

SISTEMAS DE ENTIBADO

OSCAR ECHEVERRI RAMIREZ

Trabajo presentado como requisito para
Promoción a Profesor Asistente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLIN

FACULTAD NACIONAL DE MINAS

INGENIERIA CIVIL

1995



I
624.15136
E23



TABLA CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

0.	INTRODUCCION	1
1.	GENERALIDADES	2
1.1.	CONSIDERACIONES TEORICAS	2
1.2.	RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	4
1.2.1.	Materiales para la conformación de entibados	4
1.2.2.	Colocación de material excavado	5
1.2.3.	Excavaciones sobre taludes	5
1.2.4.	Abatimiento del nivel freático	6
1.2.5.	Longitud de las brechas	7
1.2.6.	Materiales de lleno	8
1.2.7.	Otras recomendaciones	9
2.	SISTEMAS DE ENTIBADO	11
2.1.	ENTIBADO TIPO 1	11
2.2.	ENTIBADO TIPO 2	12
2.3.	ENTIBADO TIPO 3	13
2.4.	COMENTARIOS RESPECTO A OTROS SISTEMAS DE ENTIBADO	14
	BIBLIOGRAFIA	15
	ANEXO	16

Journal of Author Dec 20/95 \$ 2.500

28865

RESUMEN

En este documento se presenta en primera instancia un recuento de la sustentación teórica y los enfoques que, desde el punto de vista de la mecánica de suelos, se hacen con respecto a los sistemas de entibado.

Seguidamente y con base en experiencias de tipo constructivo se exponen recomendaciones específicas para adelantar los trabajos de entibación que cubren aspectos tales como: formas de excavación, disposición de materiales, características de las maderas utilizadas en los entibados, bombeo de aguas freáticas y longitudes de brecha, entre otros aspectos relevantes del tema.

En la parte final se presentan en detalle 3 diferentes tipos de entibados en madera, se hacen consideraciones sobre su utilización para distintas condiciones geotécnicas y se discute la aplicabilidad de otros sistemas para las características propias de nuestros suelos.

0. INTRODUCCION

La carencia de normas claras respecto al uso de los sistemas de contención en brechas ha llevado a que estas actividades constructivas se realicen de acuerdo con procedimientos tradicionales y repetitivos, sin considerar en la mayoría de las veces, las características geotécnicas particulares y los riesgos asumidos en cada situación.

Si bien es cierto que las excavaciones para alojar tuberías tienen un carácter temporal y que las condiciones de confinamiento se restablecen rápidamente al rellenar las zanjas, la precaria estabilidad de muchas de nuestras formaciones superficiales requieren que su soporte esté concebido de tal manera que brinde seguridad a las personas encargadas de las labores de excavación, colocación de tuberías, llenado de la brecha y protección a las obras vecinas.

Las consideraciones anteriores y la falta de especificaciones claras y precisas por parte de las entidades públicas y privadas que desarrollan este tipo de trabajos, han sido motivos para la presentación de este serie de recomendaciones que buscan contribuir al uso más racional de los sistemas de entibado en madera.

1. GENERALIDADES

1.1 CONSIDERACIONES TEORICAS

Dentro de las excavaciones a cielo abierto se acostumbra distinguir, de acuerdo con su profundidad, dos tipos: las denominadas poco profundas que alcanzan hasta unos 5 m y las profundas cuando sobrepasan este valor.

Para las primeras de las mencionadas no es necesario recurrir en general a sistemas de sostenimiento complejos, y un reconocimiento directo del terreno es suficiente en la mayoría de los casos para establecer el sistema de entibado más adecuado. En excavaciones profundas, la variabilidad de los suelos y de sus propiedades con la profundidad, obliga a emprender investigaciones más detalladas que incluyen la ejecución de actividades exploratorias, la realización de ensayos de resistencia mecánica "in situ" y la toma de especímenes representativos para la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas en el laboratorio.

La distribución de presiones sobre sistemas de entibado se aproxima según la mecánica de suelos, a una forma parabólica con un valor máximo localizado hacia la mitad de la altura. Los diagramas de presiones presentados en la literatura sobre el tema por distintos autores, aunque con ligeras diferencias, describen patrones de comportamiento similares y cualquiera de ellos puede

describen patrones de comportamiento similares y cualquiera de ellos puede utilizarse para el diseño. En general, solo para el caso de entibados de excavaciones profundas se requieren diseños especiales.

