7. Excavaciones

- Introducción
- Actuaciones previas
  - Reconocimiento del terreno
  - Edificaciones colindantes
  - Conducciones enterradas
  - Conducciones eléctricas aéreas
- Factores que intervienen en la estabilidad de los terrenos
  - Profundidad crítica
- Trabajos en terrenos
  - Taludes
  - Entibaciones
  - Zanjas
  - Pozos, galerías y similares
  - Excavaciones
  - Riesgos Generales
  - Protecciones

INTRODUCCIÓN

En las excavaciones y en los trabajos que en ellas se realizan, el riesgo principal, se origina en los movimientos accidentales del terreno que provocan deslizamientos, desprendimientos y hundimiento de las obras de defensa, con el consiguiente sepultamiento de personas.

Estos accidentes, suelen ser de cierta gravedad y relativamente frecuentes, dándose como causa admitida la fatalidad, cuando en la mayoría de los casos es falta de previsión o confianza excesiva.

Con este tema, lo que pretendemos es aumentar el nivel de información y formación de empresarios y trabajadores del sector de la construcción, así como de aquellas personas que estén interesadas en materia de seguridad y salud, con el fin, de contribuir al descenso del número de accidentes laborales.

Para ello, el trabajo a realizar partirá de un reconocimiento del estado en que se encuentran los terrenos sobre los que vamos a trabajar y de las actuaciones previas que debemos realizar antes de comenzar los trabajos, señalando las medidas de seguridad necesarias, a fin de evitar o reducir los riesgos.

Asimismo, habrá que indicar los criterios de planificación y diseño de las excavaciones a realizar, así como considerar, los distintos sistemas de entibación, de modo que esta información, sirva para elegir el más apropiado, en función de las características y condicionantes de la obra a realizar.

EXCAVACIONES

ACTUACIONES PREVIAS

Antes del comienzo de los trabajos, es preciso conocer una serie de circunstancias que pueden incidir en la seguridad de los mismos y que como mínimo, serán:

- Características del terreno en relación a los trabajos que se van a desarrollar, tales como: talud natural, capacidad portante, nivel freático, contenido de humedad, posibilidad de filtraciones, estratificaciones, alteraciones anteriores del terreno, etc.

- Proximidad de edificaciones y características de sus cimentaciones, así como posibles sobrecargas en las proximidades de las paredes de la excavación.

- Existencia de fuentes de vibraciones, (carreteras, fábricas, etc.).

- Existencia o proximidad a instalaciones y conducciones de agua, gas, electricidad y alcantarillado.

Dada la naturaleza de estos trabajos, será imprescindible la existencia al frente de ellos de un técnico responsable.

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

Para conocer el terreno será necesario realizar un estudio geotécnico, que nos dé información sobre el tipo de terreno con que nos vamos a encontrar y su comportamiento,para disponer de antemano de una serie de medios y cálculos con los que acometer el trabajo con una serie de riesgos ya controlados.

Además, el técnico, con su experiencia, y recabando información de la zona o de personas que conozcan los posibles cambios realizados, (rellenos, cauces, etc.) puede alcanzar a conocer el tipo de terreno que va a encontrar.

El técnico, al observar el terreno, tal como lo muestra la naturaleza, debe decidir de forma intuitiva, si puede o no ceder, desplomarse o derrumbarse. Así resulta, que si el terreno que se observa es rocoso, la seguridad en la estabilidad aumenta y si por el contrario, la mayor parte de su composición es tierra, aumenta la inseguridad y la atención se agudiza, y ello ocurre en mayor medida, cuanto mayor es la inclinación de la superficie con la horizontal que pisamos, o lo que es lo mismo, se verticaliza más la excavación separándonos del ángulo del talud normal.

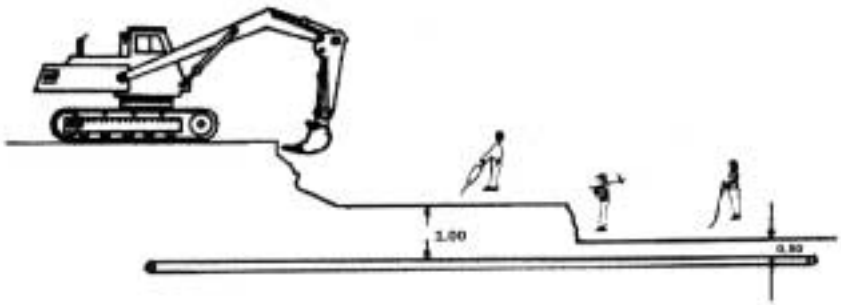
EDIFICACIONES COLINDANTES

Si el edificio es exento, no existe esta problemática, pero la mayoría de los casos, el solar objeto de la obra es medianero con otros edificios, por lo que será necesario realizar las operaciones de apeo necesarias, para evitar los asentamientos y hundimientos de las cimentaciones colindantes y de los muros medianeros, al disminuirse la capacidad de carga del cimiento medianero como consecuencia de la excavación.

CONDUCCIONES ENTERRADAS

Es preciso, antes de proceder a la excavación, conocer la situación exacta de los servicios públicos que afecten al solar, con los datos aportados por los diferentes organismos. Una vez obtenidos éstos, se marcará en el terreno, el lugar donde están ubicadas, eligiendo un sistema que perdure hasta la realización de la excavación en esa zona, anotando la profundidad exacta a la que se encuentran éstas, protegiéndolas ante eventuales sobrecargas producidas, por la circulación de vehículos pesados.

La excavación, se realizará mecánicamente, hasta 1 metro, antes de llegar a la conducción y a partir de entonces, la excavación será manual con perforadores neumáticos, picos, etc., hasta 0,50 m., utilizando la pala manual a partir de esta distancia.



Niveles de Excavación con Seguridad

Una vez localizada la canalización, (caso de que existiese), se arriostrará convenientemente, para evitar que rompa por su propio peso.

La rotura de conducciones de agua, directamente o por descalce del terreno, puede dar lugar a socavones, corrimientos y desprendimientos. Las de gas, pueden producir explosiones y emanaciones tóxicas.

Electricidad.
Los cables enterrados, generalmente sólo dan un tipo de accidente y es el contacto directo por perforación del aislamiento y a través de la herramienta que utilizamos para excavar, (pala, martillo perforador, pico, etc.).

Saneamiento.
La perforación de un saneamiento o galería desconocida, que podamos encontrar al excavar, puede ocasionar un accidente típico, originado por el hecho de que existan emanaciones de gases tóxicos, principalmente CO y al descender los trabajadores sin las debidas protecciones, se intoxiquen.

En este accidente, de producirse suele darse siempre más de una víctima, ya que generalmente al quedar inconsciente el primer trabajador siempre hay un segundo trabajador, como mínimo, que precipitadamente y sin protección, baja a rescatarle, quedando también intoxicado.

