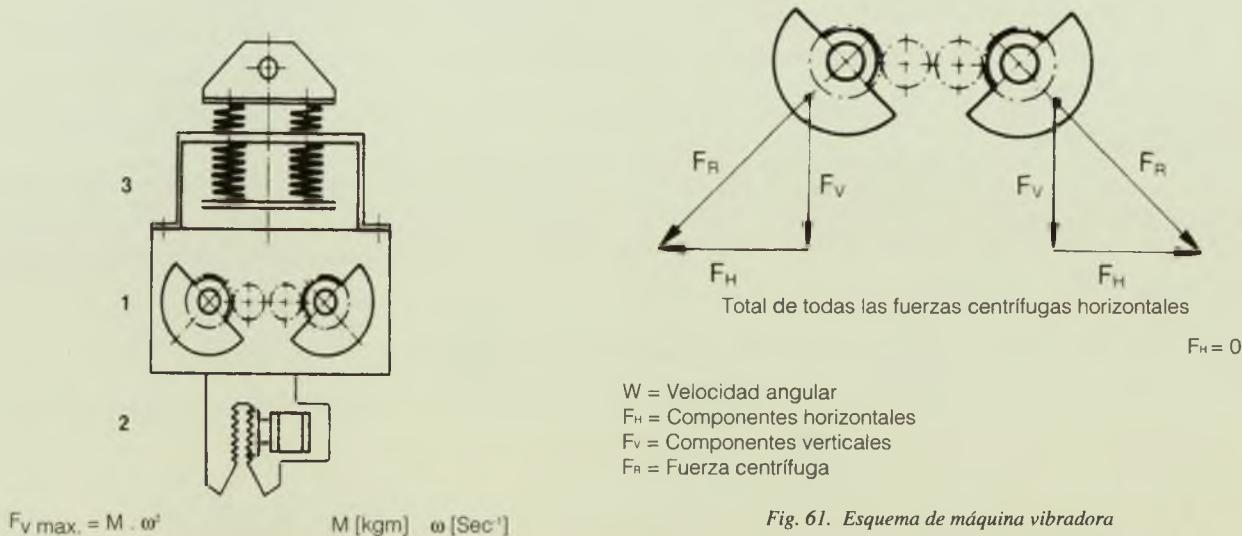


Fig. 61. Esquema de máquina vibradora

Una máquina vibradora consiste en una cámara donde se generan las oscilaciones 1. Allí se disponen por pares, cuerpos desequilibrados e iguales que giran en sentido contrario y a la misma velocidad. Aparecen sendas fuerzas centrífugas F_R , aplicadas en el centro de gravedad de la pieza, que no coincide con el eje de giro, y que tratarán de alejarse de él. Las componentes horizontales F_H se anulan entre sí y sólo ejercen las componentes verticales F_V , que se suman. La variación de fuerza en el tiempo, es una curva senoidal. (Fig. 62).

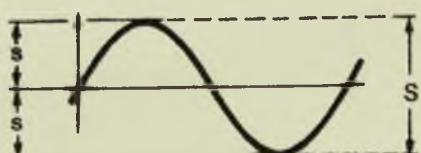


Fig. 62. Curva senoidal de variación de fuerza en el tiempo

La F_v máx. = $M \cdot \omega^2$, expresando M en Kg. m y ω en radianes/seg.

La vibradora se sujetó al perfil de hincado con un dispositivo a prueba de vibraciones, válido para los distintos tipos de perfil empleados habitualmente (pieza 2 - Fig. 61).

La vibradora se aisla de la máquina que la sustenta, con la pieza 3. - (Fig. 61).

Una máquina vibradora está definida por las características que se indican a continuación:

Potencia - P

La fuerza centrífuga necesaria para vencer la resistencia del suelo, la proporciona uno o más motores de accionamiento.

Por cada 10 kN de fuerza centrífuga son necesarios de 1 a 2 KW.

La potencia P se expresa en KW.

Frecuencia - n

Es el número de vibraciones o número de veces que sube y baja el sistema. Coincide con la velocidad de las excéntricas.

La frecuencia, n, se expresa en v.p.m.

Momento - M

Para cada excéntrica es el producto de su masa G por la distancia r entre su centro de gravedad y el radio de giro. (Fig. 63).

Par estático
M [kgm]

$$M = G \cdot r$$

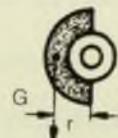


Fig. 63

El momento estático de la vibradora es la suma de los momentos de sus excéntricas.

$$M_t = M \times n^{\circ} \text{ de excéntricas}$$

Determina la anchura o amplitud de la vibración y es, por tanto, una característica fundamental de la máquina.

El momento M, se expresa en Kg. m

Fuerza Centrífuga - Fc

Obedece a la expresión $F_c = M \cdot \omega^2$

Para cada excéntrica, siendo:

$$M = \text{Momento en Kg. m}$$

$$\omega = \text{Velocidad angular, en radianes/seg.}$$

La fuerza centrífuga debe ser lo suficientemente grande para vencer la adherencia entre el perfil de hinca y el suelo, así como para reducir la adherencia del propio suelo y lograr, como fuerza de empuje, vencer la resistencia frontal de punta.

Como sabemos que la velocidad angular es la relación entre el ángulo recorrido expresado en radianes y el tiempo empleado en recorrerlo $\omega = \gamma / t$.

y también $\omega = 2\pi / T = 2\pi N$

Siendo: T el tiempo empleado en, segundos, en dar 1 vuelta.

N el número de vueltas dado en 1 segundo.

Tendremos: $F_c = M \omega^2 = M \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot N^2$

Si queremos expresar la fuerza centrífuga en kN y partimos del número de vueltas por minuto n, tendremos: $F_c = M \cdot n^2 \times 1,1 \times 10^{-5}$ kN.

La fuerza centrífuga total, es la suma de las de todas las excéntricas.

