

## CAPÍTULO IV

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

En este Capítulo IV “Procedimiento Constructivo”, primeramente se describen los componentes principales de un sistema de alcantarillado ya sea sanitario, pluvial o combinado, con la finalidad de tener una noción de los elementos que integran estos sistemas.

Posteriormente se describe el procedimiento constructivo a seguir para la ejecución de la obra.

Por último se enunciarán los pasos o procedimientos a seguir para la operación y mantenimiento de estas obras.

Lo anterior sin llegar a ser una limitante en cuanto a los procedimientos a seguir, ya que se pueden ir particularizando a cada sistema en específico, dependiendo de las condiciones sociales, físicas, topográficas, etc.

#### IV.1 COMPONENTES DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado se agrupan según la función para la cual son empleados. Así, un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, se integra de las siguientes partes:

Estructuras de captación. Recolectan las aguas a transportar. En el caso de alcantarillados sanitarios, se refieren a las conexiones domiciliarias formadas por tuberías conocidas como albañales. En los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que caen en techos y patios. En los sumideros ubicados convenientemente en puntos bajos del terreno y a cierta distancia de las calles, se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales.

Estructuras de conducción. Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente.

Estructuras de conexión y mantenimiento. Facilitan como su nombre lo indica, la conexión y mantenimiento de los conductos que forman el alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos. Tales estructuras son conocidas como pozos de visita, pozos especiales, pozos caja, etc.

Estructuras de vertido. Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de la tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de la salida de la tubería.

Instalaciones complementarias. Se considera dentro de este grupo a todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se tienen a las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y detención, disipadores de energía, etc.

Disposición final. La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido, con lo que en lugar de lograr un beneficio, se crea un nuevo problema trasladando la contaminación de un área mayor a la concentración de la contaminación en un solo punto.

### **IV.1.1 ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN.**

Consiste en bocas de tormenta, que son las estructuras que recolectan el agua que escurre sobre la superficie del terreno y la conducen al sistema de atarjeas. Se ubican a cierta distancia en las calles con el fin de interceptar el flujo superficial, especialmente aguas arriba del cruce de las calles y avenidas de importancia; también se les coloca en los puntos bajos del terreno, donde pudiera acumularse el agua.

Están constituidas por una caja que funciona como desarenador donde se depositan las materias pesadas que arrastra el agua y por una coladera con su estructura de soporte que permite la entrada del agua de la superficie del terreno al sistema de la red de atarjeas mediante una tubería a la que se le denomina albañal pluvial. La coladera evita el paso de basura, ramas y otros objetos que pudieran taponar los conductos de la red. Existen varios tipos de bocas de tormenta, a los cuales se les acostumbra llamarles coladeras pluviales: las de piso, de banqueta, combinadas, longitudinales y transversales.

Las coladeras de piso se instalan formando parte del pavimento al mismo nivel de superficie y las de banqueta se construyen formando parte de la guarnición. Cuando se requiere captar mayores gastos, puede hacerse una combinación de ambas. Las coladeras longitudinales son un tipo especial de las de banqueta.

