

obrero encargado del tendido deberá supervisar que las tuberías encajen entre sí (quizás algunas no estén perfectamente redondeadas), ver exactamente cuántas se necesitan y determinar si es necesario acortar la última tubería (es raro que se requieran sólo tuberías enteras). Una vez establecido el número, la longitud y la posición de las tuberías, se puede proceder a tenderlas en su posición respectiva. Para asegurar su correcta colocación, se extiende una cuerda o alambre delgado desde una de las tablas que fija la línea de excavación hasta la siguiente. Esta cuerda servirá para determinar la correcta posición de la línea de eje de cada alcantarilla al momento de tenderla, utilizando una plomada.

Antes de utilizar las tablas que fijan la línea de excavación, deberá medirse su cota exacta.

Generalmente, en el caso de tuberías prefabricadas, se construye primero el fondo del buzón de inspección. De esa manera, se cuenta con un punto fijo y, por otro lado, se puede determinar la longitud exacta de las tuberías. Sin embargo, no debe permitirse que ninguna parte de la tubería (por ejemplo: la lengüeta o el trozo de empalme) se introduzca en el espacio libre dentro del buzón de inspección.

El tendido adecuado de las tuberías reviste particular importancia y deberá correr a cargo de personal experimentado.

Antes del tendido, las tuberías deberán ser transportadas hasta la zanja. Las tuberías pequeñas pueden llevarse utilizando un equipo mecánico ligero. Las tuberías pesadas tienen que ser transportadas usando equipos adecuados. Por lo general se transportan en las excavadoras empleadas para preparar las zanjas. En el caso de tuberías muy pesadas, se podrían requerir vehículos o equipos especiales de carga (vagones-grúa especiales, grúas de pórtico, etc.).

En el caso de tuberías pesadas, se simplifica mucho la operación empleando unidades de transporte que permitan la descarga y el descenso directo hasta la zanja.

Para hacer descender las tuberías ligeras a la zanja, se utilizan sogas y, en el caso de tuberías pesadas, el mismo equipo que se usó para transportarlas desde el almacén, por ejemplo, un camión grúa.

Durante el transporte y el descenso, es importante evitar daños en las tuberías debido a una manipulación descuidada. Por lo tanto, deberá contarse con un retén de seguridad, sogas, fajas protegidas y otros mecanismos de carga.

Durante el tendido mismo de las tuberías, especialmente cuando éstas son pesadas, no siempre será posible evitar que se produzcan irregularidades en el fondo de la zanja. Por lo tanto, deberá contarse con una losa de concreto (de por lo menos  $150 \text{ Kg/cm}^2$ ) que cubra todo el ancho de la zanja como superficie de trabajo; esta losa deberá tener 5 cm de espesor para tuberías con un diámetro nominal mayor de 400 mm y 10 cm de espesor para tuberías con un diámetro nominal mayor de 1000 mm. Deberá ser lisa y con la pendiente adecuada.

Antes de tender las tuberías, deberán ser revisadas nuevamente en forma visual y mediante martilleo, para asegurarse de que estén en buen estado y sin daños. Cualquier tubería que sea encontrada defectuosa, deberá ser descartada.

Los empalmes de cualquier tipo deberán limpiarse y secarse cuidadosamente antes de tender las tuberías, y si el método de sellado que se utilizó requiere un revestimiento adhesivo, éste deberá ser aplicado. Habrá que tener cuidado para que el polvo, la humedad, etc., no impidan la adhesión, así como para que la efectividad del revestimiento adhesivo no se vea reducida por haberlo aplicado prematuramente. Si las tuberías van a tener un revestimiento externo o interno, éste deberá ser compatible con el material de sellado. Para ello, deberán considerarse cuidadosamente las especificaciones del fabricante.

Si el método de sellado dejara alguna ranura externa o interna en el lugar de empalme, ésta puede ser rellenada utilizando un material elástico. La ventaja es que no podrá introducirse en este espacio ninguna materia sólida que impida el movimiento y vuelva inflexible esta sección de la tubería.

Las tuberías con campana deberán estar bien apoyadas en el lecho a lo largo de todo el cañón. Cuando se tiendan las tuberías, el extremo con la espiga o macho deberá empujarse firmemente hacia dentro de la campana. En las tuberías pequeñas, esto se puede hacer manualmente. Para tuberías más grandes podrán requerirse herramientas ahorquilladas, poleas o gatos hidráulicos. A fin de que las tuberías tengan una cierta libertad de expansión longitudinal (por ejemplo, debido a cambios de temperatura), se recomienda colocar debajo una base de cartón o cartón alquitranado, que separe a las tuberías de la base de concreto. Es aconsejable que los empalmes del lecho o del relleno de concreto (si se utilizaran) estén ubicados a la altura de los empalmes de las tuberías.

Si fuera necesario acortar las tuberías, no deberá utilizarse para ello un cincel, pues podría afectar la cohesión estructural del material; en la medida de lo posible, se recomienda usar herramientas adecuadas (discos de corindón, cortadoras de empalmes, etc.).

Los métodos de sellado de los empalmes en este tipo de tuberías dependen del material de la tubería.