Amplitud de la oscilación "s"

Es el recorrido vertical de los elementos vibrantes, correspondiente a una semioscilación. La amplitud máxima o anchura de oscilación S se obtiene mediante la expresión

$$S = 2 \cdot s = 2 \cdot M/G \text{ din}$$

Expresando M en Kg.m; G en Kg. y S en mm.

$$G \text{ din.} = G \text{ vibrante} + G \text{ perfil} + G \text{ suelo}$$

La amplitud de la oscilación junto con la fuerza centrífuga determina la potencia de la máquina vibradora. Es evidente que una gran amplitud de oscilación y una fuerza de empuje importante aseguran una buena hinca. Si los suelos son cohesivos, será eficaz una vibradora con gran amplitud de oscilación.

La amplitud debe tener unos valores mínimos para conseguir, según los suelos, una determinada profundidad de hinca. (Fig. 64).

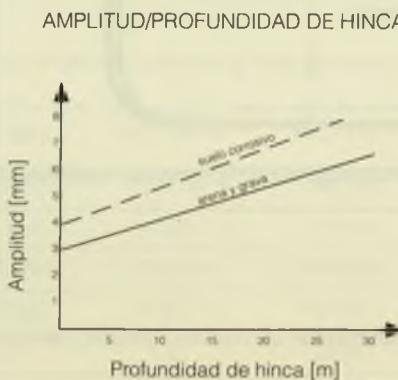


Fig. 64. Diagrama amplitud/profundidad de Hinca

Fijada la amplitud de oscilación se puede determinar el momento, puesto que ambas están relacionadas por la expresión.

$$S(\text{mm.}) = M \cdot 10^3 / G \text{ din}$$

Expresando M en Kg.m y G din en Kg.

La (Fig. 65), representa una instalación típica de una máquina vibradora y su accionamiento.

Para el blindaje de zanjas, con tablestacas ligeras, se emplea un tipo de vibradora accionada por el equipo hidráulico de la excavadora y colgada de éste.

Este tipo de vibradora es una unidad compacta, con suspensión CARDAN y aislada de vibraciones con grandes amortiguadores elastómeros.

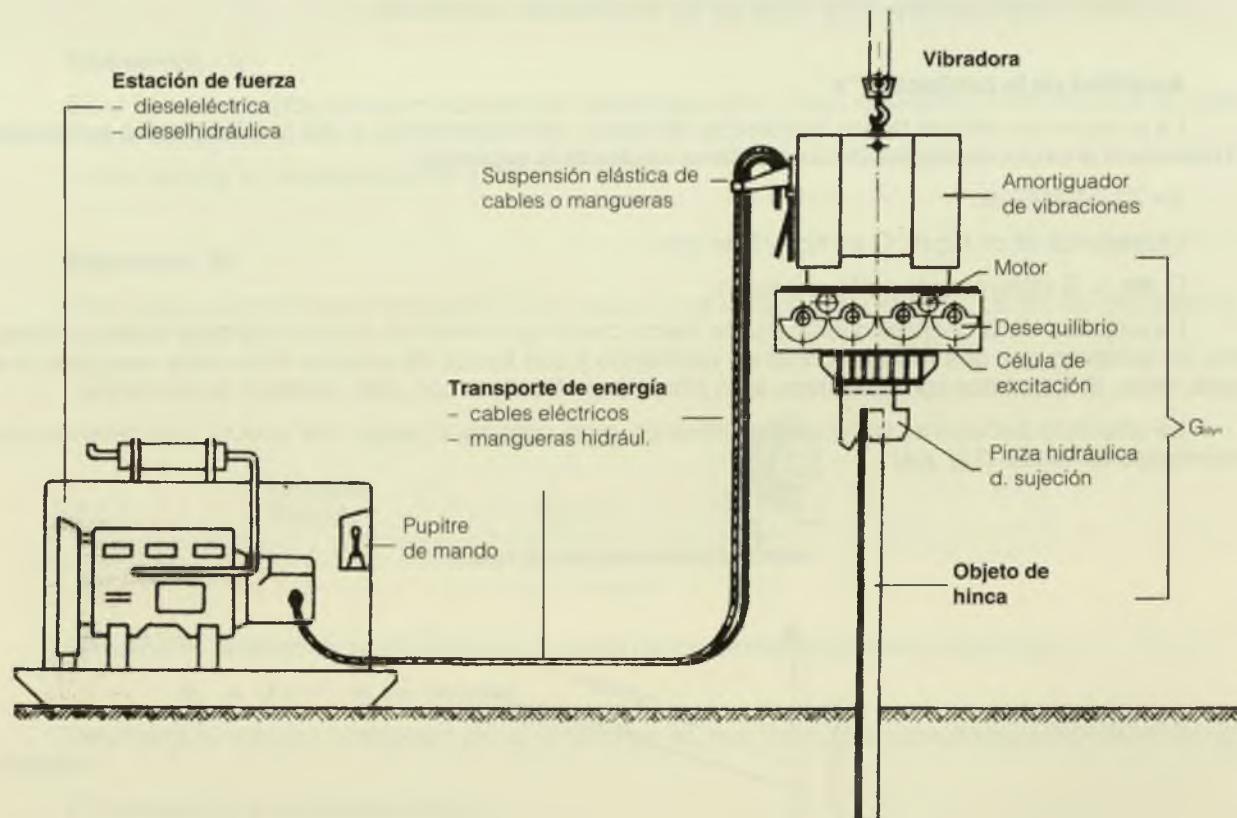


Fig. 65. Instalación típica de una máquina vibradora y su accionamiento

La (Fig. 66), muestra una vibradora sobre tablestacas ligeras y la (Tab. VIII) muestra las características de diferentes tipos de vibradoras, para conectar a excavadoras.

Como orientación práctica podemos indicar que con una vibradora MS-7 HB 4 de 300 kN de fuerza centrífuga, se han hincado tablestacas de 5,0 m de longitud, en un suelo medio de arenas y gravas.