Gas.
Los riesgos que nos producen la perforación o rompimiento de una conducción de gas son principalmente:
- Intoxicación, (poco frecuente).
- Explosión

La explosión de una conducción próxima a la excavación, también se puede originar porque al romper una conducción de agua, ésta nos produzca un socavón quedando al aire la tubería del gas, partiéndose la misma.

Es conveniente en muchos casos, apuntalar las tuberías, o simplemente suspenderlas.

CONDUCCIONES ELÉCTRICAS AÉREAS

Los riesgos de las líneas eléctricas aéreas son distintos según estas líneas atraviesen el solar o estén más o menos próximas al mismo.

En el primer caso, no debemos empezar a trabajar hasta que la compañía suministradora haya eliminado dicha línea de energía, o la haya elevado lo suficiente, para que se cumplan las distancias mínimas de seguridad establecidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.E.B.T.) y el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

En lugares perfectamente visibles de los edificios o construcciones cercanos a la línea y principalmente en las proximidades de las bocas de agua para incendios, se fijarán placas, que indiquen la necesidad de avisar a la empresa suministradora de energía eléctrica, para que, en caso de incendio, suspenda el servicio de la línea afectada, antes de emplear el agua para la extinción del fuego.

Para evitar los riesgos originados por contacto eléctrico accidental de las personas que trabajan en la obra, a través de cualquier máquina o medio auxiliar, con tendidos eléctricos, con los conductores desnudos que se encuentren en las proximidades de los trabajos, etc., deberá adoptarse alguna de las siguientes medidas protectoras:

- Retirada de la línea o conversión en subterránea.

- Aislar los conductores de la línea. La adopción de cualquiera de estas medidas estará condicionada a la autorización de la Compañía propietaria de la línea, quien además, se encargará de llevarla a cabo.

- Guardar una distancia de seguridad, la cual, si bien puede variar en función del voltaje de la línea que afecte, se recomienda no ser inferior a 6 m. Para ello y con objeto de evitar cualquier descuido, es preferible disponer de dispositivos de seguridad, apantallamientos o interposición de obstáculos que impidan todo acercamiento peligroso y por tanto, contactos accidentales o descargas por arco voltaico.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ESTABILIDAD DE LOS TERRENOS

Cuando iniciamos una excavación, estamos rompiendo el equilibrio que existe entre un sistema, a veces muy complejo, de fuerzas o tensiones.

Si realizamos la excavación en arena seca, los granos de las paredes deslizan hacia el fondo y este desplazamiento, se detiene cuando se consigue un cierto ángulo de talud natural. Este ángulo, es independiente de la altura del talud.

La arena es un suelo sin cohesión.

Si hacemos la misma operación en una arcilla, podemos obtener una cierta profundidad, con paredes casi verticales. En este caso, podríamos ver que el ángulo de talud natural, varía con la altura ya que la arcilla tiene mayor cohesión.

Entre una arena pura y una arcilla plástica, existe una extensa gama de suelos, con diferentes coeficientes de rozamientos y cohesión.

La experiencia, nos muestra que el suelo, tiende siempre a restablecer este equilibrio que estamos rompiendo. En algunos casos, lo hace de inmediato, (caso de la arena), en otros, es más lento y puede durar horas, días, meses e incluso años.

Si conociéramos ese tiempo, podríamos realizar la excavación sin riesgo, pero el restablecimiento de este equilibrio, depende de múltiples factores que sólo podemos obtener de un estudio exhaustivo.

Entre estos factores podemos tener:
- Ángulo de rozamiento
- Granulometría
- Consistencia
- Humedad
- Permeabilidad
- Estatigrafía, buzamiento y fallas
- Factores climatológicos, (aguas, lluvias, hielos, sequía).
- Vibraciones

PROFUNDIDAD CRÍTICA

Se llama profundidad crítica de excavación de un terreno, a la profundidad máxima que se puede excavar en pared vertical estable, sin ningún tipo de fortificación.

Como orientación podemos dar los siguiente datos:

Terreno	Profundidad crítica m.
Arena cohesiva	1,25
Arcillosos	1,50
Muy compactos, sin rocas y con martillos rompedores	1,80
Muy compactos, sin roca. Con picos	2,00
Compactos, con maquinaria y sin obreros	3,00

Los factores que influyen en la estabilidad de los terrenos y que pueden afectar la profundidad crítica son:
- Climatológicos.
- Sobrecargas.

Entre los primeros, distinguimos el **hielo**, ya que en invierno, el terreno es más compacto con las heladas, por lo que aparentemente se puede excavar a mayor profundidad en pared vertical; si hay una subida de temperatura, el hielo volverá a estado líquido, disminuyendo el volumen, por lo que el terreno se hace más esponjoso, menos resistente y surge la posibilidad de derrumbamiento; asimismo en terrenos arcillosos, este agua, actúa como lubricante de la arcilla, originando desplazamientos de masas más o menos compactas.

Otro factor climatológico es el **agua de lluvia** o la procedente de roturas de conducciones, que pueden dar lugar a la inundación de los tajos con el consiguiente peligro de diluir el terreno o socavar las paredes de la excavación; si es necesario, por su importancia, se recurrirá a las bombas de achique.

Dentro del segundo grupo de factores modificativos de la profundidad crítica de excavación, se encuentran las sobrecargas, que a su vez pueden ser estáticas y dinámicas.

Las sobrecargas **estáticas**, pueden ser ocasionadas por diversas circunstancias como:

- Tierras acumuladas al borde de zanjas, que estarán colocadas a una distancia suficiente del borde de la excavación, para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras, debiéndose adoptar como mínimo, una distancia igual o mayor a la mitad de la profundidad de la zanja, con carácter general. En terrenos arenosos, ésta distancia será mayor o igual a la de la profundidad de la zanja.

- Los materiales y conducciones, para ser colocados en el interior de las mismas, que estarán suficientemente apartados de los bordes para evitar derrumbamientos.
- Soportes de líneas eléctricas aéreas, postes de teléfonos, etc.
- Pies derechos de andamios elevados en el suelo.
- Los muros de cerca y cimientos, que serán convenientemente apuntalados.
- Los árboles, cuyas raíces pueden provocar desprendimientos o existencia de rellenos de huecos dejados por árboles arrancados, que originan zonas menos compactadas con posibilidad de derrumbamiento.

Las sobrecargas **dinámicas**, son producidas por la circulación por carreteras, vías férreas, calles, en la proximidad de las obras, asi como, las vibraciones ocasionadas por martinetes, etc., o el movimiento de la maquinaria propia en la obra. Por ello, se tomarán precauciones para la circulación de maquinaria al borde de la excavación, sobre todo en el caso de lluvia reciente. Se comprobará el itinerario de la máquina, no habiendo personal debajo a su paso, ya que hay que considerar la heterogeneidad del terreno, puesto que una sobrecarga, puede afectar la estabilidad parcial del talud.