Un método simple consiste en sellarlos con cuerdas enlechadas o alquitranadas y un material de relleno que se vacía encima. Sin embargo, este tipo de empalmes sólo puede usarse para tuberías de hierro fundido, acero y arcilla vitrificada; en el caso de tuberías de asbesto-cemento y concreto, las campanas pueden resultar dañadas al introducir la cubrejunta (con una herramienta de calafateo). Además, en el caso de las tuberías de concreto, el material de empalme no debe aplicarse caliente.

Los empalmes con un anillo de asbesto y material de relleno vaciado encima o con anillos de goma (empalmes "roll-on") (Figura 4.5.-15) han demostrado ser eficaces.

Sin embargo, los empalmes deben realizarse siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

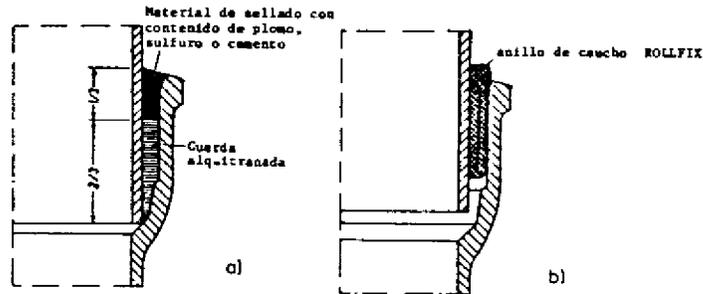


Figura 4.5.-15: Empalmes para tuberías de hierro fundido

- a) con anillo de asbesto y relleno vaciado encima
- b) con anillo de goma (empalme "roll-on")

Actualmente, los anillos de goma son casi el único tipo de empalme utilizado para tuberías grandes. Estos, son suministrados por el fabricante.

En el caso de tuberías de mortaja y espiga (Figura 4.5.-16), se puede realizar un empalme aplicando argamasa en la ranura y en la lengüeta y colocando posteriormente una faja de argamasa alrededor del empalme. Sin embargo, con este método no se logran buenos empalmes, pues no se puede aplicar adecuadamente la faja debajo de la tubería, por lo que el empalme no queda absolutamente hermético en condiciones de alta presión interna de agua (cuando la tubería se encuentra llena).

Actualmente, los empalmes de mortaja se hacen con fajas de sellado. Se necesita un gran cuidado con este tipo de empalmes, pues se requiere mayores grados de tolerancia conforme aumenta el diámetro de la tubería.

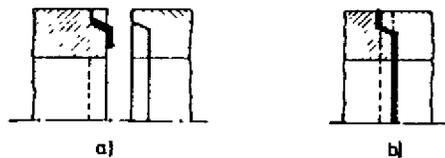


Figura 4.5.-16: Empalmes para tuberías de mortaja y espiga

- a) posición inicial
- b) posición final

Antes de realizar el empalme, deberá aplicarse un revestimiento adhesivo. Lo cual implica que la faja de sellado sea colocada rápidamente, sin demora. El borde de la tubería no deberá ser áspero ni húmedo, ni presentar polvo o suciedad. Las fajas también deberán estar limpias y no deformarse debido a la temperatura. Las tuberías de mortaja se empalman presionando una contra la otra. Además de las fajas, se pueden utilizar acoplamientos KUNZE para los empalmes en tuberías de concreto (Figura 4.5.-17). En el extremo delantero del borde de la tubería se sujeta un anillo de acero (4 mm de espesor) y la parte que sobresale se cubre con una capa triangular de material de empalme. El empalme se realiza presionando las tuberías entre sí.

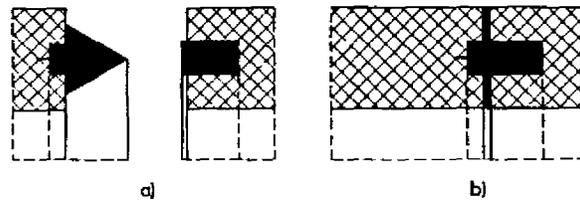


Figura 4.5.-17: Empalme con acoplamiento KUNZE

a) antes del ensamble

b) después del ensamble

Si una tubería va a ser fijada a una estructura o a una losa de concreto fabricada in situ o, de manera especial, a un buzón de inspección, esto deberá hacerse directamente sin ningún separador intermedio (Figura 4.5.-18).

Es posible que los empalmes en los puntos de unión no siempre sean muy eficaces. Para evitarlo, la zanja deberá revestirse con concreto, pues es difícil lograr que la parte del empalme debajo de las tuberías sea hermético.

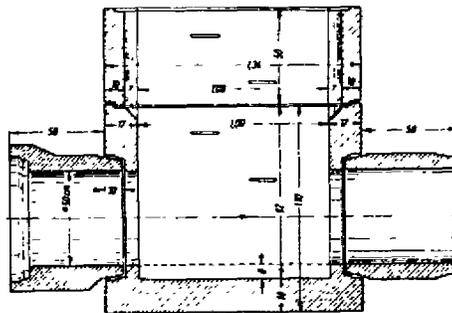


Figura 4.5.-18: Conexión de tuberías a una boca de inspección /1/

Las tuberías de concreto fabricadas in situ se utilizan cuando se requieren diámetros mayores y cuando los empalmes normales no parecen ser suficientemente eficientes. También se utiliza un método de encofrado móvil (Figura 4.5.-19). Después de terminada la excavación, se vacía la base de concreto in situ. Se coloca luego una capa de cartón asfáltico en la base, para que las tuberías de concreto no se adhieran a ella, ya que esto impediría su expansión bajo el efecto de los cambios de temperatura.