Desde el punto de vista teórico es posible definir una altura, denominada comúnmente como altura crítica H_c , para la cual una pared vertical se sostiene sin derrumbe y sin soporte alguno. La expresión que permite evaluarla depende de los parámetros de resistencia del suelo (cohesión y ángulo de fricción) y de su peso unitario.

$$H_c = \frac{4C}{G} \sqrt{N\phi}$$

Donde:

H_c : altura crítica

c : cohesión

$N\phi = \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$

ϕ : ángulo de fricción interna

G : peso unitario aparente

El valor obtenido a partir de esta expresión se suele afectar por un factor de seguridad que varía entre 2 y 3.

Aunque la altura definida anteriormente no necesita soporte desde el punto de vista teórico, las paredes de las excavaciones tarde o temprano tienden a derrumbarse por la pérdida gradual de resistencia debida en parte al desconfinamiento, a la sobrecarga que se genera con la colocación del material excavado y a los efectos producidos por el clima (erosión, desecación, etc).

La pérdida de estabilidad generada en los trabajos de excavación y la disminución adicional de resistencia con el tiempo obligan a que en todos los casos se deban reforzar adecuadamente las paredes de las excavaciones.

1.2 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Se presentan a continuación una serie de recomendaciones de tipo constructivo tendientes a garantizar la estabilidad de las excavaciones y el mejor funcionamiento de los sistema de entibado.

1.2.1 Materiales para la conformación de entibados

La madera utilizada será de primera calidad y deberá estar libre de hongos u otros elementos que disminuyan su durabilidad. Los tablones no podrán presentar torceduras, producto de un mal secado, y su aspecto superficial deberá ser sano y sin anillos sobresalientes que puedan comprometer su resistencia ante el empuje generado por el suelo.

En general se utilizarán tablonces de madera de pino pátula o similar con una densidad mayor o igual que $0,43 \text{ g/cm}^3$ y contenido de humedad menor o igual que 20%.

1.2.2 Colocación de material excavado

El material proveniente de las excavaciones colocado en la parte superior propicia condiciones adversas para la estabilidad de la brecha en particular si se coloca muy cerca al borde la misma. Con el objeto de evitar estos efectos nocivos es recomendable mantener libre una distancia mínima desde el borde de la zanja equivalente al 50% de su profundidad y, preferiblemente, que el material excavado se distribuya en cantidades iguales a ambos lados de la brecha.

1.2.3 Excavaciones sobre taludes

Para condiciones topográficas de vertientes empinadas con poca disponibilidad de espacio, normalmente los trabajos de excavación pueden resultar más prácticos si se realizan en forma manual.

Para la excavación de brechas a lo largo de taludes (naturales o artificiales, como rellenos u otros) se recomienda aplicar el siguiente orden de actividades (Ver Figura No. 1, en el anexo al final de este documento):

Conformar inicialmente una terraza horizontal del ancho de la brecha más un "sobreeancho" de 0,5 m del lado "alto" de la banca.

A partir de esta explanación se perfilará el talud con una pendiente no mayor que 2 Vertical por 1 Horizontal (es decir, 63° con la horizontal) para alturas no mayores que 3 m.

La superficie resultante del corte se protegerá adecuadamente (engramado por ejemplo) y en su partes alta y baja se conformarán sendas cunetas de concreto revestidas en concreto.

Terminados estos trabajos se procederá a la excavación propiamente de la brecha y el material removido de dispondrá sobre la parte baja.

1.2.4 Abatimiento del nivel freático

En caso de excavaciones bajo el nivel freático, es mejor bombear desde pozos profundos que directamente desde la brecha. Se preferirán bombas de mediana capacidad trabajando en forma ininterrumpida, pues los equipos de gran capacidad pueden generar gradientes hidráulicos adversos a ala estabilidad de las excavaciones. En estos casos los trabajos de excavación, entibado y colocación de tubería deberán agilizarse al máximo ya que los bombeos muy prolongados pueden producir asentamientos en las construcciones adyacentes.

1.2.5 Longitud de las brechas

La longitud máxima que pueden alcanzar las brechas, debidamente entibadas, se podrá determinar de acuerdo con la profundidad máxima (h) de cada tramo, así:

Profundidad brecha (h) (m)	Longitud brecha (L) (m)
$h \leq 2$	30
$2 < h \leq 3$	$6 \times h$
$3 < h \leq 4$	$3 \times h$
$4 < h \leq 5$	$1,8 \times h$
$5 < h \leq 6$	h

Alcanzada la longitud referida se procederá inmediatamente a la colocación de la tubería y al llenado de la zanja. La programación de actividades deberá realizarse de tal manera que no permanezcan brechas abiertas durante más de dos días.

