

Figura 4.4.-21: Pozos húmedos

a) como tanques independientes;      b) incorporados en la estación de bombeo

Las tuberías de descarga también deberán disponerse de modo tal que cada bomba tenga su propia tubería. Estas tuberías a presión pueden fabricarse con los materiales siguientes: hierro fundido, hierro fundido dúctil, acero, asbesto cemento, concreto armado y plástico. Para evitar obstrucciones en las tuberías a presión, la velocidad del flujo y el diámetro de la tubería no deben ser menores que los valores señalados en el Cuadro 4.4.-1 (LAUTRICH/92/).

CUADRO 4.4.-1  
DIAMETROS Y VELOCIDADES MINIMAS PARA TUBERIAS A PRESION /92/

Material a ser transportado	Mínimo	
	v (m/s)	Ø (mm)
1. Agua residual cruda, sin criba fina ni triturador	0,7	125
2. Agua residual cruda, con criba fina o triturador	0,6	100
3. Agua residual con criba gruesa, tiempo mínimo de sedimentación 10 min	0,5	60
4. Agua residual mecánicamente clarificada	0,4	50
5. Agua residual mecánica y biológicamente clarificada	0,3	40
6. Arena fina hasta un Ø de 1 mm	0,6	50
7. Arena gruesa y piedras de hasta un Ø de 20 mm	1,0	150

Las bombas se instalan en pozos secos (véase Figura 4.4.-21 a) o en pozos húmedos (Figura 4.4.-21 b), horizontal o verticalmente.

En los sistemas de alcantarillado se utilizan varios tipos de bombas. Entre los tipos principales se encuentran:

- Bomba tipo tornillo de Arquímedes (Figura 4.4.-22 a) para poca elevación (menor de 7 m); para obtener una mayor elevación se pueden emplear dos bombas de este tipo, una sobre la otra.
- Bombas de Arquímedes circundadas, con el tornillo encerrado en la tubería.
- Bombas inatascables (Figura 4.4.-22 b), adecuadas especialmente para las aguas residuales no tratadas, pues permiten mayores espacios libres.
- Bombas de hélice (Figura 4.4.-22 c), poseen la ventaja de ser más resistentes a materiales extraños que las bombas inatascables y son también más eficaces. Normalmente, la elevación manométrica es de hasta 10 m y, en casos especiales, llega hasta 20 m.

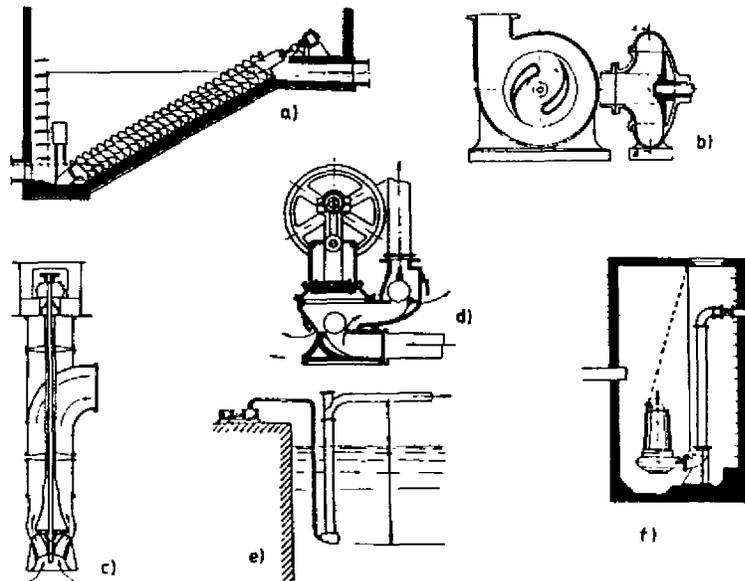


Figura 4.4.-22: Tipos de bombas

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| a) Bomba tipo tornillo | d) Bomba de diafragma          |
| b) Bomba inatascable   | e) Bomba de eyección neumática |
| c) Bomba de hélice     | f) Bomba centrífuga sumergible |

- Bombas impelentes y de elevación por diafragma (Figura 4.4.-22 d), son portátiles y generalmente se utilizan durante la construcción del sistema de alcantarillado para evacuar el agua subterránea con alto contenido de lodos.
- Bombas centrífugas, en la actualidad se utilizan con mucha frecuencia en los sistemas de alcantarillado. Existe una gran variedad de estas bombas, por ejemplo, bombas horizontales y verticales para pozos secos o bombas verticales sumergibles, con motor integrado o independiente.
- Las bombas manuales o de eyección neumática (Figura 4.4.-22 e), elevan el agua residual mediante la inyección de aire comprimido, aprovechando la diferencia de densidades.
- Las bombas sumergibles (Figura 4.4.-22 f), pueden emplearse para innumerables propósitos.

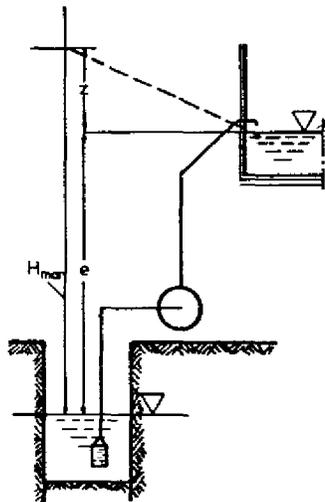
El cálculo del tamaño de la bomba se basa en:

- la potencia requerida y el tipo de bomba seleccionada
- el número de bombas.

La potencia requerida por las bombas se calcula (Figura 4.4.-23) a partir de la siguiente ecuación:

$$L_p = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{1000 \eta_p} \quad [\text{kW}]$$

donde



- $\eta_p$  = eficiencia de las bombas en % de acuerdo a los catálogos de las mismas
- $L_p$  = potencia requerida por las bombas, en kW
- $Q$  = descarga, en  $\text{m}^3/\text{s}$
- $\gamma$  = gravedad específica del fluido transportado, en  $\text{kN}/\text{m}^3$
- $H_{man}$  = elevación manométrica en m WS (1 m WS es equivalente a la unidad de presión 0,1 bar)  
donde  $H_{man} = e + Z$
- $e$  = elevación geodésica: diferencia en altura entre el nivel de agua de presión y el de succión, en m
- $Z$  = resistencia al flujo en toda la tubería de succión y presión, sin incluir la bomba, en m WS del fluido transportado

Al determinar la potencia requerida por el motor, se deberá considerar una capacidad de reserva  $L_R$ , de la manera siguiente:

para $L_p$ en kW	$L_R$
hasta 7,5	aprox. 50%, por lo menos 1 kW
de 7,5 - 20	aprox. 25%
de 20 - 50	aprox. 15%
más de 50	aprox. 10%

En consecuencia, la demanda de potencia  $L_M$  del motor será:

$$L_M = L_p + L_R$$

donde  $L$  = capacidad de reserva, en kW

El motor deberá estar diseñado para un límite de carga crítica del acoplamiento entre la bomba y el motor, dentro de los límites de carga establecidos. A partir de los catálogos podrá seleccionarse la bomba apropiada en base a la demanda calculada.

El número de bombas se calcula empleando la ecuación:

$$n = \frac{L_{Pr}}{L_p}$$

donde

$L_{Pr}$  = potencia total requerida (incluyendo la capacidad de reserva) de las bombas, en kW

$L_p$  = potencia requerida de la bomba seleccionada a partir del catálogo, en kW

El número de bombas no deberá ser muy elevado (aprox. de 2 - 3). Por otro lado, deberá mantenerse una de reserva, por ejemplo:

- por 1 a 3 bombas en funcionamiento, se deberá mantener una de reserva
- por más de 3 bombas en funcionamiento, se deberá mantener dos bombas de reserva.

El diagrama de la bomba es la relación de  $Q$  con respecto a  $H_{man}$ . La capacidad de una bomba sólo puede desplazarse a la línea  $Q - H_{man}$ , es decir, una bomba elevará el flujo en relación inversa al gasto.