Fig. 66. Vibradora sobre tablestacas ligeras

Tab. VIII. CARACTERISTICAS, DE DIFERENTES TIPOS DE VIBRADORAS, PARA CONECTAR A EXCAVADORAS

	MS-7 HB 2,5	MS-7 HB 4	MS-7 HB 6	MS-7 HB Kombi	MS-10 HB
Fuerza centrífuga	max.	250 kN	300 kN	400 kN	300 ó 400 kN
Par excéntrico		25 Nm	40Nm	60 Nm	40 ó 60 Nm
Frecuencia oscilación	max.	3000 min ⁻¹	2650 min ⁻¹	2450 min. ⁻¹	2450 ó 2650 min ⁻¹
Fuerza presión/tract.	max.	40 kN(1)	40 kN(1)	40 kN(1)	120kN(1)
Peso (2)		0,9 t	1,0 t	1,0 t	1,1 t
Potencia en vibradora	max.	95 kW	95 kW	95 kW	160kW

(1) Opcionalmente max. 90 KN

(2) Sin disp. de sujeción.

*Regulable en 5 escalones: 20, 40, 60, 80 y 100 Nm

8.5.4. Vibradoras eléctricas

Están accionadas por un grupo electrógeno móvil de 100 KVA.

En el caso de las vibradoras eléctricas no es necesario que la excavadora se desplace a lo largo de la zanja.

La (Fig. 67), representa una vibradora eléctrica trabajando sobre tablestacas ligeras.

La (Fig. 68), representa el esquema de una vibradora eléctrica habitual.



Fig. 67. Vibradora eléctrica trabajando sobre tablestacas ligeras

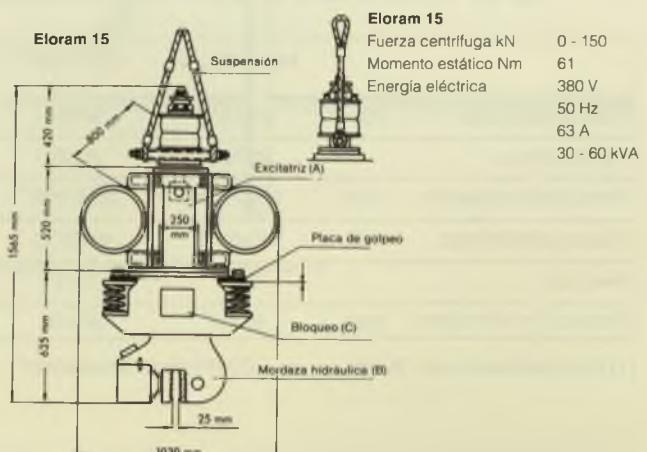


Fig. 68. Esquema de una vibradora eléctrica habitual

8.6. Entibación deslizante: simple guía, doble guía

Es un sistema de entibación empleado en grandes obras.

Ofrece una gran estabilidad y resistencia del conjunto, aún sometido a fuertes presiones.

Consiste en unos postes de acero, acodados entre sí con tres codales, en cuyos laterales hay una o dos guías por las que se deslizan las planchas de blindaje. (Fig. 69).