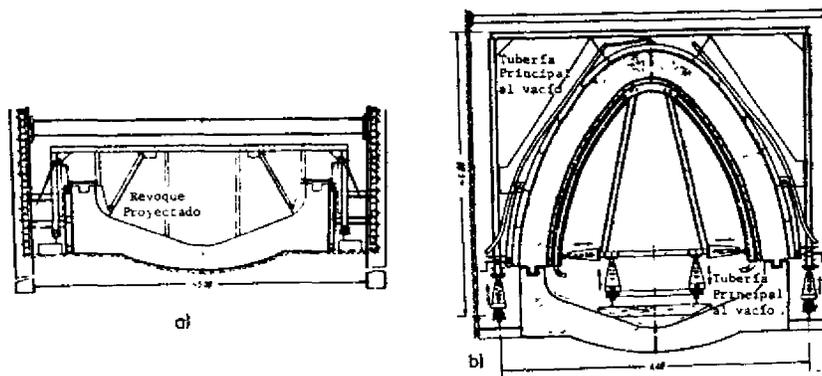


Figura 4.5.-19: Construcción de alcantarillas con encofrado móvil /1/

a - parte más baja de la alcantarilla    b - arco de la alcantarilla, según el método de concreto al vacío

El encofrado y el refuerzo se preparan fuera de la zanja. El refuerzo de hierro previamente soldado se coloca sobre el cartón (o sobre el fondo de la alcantarilla). Se le hace descender a la zanja con la ayuda de una excavadora (de orugas) y se le mantiene en posición con bloques de hierro. La posición del refuerzo se asegura con hierro a fin de que esté exacta, luego se coloca el encofrado interno de la tubería. El encofrado está hecho de madera y puede estar cubierto con láminas de acero en la parte en contacto con el concreto. Esto permite que se le pueda utilizar varias veces. Al construir el encofrado, su posición debe ser verificada con exactitud, utilizando para ello plomadas. Después de colocar las unidades internas a la distancia correcta del refuerzo (por medio de espaciadores y enlaces), se colocan las unidades externas, pero no todas al mismo tiempo. Se les va colocando por etapas, a medida que se va vaciando el concreto, para que así pueda ser compactado adecuadamente. La Figura 4.5.-20 muestra las diferentes etapas de la construcción /26/.

El concreto no debe ser vaciado desde una altura demasiado grande, el mejor método es utilizar una artesa. Se debe realizar un empalme cada 40 m para permitir la interrupción del trabajo y la futura expansión provocada por los cambios de temperatura. Después de unas seis semanas aproximadamente, se debe cerrar estos empalmes con una franja de concreto.

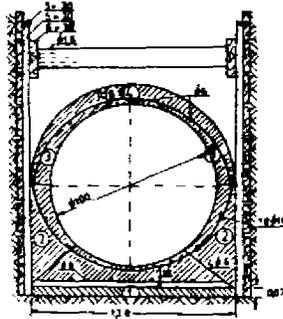


Figura 4.5.-20: Etapas en la construcción de una alcantarilla de concreto armado /26/

Una vez colocado el concreto en su lugar, se le cubre y humedece con agua varias veces al día para evitar que se seque o endurezca prematuramente.

Las tuberías de concreto se cubren, internamente, con mortero de cemento; externamente, suelen revestirse con alquitrán. Un tipo especial de construcción in situ de alcantarillas de cemento es el método francés de concreto al vacío (RÜTHIG). Además del hecho de que los empalmes pueden ser colocados en cualquier lugar sin restricción, este método tiene la ventaja de que el concreto es muy compacto, impermeable, liso y muy resistente. El encofrado puede hacerse de madera o acero. Para las secciones de formas poco comunes, normalmente se utiliza acero.

La fabricación de alcantarillas de ladrillos es todo un arte, desafortunadamente desconocido para muchos albañiles. Es un método de bajo costo, en lo que a material se refiere, y resulta una elección muy económica si se cuenta con suficiente mano de obra barata. Las alcantarillas de ladrillos bien construidas pueden ser muy durables. El lecho para el arco (Figura 4.5.-21) generalmente se hace de concreto. La alcantarilla se construye en dos partes: primero hasta la altura de la línea de arranque y luego hasta el arco. Si la parte inferior se va a hacer de concreto, se deberá moldear en dos o tres capas para que así resulte bien compacta.

Si la alcantarilla se va a construir totalmente de ladrillos, entonces debe usarse un perfil de madera también para la parte inferior. Este perfil podrá retirarse una vez que la argamasa haya secado y antes de iniciar la construcción del arco. El encofrado del arco se apoya en la sección inferior de ladrillos. El arco se construye con dos o tres capas (anillos), según el ancho de la abertura. Cada anillo debe "cerrarse" en sí mismo. Después de cerrar el segundo anillo, puede procederse a retirar el encofrado ya que el

primer anillo puede servir de apoyo a los demás. Después de haber colocado los ladrillos, se llenan todas las uniones con mortero (1:1) o se enyesa todo el enladrillado. Sólo debe utilizarse ladrillo escoriado holandés (ladrillo para alcantarillas). Este ladrillo tiene una fabricación y un cocido especiales.