Se puede hacer una clasificación general de los terrenos según su estabilidad:
- Estables, (rocosos, calizos, margas).
- Poco estables, (gravas, con arcilla, terreno de arrastre).
- Movedizos, (gravas sueltas y arenas).

Los terrenos rocosos, si no tienen fisuras no suelen dar problemas. Hay que tener precauciones con los estratos inclinados, cuando su inclinación está orientada hacia el corte.

La unión de los estratos de rocas sedimentarias con conglomerados que puedan ser estables, (como en granitos o calizas) o de estabilidad reducida como sedimentarias, con bancos de gravas y arenas merece especial atención, puesto que éstos pueden producir deslizamientos si la inclinación es fuerte.

Los estratos de arenas y gravas, si son compactos, están menos sujetos a deslizamientos, pero se disgregan con facilidad con el tiempo. Cuando su compacidad es pequeña, pueden producir deslizamientos, cayendo directamente o dejando huecos tras la entibación, pudiendo provocar desmoronamientos totales del frente.

Se debe desconfiar de los terrenos arcillosos, pues son extraordinariamente sensibles a la acción de la humedad. Éstos y algunos terrenos de esquistos o calcáreos con restos orgánicos, (caparazones microscópicos), pueden plastificarse con el agua, presionando entonces con el peso propio y el de los estratos superiores sobre el corte. Pueden aparentar buena estabilidad a primera vista, pero la variación del grado de humedad, en tiempo muy seco produce contracciones y fisuras, que facilitan su rotura y deslizamiento.

Los terrenos no naturales o de relleno, son peligrosos si no están suficientemente compactados ni unidos homogéneamente al terreno natural anterior al relleno.

TRABAJOS EN TERRENOS

Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.

En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles, deberán tomarse las precauciones adecuadas:

- Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entibación, blondaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.

- Para prevenir la irrupción accidental de agua, mediante los sistemas o medidas adecuados.

- Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo, de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.

- Para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o irrupción de agua o la caída de materiales.

Deberán preverse vías seguras para entrar o salir de la excavación.

Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento, deberán mantenerse alejados de las excavaciones, o deberán tomarse las medidas adecuadas, en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.

TALUDES

El límite de la estabilidad de un terreno, viene dado por el ángulo del talud natural de ese terreno. Este ángulo, es el de máxima pendiente, (ángulo con la horizontal), que el plano de una pared excavada de cualquier altura puede mantener indefinidamente, sin que el material tienda a deslizarse o desmoronarse.

A continuación, incluimos una tabla de inclinaciones y pendientes de los taludes que dependen de la naturaleza y contenido en agua del terreno.

TABLA DE ÁNGULOS DE INCLINACIÓN Y PENDIENTES DE LOS TALUDES

Naturaleza del terreno	Excavaciones en terreno virgen o terraplenes homogéneos muy antiguos				Excavaciones en terreno removido recientemente o terraplenes recientes			
	TERRENOS				TERRENOS			
	Secos		Inmersos		Secos		Inmersos	
	Angulo con la horizontal	Pendiente	Angulo con la horizontal	Pendiente	Angulo con la horizontal	Pendiente	Angulo con la horizontal	Pendiente
ROCA DURA	80º	5/1	80º	5/1	-	-	-	-
ROCA BLANDA O FISURADA	55º	7/5	55º	7/5	-	-	-	-
RESTOS ROCOSOS, PEDREGOSOS, DERRIBOS	45º	1/1	40º	4/5	45º	1/1	40º	4/5
TIERRA FUERTE (MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA) MEZCLADA CON PIEDRA Y TIERRA VEGETAL	45º	1/1	30º	3/5	35º	7/10	30º	3/5
GRAVA, ARENA GRUESA NO ARCILLOSA	35º	7/10	30º	3/5	35º	7/10	30º	3/5
ARENA FINA NO ARCILLOSA	30º	3/5	20º	1/3	30º	6/10	20º	1/3

Para profundidades inferiores a 1,30 m. en terrenos coherentes y sin solicitación de viales o cimentaciones, podrán realizarse cortes verticales sin entibar.
En terrenos sueltos o que estén solicitados, deberá llevarse a cabo una entibación adecuada.

Para profundidades mayores, el adecuado ataluzado de las paredes de excavación, constituye una de las medidas más eficaces frente al riesgo de desprendimiento de tierras.

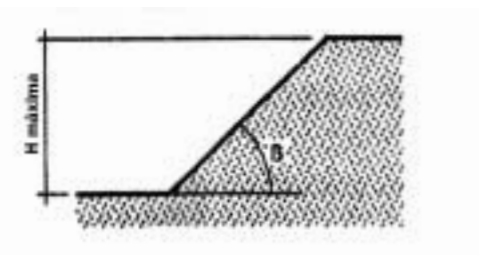
La tabla siguiente, (TABLA 1) sirve para determinar la altura máxima admisible en metros de taludes libres de solicitaciones, en función del tipo de terreno, del ángulo de inclinación de talud no mayor de 60º y de la resistencia a compresión simple del terreno, (Fig. pág. siguiente).

TABLA 1.

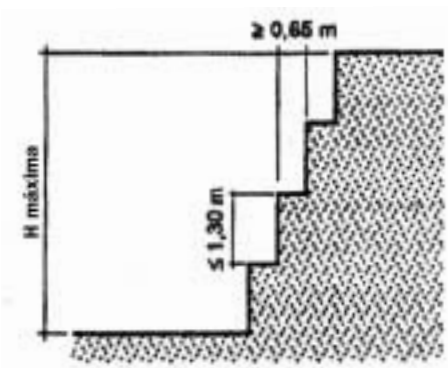
		Resistencia a compresión simple Ru en Kg/cm²				
		0,250	0,375	0,500	0,625	≥0,750
Arcilla y limos muy plásticos	30º 45º 60º	2,40 2,40 2,40	4,60 4,00 3,60	6,80 5,70 4,90	7,00 7,00 6,20	7,00 7,00 7,00
Arcilla y limos de plasticidad media	30º 45º 60º	2,40 2,40 2,40	4,90 4,10 3,60	7,00 5,90 4,90	7,00 7,00 6,30	7,00 7,00 7,00
Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas	30º 45º 60º	4,50 3,20 2,50	7,00 5,40 3,90	7,00 7,00 5,30	7,00 7,00 6,80	7,00 7,00 7,00

(H máx. en m)*

** Valores intermedios se interpolar*



La altura máxima admisible H máx. en cortes ataluzados del terreno, provisionales, con ángulo comprendido entre 60º y 90º (talud vertical), sin solicitación de sobrecarga y sin entibar, podrá determinarse por medio de la TABLA 2 en función de la resistencia a compresión simple del terreno y del peso específico aparente de éste. Como medida de seguridad en el trabajo contra el "venteo" o pequeño desprendimiento se emplearán bermas escalonadas con mesetas no menores de 0,65 m y contramesetas no mayores de 1,30 m, (fig. 1).