Se considera aceptable que la longitud de brecha pueda incrementarse para casos particulares y condiciones específicas como:

- Profundidad de brecha no mayor que 3 m.
- Topografía, plana como en el caso de cruces de vías importantes.
- Sin construcciones a los lados de la brecha.
- Que la brecha no permanezca abierta más de dos días.

Para esta situación la longitud de brecha puede aumentarse hasta un máximo de 30 m.

1.2.6 Materiales de lleno

En brechas no comprometidas con vías se podrá utilizar el material proveniente de la excavación, a excepción de suelos orgánicos, ceniza volcánica, escombros, basuras y piedra o fragmentos rocosos mayores de 0,10 m de "diámetro"; el suelo se compactará al menos con un pisón metálico manual, en capas sueltas no mayores que 0,10 m de espesor y subiendo el relleno simultáneamente a ambos lados de la tubería.

Para las brechas en vías se conformará el lleno con el suelo de las excavaciones (siempre que cumpla con los requisitos que se presentan a continuación) o arena limosa.

Los materiales aceptables procedentes de la excavación excluyen los suelos orgánicos, arcillas expansivas, cenizas volcánicas, fragmentos rocosos de más de 0,10 m, basuras, escombros, los que tengan límite líquido mayor que 50%

y aquellos cuyo contenido natural de humedad no permita alcanzar la compactación especificada.

En caso de emplear arena limosa como relleno de brechas en vías, se deben satisfacer las siguientes especificaciones: límite líquido menor que 30%, índice de plasticidad menor de 8% y porcentaje que pasa por el tamiz # 200 menor que 35%.

En cualquier caso, en el proceso de compactación los 0,30 m de relleno inmediatamente por encima de la parte superior de las tuberías se ejecutará con material libre de piedras (tamaño máximo de agregado: tamiz de 1/4") y se compactarán con pisones metálicos manuales subiendo el relleno simultáneamente a ambos lados de la tubería; para el resto del lleno, se puede utilizar equipo vibratorio (placas) o de impacto (pisones neumáticos). La densidad de colocación no podrá ser inferior al 90% de la obtenida en el ensayo Proctor Modificado (AASHTO T-180).

1.2.7 Otras recomendaciones

Si las brechas se encuentran en inmediaciones de construcciones, es recomendable que antes de acometer su excavación se adelante un detallado registro del estado de las edificaciones existentes (inclusive con apoyo fotográfico) que permita dirimir eventuales reclamos.

El tiempo entre la excavación de la brecha y la colocación del entibado deberá minimizarse. En general, salvo en los casos de excavación a máquina, se colocará el entibado a medida que avance el proceso.

Con el objeto de permitir la colocación de la tubería, el último metro de la brecha (el más profundo) no necesita entibarse, a no ser que el material de las paredes tienda a desmoronarse.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Sede Medellín
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS
Biblioteca Facultad de Minas

2. SISTEMAS DE ENTIBADO

Se presentan a continuación tres sistemas de entibados en madera utilizables para trabajos de soporte temporal de taludes verticales en excavaciones para la colocación de redes enterradas. Se considera que son eficientes para profundidades de brecha hasta de unos 6 m siempre y cuando se garantice la óptima calidad de cada uno de los elementos que los constituyen y las longitudes de excavación propuestas en el numeral 1.2.5 de este documento. Los sistemas denominados "Tipo 1" y "Tipo 2" presentan como atractivo, al compararlos con los sistemas más tradicionales usados en nuestro medio, el asegurar las paredes a medida que se ejecuta la excavación.

2.1 ENTIBADO TIPO 1

Se utilizará en los casos en que no haya estructuras cercanas a las zanjas, la excavación se ejecute por encima del nivel freático y el suelo tenga consistencia firme. Se considera que es el sistema más simple y será el tratamiento mínimo que se colocará en las brechas.

Consiste en tablas de 0,04 m x 0,20 m x 3,00 m colocadas horizontalmente a lo largo de la excavación, espaciadas 1,0 m entre ejes y sostenidas por codales de madera (perpendiculares a la pared) con sección no menor de 0,15 m x 0,10 m o codales metálicos tubulares de 0,15 m de diámetro. La primera tabla se

dispondrá a una profundidad de 0,5 m bajo la superficie y los codales se distanciarán no más de 2,0 m en sentido horizontal. Ver Figura No. 2.