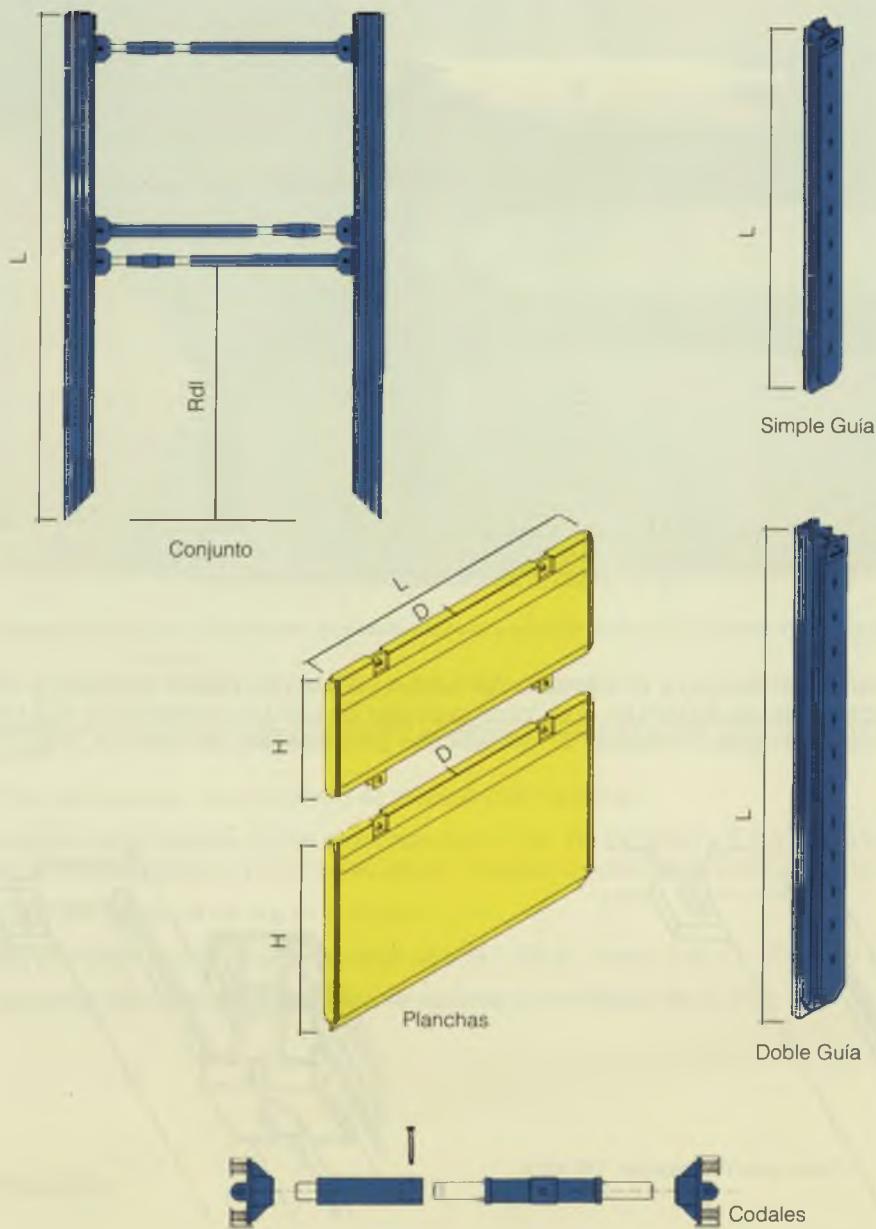


Fig. 69. Sistema de entibación deslizante. Componentes

La plancha inferior desliza por la guía interior de la zanja y la plancha superior desliza por la guía exterior. (Fig. 70).

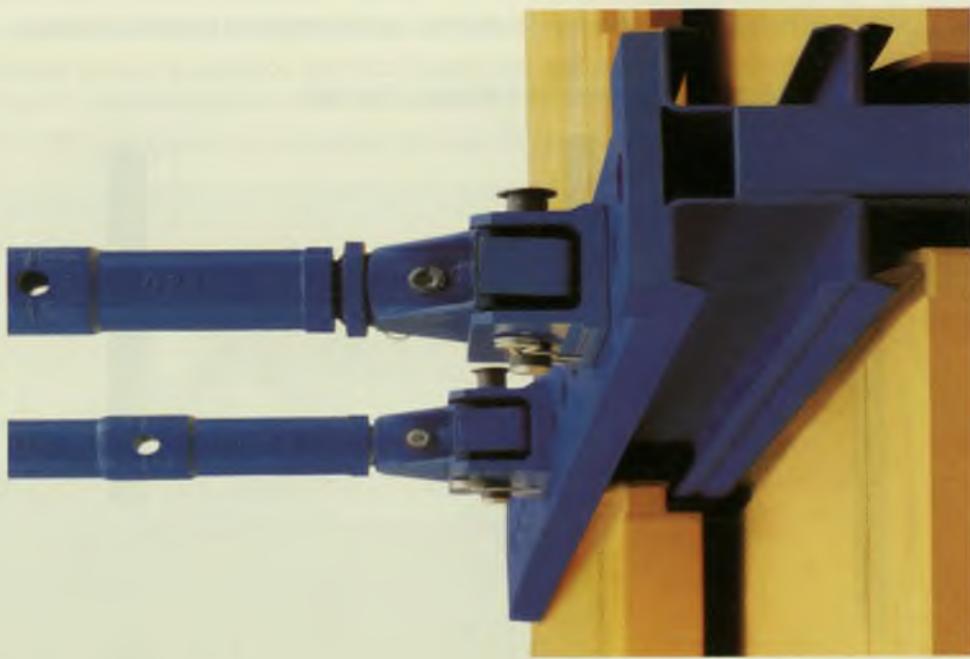


Fig. 70. Detalle de planchas deslizantes sobre doble guía

Según la carga del terreno y el diámetro del tubo a instalar, se puede escoger la doble guía tipo FP estandar con un momento de 250 kN.m. o la doble guía tipo SL con un momento de 453 kN.m., que permite mayor tubo y ofrece más rigidez, evitando deformaciones permanentes del sistema. (Fig. 71).

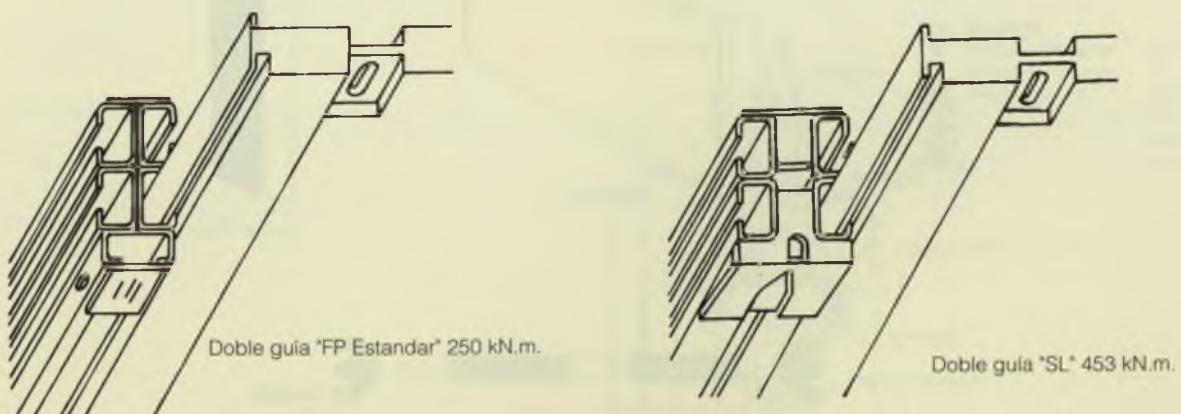


Fig. 71. Tipos de doble guía

En colectores hormigonados "in situ", la entibación DOBLE GUIA, sirve como encofrado exterior de las paredes del colector, puesto que presenta un paramento liso. (Fig. 72).



Fig. 72. Entibación doble guía. El paramento liso interior sirve de encofrado para el recubrimiento de hormigón del tubo

Evidentemente, antes de hormigonar, deben protegerse las planchas y las guías con un material aislante tipo porexpan.

Las planchas de blindaje descienden y se extraen con facilidad.