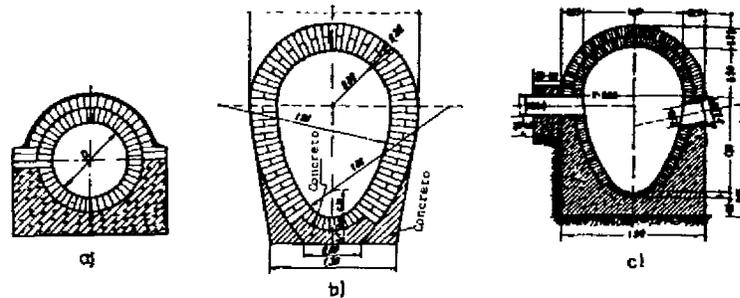


Figura 4.5.-21: Secciones de alcantarillas de ladrillos /26/

- a) con base de concreto
- b) enteramente de ladrillos
- c) con casco de basalto y concreto

#### 4.5.5 Estructuras especiales

En la construcción de alcantarillas, se necesitan estructuras especiales cuando las condiciones de construcción o las circunstancias locales así lo requieren.

De los diversos tipos de estructuras existentes, se hará referencia a los siguientes: alcantarillas de descarga, entibado de zanjas grandes, vertederos y encofrados especiales.

##### 4.5.5.1 Alcantarillas o estructuras de descarga

La Figura 4.5.-22a muestra el diagrama de una alcantarilla de descarga que desemboca en un cuerpo de agua. Debe notarse cómo se sostiene la estructura y el lecho utilizando tablaestacados, paredes, etc.

La Figura 4.5.-22b muestra una alcantarilla o estructura de descarga utilizada para vaciar un efluente por debajo de la superficie del cuerpo de agua receptor.



Figura 4.5.-22: Alcantarillas o estructuras de descarga

- a) construcción normal
- b) descarga por debajo del nivel mínimo de agua

#### 4.5.5.2 Entibado de zanjas grandes

En el caso de las zanjas grandes (por ejemplo: las de una estación de bombeo) suele ser necesario sostener las paredes verticales mediante un entibado. La Figura 4.5.-24 muestra ejemplos de los posibles métodos de entibado y los principios para determinar los esfuerzos, cuyo valor debe conocerse para diseñar las dimensiones de los puntales.

#### 4.5.5.3 Vertederos

Los vertederos se construyen para proteger las estructuras; su función es mantenerlas secas. Los vertederos pueden ser diseñados en forma de terraplenes de tierra o tablaestacados. La Figura 4.5.-23 muestra un vertedero tablaestacado con pilotes de metal.