Por otro lado, la capacidad de una bomba también dependerá de las características del sistema (Figura 4.4.-23 a y b, línea R).

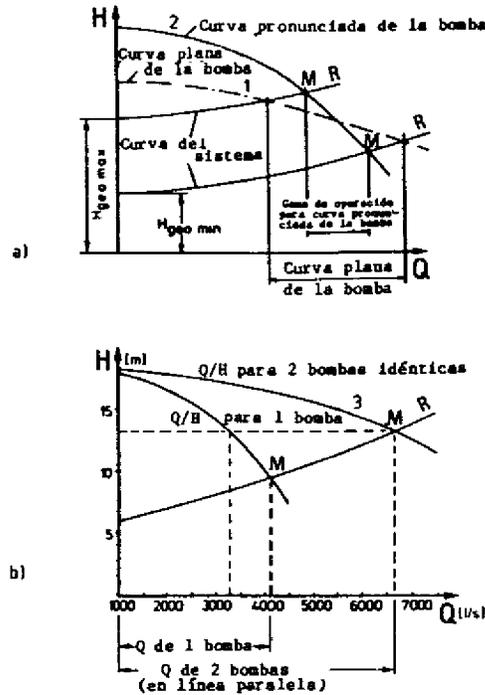


Figura 4.4.-23: Diagramas para el cálculo de bombas

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| a) Potencia requerida de 1 bomba           | 1. Curva plana de la bomba            |
| b) Potencia requerida de 2 bombas          | 2. Curva característica para 1 bomba  |
| R) Curva de sistema para tubería a presión | 3. Curva característica para 2 bombas |

La intersección de estas curvas, punto M, se conoce como el punto de operación. Este, proporciona la elevación máxima o descarga del sistema seleccionado. Si se utilizan 2 bombas para descargar en las tuberías principales a presión, la capacidad total será menor que la suma de las capacidades individuales de ambas bombas.

Las instalaciones eléctricas, deberán realizarse observando, cuidadosamente, las respectivas normas técnicas de seguridad.

Las grandes estaciones de bombeo deberán contar con instalaciones de agua potable y desagüe para uso del personal y para la limpieza de la caseta de la bomba y demás instalaciones.

#### 4.4.2.10 Intersecciones de colectores

En los sistemas de alcantarillado suele ser necesario cruzar:

- otras tuberías,
- varios obstáculos (cursos de agua, vías férreas o caminos).

En principio, es posible cruzar (por arriba o por abajo) todos los obstáculos. Si no existen otros factores que determinen la selección, se deberá elegir el tipo de construcción más económica.

Para pasar por debajo de un obstáculo, podrá hacerse uso de un sifón o de simples paredes reforzadas (en el caso de alcantarillas pequeñas).

#### 4.5 CONSTRUCCION DE COLECTORES

La instalación de la red de colectores deberá satisfacer las normas públicas concernientes a los sistemas de alcantarillado.

Por razones funcionales, la instalación de los colectores se lleva a cabo en dirección contraria al gradiente proyectado, es decir, comenzando en el punto inferior. Este método de procedimiento tiene varias ventajas:

- es más fácil verificar la elevación de la solera,
- las secciones terminadas pueden ponerse en funcionamiento, para así drenar lo más pronto posible tanto el agua subterránea como el agua residual,
- se pueden operar las subsecciones conectadas, asegurando así, la limpieza del área de desarrollo.

La instalación de los colectores demanda un considerable trabajo topográfico, el mismo que deberá realizarse con un alto grado de precisión.

El área a ser drenada deberá guardar relación con un plano de referencia; normalmente se tratará del plano topográfico nacional. Generalmente, los grandes colectores poseen un gradiente pequeño ( $\approx 0,5$  mm/m) y, en consecuencia, deberán instalarse con el grado de precisión respectivo. Durante la instalación del colector, se deberá efectuar en forma permanente el trabajo topográfico de inspección que sea necesario. En lo posible, la instalación de los colectores deberá realizarse de acuerdo a métodos científicamente comprobados. Si bien es cierto que las máquinas modernas facilitan el trabajo del hombre, bajando inclusive los costos, se puede realizar también un buen trabajo con métodos mucho más tradicionales. Las dificultades que se enfrentan durante la instalación de las tuberías, están representadas principalmente por las obras de excavación y los problemas relacionados con el agua subterránea. Ambos factores inciden de modo considerable en el costo de instalación de las tuberías. En las secciones siguientes se describen las diferentes etapas en la construcción de alcantarillas.

#### 4.5.1 Primera etapa de construcción - Trazado de las tuberías del alcantarillado

La construcción de un sistema de alcantarillado empieza con el reconocimiento del lugar. La ruta deberá recorrerse a pie para inspeccionar las condiciones actuales del terreno y compararlas con el plano. Se recomienda que el ingeniero o la autoridad responsable determine la ubicación de las alcantarillas sobre el terreno. Al mismo tiempo, se deberá indicar al contratista todos los puntos trigonométricos de referencia, además de completar el trabajo topográfico y geotécnico necesario.

Cuando las obras de construcción incluyan elementos tales como colectores y ramales, se construirá primero el colector.

En muchos países, el inicio y la prosecución de las obras de construcción están sujetos a normas estrictas. Por ejemplo, el cliente y el contratista designan por escrito a los supervisores al inicio de la construcción y cuando sea necesario realizar algún cambio estos supervisores deberán estar calificados profesionalmente para desempeñar su trabajo.

El contratista deberá elaborar informes diarios simples que abarquen los siguientes puntos:

- número de hombres empleados, divididos en grupos de acuerdo a su oficio y las horas de trabajo de cada grupo,
- el tipo y tiempo de funcionamiento de las máquinas, dispositivos, bombas y luces utilizados, divididos en grupos de acuerdo al tipo de aparato,
- tipo de obra de construcción realizado, etc.

El trazado de las tuberías del alcantarillado se iniciará colocando estacas de localización desde la línea central de la alcantarilla propuesta. Deberá realizarse, además, un reconocimiento exhaustivo del lugar, contando para tal efecto con la asistencia de la autoridad competente; sobre todo cuando la profundidad de la excavación no puede calcularse inmediatamente (por ejemplo, en el caso de los conductos sumergidos en un lecho fluvial, la construcción de túneles en suelos húmedos y pesados, etc.). Será necesario determinar, asimismo, el punto de referencia respecto a la información proporcionada en el plano topográfico nacional.

El paso siguiente consistirá en marcar el ancho de la zanja en la superficie de la calle. Esta medida deberá determinarse en el plano, dependiendo de las condiciones del suelo, la profundidad de la zanja, el tipo de entibado y el método de excavación (manual, con maquinaria, o ambos).

Al calcular el ancho de la zanja, deberán considerarse los siguientes aspectos:

- no es necesario calcular aquellas zanjas sin soporte, con una profundidad menor de 1,25 m.

- el ancho de la zanja se calculará a partir de las siguientes medidas:

- entibado de 2 x 15 cm
- + diámetro nominal de la tubería, en cm
- + 2 x espesor de la pared de la tubería, en cm
- + 70 cm para tuberías con un diámetro externo  $\leq$  40 cm o
- + 40 cm para tuberías con un diámetro externo  $>$  40 cm.

El ancho mínimo  $b_{min}$  se gradúa de acuerdo a la profundidad de la zanja

$b_{min}$  = 60 cm, para zanjas con profundidad  $\leq$  1,75 m

$b_{min}$  = 80 cm, para zanjas con profundidad  $>$  1,75 m.