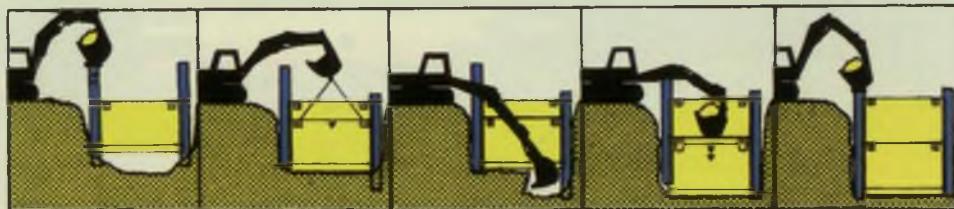
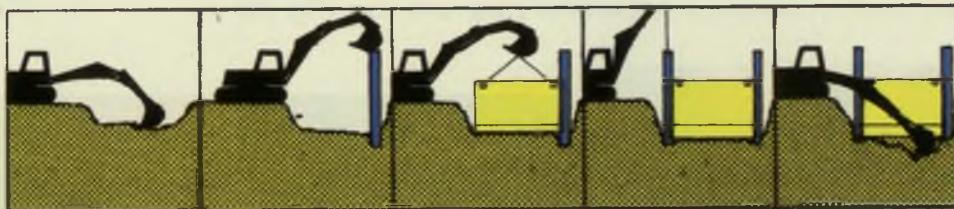
Las dimensiones más usuales de las planchas son 4,0 m. de longitud y 2,4 m. de altura. Las planchas superiores son de la misma longitud y 1,4 m. de altura. Pueden empalmarse verticalmente.

La longitud de las guías va de 3,0 m. a 5,5 m.

Los codales permiten una anchura de zanja desde 1,66 m. hasta 5,00 m. (Tab. IX).

El modo operativo del blindaje doble guía se resume en el dibujo de la (Fig. 73).

INTRODUCCION



EXTRACCION

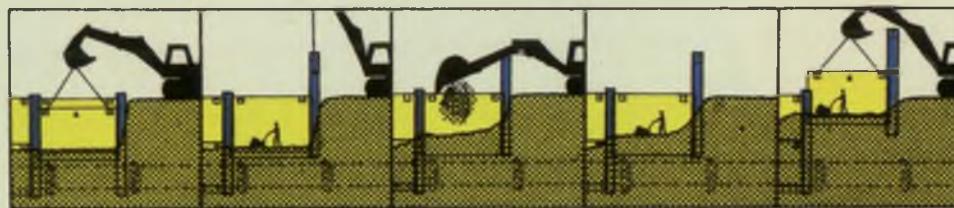


Fig. 73. Modo operativo del blindaje doble guía

Planchas de blindaje

longitud estandar	m	2,0	2,5	3,00	3,50	4,00
altura	m	2,4	2,4	2,40	2,40	2,40
peso	kg	490,0	605,0	692,00	826,00	918,00
carga de trabajo	kN/m ²	140,0	90,8	63,03	46,37	35,50
altura de planchas superiores	m	1,4	1,4	1,40	1,40	1,40

simple y doble GUIA

longitud de guías	m	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	2,0
peso	kg	300,0	350,0	525,0	587,0	656,0	725,0	252,0
Momento admisible	kNm	453,0	453,0	453,0	453,0	453,0	453,0	453,0

Codales

pueden combinarse hasta 8 alargadores intermedios	anchura de zanja m	anchura de trabajo m
sin alargador intermedio	1,66 - 1,87	1,02 - 1,23
300 mm	1,96 - 2,17	1,32 - 1,53
500 mm	2,16 - 2,37	1,52 - 1,73
1000 mm	2,66 - 2,87	2,02 - 2,23
1500 mm	3,16 - 3,37	2,52 - 2,73
2000 mm	3,66 - 3,87	3,02 - 3,23
2500 mm	4,16 - 4,37	3,52 - 3,73
3000 mm	4,66 - 4,87	4,02 - 4,23
alargador especial	5,00	

Tab. IX. CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES DE LAS PLANCHAS Y CODALES

8.6.1. *Introducción*

La excavadora practica una excavación previa a 1 metro de profundidad y clava en el terreno una pareja de guías acodaladas entre sí con tres codales. Después, introduce el extremo de una plancha de 1,4 m. de altura, por la guía exterior de la zanja. Repite la operación con el otro lado.

Nuevamente clava otro par de guías, haciéndolas deslizar por los extremos de las planchas.

La excavadora retira material de la zanja y presiona sobre las guías, debidamente protegidas por unas piezas fabricadas al efecto, clavándolas en el suelo. (*Fig. 74*).



Fig. 74. Hinca de las guías mediante la excavadora

A continuación, se introduce la plancha de 2,4 m. de altura por la guía interior de la zanja y se sigue excavando y presionando tanto sobre las guías como sobre las planchas, hasta alcanzar la profundidad requerida.

La altura de los codales más bajos es regulable según el diámetro del tubo, lo que facilita la colocación de éste.

8.6.2. *Extracción*

Se va rellenando y compactando el material, por capas de 50 cm. Se levantan la misma altura, las planchas interiores y, tras alcanzar el borde inferior de las planchas exteriores, se extraen.

Se procede de la misma manera, con las planchas exteriores, hasta completar el relleno. Incluso bajo grandes presiones del terreno, el blindaje se extrae con facilidad.

La entibación con doble guía permite un rápido avance de la obra.

Puede asegurarse que es la entibación más adecuada para trabajos bajo presiones importantes, profundidades hasta de 7 metros y anchuras de zanja superiores a 5 metros.

Los gráficos a), b) y c) de la Fig. 75, correspondientes a las planchas tipo J.K. 700/89 G, muestran las alturas máximas a que se pueden colocar los codales según profundidades de zanja. El eje de abcisas indica el diámetro del tubo más la mitad del diámetro del codal.