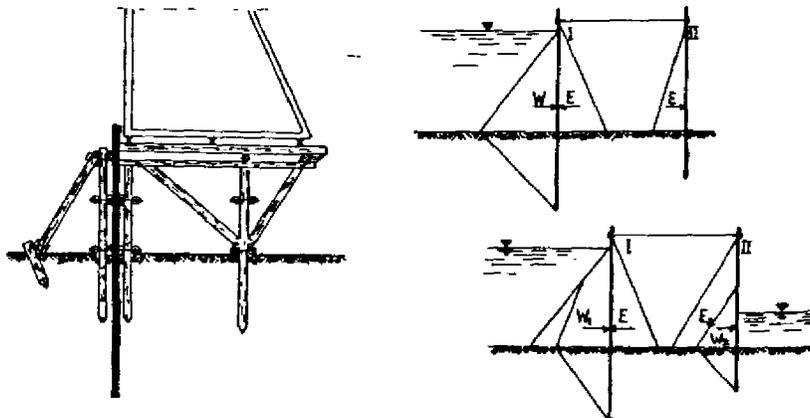


Figura 4.5.-23: Vertederos con pilotes metálicos

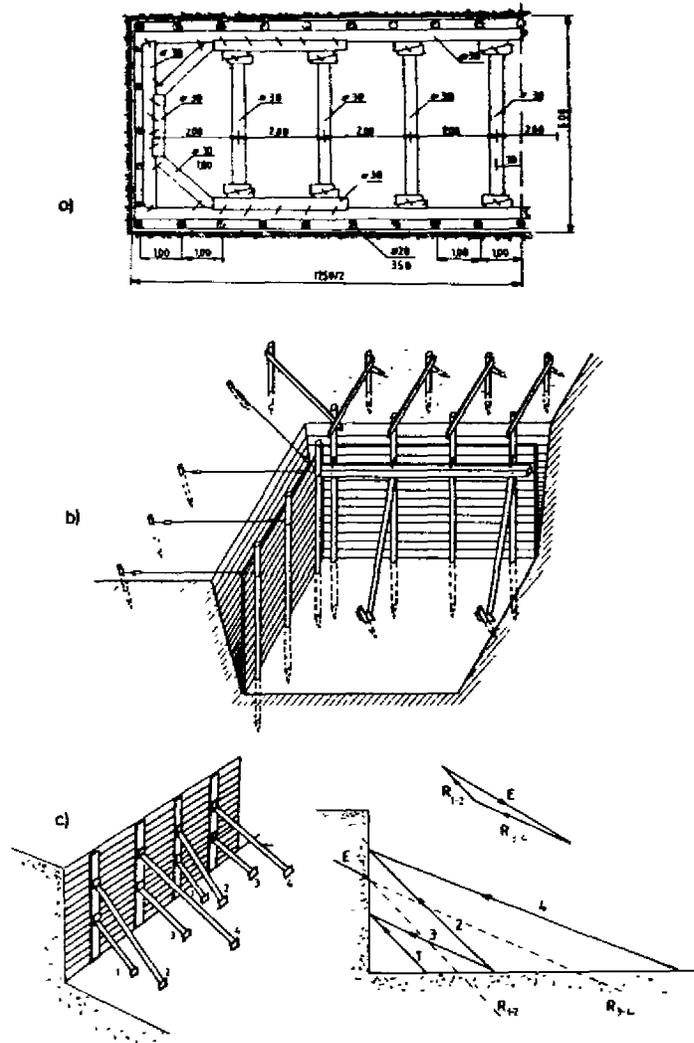


Figura 4.5.-24: Revestimiento de zanjas grandes

- a) vista de planta
- b) vista de semiplano
- c) revestimiento de una pared y cálculo de los esfuerzos en los puntales inclinados

#### 4.5.5.4 Encofrados especiales

Para vaciar el concreto en forma continua, por ejemplo, al construir la pared de un estanque, se necesita un encofrado especial. La Figura 4.5.-25 muestra este tipo de encofrado.

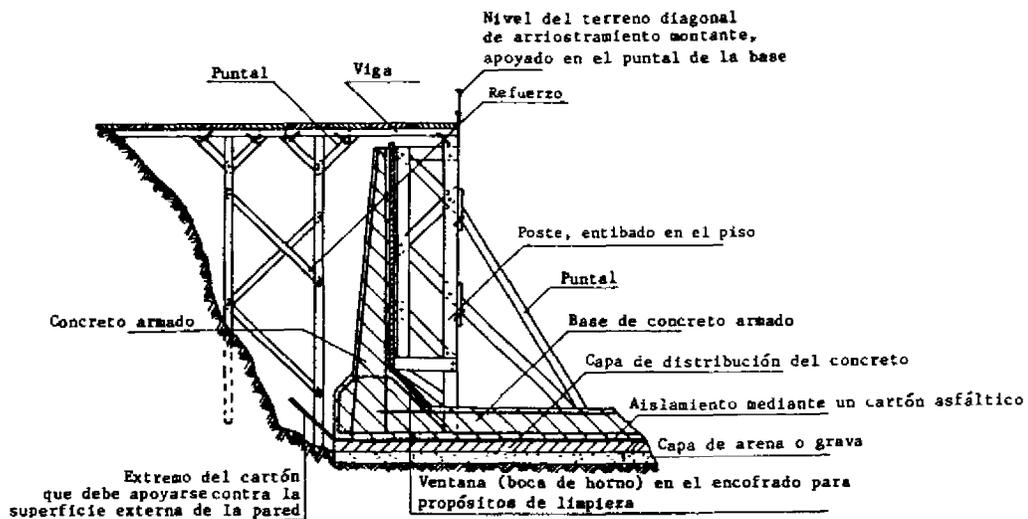


Figura 4.5.-25: Encofrado para paredes de un estanque

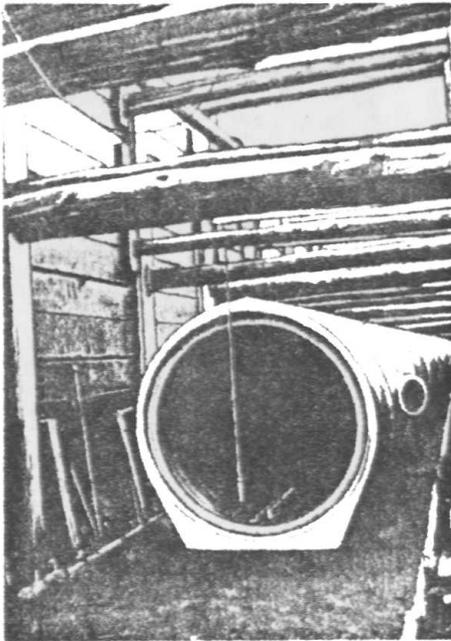
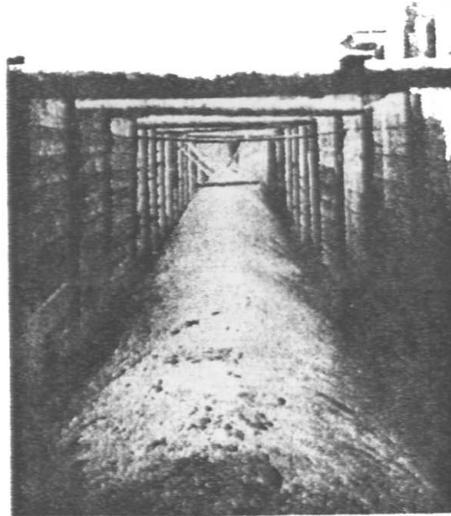
#### 4.6 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE REDES DE ALCANTARILLADO

La operación de un sistema de alcantarillado comienza con la aceptación oficial de las estructuras terminadas.