(fig. 1)

TABLA 2. Altura máxima admisible H máx. en m*

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE Ru en Kg/cm²	Peso específico aparente g en g/cm³				
	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80
0,250 0,300 0,400	1,06 1,30 1,70	1,10 1,35 1,80	1,15 1,40 1,90	1,20 1,45 2,00	1,25 1,50 2,10
0,500 0,600 0,700	2,10 2,60 3,00	2,20 2,70 3,15	2,30 2,80 3,30	2,45 2,95 3,50	2,60 3,10 3,70
0,800 0,900 1,000	3,40 3,90 4,30	3,60 4,05 4,50	3,80 4,20 4,70	4,00 4,45 4,95	4,20 4,70 5,20
1,100 ≥1,200	4,70 5,20	4,95 5,20	5,20 5,20	5,20 5,20	5,20 5,20

El corte de terreno se considerará solicitado por cimentaciones, viales y acopios equivalentes, cuando la separación horizontal "S" (fig. 2), entre la coronación del corte y el borde de la solicitación, sea mayor o igual a los valores "S" de la TABLA 3.

(fig. 2)

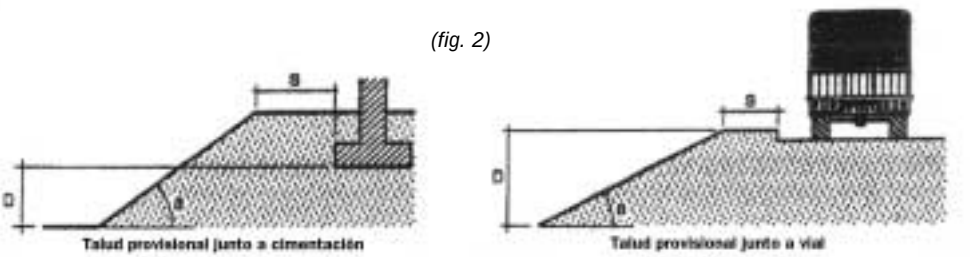


TABLA 3. Determinación de la distancia de seguridad (S en fig. 2) para cargas próximas al borde de una zanja

Tipo de solicitación	Angulo de talud	
	b>60…	b†60…
Cimentaciones	D	D
Vial o acopios equivalentes	D	D/2

En excavaciones junto a cimentaciones enrasadas o más profundas, se deberá comprobar si existe peligro de levantamiento del fondo. En general no existe peligro siempre que se verifique (fig. 3) que:

$$qs \leq 0{,}9\ (m.R_W + n)$$

siendo:

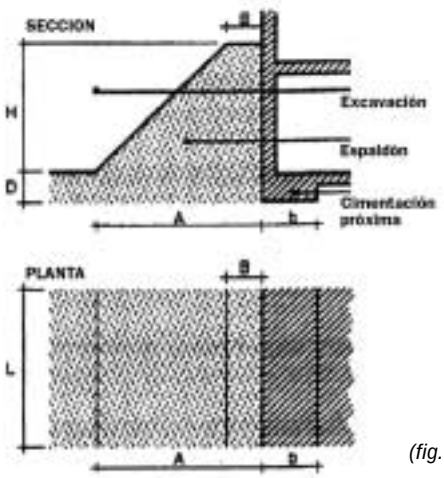
q_S= Tensión de comprobación que transmite la cimentación al terreno en su plano de apoyo en Kg/cm2

R_W= Resistencia a compresión simple del terreno en Kg/cm2.

m= Factor de influencia (tabla 4).

n= Sobrecarga debida al espaldón en Kg/cm2 (tabla 5).

Para valores de A < b, debe tomarse en general n= 0.



(fig. 3)

TABLA 4. Cálculo del factor de influencia, m*

b/L	D/b									
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00
< 0,1	1,00	1,19	1,38	1,57	1,76	1,95	2,14	2,52	2,90	3,28
0,1	1,04	1,23	1,42	1,61	1,80	1,99	2,18	2,56	2,94	3,32
0,2	1,03	1,27	1,46	1,65	1,84	2,03	2,22	2,60	2,98	3,36
0,3	1,13	1,32	1,51	1,70	1.89	2,08	2,27	2,65	3,03	3,41
0,4	1,17	1,36	1,55	1,74	1,93	2,12	2,31	2,69	3,07	3,45
0,5	1,22	1,41	1,60	1,79	1,98	2,17	2,36	2,74	3,12	3,50
0,6	1,26	1,45	1,64	1,83	2,02	2,21	2,40	2,78	3,16	3,54
0,7	1,30	1,49	1,68	1,87	2,06	2,25	2,44	2,82	3,20	3,58
0,8	1,35	1,54	1,73	1,92	2,11	2,30	2,49	2,87	3,25	3,63
0,9	1,39	1,58	1,77	1,96	2,15	2,34	2,53	2,91	3,29	3,67
≥1,0	1,44	1,63	1,82	2,01	2,20	2,39	2,58	2,96	3,34	3,72

* Siendo, (fig. 3):
b= Ancho de la cimentación en dirección normal al corte en m.
L= Largo de la cimentación en dirección paralela al corte en m.
D= Desnivel entre el plano de apoyo de la cimentación y el fondo de la excavación en m.

TABLA 5. Cálculo de la sobrecarga debida al espaldón, n, en Kg / cm²

	$\frac{A+B}{2A}$ * H en m						
	1	2	3	4	5	6	7
2,20	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54
2,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
1,80	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26
1,60	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12

Siendo, (fig. 3):
A= Ancho en pie del espaldón en m.
B= Ancho en coronación del espaldón en m.
H= Profundidad del corte en m.

ENTIBACIONES

Entibación es el conjunto de maderas u otros materiales, dispuestos convenientemente, que constituyen el apuntalamiento de las excavaciones de pozos, minas, galerías subterráneas, zanjas, etc.

La necesidad de entibar, surge por la problemática de asegurar la estabilidad de las excavaciones. A esta exigencia, se añade en zona urbana, la falta de espacio en muchos casos, al no poder dar a la excavación el talud natural del terreno, o condicionantes económicas en excavaciones de tipo zanja o pozo. Por lo dicho anteriormente, el uso más frecuente de las entibaciones es en excavaciones provisionales de tipo zanja o pozo, aunque de forma más inusual, se emplean en vaciados o excavaciones de un solo frente.