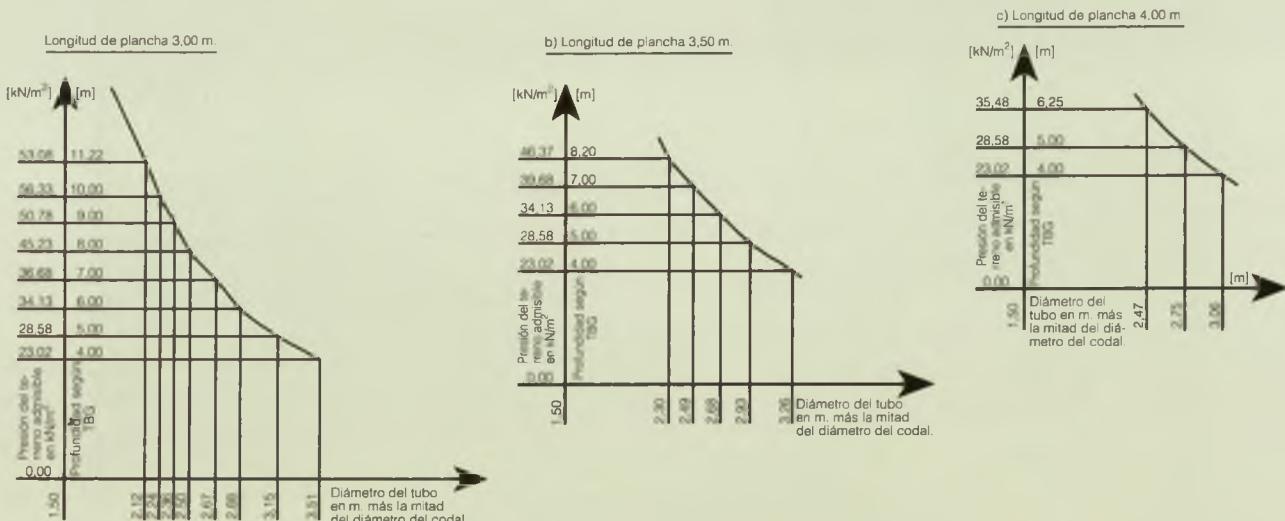


Fig. 75. Gráficos que relacionan la altura máxima del codal sobre el fondo de la zanja, con la profundidad de esta y la carga del terreno.

La profundidad de la zanja y la presión del terreno están relacionadas por la expresión adoptada por la TBG ya mencionada con anterioridad.

$$e_{ah} = 1,20 \cdot K_{ah} \cdot (0,60 \gamma H + p) - 2 c' \sqrt{K_{ah}}$$

siendo

e_{ah} = Presión del terreno, activa horizontal, en kN/m^2

K_{ah} = Coeficiente. Valor fijo: 0,4058

γ = Densidad del suelo 19,00 kN/m^3 . Valor fijo.

H = Profundidad de entibación en m.

p = Presión vertical en kN/m^2 .

Valor fijo: 20,00 kN/m^2 .

c' = Cohesión del terreno en kN/m^2 .

Valor fijo: 7,00 kN/m^2 .

El diagrama de la Fig. 76 muestra las cargas admisibles por las planchas J.K. 700/89 G.

El sistema de blindaje DOBLE GUIA, es de gran sencillez de montaje, admite grandes cargas de trabajo y permite la colocación de tubos de gran diámetro.

Estas ventajas, unidas a que su empleo exige un mínimo de personal, hacen que el sistema DOBLE GUIA esté experimentando un importante desarrollo y difusión internacionales.

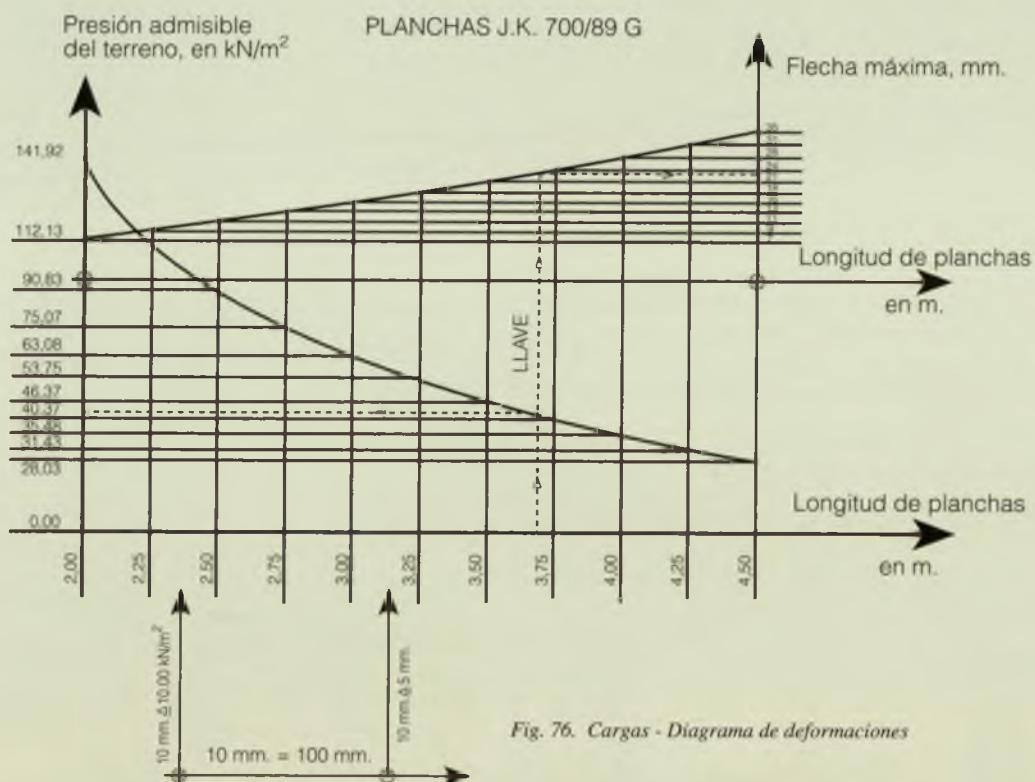


Fig. 76. Cargas - Diagrama de deformaciones

8.7. Entibación Press-Box

El diseño y fabricación del sistema de entibación PRESS BOX, obedece a la necesidad de resolver una serie de problemas que surgen, sobre todo, en zonas urbanas, en las que aparecen conducciones transversales de agua, gas, electricidad y teléfono. Los suelos no son cohesivos, como es el caso de rellenos de cantos y gravas.