Esto es muy importante y en consecuencia aparece estipulado en todos los contratos entre las autoridades responsables y los contratistas encargados de la construcción. La aceptación oficial queda registrada mediante un acta que firman ambas partes. Allí se registran los siguientes puntos:

- la condición exacta de las estructuras en el momento de la aceptación oficial,
- la culminación del trabajo de construcción,
- el paso de la responsabilidad a la autoridad encargada de operar el sistema.

Apuntalamiento de la zanja con vigas en I verticales y revestimiento horizontal con maderas



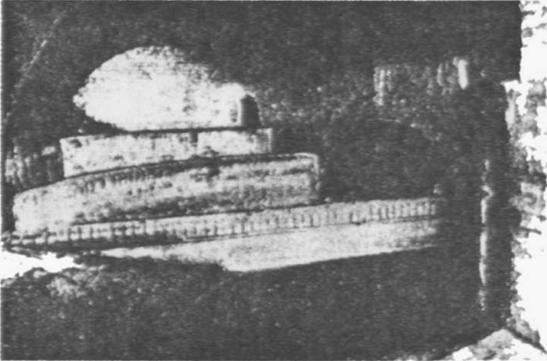
Entibado horizontal en zanjas para alcantarillas circulares



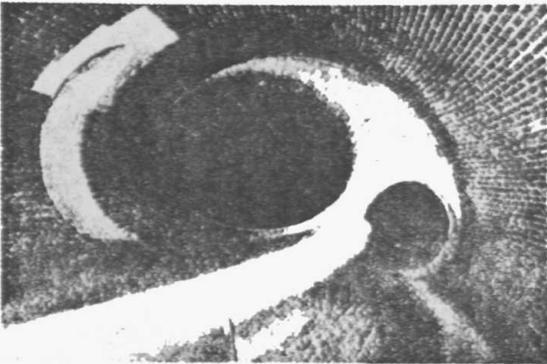
Tuberías de desagüe en una zanja con entibado horizontal



Estructura de una alcantarilla de descarga en el canal Teltow de Berlín



Vista interior de la esclusa de cámara superior de una alcantarilla de inmersión (o sumergida)



Vista interior de la esclusa de cámara superior de una alcantarilla de inmersión con salida de emergencia

Las personas que deben participar en el acto de aceptación oficial son, además del responsable de la operación (que representa a la entidad administradora o financiera), el gerente de obras, el contratista encargado de la construcción y, en el caso de proyectos importantes, también el proyectista.

Generalmente, la construcción se aprueba por fases; lo cual es necesario porque algunas secciones se recubren con tierra y no son visibles en el momento de la aceptación final. Por lo tanto, debe distinguirse entre aceptación parcial y aceptación final.

#### 4.6.1 Aceptación oficial del sistema de alcantarillado

Las aceptaciones parciales consisten de una o más aprobaciones durante todo el período de construcción del sistema de alcantarillado. Su propósito es asegurarse de que el planeamiento y la construcción coincidan. Se deberá inspeccionar lo siguiente:

- las estructuras que no sean fácilmente accesibles en el momento de la aceptación final,
- la ejecución del trabajo de construcción.

Para las aceptaciones de progreso parcial, durante el curso de la construcción deberá inspeccionarse lo siguiente:

- la profundidad de la excavación, la pendiente y el lecho,
- dimensiones de los cimientos (+ base) y de todas las otras estructuras,
- la disposición de las tuberías, la correcta ubicación de las bocas de entrada, bocas de inspección, reboses de aguas pluviales, canales de drenaje y el nivel de entrada y salida del agua en las diferentes alcantarillas que componen la estructura,
- la correcta ejecución (en lo que respecta a la calidad del trabajo de construcción) del moldeado del concreto, del enladrillado y del enyesado, así como de la construcción de canaletas en las calles y reboses de aguas pluviales,
- la hermeticidad de las tuberías.

Antes de proceder a rellenar las zanjas, deben realizarse pruebas de fugas. Esto deberá hacerse con cuidado. Las tuberías deben estar cubiertas parcialmente con tierra, de tal manera que la presión de prueba no varíe su posición. Las pruebas de fugas se llevan a cabo con agua a una presión de 5 m SM (superficie húmeda) + 0,1 SM en  $10^5$  Pa con respecto al punto húmedo más alto de la tubería. El tiempo de la prueba es de 15 minutos. Se mide la cantidad de agua añadida en este tiempo; los valores que se obtengan en las pruebas individuales podrán exceder hasta en un 30% los valores que aparecen en el Cuadro 4.6.-1.