CUADRO 4.5.-1

ANCHO DE EXCAVACION EN ZANJAS PARA ALCANTARILLAS DE ARCILLA VITRIFICADA Y CONCRETO, Y PARA ALCANTARILLAS CONSTRUIDAS IN SITU (MEDIDAS DE HAMBURGO)

Tuberías de concreto y arcilla vitrificada		Tuberías de concreto	
DN	Ancho de la zanja*	DN	Ancho de la zanja
mm	m	mm	m
150	1,00	500/ 750	1,50
200	1,10	600/ 900	1,60
250	1,10	700/1050	1,70
300	1,20	800/1200	1,90
400	1,30	900/1350	2,00
500	1,40	1000/1500	2,10
600	1,60	1200/1800	2,30
700	1,70	1400/2100	2,60
800	1,90	550/1000	1,55
900	2,00	700/1200	1,70
1000	2,10	850/1400	1,95
1100	2,20	1050/1550	2,15
1200	2,30	1250/1800	2,35
1300	2,40	1550/2000	2,70
1400	2,60	Alcantarillas construidas in situ	
1500	2,70	550/1000	1,55
1600	3,10	700/1200	1,70
1700	3,20	850/1400	1,85
1800	3,40	1050/1550	2,00
1900	3,50	1250/1800	2,40
2000	3,60	1550/2000	2,70

\* El ancho se mide en el fondo de la zanja.

Las medidas de Hamburgo proporcionan una base clara para el cálculo, como puede apreciarse en el Cuadro 4.5.-1 y en la Figura 4.5.-1.

En el caso de zanjas arriostradas, se deberá medir el fondo de las mismas considerando un margen adicional de 15 cm.

Para el revoque de alcantarillas construidas in situ:

Añadir para DN 550/1000 a 850/1000:	0,30 m
Añadir para DN 1050/1550 a 1550/2000:	0,50 m.

Una vez señaladas con precisión la línea central de la tubería y el ancho de la zanja en la superficie del camino, se trasladarán al fondo de la zanja la elevación y la línea central de la tubería, propuestas, para la longitud de cada alcantarilla, mediante tres tableros provisionales ("barandas") (véase la Figura 4.5.-2). Estos tableros provisionales (o "barandas") se colocarán a distancias máximas de 30 m, en ángulos rectos con respecto a la línea central de la tubería, a 1,00 ó 1,50 m sobre el nivel del suelo, fijados en postes autoestables firmes.

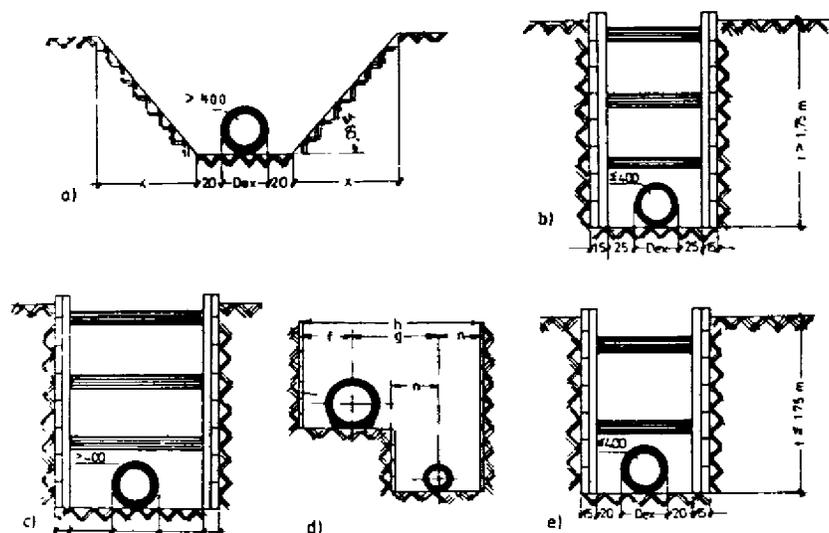


Figura 4.5.-1: Método para calcular el ancho de la zanja (DIN 18300)

- a) para tuberías con DN > 400 mm; con una inclinación superior a 60°, y un ancho de 30 cm en lugar de 20 cm;
- b) para tuberías con DN < 400 mm, en zanjas con profundidad  $t > 1,75$  m;
- c) para tuberías con DN > 400 mm;
- d) para dos tuberías en una misma zanja;
- e) para tuberías con DN < 400 mm, en zanjas de hasta  $t < 1,75$  m

Cuando menos, se deberá cepillar el tablero horizontal, y pintarlo con franjas de color rojo y blanco, con 1 m de separación. El extremo superior del tablero se colocará a una distancia conveniente sobre el nivel de la solera de la alcantarilla, nivelando con gran precisión.

Si el gradiente es pronunciado, el nivel de las líneas de referencia se modificará fijando un tablero provisional a ambos lados del poste.

Si la excavación se realiza con maquinarias, los tableros provisionales se colocarán una vez iniciada la excavación; el nivel exacto de la solera se ajustará manualmente.

La línea central de la alcantarilla se indicará colocando clavos en el medio de los tableros provisionales; su posición exacta se determinará mediante métodos topográficos. A continuación, se trasladará la línea central al fondo de la zanja, utilizando una plomada a partir de una cuerda extendida de clavo a clavo.

#### 4.5.2 Excavación

En las zonas urbanizadas suelen excavar zanjales con paredes verticales, para así no interferir con el tránsito más de lo necesario. Fuera de las ciudades y donde sea posible la excavación con maquinarias, se recomienda inclinar los lados de la zanja.

En las obras de excavación, se deberá barricar y señalar el lugar de acuerdo a las normas de tránsito vial. Para prevenir a los peatones, se deberán proteger las zanjales con barricadas fijas.

Asimismo, se deberá asegurar que el agua pluvial drene en los sumideros existentes en las calles, y garantizar el libre acceso a las tuberías de servicio evitando que la tierra cubra las bocas de riego, los fosos para los cables y otras instalaciones. En lo que respecta a los edificios aledaños, habrá que tomar las medidas necesarias para evitar el derrumbe o daño de los mismos.

Al inicio de las obras de excavación, deberán ubicarse con precisión los puntos en donde los cables eléctricos y, sobre todo, los cables de alto voltaje intercepten la zanja. Se recomienda consultar a los representantes de los servicios públicos cuando se intente ubicar estos cables, ya que no siempre se puede confiar en los planos.

Si se pretende instalar la alcantarilla en una vía pavimentada, se deberá llegar a un acuerdo oportuno con la autoridad vial; respecto a la forma y el lugar donde se depositarán los materiales de revestimiento, para su posterior reemplazo.

La excavación empieza con la remoción de los materiales de revestimiento de la vía, para así cavar la zanja con un ancho determinado, considerando 0,3 m adicionales a cada lado.

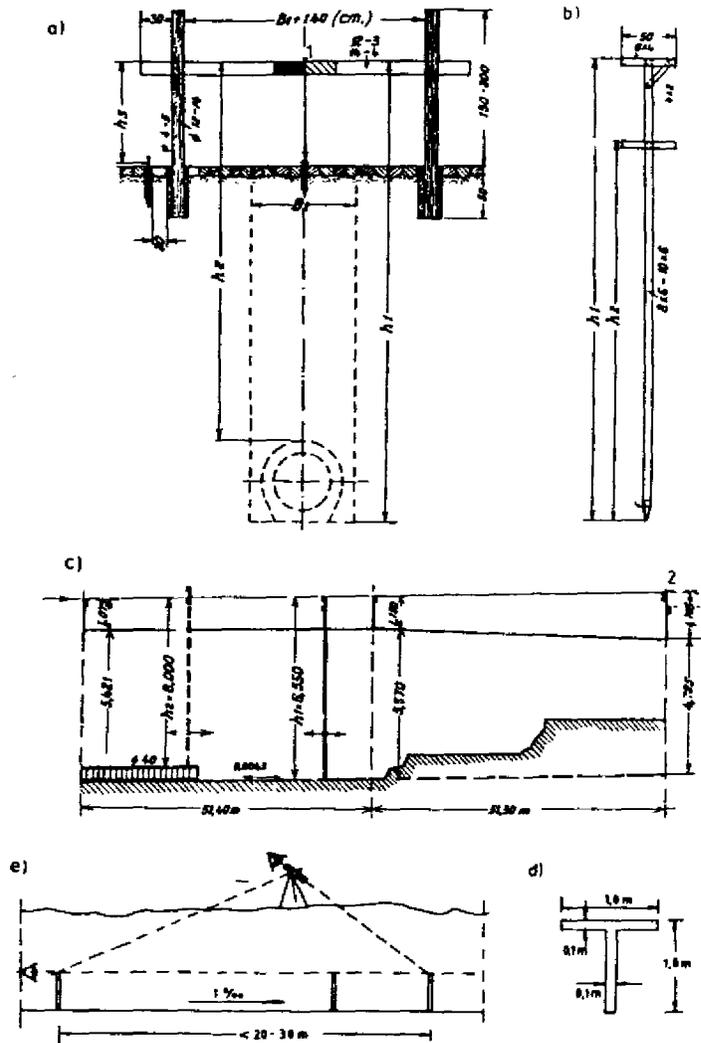


Figura 4.5.-2: Tableros provisionales para la construcción de alcantarillas

- |   |  |
|---|--|
| a) Panorama general                       | e) Inspección durante la instalación de tuberías |
| b) Andamio móvil                          | 1. Clavo   |
| c) Nivelación con escuadras de agrimensur | 2. Andamio con dos niveles de referencia         |
| d) Escuadra                               |  |