Además, el introducir tablestacas por vibración, no es aconsejable, por los perjuicios que se pueden ocasionar a los edificios circundantes.

Tampoco puede emplearse maquinaria pesada, dado el carácter urbano de la obra.

La longitud de la zanja suele ser reducida. Se exige entibación no sólo lateral, sino, también, en la cabeza y cola de la zanja.

Todo ello ocasiona gastos muy elevados de entibación, que han obligado a buscar otro tipo de soluciones. Una de ellas es el sistema de entibación PRESS BOX.

Este sistema de blindaje, se basa en la entibación de zanjas con tablestacas ligeras guiadas mediante planchas con cámara. Sistema ya descrito, que presenta no obstante, algunos inconvenientes que el sistema PRESS BOX trata de anular, y que enumeramos brevemente.

Con el sistema de tablestacas ligeras, en cada cambio de posición, es necesario, normalmente, desmontar y montar de nuevo el módulo de blindaje y las tablestacas.

También es preciso el empleo de vibradoras, lo que conlleva un aumento general de ruidos.

Si la profundidad es importante se hace necesario un acodalamiento intermedio, que supone un trabajo manual de cierta importancia.

En algunas ciudades las Ordenanzas Municipales no permiten el empotramiento de tablestacas en el fondo de la zanja. Por su carácter de tablestacas ligeras, normalmente son estrechas, lo que aumenta su número, y por lo tanto, el de las operaciones precisas.

Por todo lo anterior, el sistema de entibación PRESS BOX, es muy adecuado para zonas urbanas, como se verá por sus características y funcionamiento.

8.7.1. *Descripción*

El sistema PRESS BOX, se compone de un bastidor guía para tablestacas, deslizante sobre rodillos. En el marco superior del mismo, y en ambos laterales, se sitúan sendas unidades hidráulicas de hincá y extracción, que se pueden desplazar manualmente y que actúan sobre las tablestacas, las cuales llevan un taladro cada 50 cm., hincándolas o extrayéndolas.

Por el interior de la zanja se sitúa un marco de acodalamiento para las tablestacas, a una altura adecuada según su profundidad. (Ver las Figs. 77, 78 y 79)



Fig. 77. Sistema Press-Box



Fig. 78. Sistema Press-Box



Fig. 79. Sistema Press-Box

8.7.2. *Modo operativo*

Se sitúa el conjunto PRESS BOX, con la anchura precisa de la zanja, sobre el punto a excavar y con las tablestacas del tipo KD 750/10. Los laterales se ensamblan con el marco de acodalamiento interior, así como con la cabecera y cola de la zanja. De este modo, se forma un recinto cerrado y protegido.

Con las unidades hidráulicas de hinca y extracción, ya citadas, se pueden hincar y extraer las tablestacas simultáneamente, en ambos laterales.

El zuncho de acodalamiento o marco interior no se alabea.

El ahorro de tiempo es importante.

La excavadora trabaja simultánea e independientemente a la hinca de las tablestacas.

Se ha constatado una velocidad de hinca de 0,5 m. en 20 segundos, incluido el tiempo de la primera instalación. Esto significa que con dos hombres de servicio, se llega a los 5,0 metros de profundidad en 40 minutos. Esta velocidad, la excavadora difícilmente la puede conseguir.

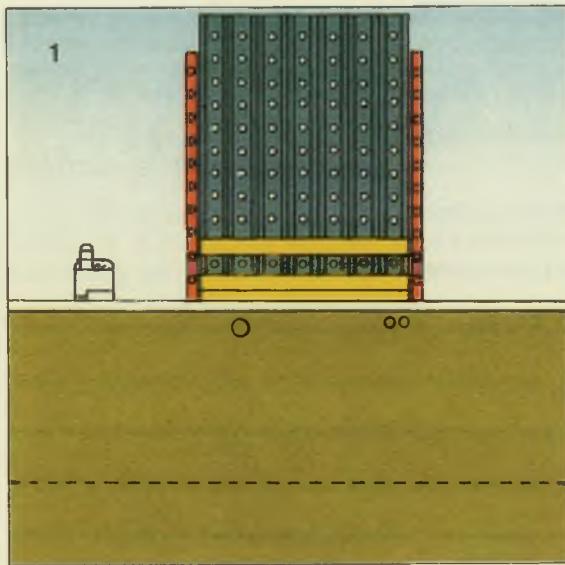
El relleno de la zanja, se hace extrayendo las tablestacas y compactando sucesivamente el terreno.

Cuando el zuncho inferior alcanza el borde de la zanja, se sujet a la máquina con un grillete especial.

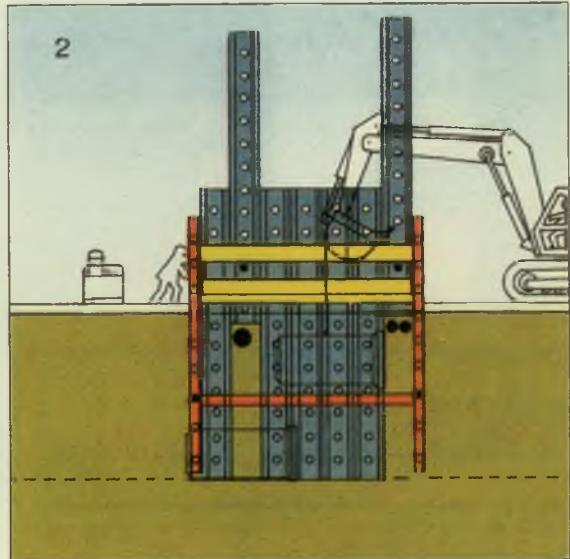
Ahora, ya se puede trasladar el conjunto de la máquina PRESS BOX, incluidas tablestacas y zunchos, hasta la siguiente posición de trabajo.