CUADRO 4.6.-1  
VALORES PARA LAS PRUEBAS DE FUGAS EN TUBERIAS DE CONCRETO  
(DIN 4032)

Forma	Diámetro nominal	Adición permisible de agua en litros por m <sup>2</sup> de superficie interna húmeda (valores promedio)	
		Tipos KW-M, KFW-M	Otros tipos
Circular	100 - 250	-	0,20
	300 - 600	0,08	0,15
	700 - 1000	0,07	0,13
	1100 - 1500	0,05	0,10
Ovalada	500/ 700 - 800/1200	-	0,13
	900/1350 - 1200/1800	-	0,10

Se deben llevar registros de todas las aceptaciones realizadas durante la construcción, los mismos que se mostrarán al realizar la aceptación final.

La aceptación final comprende también la aceptación de las actividades de operación e implica una inspección cuantitativa y cualitativa.

La inspección cuantitativa consiste en comparar las dimensiones especificadas con las dimensiones reales:

- Dimensión longitudinal y transversal de las alcantarillas,
- Número y ubicación de las estructuras.

La inspección cualitativa incluye la inspección de las pendientes, del enlucido, del aislamiento, etc., comparando los materiales y procedimientos de ejecución utilizados con las normas oficiales y con los planes.

Se examinan cuidadosamente las alcantarillas accesibles a fin de determinar si existen grietas en la superficie interna de las paredes y en la solera.

Se verifica que el tendido esté alineado y tenga la pendiente adecuada mediante una nivelación precisa en el exterior (las miras se colocan en el buzón de inspección); la nivelación interior se realiza con un teodolito de dos miras (véase sección 4.6.1).

El enlucido de cemento se revisa en forma visual, golpeándolo ligeramente con un martillo pequeño; pueden permitirse grietas capilares de un ancho máximo de 0.2 mm, el sonido debe ser continuo y "profundo".

Antes de poner en funcionamiento las alcantarillas, deben ser limpiadas, eliminando los desperdicios y los residuos de concreto y yeso. Las alcantarillas inaccesibles se inspeccionan utilizando espejos, luces (Figura 4.6.-1) o cámaras de televisión.

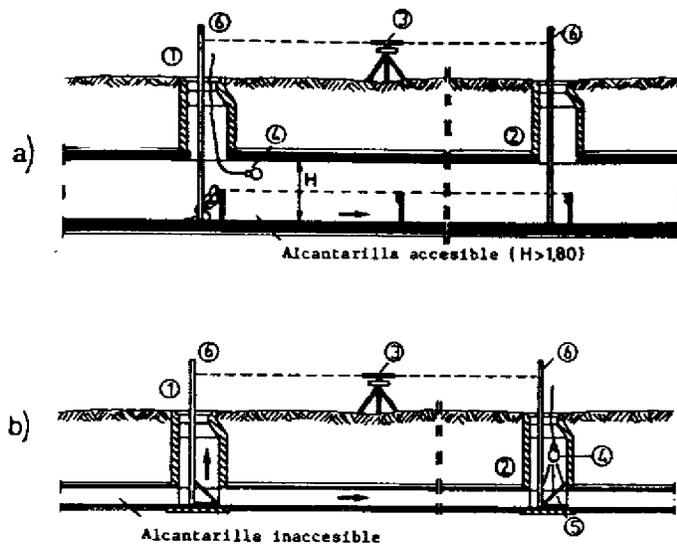


Figura 4.6.-1: Inspección de alcantarillas

- |                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| a - accesible              | b - inaccesible               |
| 1, 2 - Buzón de inspección | 3 - Instrumento de nivelación |
| 4 - Luz                    | 5 - Espejo                    |
| 6 - Mira de nivelar        |                               |

La inspección de las estaciones de bombeo incluye:

- la casa de máquinas, en lo que respecta a dimensiones, calidad del trabajo, impermeabilidad del depósito colector;
- las instalaciones (bombas, tuberías, accesorios);
- los dispositivos mecánicos, hidromecánicos, de alta tecnología, etc.;
- los controles automáticos.

Deben realizarse pruebas para detectar infiltraciones en alcantarillas construidas en aguas subterráneas.

En el caso de alcantarillas tendidas debajo de carreteras, la aceptación también incluye la aprobación del reemplazo de la superficie vial por parte de las autoridades responsables del tránsito en esas vías.

La comisión de aceptación considerará todas las aceptaciones parciales. Deberá decidir respecto a los posibles defectos y si éstos habrán de ser considerados en las deducciones financieras.

Si los defectos representan un riesgo para la operación del sistema de alcantarillado, deberán reemplazarse las partes afectadas o repararse las fallas.

La comisión de aceptación elaborará un informe y decidirá sobre el inicio de la operación.

#### 4.6.2 Operación y mantenimiento de las alcantarillas e instalaciones auxiliares

La organización de la operación y el mantenimiento de las alcantarillas debe estar a cargo de la autoridad responsable o (en el caso de sistemas de alcantarillado industrial) de la compañía encargada. La magnitud y composición de dicha organización dependen del nivel de desarrollo y de los problemas específicos.

Los departamentos involucrados en la operación del sistema de alcantarillado deben asegurarse de que su personal ya se haya informado durante el período de construcción, respecto a sus futuras responsabilidades. Ello permitirá iniciar las operaciones sin mayores dificultades. Todo el trabajo de mantenimiento debe desarrollarse siguiendo cronogramas anuales y mensuales fijos.