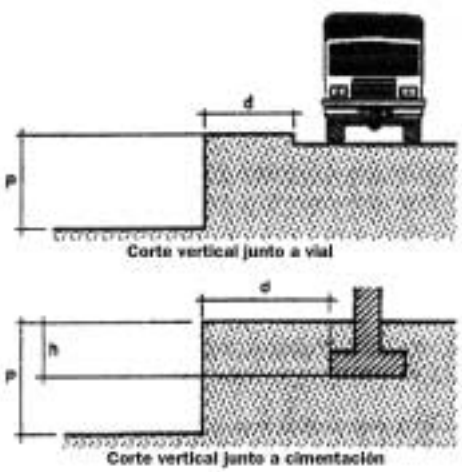
El tipo de entibación a emplear, vendrá determinado por el del terreno en cuestión, si existen o no solicitaciones y la profundidad del corte, (ver tabla).

Elección del tipo de entibación

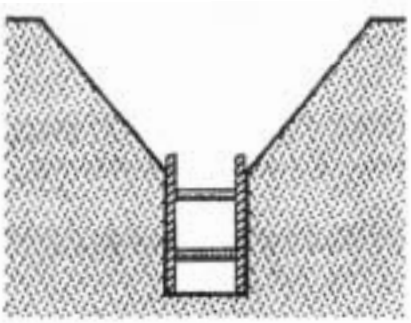
Tipo de terreno	Solicitación	Profundidad P del corte en m			
		< 1,30	1,30 - 2,00	2,00 - 2,50	> 2,50
Coherente	Sin solicitación	No necesaria	Ligera	Semicuajada	Cuajada
	Solicitación de vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	Cuajada
Suelto	Solicitación de cimentación	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada
	Indistintamente	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada

La Norma Tecnológica NTE-ADZ/1976, "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos", establece el criterio para determinar si el corte en el terreno puede considerarse sin solicitación de cimentación próxima o vial, dándose esta circunstancia cuando se verifique que:
$P \leq (h + d/2)$ ó $P \leq d/2$ respectivamente, (fig. siguiente)

Siendo:
P= Profundidad del corte
h= Profundidad del plano de apoyo de la cimentación próxima.
d= Distancia horizontal desde el borde de coronación del corte a la cimentación o vial.



En algunos casos, puede ser interesante emplear una combinación de talud y entibación. (Fig. siguiente)



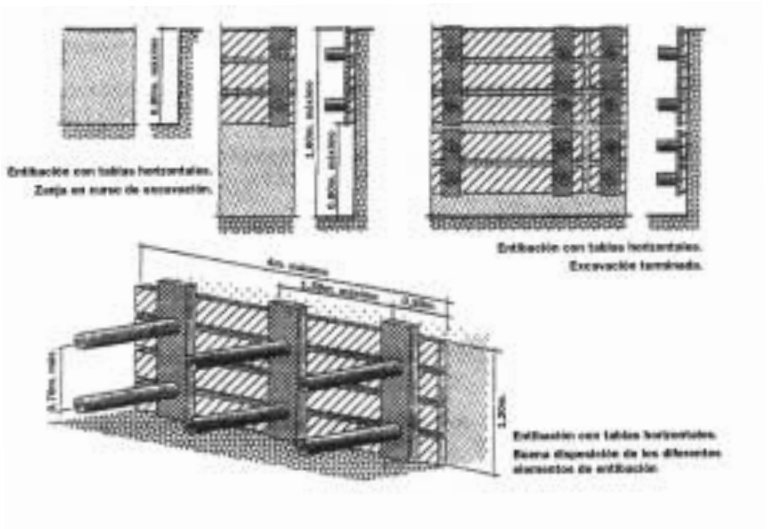
La entibación, debe hacerse contra paramentos verticales y no inclinados. Si fuera necesario, se calzarán o rellenarán los laterales para conseguir su verticalidad.

La presión máxima del terreno, se produce en las 3/5 partes centrales aproximadamente, siendo menor el de 1/5 superior e inferior.

Tipos de entibación

Entibación con tablas horizontales

Se emplea, cuando el corte se lleva a cabo en un terreno con suficiente cohesión que le permite ser autoestable mientras se efectúa la excavación. Mediante la alternancia de excavación, (0,80 m. a 1,30 m.) y entibación, se alcanza la profundidad total de la zanja. (Fig. siguiente)



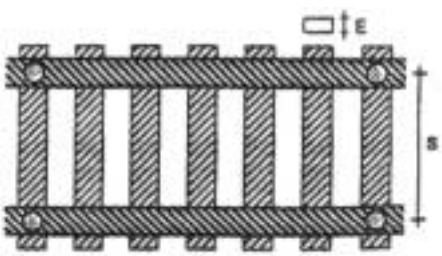
Entibación con tablas verticales

Cuando el terreno no presenta la suficiente cohesión o no se tiene garantía de ello, es más aconsejable llevar a cabo la entibación con tablas verticales. En caso de que el terreno presente una aceptable cohesión y resistencia, se excava por secciones sucesivas de hasta 1,50 - 1,80 m. de profundidades máximas, en tramos longitudinales variables que en ningún caso deberán pasar de 4 m.; y si el terreno presenta poca o ninguna cohesión, deberán hincarse las tablas verticales en los citados tramos antes de proceder a la excavación de las tierras alcanzándose la profundidad prevista en sucesivas etapas.

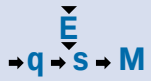
Independientemente de que la entibación se realice con tablas horizontales o verticales, éstas podrán cubrir totalmente las paredes de la excavación, (entibación cuajada), el 50%, (entibación semicuajada), e incluso menos de esta proporción, (entibación ligera).

La Norma Tecnológica NTE-ADZ/1976, permite determinar su empleo en función de la profundidad de excavación, del tipo de terreno y de que exista solicitación de cimentación o vial, (tabla anterior), mediante las tablas que vienen a continuación, puede determinarse la separación y grosores de los distintos elementos que constituyen la entibación de los principales casos.

Entibación Semicuajada						
E → q → S	Determinación de la separación vertical S en cm. entre ejes de apoyo, en función del grueso mínimo E en mm. del Tablero y del empuje total q en kg/cm2, o viceversa.					
Grueso mínimo del tablero E en mm.						Separación vertical S en cm.
20	25	30	52	65	76	
0,17	0,27	0,39	1,20	1,87	2,53	30
0,06	0,10	0,14	0,43	0,68	0,92	50
-	-	0,06	0,19	0,30	0,41	75
-	-	-	0,10	0,16	0,23	100
Grueso mínimo del tablero E en mm.						



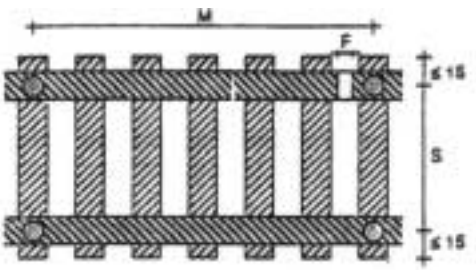
Entibación Semicuajada



Determinación de las separaciones entre codales, vertical S en cm. y horizontal M en cm., en función del grueso mínimo F en mm. del cabecero y del empuje total q en kg/cm2, o viceversa.