Tras soltar el grillete, el conjunto está dispuesto para empezar de nuevo.

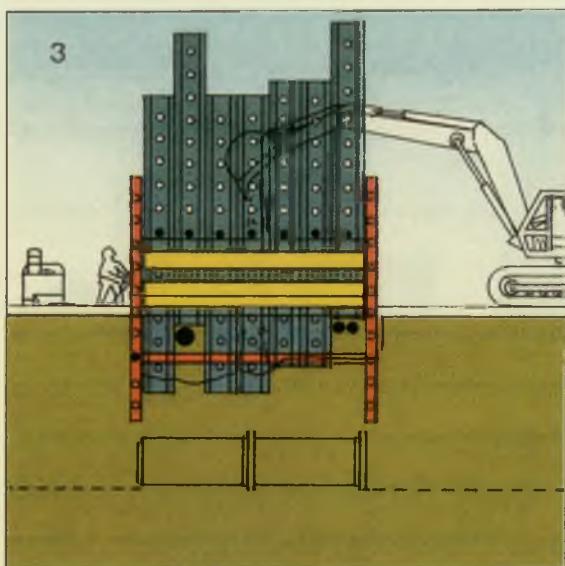
El modo operativo está reflejado en las cuatro fases de trabajo de la (Fig. 80).



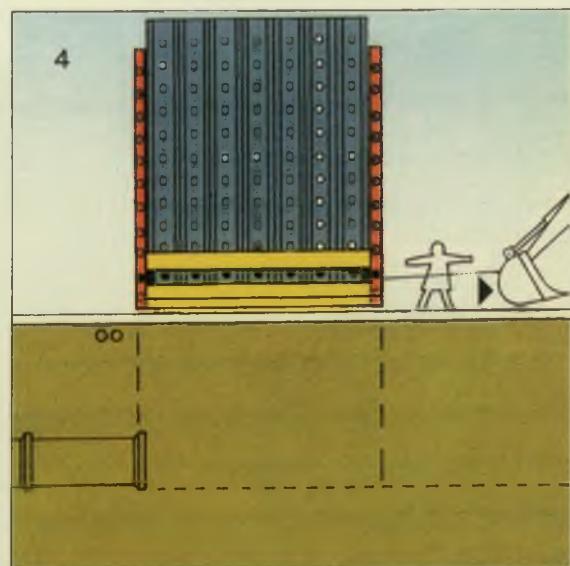
1.- Presentación



2.- Extracción - Hinca - Colocación de Tubos



3.- Extracción - Relleno - Compactación



4.- Traslado hasta la siguiente posición de trabajo

Fig. 80. Modo Operativo

Las principales ventajas que reúne el sistema PRESS BOX respecto al sistema de entibación de planchas con cámara y tablestacas son:

- No es necesaria una excavación previa para colocar las planchas con cámara, puesto que en el caso PRESS BOX se sitúan directamente sobre el borde superior de la zanja.

- El montaje de todo el equipo, incluidas tablestacas se hace sólo una vez, con el consiguiente ahorro de tiempo.

- Las tablestacas se apoyan sobre las planchas, a través de los pernos que las atraviesan.

Por ello la máquina de entibación completa se puede trasladar hasta la siguiente posición de trabajo.

- Las tablestacas se hincan en el suelo con una prensa hidráulica sin necesidad de vibración, y se puede actuar sobre un lateral completo o sobre cada estaca individualmente. En cualquier momento se puede hincar o extraer una o varias tablestacas.

- Cuando aparecen conducciones transversales a la zanja, no se clava la tablestaca correspondiente, la cual queda suspendida sobre la plancha.

- Los cuatro postes-guía del sistema PRESS BOX, originan un acodamiento longitudinal y transversal del recinto de trabajo, al tiempo que permiten un blindaje de la cabeza y cola de la zanja.

- El transporte de la unidad PRESS BOX hasta la siguiente posición de trabajo se hace tirando del conjunto con la excavadora.

- Se eliminan golpes y vibraciones.

- Se reducen ruidos.

- El deterioro y transtornos ocasionados en el entorno, son mínimos.

- La longitud de los tubos a instalar puede ser de 6,2 metros y su diámetro de 2 metros.

La carga de trabajo admisible es de 44 kN/m².

El peso orientativo del conjunto es de 22 toneladas para una zanja de las siguientes dimensiones:

- Longitud 7.850 mm.
- Anchura 1.170 mm. (ampliables)
- Profundidad 5 m.

9. Bibliografía

1. Catálogos Iguazuri, S.L. de Rentería.
2. Directiva del Consejo de 12 de Junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas, para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores (89/391/CEE).
3. Directiva 92/57/CEE del Consejo de 24 de Junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcciones temporales o móviles.
4. Directiva 92/58/CEE del Consejo de 24 de Junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo.
5. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
6. Ordenanza Laboral de Construcción, Vidrio y Cerámica.
7. Manual para Estudios y Planes de Seguridad e Higiene (I.N.S.H.T.).
8. Prácticas de Seguridad en la Construcción. Departamento de Trabajo y Seguridad Social - Gobierno Vasco.
9. Normas Tecnológicas de la Edificación:
 - NTE - ADZ /1976. "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y Pozos".
 - NTE ADV /1976. "Acondicionamiento del Terreno. Desmontes: Vaciado".
 - NTE - CCT /1977. "Cimentaciones: Contenciones: Taludes".
10. Norma Técnica de Prevención (NTP- 278). Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras. I.N.S.H.T.
11. Estadísticas de las Lesiones Profesionales 1.991. Departamento de Trabajo y Seguridad Social. Gobierno Vasco.