Este tipo de entibado tiene las ventajas de proteger el talud a medida que baja la excavación, es económico, de fácil y rápida colocación y permite recuperación total de sus elementos. Entre sus desventajas se anota que no es versátil para excavación a máquina.

2.2 ENTIBADO TIPO 2

Se utilizará en los casos en que existan estructuras en las inmediaciones de las brechas, la excavación se realice por debajo del nivel freático o el suelo tenga consistencia blanda o tendencia a desmoronarse (materiales arenosos sueltos, llenos artificiales, etc).

Las paredes de la excavación se cubrirán con tableros constituidos por tablas horizontales de 0,04 m x 0,20 m x 3,00 m, separadas entre sí 0,20 m y trabadas verticalmente por largueros de 0,10 m x 0,20 m sostenidos con codales de madera con sección no menor de 0,15 m x 0,10 m o codales metálicos tubulares de 0,15 m de diámetro. La primera tabla se dispondrá a una profundidad de 0,5 m bajo la superficie y los codales se distanciarán no más de 1,4 m en sentido vertical.

Este sistema también puede volverse continuo (tablas al tope) cuando las condiciones del suelo (materiales sueltos, húmedos, etc) lo justifiquen. Ver Figura No. 3.

El sistema es similar al entibado anterior (Tipo 1) pero posibilita el trabajo a máquina (aunque no muy ágilmente). Para el retiro es necesario sacar todos los elementos de una vez con el consecuente peligro de desestabilización o de lo contrario solo conseguir una recuperación parcial (tal vez limitada a los codales superiores).

2.3 ENTIBADO TIPO 3

Se considera que este sistema tiene su mayor campo de aplicación para excavaciones a máquina (retroexcavadora), siempre y cuando se entibe en forma inmediata.

Se dispondrán contra las paredes tableros conformados por tablas verticales de 0,04 m x 0,20 m y longitud mayor o igual a la profundidad de la zanja, separadas entre sí 0,20 m o colocadas en forma continua y recibidas horizontalmente por largueros de 0,10 m x 0,20 m, en toda su longitud, sostenidos por codales de madera con sección no menor de 0,15 m x 0,10 m o codales metálicos tubulares de 0,15 m de diámetro. Los codales se espaciarán no más de 2,0 m en sentido horizontal (excepto en los extremos, en los cuales se iniciará su colocación a una distancia de 0,50 m) ni más de 1,6 m en sentido vertical. Ver Figura No. 4.

Permite trabajo a máquina de manera más fácil que los otros sistemas (aunque no es tan seguro para el trabajo manual) y recuperación prácticamente total de sus elementos. En otros países se utilizan entibados prefabricados semejantes al descrito, los cuales se bajan al fondo de la brecha para la colocación de la tubería y se izan por medios mecánicos posteriormente a medida que se procede al llenado de la zanja.

2.4 COMENTARIOS RESPECTO A OTROS SISTEMAS DE ENTIBADO

Los entibados metálicos son otra opción aplicable al sostenimiento de excavaciones y, dada la resistencia de sus elementos, pueden considerarse como más seguros que los entibados en madera. Para condiciones geotécnicas especiales, grandes profundidades (mayores que 6 m, por ejemplo) que justifiquen su inversión pueden constituirse en la solución óptima.

Todos los entibados que requieran hinca de sus elementos, bien sean estos de madera o metálicos, son poco funcionales en nuestro medio (o aún absolutamente impracticables) debido a la presencia de "bolas" de roca, de piedras grandes, de escombros de construcción y de otros materiales de alta dureza frecuentes en nuestras formaciones superficiales. A lo anterior debe agregarse que para la hinca y retiro de esos sistemas se necesitan facilidades de espacio y acceso que permitan el trabajo de equipo especializado con un incremento sustancial en los costos.

BIBLIOGRAFIA

1. TERZAGHI Karl, y PECK Ralph. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. 2 Ed. Barcelona, Editorial El Ateneo S.A. 1980. 722 p.
2. SOWERS George B., y SOWERS George F. Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. 1 Ed. Méjico, Editorial Limusa S.A. 1980. 667 p.
3. PECK Ralph, HANSON Walter, y THORNBURN Thomas. Ingeniería de cimentaciones. 1 Ed. Méjico, Editorial Limusa S.A. 1982. 557 p.