Grueso mínimo del cabecero F en mm.			Separación vertical S + 30 en cm.	Separación horizontal M en cm.
52	65	76		
0,12	0,20	0,27	50	100
0,08	0,12	0,17	50	125
0,04	0,05	0,12	50	150
-	0,05	0,09	50	175
0,10	0,16	0,22	60	100
0,06	0,10	0,14	60	125
-	0,07	0,10	60	150
-	0,04	0,07	60	175
0,08	0,12	0,18	76	100
0,05	0,08	0,10	75	125
-	-	0,08	75	150
0,07	0,12	0,16	80	100
0,06	0,07	0,10	80	125
-	0,05	0,07	80	150
0,06	0,00	0,12	100	100
0,00	0,00	0,08	100	125
-	0,00	0,00	100	100
-	0,00	0,00	100	125

Empuje q en kg/cm2

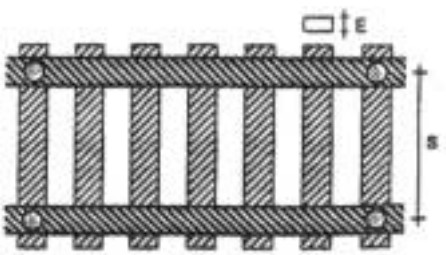


Entibación Semicuajada

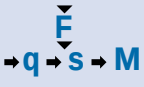
F
→q→S→M

Determinación de las separaciones entre codales, vertical S en cm. y horizontal M en cm., en función del grueso mínimo F en mm. del cabecero y del empuje total q en kg/cm2, o viceversa.

Grueso mínimo del cabecero F en mm.			Separación vertical S en cm.	Separación horizontal M en cm.
52	65	76		
0,36	0,56	0,76	30	100
0,20	0,31	0,43	40	
0,12	0,20	0,27	50	
0,09	0,14	0,19	60	
0,26	0,45	0,60	30	125
0,16	0,25	0,34	40	
0,10	0,16	0,22	50	
0,07	0,11	0,15	60	
0,24	0,37	0,50	30	150
0,13	0,21	0,28	40	
0,08	0,13	0,18	50	
0,06	0,09	0,12	60	
0,20	0,32	0,43	30	175
0,11	0,18	0,24	40	
0,07	0,11	0,15	50	
0,05	0,08	0,11	60	
0,18	0,28	0,38	30	200
0,10	0,15	0,21	40	
0,06	0,10	0,13	50	
0,04	0,07	0,09	60	
Empuje q en kg/cm2				

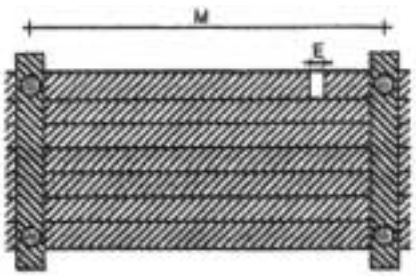


Entibación Cuajada



Determinación de la separación horizontal M en cm., en función del grueso mínimo E en mm. del tablero y del empuje total q en kg/cm2, o viceversa.

Grueso mínimo del cabecero F en mm.			Separación horizontal M o A en cm.
52	52	52	
0,21	0,33	0,46	100
0,13	0,21	0,29	125
0,07	0,15	0,20	150
0,05	0,09	0,15	175
0,03	0,06	0,10	200

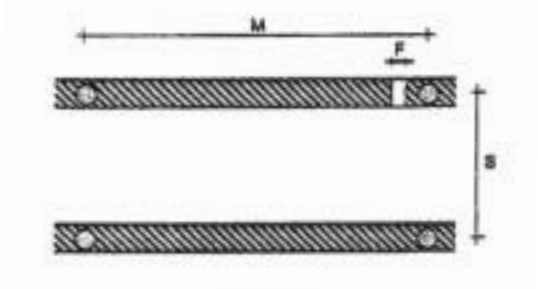


Entibación Ligera

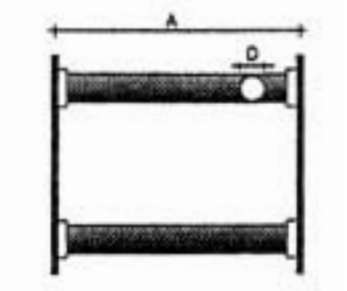
F
q s M

Determinación de las separaciones entre codales, vertical S en cm. y horizontal M en cm., en función del grueso mínimo F en mm. del cabecero y del empuje total q en kg/cm2, o viceversa.

Grueso mínimo del cabecero F en mm.			Separación vertical S en cm.	Separación horizontal M en cm.
52	65	76		
0,10	0,16	0,23	30	100
0,06	0,10	0,14	30	125
-	0,07	0,10	30	150
-	0,05	0,07	30	175
-	-	0,05	30	200
0,06	0,10	0,13	50	100
0,04	0,06	0,08	50	125
-	0,04	0,06	50	150
-	-	0,04	50	175
0,04	0,06	0,09	75	100
-	0,04	0,06	75	125
-	-	0,04	75	150
-	0,05	0,06	100	100
-	-	0,04	100	125



Entibaciónes Cuajada Semicuajada y Ligera						
H máx D		Determinación del diámetro mínimo D en cm. del codal, de longitud ≤ 2 m., libre de pandeo y de aplastamiento de durmiente, en función del empuje horizontal H en kg. que soporta, o viceversa. Siendo en zanjas con entibación: Ligera: H = 1,50 q.M.S. Cuajada o semicuajada: H = 0,75 q.M.S.				
H máx. en kg.	1.570	1.900	2.260	2.650	3.080	3.530
D en cm.	10	11	12	13	14	15



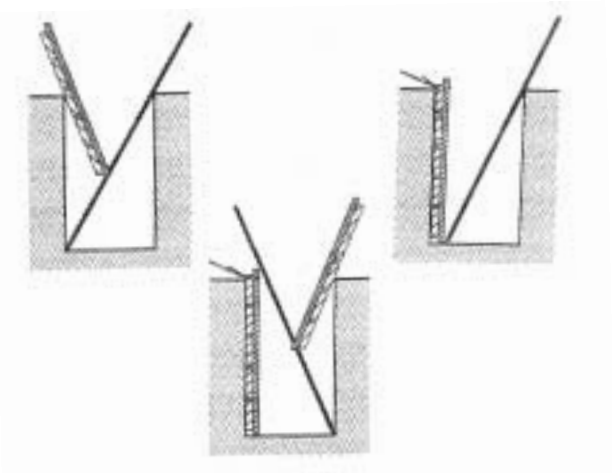
Otros sistemas de entibación

Además de los vistos, existen otros sistemas que se alejan de los tradicionales, seguros frente al riesgo de atrapamiento de personas por desprendimiento de tierras, pero que en general requieren de medios que sólo disponen empresas especializadas, conociéndose con el nombre de entibaciones especiales, tales son el sistema Quillery, el Heidbrader, el Lamers, los que emplean dispositivos deslizantes, etc. Por ser el más accesible al común denominador de las empresas destacaremos aquí el primero de los mencionados.