La excavación puede efectuarse con maquinarias, manualmente, o utilizando ambos métodos. La zanja - cualquiera sea el método empleado - no se deberá excavar de golpe hasta el nivel límite de profundidad. Por lo general, los últimos 10 ó 20 cm se excavan poco antes de instalar la tubería o de moldear o vaciar el fondo de la alcantarilla. Con ello se estará asegurando que las tuberías sean instaladas sobre un terreno firme y no removido.

Se deberá proteger la superficie del fondo de la zanja contra todo tipo de alteraciones y mantenerla seca.

En el caso de suelos predominantemente no cohesivos, si el fondo ha sido removido o excavado en exceso, se podrá lograr que éste recobre su firmeza mediante el apisonamiento o la vibración, siempre que los soportes de la zanja lo permitan.

Hoy en día, la excavación de zanjas se realiza principalmente con la ayuda de maquinarias. Se utilizan excavadoras de zanja instaladas en bandas de deslizamiento, llantas o incluso vehículos, de modo que no es necesario trazar vías próximas a la zanja en cuestión. Para evitar accidentes de consideración, deberán adoptarse las medidas de seguridad referentes a las tuberías subterráneas de servicio.

La excavación se realiza manualmente en los casos en que resulte costoso utilizar una excavadora de zanja. Cuando en una ciudad se requiera efectuar la excavación manual, debido a la existencia de tuberías de servicio subterráneas; la profundidad normalmente se limitaría a 1,50 - 2,00 m. La excavación mixta consiste en la excavación manual y el transporte mecánico del material excavado. La tierra es vaciada, mediante palas y otras herramientas, directamente sobre una banda transportadora, la cual la traslada hasta un vehículo de transporte dentro o fuera de la zanja. Si no es posible vaciar la tierra directamente a una banda transportadora o vehículo, se deberá hacer el trabajo manualmente, para lo cual se necesitará un obrero para cada 2 m de distancia.

Resulta mejor depositar a un lado de la zanja el material excavado, siempre y cuando exista el espacio suficiente en la calle. Asimismo, deberá haber un área de cuando menos 4 m de ancho para el tránsito de vehículos, y aproximadamente un área de 1 m destinada a los peatones. El espacio al otro lado de la zanja podrá utilizarse para almacenar materiales de construcción de vías y alcantarillas. Se deberá desechar y transportar inmediatamente la tierra removida y todo material inadecuado para el relleno. En el caso de calles estrechas, sin espacio para acumular el material excavado a un lado de la zanja, la excavadora deberá depositar dicho material directamente a los vehículos que lo transportarán hasta el lugar de almacenamiento. En algunos casos, dicho material puede ser utilizado para rellenar las secciones terminadas de las alcantarillas.

#### 4.5.3 Revestimiento y arriostramiento

La construcción de soportes para zanjas, debidamente diseñados, es un asunto de suma importancia y gran responsabilidad.

La colocación de los soportes deberá empezarse, cuando menos, en el momento en que se logre una profundidad de 1,25 m. Si el suelo es inestable, con frecuencia será necesario empezar desde la superficie de la vía.

En este caso, el extremo superior de los soportes deberá proyectarse 5 cm por encima de la superficie del terreno.

Los revestimientos de madera, concreto armado, acero - laminado o cubierta de zanja - deberán ser colocados de modo que cubran toda el área. Los espacios huecos se deberán rellenar sin demora, compactándose el material introducido.

Es importante que los soportes se mantengan firmes y seguros durante todas las etapas de la construcción, hasta alcanzar el fondo de la zanja; incluso hasta que la misma se rellene totalmente.

La zanja podrá ser revestida en forma vertical u horizontal. En el caso de suelos cohesivos, se utilizará, generalmente, el revestimiento horizontal; sin embargo, el método vertical podrá emplearse para todos los tipos de suelos.

#### 4.5.3.1 Revestimiento horizontal

El revestimiento horizontal (con tablas de madera, cubiertas de zanjas, etc.) deberá colocarse en su lugar a medida que avance la excavación. No deberá emplearse cuando el suelo sea inestable e impida la excavación hasta una profundidad equivalente al ancho de una sola tabla.

En cada sección sólo se podrán utilizar tablas de longitud uniforme; las mismas que no deberán tambalearse.

En la Figura 4.5.-3 aparece un revestimiento horizontal corriente.

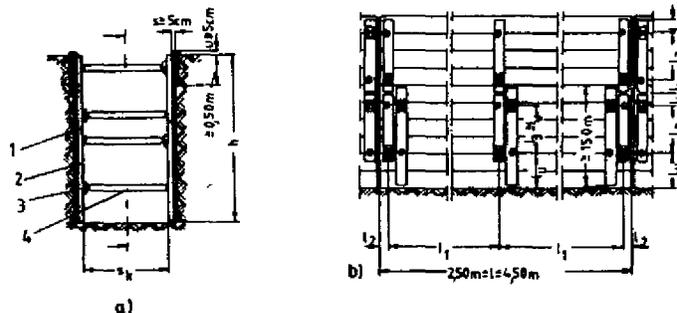


Figura 4.5.-3: Revestimiento horizontal corriente

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| a) Sección transversal  | 2. Largueros verticales |
| b) Sección longitudinal | 3. Cuñas                |
| 1. Tablas               | 4. Riostras             |

Los largueros verticales deberán tener una longitud no menor de 0,60 m, un espesor de 8 cm y un ancho de 16 cm. No es posible un revestimiento sin largueros o montantes de acero. Los largueros deberán poseer, por lo menos, dos riostras transversales (puntuales). En casos difíciles, la colocación de largueros deberá empezarse a nivel del suelo.

Deberá adoptarse medidas especiales para el arriostramiento de las tablas más bajas cuando el diámetro de la tubería sea mayor de DN 500 mm; por ejemplo, reforzando los largueros o colocando soportes adicionales con elementos de tensión y compresión.

La longitud del volado y la distancia entre las tablas, el diámetro, el intervalo vertical y la longitud de pandeo permisible de las riostras, se calcularán de acuerdo al espesor de los tablonos y la altura de las paredes.

En primer lugar, se deberá calcular el espesor de las tablas. Esto se hará de acuerdo a la presión de tierra.

Para simplificar la ecuación, se podrán utilizar el Cuadro 4.5.-2 y los siguientes métodos de cálculo.