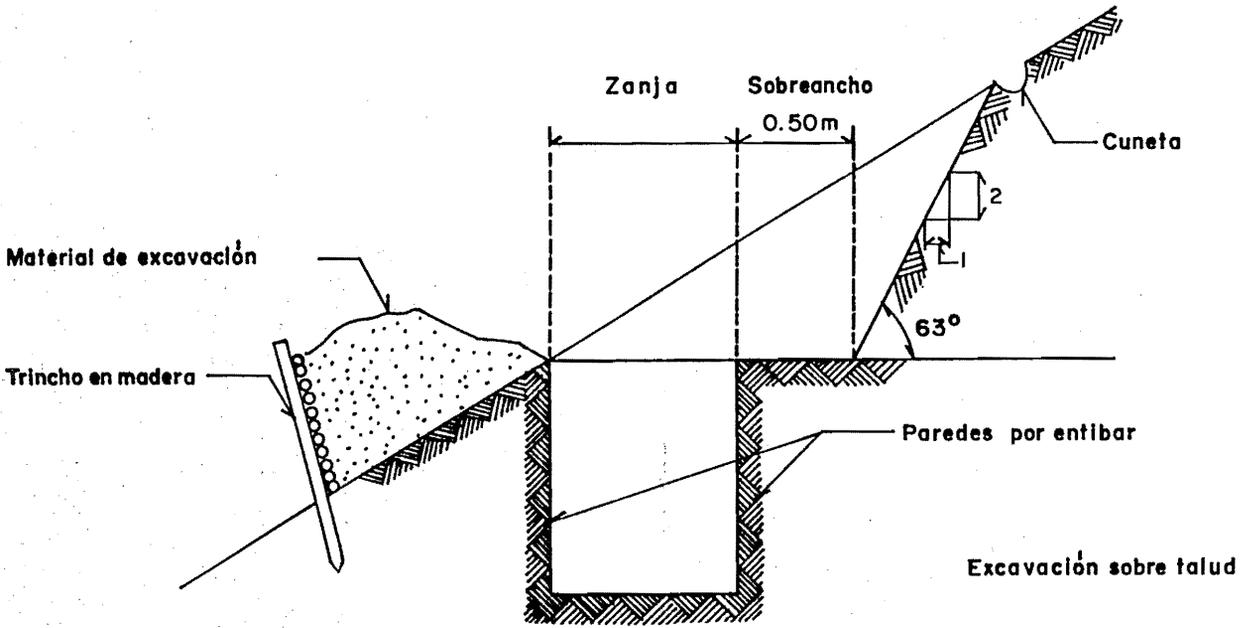


Figura No. 1

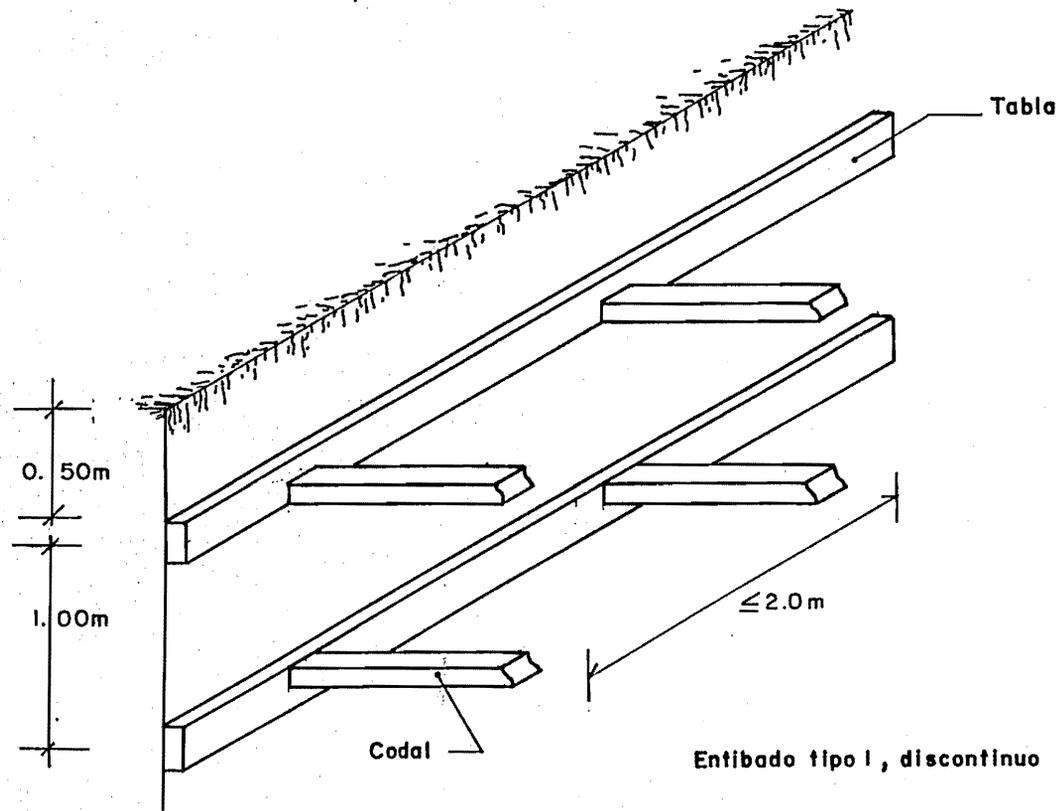