Sistema Quillery

Es aplicable hasta una profundidad recomendable de 3,50 m. en terrenos de buena cohesión.

Consiste en unos paneles de revestimiento de longitud 2 - 2,50 m., que se preparan en las proximidades de la zanja y que una vez abierta ésta, se introducen en la misma. Si la profundidad sobrepasa los 2 - 2,50 m. se realiza en una primera fase hasta esta profundidad y en una segunda fase se alcanzan los 3,50 m. de profundidad máxima recomendable. (Fig. pág. siguiente).



Colocación de los paneles con ayuda de una pértiga

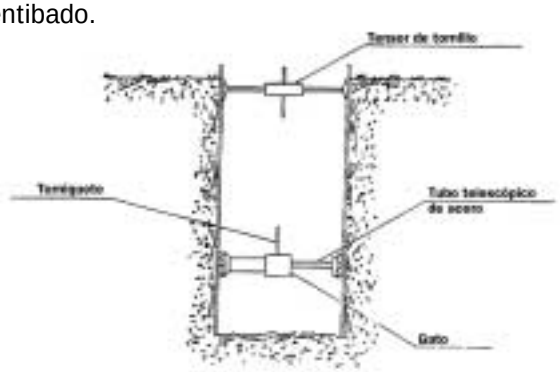
La determinación del empuje total, viene definido por el tipo de terreno, profundidad en m. de la excavación, cohesión del terreno, la existencia de cimentaciones próximas y sobrecargas en superficie o no, y se especifica en la NTE-ADZ 2.

Desentibado

Suele ser una operación con mayor riesgo, del propio entibado, ya que las condiciones del terreno pueden ser peores que las iniciales.

En algunos casos es preferible perder el material de entibación, pues al procederse a desentibar y descomprimirse el terreno pueden producirse derrumbamientos rápidos.

Como norma general, debe de comenzarse de abajo a arriba y procurando trabajar desde fuera de la zanja, levantando con ganchos y cuerdas el material. Debe hacerse en pequeñas etapas, procurando no quitar de una vez los últimos 1,5 metros de entibado.



Los codales metalicos significan un importante avance por su rapidez de colocación y conservación

ZANJAS

Es aquel vaciado, en el que la caja que es necesario abrir, es estrecha y larga, por debajo de la rasante, y cuya finalidad es la realización de cimientos, tendido de conducciones subterráneas, construcción de canales, etc.

Al igual que con los desmontes y vaciados, la excavación mecánica, ha superado a la manual por mayor rapidez y seguridad; actualmente la excavación manual se emplea en obras de pequeño volumen y en vías públicas, donde la maquinaria podría deteriorar la compleja red de conducciones, así como obstaculizar el tráfico en otros casos.

El ancho mínimo de estas zanjas, para un hombre picando a mano es de 50 a 60 cm. y a partir de 1,30 mts. a 1,50 mts. (altura media de paleo), es necesario trabajar en bancadas.

En las zanjas que superen la profundidad de 1,20 mts., será necesario usar escaleras, para la entrada y salida a la misma, de forma que ningún trabajador esté a una distancia superior a 10 metros de una de ellas, estando colocadas desde el fondo de la excavación, hasta 1 metro por encima de la rasante, correctamente arriostrada.

Se evitará la entrada de aguas superficiales a la zanja, eliminándolas lo antes posible, cuando se produzcan.

Los derrumbamientos en zanja, son producidos por presiones laterales debido al peso de materiales acumulados en sus cercanías, por lo que si no hay espacio para dar a las paredes la pendiente del talud natural, se procederá a su entibación, pero nunca se entibarán las paredes inclinadas con vigas horizontales.

La anchura de la zanja será tal que permita los trabajos en presencia de la entibación, dando a continuación unas medidas orientativas.

Profundidad	Anchura Mínima
Hasta 1,50 m.	0,60 m.
Hasta 2,00 m.	0,70 m.
Hasta 3,00 m.	0,80 m.
Hasta 4,00 m.	0,90 m.
Má de 4,00 m.	1,00 m.

En ningún caso, se solaparán los trabajos de la máquina con el de trabajadores en el interior de la zanja o pozo, ya que las sobrecargas estáticas y dinámicas de aquélla pueden producir derrumbamientos.

Se eliminarán aquellos elementos, postes, árboles, etc. que estén próximos y puedan desplomarse, arrastrando laterales de la zanja.

A continuación, se explican una serie de medidas preventivas, con carácter general:

- Cuando no sea posible emplear taludes como medida de protección contra el desprendimiento de tierras en la excavación de zanjas y haya que realizar éstas mediante cortes verticales de sus paredes, se deberán entibar éstas en zanjas iguales o mayores de 1,30 m. de profundidad. Se puede disminuir la entibación, desmochando en bisel a 45º los bordes superiores de la zanja.

- El acceso y salida de una zanja se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas. La escalera sobrepasará en un metro, el borde de la zanja.

- No se deben realizar acopios, (tierras, materiales, etc.), a una distancia inferior a los 2 m., (como norma general) del borde de una zanja.

- Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a los 2 m. se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria, (pasamanos, listón intermedio y rodapié), situada a una distancia mínima de 2 m. del borde.

Cuando la profundidad de una zanja, sea inferior a los 2 m. puede instalarse una señalización de peligro de los siguientes tipos:

- Línea en yeso o cal situada a 2 m. del borde de la zanja y paralela a la misma, (su visión es posible con escasa iluminación).
- Línea de señalización paralela a la zanja formada por cuerda de banderolas de colores amarillo y negro sobre pies derechos.
- Cierre eficaz del acceso a la coronación de los bordes de las zanjas en toda una determinada zona.
- La combinación de los anteriores.

- En régimen de lluvias y encharcamiento de las zanjas, (o trincheras), es imprescindible la revisión minuciosa y detallada antes de reanudar los trabajos.

- Es conveniente establecer un sistema de señales acústicas, conocidas por el personal, para ordenar la salida de las zanjas en caso de peligro.

- Se revisará el estado de cortes o taludes a intervalos regulares, en aquellos casos en los que puedan recibir empujes exógenos por proximidad de, (caminos, carreteras, calles, etc.), transitados por vehículos; y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.

- Los trabajos a realizar en los bordes de las zanjas, (o trincheras), con taludes no muy estables, se ejecutarán sujetos con el cinturón de seguridad amarrado a "puntos fuertes" ubicados en el exterior de las zanjas.