La presión de tierra se calculará empleando la siguiente fórmula general:

$$E = \frac{1}{2} \cdot e_{an} \cdot h = \frac{1}{2} h \cdot \gamma \cdot h \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right) = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right) \\ = \frac{1}{2} \gamma \cdot \lambda_h \cdot h^2 \quad [\text{kN}]$$

donde:

E = presión de tierra sobre toda el área, en kN por metro lineal - largo de pared

h = altura de los soportes a diseñarse, en m

$\gamma$  = gravedad específica del suelo, en kN/m<sup>3</sup>

$\delta$  = ángulo de fricción de la pared

$$\lambda_h = \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right)$$

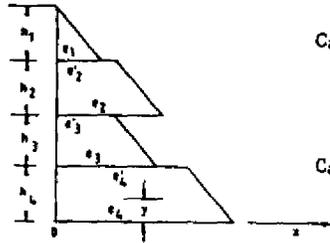
$P_E$  = carga del suelo sobre un área de 1 m<sup>2</sup> de una pared, en kN/m<sup>2</sup>

$\phi'$  = ángulo de la fricción interna del suelo

$P_0$  = carga sobre la superficie del suelo, en kN/m<sup>2</sup>

El Cuadro 4.5.-2 muestra los valores de  $\lambda_h$  para el ángulo de la fricción interna de suelos no cohesivos, con paredes verticales, con  $\delta = 0$  y  $\delta = 2/3 \cdot \phi'$  y el terreno horizontal ( $\epsilon = 0$ ).





$$\begin{aligned} \text{Capa 3} \quad e'_3 &= e_2 \cdot \frac{h_3}{h_2} \\ e_3 &= e'_3 + \gamma_3 \cdot h_3 \cdot \lambda_{h_3} \\ \text{Capa 4} \quad e_4 &= e'_4 + \gamma_4 \cdot h_4 \cdot \lambda_{h_4} \end{aligned}$$

Las presiones de tierra son

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot e_1 \cdot h_1$$

$$E_2 = \frac{e'_2 + e_2}{2} \cdot h_2, \text{ etc.}$$

Los centros de gravedad

- para triángulo - véase lo anterior; para trapecio:

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 e'_4 + e_4}{e'_4 + e_4}$$

El centro de presión del área total de la carga  $Y_t$  se obtiene a partir del momento de fuerza en el eje cero.

$$y_t = \frac{\sum E_i \cdot (y + h_i)}{\sum E}$$

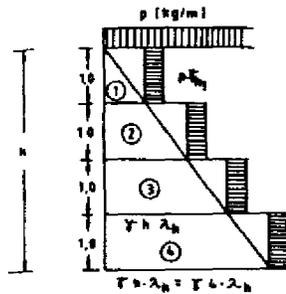
donde  $h_i$  = la suma de los espesores de la capa hasta el extremo inferior de la misma.

Cuando hay carga sobre la superficie del suelo, una carga  $p$ , distribuida uniformemente, proporcionará una sobrecarga para la fuerza de la presión de tierra equivalente a:

$$e_a = p \cdot \lambda_h$$

Por lo tanto:

$$e_1 = p \cdot \lambda_{h_1} + \gamma \cdot h_1 \cdot \lambda_1 \quad \text{y así sucesivamente}$$



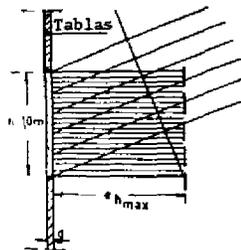
Al calcular las dimensiones de los soportes para la excavación de la zanja, se supone que el espesor de las tablas es uniforme a una determinada altura. La profundidad de la zanja se calculará en capas de 1,00 - 1,50 m según las tablas existentes, y la presión de tierra en el punto más bajo se considerará como la presión para todas las tablas.

Cálculo de los elementos de construcción

Tablas. En primer lugar, se determinará la distancia  $l$  entre los montantes, de acuerdo a la longitud de las tablas existentes:

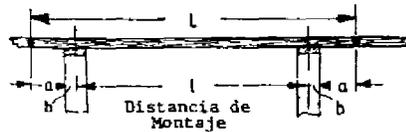
$$l = \frac{L - 2a - 2b}{2}$$

donde



- $l$  = distancia de apoyo, en m
- $L$  = longitud total de las tablas, en m
- $a$  = distancia del extremo de la tabla hasta la riostra, en m
- $b$  = mitad del ancho de los largueros, en m

Las tablas se calcularán para cada capa.



Para una sección de 1,0 m de altura, se calcula el momento  $M$  como sigue:

$$M = \frac{1}{8} \cdot e_{h_{\max}} \cdot h \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot e_{h_{\max}} \cdot 1,0 \cdot l^2 \quad [\text{kN m}]$$

Momento de resistencia

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot d^2 = \frac{1}{6} \cdot 1,0 \cdot d^2 \quad [m^3]$$

b = ancho de la capa, consistente en varias tablas,

d = espesor de los tablonces, en m.

Los siguientes valores se aplican para las tensiones permisibles.

$$\sigma = \frac{M}{W} \frac{\frac{1}{8} \cdot e_{h_{\max}} \cdot 1,0 \cdot l_1^2}{\frac{1}{6} \cdot 1,0 \cdot d^2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{e_{h_{\max}} \cdot 1,0 \cdot l_1^2}{1,0 \cdot d^2} \leq \sigma_{\text{tolerancia}} \quad [kN/cm^2]$$

$\sigma_{\text{tolerancia}} = 100 \text{ kN/cm}^2$ ,  $e_{h_{\max}}$  en  $kN/m^2$ ,  $l_1$  en m y d en cm, se obtiene lo siguiente:

$$0,75 e_{h_{\max}} \frac{l_1^2}{d^2} < 100 \quad [kN/cm^2]$$

$$\text{lo cual resulta en } d = \sqrt{e_{h_{\max}}} \cdot l_1 \cdot \sqrt{0,75 \cdot 10^{-2}} \quad [cm]$$

$$d \geq 0,087 \cdot \sqrt{e_{h_{\max}}} \cdot l_1 \quad [cm]$$

Sin embargo, si d ya está determinada por las tablas existentes, la distancia máxima entre las riostras l podrá considerarse como:

$$l = \frac{1}{0,087} \cdot d \cdot \sqrt{\frac{1}{e_{h_{\max}}}} \quad [cm]$$

Por lo general no se considera la flexión de las tablas respectivas.

La distancia entre arriostres,  $l_1$  (dimensionamiento de los montantes). El cálculo de la distancia máxima será equivalente al dimensionamiento de los montantes. La distancia máxima permisible entre dos riostras es la distancia de apoyo para la cual el montante puede todavía soportar la carga del suelo.

El cálculo se realiza como en el caso de las tablas, lo cual significa que se debe evaluar también los montantes para la curvatura. Para  $\sigma_{\text{tolerancia}} \leq 100 \text{ [kN/cm}^2]$ , se obtendrá lo siguiente según RÖTHIG /../

$$l_{1_{\max}} = \frac{1}{27} \cdot d \cdot \sqrt{\frac{b}{e_{h_{\max}} \cdot l}} \quad [m]$$

donde b se proporciona en cm y l en m.

La riostra es un elemento de compresión y se debe calcular la fuerza de pandeo. La longitud de la riostra  $s_k$  deberá determinarse como una longitud libre de pandeo  $s = s_k$ ,

$\min i = \sqrt{\frac{I}{F}}$  = radio de inercia mínimo en cm; donde I = el momento ecuatorial mínimo de inercia de la sección transversal de riostra más crítica, en  $\text{cm}^4$ .

Para secciones circulares  $i = \frac{d}{4}$  [cm]

$\lambda = s_k/i = \text{razón de esbeltez}$

El factor de pandeo relevante  $\omega$  deberá extraerse a partir de DIN 1052: para una presión centrada

$$\sigma_{d \text{ tol}} \leq \frac{\sigma_{\text{tol}}}{\omega} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

A partir de la cual se deriva

$$\sigma_{d \text{ tol}} = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{\text{tol}}$$

perpendicular al punto  $P = e_h \cdot l \cdot h$ , en [kN]

Cuando las riostras se colocan juntas, existe el riesgo de que, aunque las normas indiquen lo contrario, sean utilizadas como escaleras. Esto produciría presiones y tensiones de curvatura en las riostras. Por lo tanto, se deberá comprobar su curvatura con una carga concentrada  $P' = 100 \text{ kg}$ .