Figura No. 2

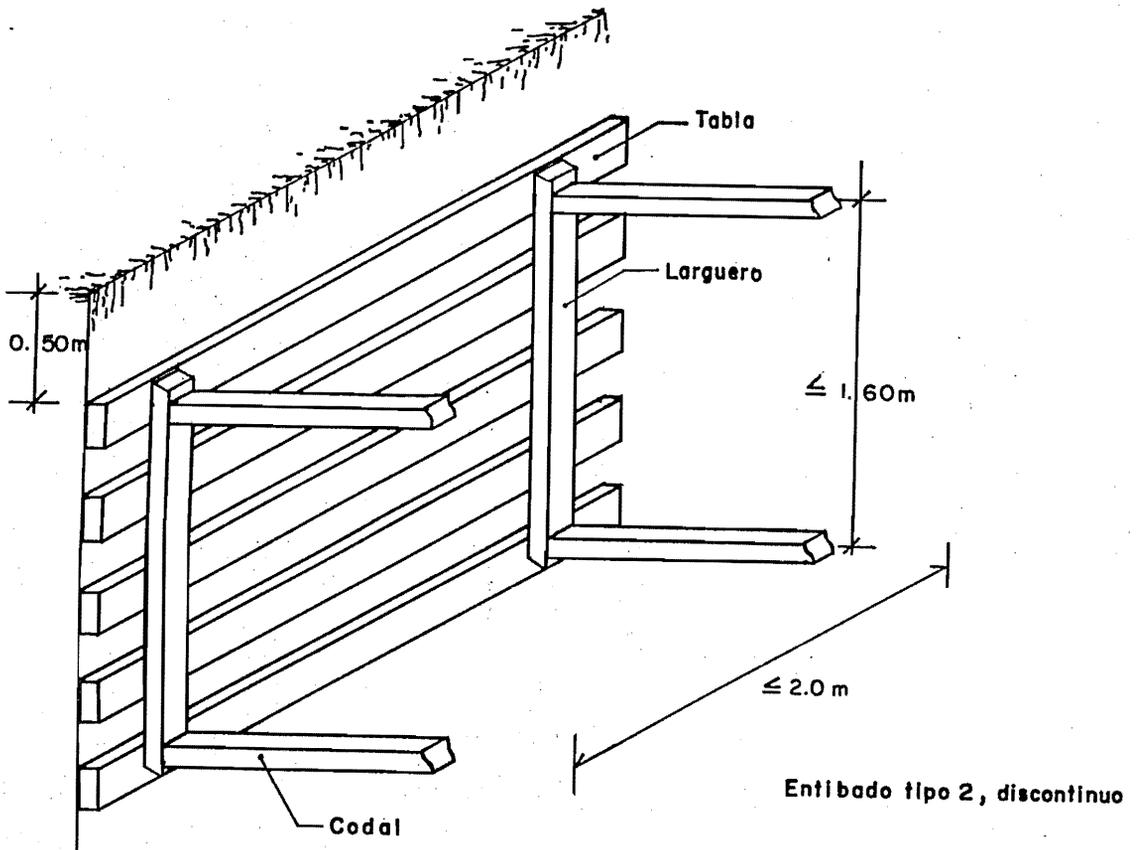


Figure No. 3