##### 4.6.2.1 Operación

Para operar sin dificultades un sistema de alcantarillado, es necesario el siguiente trabajo de mantenimiento:

- inspección de las alcantarillas,
- limpieza de las alcantarillas,
- reparaciones de las estructuras e instalaciones,
- operación de las estaciones de bombeo.

La inspección de las alcantarillas debe ser considerada como una de las tareas de mantenimiento más importantes. A través de ésta se puede obtener información respecto al estado de las alcantarillas y de sus instalaciones auxiliares, así como respecto a la calidad de las aguas residuales. Por lo tanto, ayuda a asegurar que las aguas residuales fluyan libremente y a prevenir

situaciones perjudiciales, tales como interrupción del flujo, alteraciones en el tránsito vial o daños causados por la calidad de las aguas residuales.

La inspección de alcantarillas se lleva a cabo externa e internamente.

Las inspecciones externas se realizan cada mes o cada tres meses, según las condiciones locales, y están a cargo de una cuadrilla de tres hombres. Esta cuadrilla se encarga de detectar todo cambio inusual que indique una alteración en el flujo de las aguas residuales. En la medida de lo posible, cada cuadrilla debe estar integrada siempre por las mismas personas, pues es más probable que detecten alteraciones en el sistema gracias a su experiencia.

Cada alcantarilla se inspecciona internamente a intervalos fijos, entre una y cuatro veces al año, según su importancia y sus condiciones de operación; los trabajadores inspeccionan las alcantarillas accesibles y señalan si existen daños, sólidos depositados en el fondo o infiltraciones o fugas anormales. En base a este informe, las alcantarillas podrán luego ser limpiadas, lavadas, reparadas, etc. Las alcantarillas inaccesibles se inspeccionan utilizando espejos, luces (véase Figura 4.6.-1) o cámaras de televisión especiales.

Las aguas residuales se controlan en lo que respecta a su cantidad y calidad. La cantidad de las aguas residuales se mide para obtener información respecto a la capacidad efectiva de descarga de las alcantarillas. La calidad de las aguas residuales se verifica mediante un análisis. Si bien se conoce la calidad para condiciones normales de operación, podrían producirse fluctuaciones debido a la introducción de residuos poco comunes o tóxicos, que pueden ejercer un efecto dañino sobre la alcantarilla y la planta de tratamiento.

Las actividades de limpieza y lavado de las alcantarillas se determinan en base al tipo de construcción de las mismas.

Un sistema de alcantarillado bien planeado y construido, normalmente no requiere de limpieza ni lavado; esto es particularmente cierto en sistemas combinados de alcantarillado. En tales sistemas, las alcantarillas inaccesibles necesitarían ser limpiadas sólo una vez al año.

Las alcantarillas pueden limpiarse utilizando:

- un equipo manual en las alcantarillas accesibles,
- un equipo automático (mecánico o hidromecánico) en las alcantarillas inaccesibles.

Para limpiar las alcantarillas manualmente, se utilizan palas, azadones, etc. El lodo recolectado de esta manera se acarrea hasta el buzón de inspección en pequeñas carretillas especiales y de allí se saca de las alcantarillas.

Las alcantarillas inaccesibles se limpian mecánicamente. Por lo general, se utilizan dispositivos de lavado a chorro de alta presión  $(60-80) \cdot 10^5$  Pa. Las cunetas deben limpiarse regularmente para evitar obstrucciones y la fermentación de los depósitos. Para este propósito, se utilizan limpiadores especiales de cuencas eductoras.

Las reparaciones de las alcantarillas pueden dividirse en:

- reparaciones preventivas o de cronograma regular, y
- reemplazos.

Las reparaciones de cronograma regular se llevan a cabo según el cronograma existente. Estas reparaciones son generalmente de naturaleza preventiva, una reparación real es aquella cuya necesidad responde a circunstancias inesperadas. Los fondos disponibles para reparaciones y mantenimiento deben ser usados en forma económica y racional. Debe puntualizarse que los supuestos ahorros en el trabajo de mantenimiento pueden acabar significando la necesidad de reemplazos más costosos.

La operación de las estaciones de bombeo debe llevarse a cabo siguiendo las instrucciones del fabricante y de acuerdo con las necesidades. Deben elaborarse cronogramas de operación anuales, trimestrales o mensuales, de tal manera que los administradores de la estación de bombeo puedan cumplirlos en forma detallada.

#### 4.6.2.2 Medidas de seguridad en el sistema de alcantarillado

Durante la construcción y la operación, se deben tomar estrictas medidas para proteger a los trabajadores frente a posibles accidentes, enfermedades, asfixias, envenenamientos, explosiones, descargas eléctricas, etc. Con este mismo propósito, se deben organizar cursos de capacitación, conferencias, charlas, etc., que ayuden a los trabajadores a aprender la forma de protegerse ellos mismos. Sin embargo, tal cosa presupone que exista el suficiente personal y las instalaciones de seguridad necesarias para permitir que se observen estos requerimientos.

No basta con las medidas administrativas y los anuncios.

Es esencial aplicar regularmente controles de salud para los trabajadores, así como adoptar las medidas preventivas adecuadas cuando se tiene que trabajar con sustancias tóxicas. Cada año deben realizarse nuevos cursos de capacitación para los trabajadores respecto a los requerimientos de seguridad.