Lo siguiente también es aplicable:~

$$\sigma_{\omega} = \frac{N}{F_n} + 0,85 \frac{M}{W_n} \leq \sigma_{d \text{ tol}} \quad [\text{kN/cm}^2]$$
$$\sigma_{\omega} = \frac{\left[ \frac{e \cdot l \cdot h}{h} \right]}{\pi \frac{d^2}{4}} + 0,85 \frac{l}{W} \cdot \frac{P' \cdot s}{4} \leq \sigma_{d \text{ tol}} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

Para secciones circulares tenemos

$$W = \frac{d^3}{32} \cdot \pi$$

En la construcción de alcantarillas normalmente las riostras se acúan a un solo lado, esto significa que ellas ejercen una presión directa sobre el montante que recibe un esfuerzo perpendicular al punto. Resulta, por lo tanto, una condición adicional para el cálculo de la riostra de:

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq \sigma_{tol} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

#### 4.5.3.2 Entibado vertical de zanjas

El entibado vertical puede usarse en todos los tipos de suelos que permitan la introducción de tablonos o de unidades para revestir las zanjas. Debe utilizarse en los lugares en donde el tipo de suelo y el grado de compactación no permitan el encofrado horizontal.

Los tablonos son introducidos verticalmente en el suelo a medida que la excavación vaya avanzando, a efectos de que, en cada etapa, sus extremos estén por lo menos a 0,3 m debajo del suelo.

El entibado se asegura mediante armazones (principales y secundarias) que se insertan horizontalmente; hechas de vigas de madera, cuadradas, con dimensiones mínimas de 12 x 16 cm. Para mantener las armazones en su sitio, la viga superior está apoyada sobre un madero de soporte o traviesa, colocado en forma transversal al eje de la zanja; la parte inferior de la armazón se asegura utilizando colgantes (varillas de hierro de  $\emptyset$  16 mm o barras planas de 10 x 30 mm).

La ligazón entre las armazones principales se realiza mediante las denominadas vigas articuladas (bisagra) de  $\emptyset$  14 cm.

Entibado con tablonos (Figura 4.5.-4a). Los tablonos deberán tener un espesor de más de 5 cm si se prevén dificultades para introducirlos.

Entibado con pilotes (Figura 4.5.-4b). Los pilotes deberán tener una longitud uniforme y ajustarse bien uno a otro después de haber sido introducidos. No deberán utilizarse unidades golpeadas o combadas.

Existe una distinción entre el revestimiento de zanjas con pilotes de acero y el revestimiento con paredes de pilotes.

Entibado por tramos (Figura 4.5.-4b). Los tablonos, o los pilotes de acero, se colocan ligeramente inclinados en varias hileras, hasta llegar al fondo.

Tablaestacado. Se usa para suelos inestables que contienen agua, cuando una disminución del nivel freático resulta antieconómica, así como para casos en los que existe una gran presión de tierra. Las tablaestacas pueden ser de madera, acero o concreto armado, y mostrar diferentes resistencias de acuerdo con los distintos perfiles.

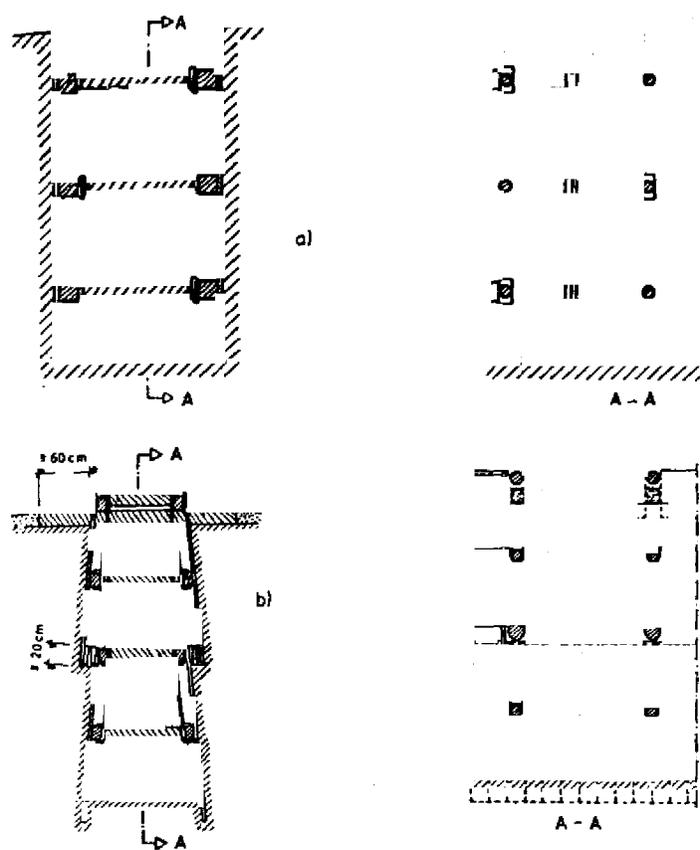


Figura 4.5.-4: Entibado vertical

a. con tablonces

b. con unidades de acero en hileras

El tablaestacado, al igual que otros tipos de soportes, generalmente se empalma mediante abrazaderas y vigas longitudinales, o cada tablaestaca de madera puede también estar apuntalada individualmente.

La introducción de la estructura del tablaestacado (véase también la Figura 4.5.-5) comienza entre las vigas de posición, que son colocadas en número de dos a cada lado de la zanja, ya sea a nivel del suelo o después de excavar a una profundidad de 1,0 a 1,25 m; no se utilizan soportes. Este envidado asegura el alineamiento vertical de la estructura de revestimiento.



Figura 4.5.-5: Secciones de tablaestacado

Dicha estructura se introduce, utilizando el martinete hincapilotes, hasta la profundidad requerida ( $h + t$ ), siempre entre las dos vigas. La excavación puede alcanzar hasta una profundidad  $h$ , pues el extremo inferior (pie) de la estructura de revestimiento deberá tener una profundidad mínima de  $t$  (m) por debajo del fondo de la zanja. Las vigas longitudinales deberán estar apoyadas en ménsulas soldadas o pendientes de varillas o cadenas colgantes.

En el caso de suelos húmedos, la profundidad del anclaje se determina de la manera siguiente. El gradiente hidráulico entre (1) y (2) es:

$$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\Delta h}{h + 2t + w}$$

y debe ser menor que el gradiente de erosión  $i_{kr}$ .

Debe considerarse un margen de seguridad  $n_s$ , lo que dará:

$$i < \frac{i_{kr}}{n_s}$$

donde  $n_s$  = Factor de seguridad;  $n_s = 1...2$

El gradiente crítico se produce cuando:

$$i_{kr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

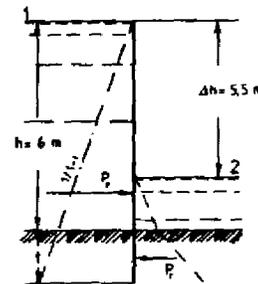
donde

$\gamma'$  = gravedad específica del suelo bajo la fuerza ascendente

$\gamma_w$  = gravedad específica del agua

con  $\gamma' = (1 - n)(\gamma_{suelo} - \gamma_{agua})$

[g/cm<sup>3</sup>]



y  $n$  = porosidad del suelo húmedo

Cuando, por ejemplo  $\gamma_{\text{suelo}} = 2,65 \text{ t/m}^3$  y  $n = 0,4$

por lo tanto  $\gamma' = (1 - 0,4) \cdot (2,65 - 1) = 0,999$ ;

con un factor de seguridad  $n_s = 1,8$  entonces

$$i = \frac{\Delta h}{h + 2t + w} < \frac{0,999}{1,8} ; h + 2t + w > \Delta h \cdot 1,8$$

$$t > \frac{1,8 \cdot \Delta h - h - w}{2} ; t > \frac{1,8 \cdot 5,5 - 6 - 0,5}{2} = 1,7 \text{ m}$$

Entibado de madera entre pilotes soldados. Para el entibado de una zanja utilizando tabloncillos entre pilotes soldados, se introducen primero los pilotes de acuerdo con los cálculos de estática. En los suelos inestables, se les debe introducir hasta una profundidad de por lo menos 1,50 m, en el caso de soportes externos, y de por lo menos 3,00 m en el caso de soportes medios.