- Esta previsión puede resultar muy eficaz en casos de corrimientos en los que el trabajador pueda quedar enterrado, al permitir su rápida localización y salvamento en un menor tiempo; no obstante, evitar en lo posible el uso de la medida anterior. Es preferible proteger el talud.

- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran, (o caen), en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

- Se revisarán las entibaciones, tras la interrupción de los trabajos antes de reanudarse de nuevo.

- En zanjas y pozos de profundidad mayor de 1,30 metros, siempre que haya personal trabajando en su interior, se mantendrá otra persona de retén en el exterior, que podrá actuar como ayudante en el trabajo y dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

- El acopio de los materiales y las tierras extraídas, en cortes de profundidad mayores de 1,30 metros, se dispondrán a distancia no menor de 2 metros del borde del corte y alejados de sótanos. Cuando las tierras extraídas estén contaminadas, se desinfectarán así como las paredes de las excavaciones correspondientes.

POZOS, GALERÍAS Y SIMILARES

Entendemos por pozos, los huecos realizados cuya dimensión de profundidad tiene mayor magnitud que el ancho y largo.

Las galerías, son corredores subterráneos, (exceptuando las minas).

Lo comentado en el apartado de zanjas, es de plena aplicación para los pozos y galerías, pero exigiéndose una mayor eficacia y nivel de cumplimiento. Mientras en las zanjas pueden dejarse tramos sin entibar, por no afectar a los trabajadores, (o edificios colindantes), en los pozos y galerías, la entibación o sistema de contención debe ser completa y revisada constantemente.

Los pozos y galerías, se utilizan fundamentalmente para accesos, registros, aguas residuales, pilotajes, extracción de aguas, conducciones, vías de comunicación, y cuando la profundidad es el condicionante principal o bien cuando existen instalaciones en superficie que posibilitan la tarea.

Los pozos y galerías, pueden tener, en sección, forma circular, ovoide, cuadrada, rectangular o trapezoidal. En el sistema mecanizado continuo, que últimamente se utiliza para la ejecución de pozos y principalmente galerías, la sección es circular y las máquinas están preparadas para que de forma simultánea se perfore, se extraigan los materiales sueltos y quede ajustado el material de contención, (topos).

Este procedimiento, se usa en la instalación de conducciones, que han de pasar por debajo de edificios, vías de comunicación, etcétera.

Una variante del sistema en continuo, es el que utiliza el empuje hidráulico para introducir tuberías de un metro de diámetro como mínimo y a una distancia máxima de unos 20 metros. Una vez dispuestos los tubos, sobre guías en posición horizontal, son empujados por un sistema hidráulico contra el terraplén a traspasar. Por la parte interior de los tubos entran los trabajadores y vacían el frente, con lo que permiten el avance de la línea de tubos. Efectuando esta tarea de forma sucesiva, se alcanza la otra parte de la vía de comunicación sin exponer a los trabajadores al riesgo de derrumbamiento.

El sistema mecanizado continuo, está diseñado para realizar la tarea siempre en sentido de avance, pues al colocar simultáneamente los materiales de contención, estos impiden el retroceso de la máquina. Con este procedimiento, el riesgo de accidente se reduce considerablemente al bajar el índice de exposición y de gravedad.

Cuando en la construcción de pozos y galerías, se utilicen otras formas de vaciado, la entibación será completa, para permitir la entrada de trabajadores en condiciones de seguridad. Los que tienen los lados en forma recta deben disponer los codales para sostener las dos caras y éstas, servirán de apuntalamiento para las otras dos, tratando de no reducir la superficie de paso. Los que tengan la sección en forma circular, deben disponer igualmente de entibación completa o cuajada pero con tablas estrechas que configurarán la superficie y se presionarán con tensores circulares, (aros metálicos).

Al finalizar la jornada o en interrupciones largas, se protegerán las bocas de los pozos de profundidad mayor de 1,30 metros con un tablero resistente, red o elemento equivalente.

No se trabajará simultáneamente en distintos niveles de la misma vertical, ni sin casco de seguridad.

Se protegerá a los trabajadores de ambientes con concentración de gases peligrosos, pulvígenos o de ruidos.

Cuando la ventilación natural sea insuficiente, se instalará un sistema de ventilación forzada.

EXCAVACIONES

Las normas NTE-ADV, establecen en cuanto a excavaciones:

"En los trabajos de excavación en general, se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno y forma de realización de los trabajos".

No se debe efectuar la excavación del terreno a tumbo, socavando el pie de un macizo para producir su vuelco.

- En las laderas que queden por encima del desmonte, hacer previamente una revisión, quitando las piedras sueltas que puedan rodar con facilidad.

- No se debe trabajar en la parte inferior de otro tajo simultáneamente.

- Cuando sea imprescindible que un vehículo de carga, durante o después del vaciado, se acerque al borde del mismo, se dispondrán topes de seguridad, comprobándose previamente la resistencia del terreno y el peso del mismo.

- Comprobar, que no se aprecian asientos considerables en las construcciones más próximas, ni presentan grietas.

- Extremar estas precauciones después de interrupciones de trabajo de más de un día, y después de alteraciones climáticas como lluvias o heladas.

Siempre que sea imprescindible el paso de peatones o vehículos junto al borde del corte de la excavación, se dispondrá de vallas o palenques móviles que iluminarán cada 10 metros con puntos de luz portátiles y grado de protección no menor a IP 44, (protección ante la penetración de herramientas y salpicaduras), según UNE 20.324.

Las vallas o palenques, acotarán no menos de 1 metro el paso de peatones y 2 metros el de vehículos.

RIESGOS GENERALES

Los riesgos más significativos, que se pueden dar en los trabajos de pozos, zanjas, galerías y similares son:
- Derrumbamiento del terreno.
- Aplastamientos por corrimientos de tierras.
- Caídas de materiales, tierras, rocas, etc.
- Golpes con herramientas manuales.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Asfixia.
- Electrocución.
- Rudio.

En los trabajos de excavación, podemos destacar como más importantes los siguientes riesgos:
- Derrumbamiento del terreno.
- Derrumbamiento de edificiaciones colindantes.
- Caídas de materiales, tierras, rocas, etc.
- Colisiones de vehículos.
- Vuelco de maquinaria.
- Interferencias con instalaciones de servicios.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Rudio.
- Atropellos con vehículos.

PROTECCIONES

Distinguiremos entre:
- Protecciones colectivas.
- Protecciones personales.

Dentro de las protecciones colectivas podemos destacar:
- Señalización interior de obra.
- Señalización exterior de obra.
- Vallas de contención para protección de peatones.
- Entibaciones.
- Barandillas.
- Tableros.
- Plataformas.

En cuanto a protecciones personales destacaremos:
- Botas de seguridad
- Cinturón antivibratorio
- Traje impermeable.
- Prendas reflectantes, (trabajo nocturno).
- Protectores auditivos.
- Mascarillas antipolvo.
- Gafas protectoras.