Una vez introducidos los pilotes, se puede empezar la excavación. Los tabloncillos son colocados en el perfil de los pilotes y acufados. Los pilotes se apuntalan con vigas verticales y columnas.

La Figura 4.5.-6 muestra un ejemplo de revestimiento horizontal con maderas, utilizando pilotes soldados con sección en H.

La Figura 4.5.-7 muestra una zanja excavada con un revestimiento denominado Berlín, según el método de SCHIBLI mejorado (RÜTHIG).

#### Otros tipos de entibado

En la construcción de alcantarillas no suelen emplearse otros tipos de entibado aparte de los descritos anteriormente. Sin embargo, cuando se trata de alcantarillas muy grandes (con un ancho superior a 3-4 m) y el suelo lo permite, se pueden utilizar otros métodos.

Por ejemplo, las mismas paredes de las alcantarillas pueden usarse como soportes.

Esto se hace cavando zanjas (1) y rellenándolas con concreto (Figura 4.5.-8). Cuando el concreto se ha endurecido, se retira la tierra que ha quedado en medio (2) y se limpia las paredes, las que de esta manera servirán como paredes de la alcantarilla.

Existe también el método del túnel, en el cual la excavación se realiza en forma manual o mecánica.

Detalle A

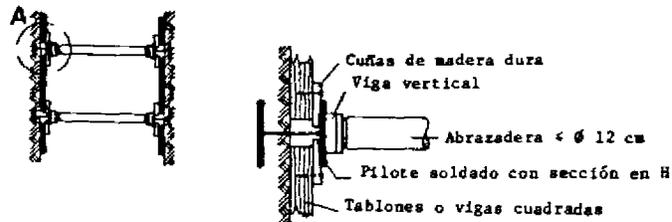


Figura 4.5.-6: Entibado horizontal con vigas de madera y pilotes soldado con sección en H

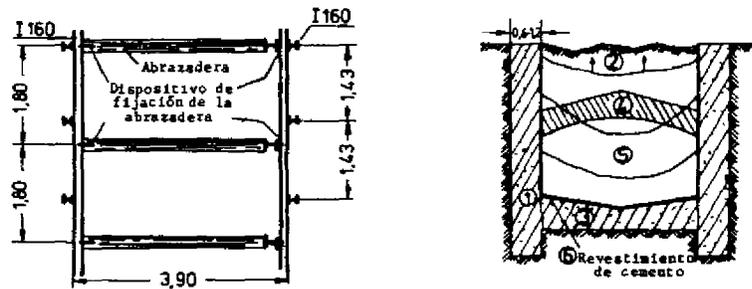


Figura 4.5.-7: Apuntalamiento vertical, método Berlín

Figura 4.5.-8: Método que usa las paredes de la alcantarilla

En las alcantarillas pequeñas, generalmente se dejan pequeños puentes de tierra ( $B \leq 1,20 \text{ m}$ ), para permitir el acceso a las viviendas. Las alcantarillas se tienden debajo de estos puentes mediante el método del túnel.

Suele ser más conveniente construir las alcantarillas grandes con el método del túnel, usando concreto preparado in situ y paredes de ladrillos que actúen como soportes. La Figura 4.5.-9 muestra las etapas en este tipo de construcción.



Para las alcantarillas grandes, se utilizan máquinas especiales que se conocen con el nombre de escudo. El escudo consta de un cilindro metálico grande (en Hamburgo, el diámetro del "escudo hidráulico" era de 6,55 m). El cilindro protector puede ser de 5-10 m, según sea el método que se utilice. En el extremo delantero, hay una plancha metálica en forma de escudo para proteger a los trabajadores y a las máquinas que estén dentro del cilindro de los derrumbes de tierra y de las aguas subterráneas. Los dispositivos de corte salen del escudo. A medida que el escudo avanza, detrás del cilindro se van colocando segmentos de revestimiento de concreto, hierro forjado o acero. Los gatos hidráulicos que impulsan el avance del escudo se apoyan en este revestimiento.

El escudo (Figura 4.5.-11) trabaja mecánicamente: tiene incorporado un dispositivo de corte giratorio. Este dispositivo de corte tiene cuchillas radiales de filo que cortan la tierra, haciéndola que caiga en el túnel. El material excavado se retira a través de la sección ya terminada de la alcantarilla. También es posible la "excavación en húmedo". Se instalan en el escudo 6 a 8 "cañones de agua" a través de los cuales se bombea agua. Los chorros de agua aflojan la tierra, ésta pasa a ser absorbida por el escudo en forma de suspensión y bombeada hacia afuera del túnel a través de tuberías de drenaje especiales.

Entre los años 1975-1978, se desarrollaron y utilizaron en Hamburgo nuevos tipos de escudos, el escudo hidráulico y el escudo Thix. En ambos se utilizaba la presión hidráulica de una suspensión de bentonita (sobre la cual también actúa la presión del aire a medida que el túnel avanza) para sostener el frontis.

Desde principios de siglo, también se ha venido utilizando en los EE.UU. gatos alzatubos, como alternativa a los métodos propios en la minería y del avance en el empleo del escudo. La tubería más grande que se haya tendido hasta la fecha, con este método, en Alemania, tenía un diámetro interno de 4,40 m y un diámetro externo de 5,50 m.

Con los gatos alzatubos, siempre se utilizan tuberías de concreto armado. La longitud de las tuberías varía entre aproximadamente 2,50 y 5,0 m. Las tuberías cortas son más fáciles de guiar y por lo tanto se adaptan mejor a las curvas cerradas.

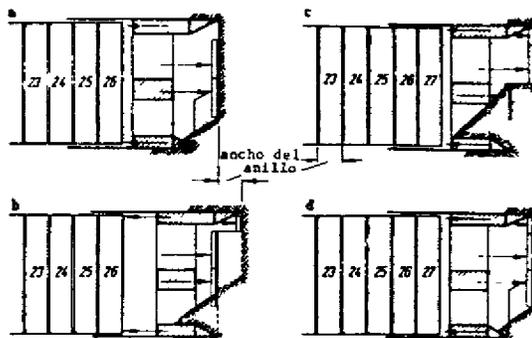


Figura 4.5.-11: Excavación con escudo /1/

#### 4.5.4 Lecho para tuberías

El lecho de la tubería debe ser firme, a fin de asegurar la posición de la misma cuando se vuelva a colocar la tierra extraída, así como posteriormente. La resistencia de una tubería se ve considerablemente afectada por el lecho. Un suelo duro (rocoso, pedregoso o de arcilla dura) no brinda un soporte adecuado; de modo que el lecho sobre este tipo de suelo sería irregular y ello mermará en gran medida la resistencia.

##### 4.5.4.1 Tuberías prefabricadas

Generalmente, el tendido de tuberías de sección circular (Figura 4.5.-12 a) se realiza con un ángulo de apoyo de  $90^\circ$ . Si el ángulo de apoyo fuera mayor o menor (nunca menor de  $60^\circ$ ), se le deberá tener en cuenta en el cálculo de la resistencia de la tubería. Para tuberías con base, el ángulo de apoyo dependerá de la estructura de la base.

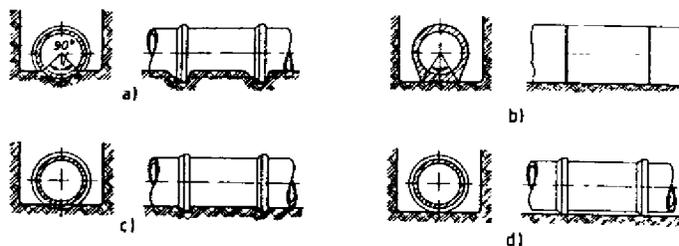


Figura 4.5.-12: Lecho de tubería en un suelo cohesivo

Lechos en suelos no cohesivos. En suelos arenosos y de grava fina, el lecho deberá tener una forma que encaje con el exterior de la tubería antes de realizar el tendido, para que toda la longitud de la tubería pueda estar apoyada.

En el caso de tuberías de asbesto-cemento, hierro fundido, plástico y acero de todos los diámetros nominales, así como para tuberías de arcilla vitrificada, concreto, concreto armado y tuberías de impulsión de concreto armado hasta un diámetro nominal de 600 mm inclusive, puede lograrse un apoyo total tendiendo la tubería sobre el fondo plano de la zanja, siempre que el material del lecho subyacente haya sido cuidadosamente comprimido para asegurar un apoyo uniforme.

Lechos en suelos cohesivos. En suelos cohesivos, se puede utilizar el método descrito anteriormente, siempre que el suelo no removido y el suelo de relleno sean adecuados para el lecho.

Lechos en otros suelos. En otros suelos (por ejemplo: suelos con grava gruesa y piedras, suelos que no pueden excavarse manualmente y suelos rocosos), no es posible tender las tuberías sin emplear material adicional para el lecho.

Lechos con adición de arena, grava fina o concreto. En los casos en que no se pueda tender las tuberías en el fondo de la zanja debido a la naturaleza inadecuada del suelo, deberá hacerse una excavación adicional en la zanja para colocar un lecho de arena, grava fina o concreto.

Lecho de arena y grava fina. El espesor del lecho (Figura 4.5.-13a) debe ser de 10 cm + 1/10 del diámetro nominal de la tubería. El material que se agregue deberá compactarse con instrumentos adecuados, de manera tal que la tubería esté totalmente apoyada en algún punto del ángulo de apoyo propuesto.

Lecho de concreto. Si el suelo del fondo de la zanja no fuera adecuado para construir un lecho de arena o grava fina porque la arena podría acabar siendo arrastrada por un drenaje casual, podría ser necesario colocar lechos de concreto a todo lo largo de las tuberías. El espesor de este tipo de lechos (Figura 4.5.-13b) deberá ser de 5 cm + 1/10 del diámetro nominal de las tuberías, pero en ningún caso podrá ser menor de 10 cm. De ser necesario, se deberá excavar con mayor profundidad el fondo de la zanja. El concreto utilizado debe tener como mínimo una dureza de 150 Kg/cm<sup>2</sup>. En suelos débiles, puede ser recomendable excavar una profundidad adicional.

La superficie del lecho de concreto debe tener una forma que se adecúe y encaje con la superficie exterior de la tubería, así ésta estará firmemente apoyada en un punto del ángulo de apoyo propuesto. El lecho de concreto puede armarse después de que la tubería haya sido colocada. Si se prepara antes de colocar las tuberías, éstas deberán tenderse sobre una capa de mortero. Puede ser necesario prever una entalladura a lo largo de la línea de la solera a fin de evitar que las tuberías se muevan.

Encajonamiento de concreto. Para aumentar la resistencia de la tubería, se puede incluir en el diseño un encajonamiento de concreto. Al calcular las dimensiones, es importante saber si el concreto será vaciado sobre el suelo no removido o, por ejemplo, sobre un tablaestacado. En el último caso, el efecto de apoyo de la presión lateral del suelo se verá reducido una vez retirados los pilotes.

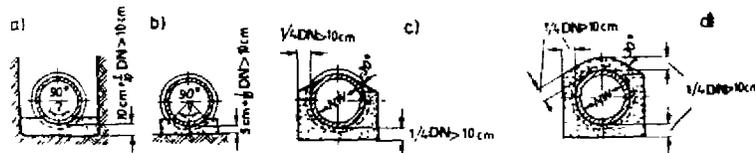


Figura 4.5.-13: Lechos de tuberías en suelos no cohesivos

Las tuberías pueden estar total o parcialmente encajonadas en concreto. El encajonamiento parcial es hasta la altura de la línea de arranque (Figura 4.5.-13c). El encajonamiento completo rodea a toda la tubería (Figura 4.5.-13d). Para el encajonamiento, debe usarse concreto de por lo menos 150 Kg/cm<sup>2</sup>. Los empalmes de construcción deben asegurarse con barras de refuerzo. Suele ser práctico si el encajonamiento de concreto se divide por tramos que coincidan con los empalmes de las tuberías.

Diseños especiales. Es preferible evitar la construcción de lechos sobre monturas de concreto, ya que si el soporte de arena es inadecuado, la tubería se verá expuesta a excesos de flexión, previamente no considerados. Si no puede evitarse el uso de este tipo de lecho, se requerirá verificar especialmente la estática de estas tuberías. Igual criterio se aplica en el caso de lechos contruidos sobre pilotes.

En suelos inestables, o próximos a ser densamente urbanizados, es necesario adoptar medidas especiales, como podría ser, la colocación de pilotes que sirvan de cimiento a las tuberías (Figura 4.5.-14) o el tendido de las mismas sobre una losa de concreto armado.

Al pasar de un suelo con determinadas características de urbanización a otro con características diferentes, deberán tomarse medidas de seguridad. Para las tuberías tendidas bajo un terreno con pendiente, debe considerarse la posibilidad de excesos axiales y de flexión.

Conexiones con las estructuras. Las conexiones con las estructuras deben ser flexibles. En el caso de los buzones (bocas de acceso), la conexión puede construirse en la pared. Si las condiciones lo permiten, la conexión también puede colocarse en el eje de la alcantarilla, a una distancia máxima de un metro, medido a partir de la superficie interna de la pared de la boca de acceso. En el caso de otras estructuras, se deberán seguir procedimientos similares.

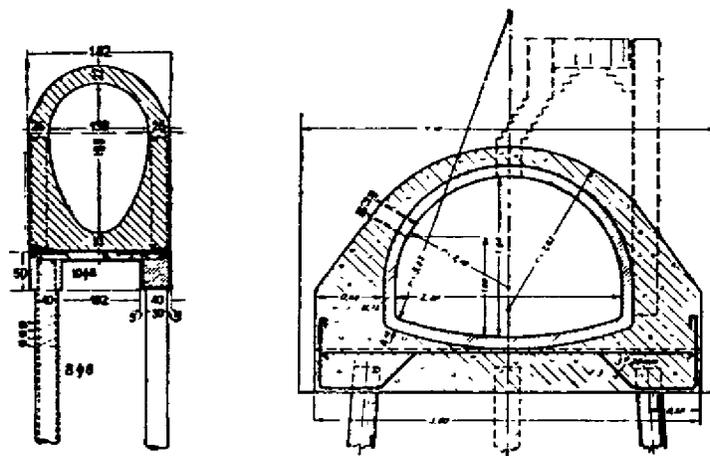


Figura 4.5.-14: Colocación de tuberías sobre pilotes

Apoyo y anclaje. Las tuberías tendidas en aguas subterráneas deberán ser aseguradas mediante anclaje o con una carga adicional para evitar que floten, cada vez que su propio peso y la carga que transportan sean insuficientes. Las troncales de impulsión, los ramales, los codos, las piezas de transición, los dispositivos de interrupción, etc., que no puedan resistir una expansión longitudinal, deberán ser asegurados de manera tal que las fuerzas que actúan sobre ellos acaben siendo absorbidas.

La primera consideración al tender tuberías terminadas es que las mismas sigan un gradiente apropiado. Para colocarlas con la cota correcta, puede utilizarse un instrumento de nivelación topográfica. Para esto, se coloca una varilla en el fondo de la zanja y luego en la solera de la tubería y se verifica el nivel con instrumentos topográficos. Si se encuentra que la cota es correcta en dos puntos alejados por 20-30 m, los puntos intermedios podrán nivelarse con la ayuda de un teodolito de dos miras de 1 m de alto (Figura 4.5.-2). La nivelación debe estar a cargo de una persona experimentada, en vista de que la construcción correcta dependerá de una cota exacta.

El tendido de las tuberías se inicia en el punto más bajo del lecho debidamente preparado. La tubería se coloca con el extremo de la campana en dirección aguas arriba.

El tendido de las tuberías se efectúa de la siguiente manera: Se las hace descender a la zanja tomando todas las precauciones necesarias; primero se instalan en forma "seca" (sin realizar los empalmes con argamasa), desde un buzón de inspección hasta la siguiente en forma ascendente. En esta etapa, el