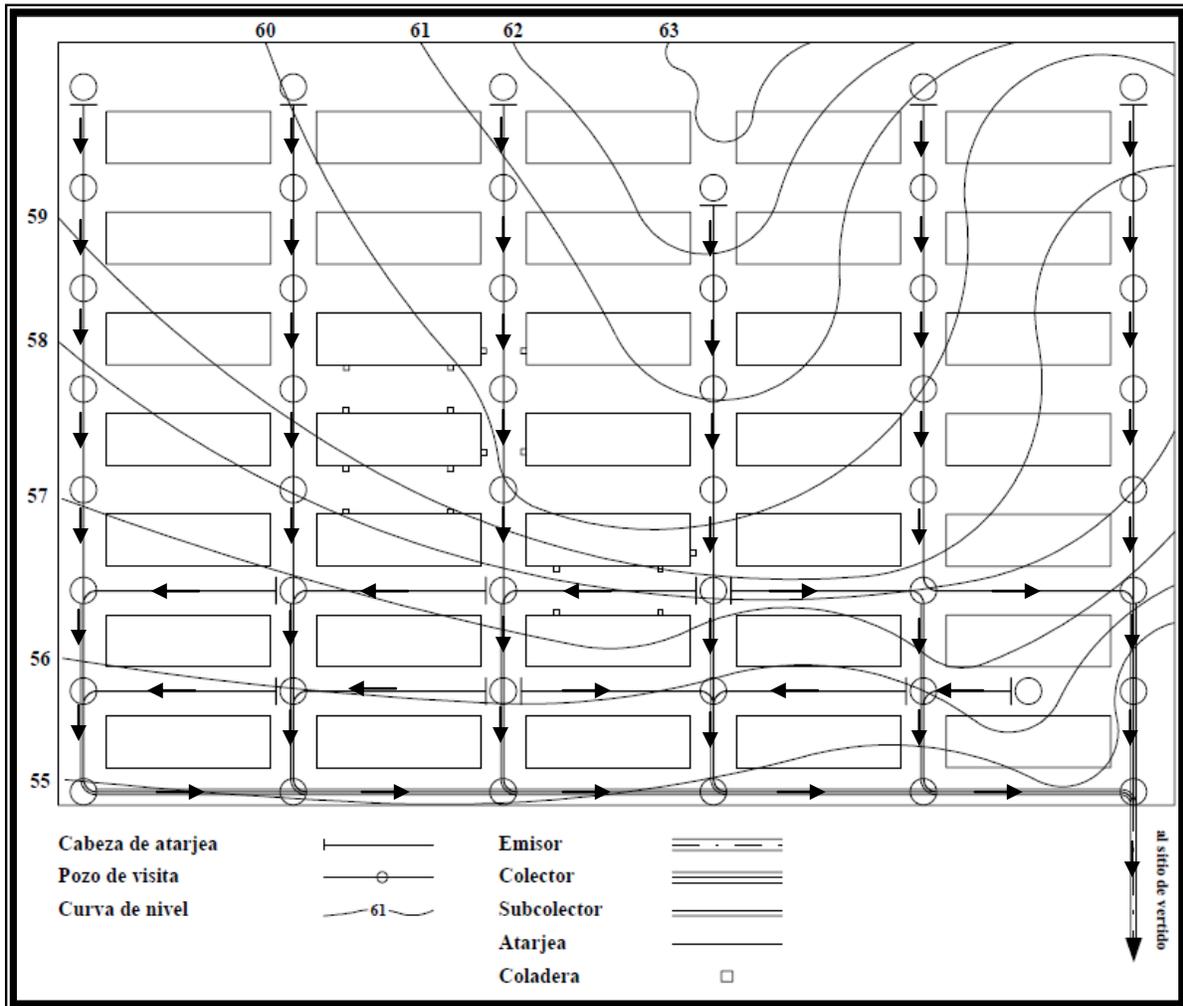
La selección de alguna de ellas o de sus combinaciones depende exclusivamente de la pendiente longitudinal de las calles y del caudal por recolectar. En ocasiones, se les combina con una depresión del espesor del pavimento para hacerlas más eficientes.

### **IV.1.2 OBRAS DE CONDUCCIÓN.**

Son todas aquellas estructuras que transportan las aguas recolectadas por las bocas de tormenta hasta el sitio de vertido. Se pueden clasificar ya sea de acuerdo a la importancia del conducto dentro del sistema de drenaje o según el material y método de construcción del conducto que se utilice.

Según la importancia del conducto dentro de la red, pueden ser clasificados como atarjeas, subcolectores, colectores y emisores. Se le llama atarjeas o red de atarjeas a los conductos de menor diámetro en la red, a los cuales descargan la mayor parte de las estructuras de captación. Los subcolectores son conductos de mayor diámetro que las atarjeas, que reciben directamente las aportaciones de dos o más atarjeas y las conducen hacia los colectores. Los colectores son conductos de mayor diámetro que los subcolectores, que reciben directamente las aportaciones de dos o más subcolectores y las conducen hacia los emisores. Los emisores son conductos de mayor diámetro que los colectores, que reciben directamente las aportaciones de dos o más colectores y las conducen hacia el sitio de vertido.

**FIGURA IV.1 “TRAZO Y COMPONENTES DE UNA RED DE ALCANTARILLADO”.**



Los colectores son los conductos de mayor tamaño en la red y representan la parte medular del sistema de alcantarillado. También se les llama interceptores, dependiendo de su acomodo en la red. Su función es reunir el agua recolectada

**PROYECTO EJECUTIVO DE UN COLECTOR  
COMBINADO EN LA ZONA NORORIENTE  
DEL ESTADO DE MEXICO**

por los subcolectores y llevarla hasta el punto de salida de la red e inicio del emisor.

El emisor conduce las aguas hasta el punto de vertido o tratamiento. Una red puede tener más de un emisor dependiendo del tamaño de la localidad. Se le distingue de los colectores porque no recibe conexiones adicionales en su recorrido.

Por otra parte, los conductos pueden clasificarse de acuerdo al material que los forma y al método de fabricación o construcción de los mismos. Desde el punto de vista de su construcción, existen dos tipos; los prefabricados y los que son hechos en el lugar de la obra.

Los conductos construidos en el lugar o in situ, son usualmente de concreto reforzado y pueden ser estructuras cerradas o a cielo abierto. A las primeras se les llama cerradas porque se construyen con secciones transversales de forma semielíptica, herradura, circular, rectangular, trapezoidal o triangular.

La geometría de los conductos tanto cerrados como abiertos, se seleccionan principalmente en base a la forma original del cauce, ancho disponible, uso posterior de la estructura, si se encuentra dentro de una zona urbana o rural, etc.

**FIGURA IV.2 “SECCIONES TRANSVERSALES DE CONDUCTOS ABIERTOS”.**

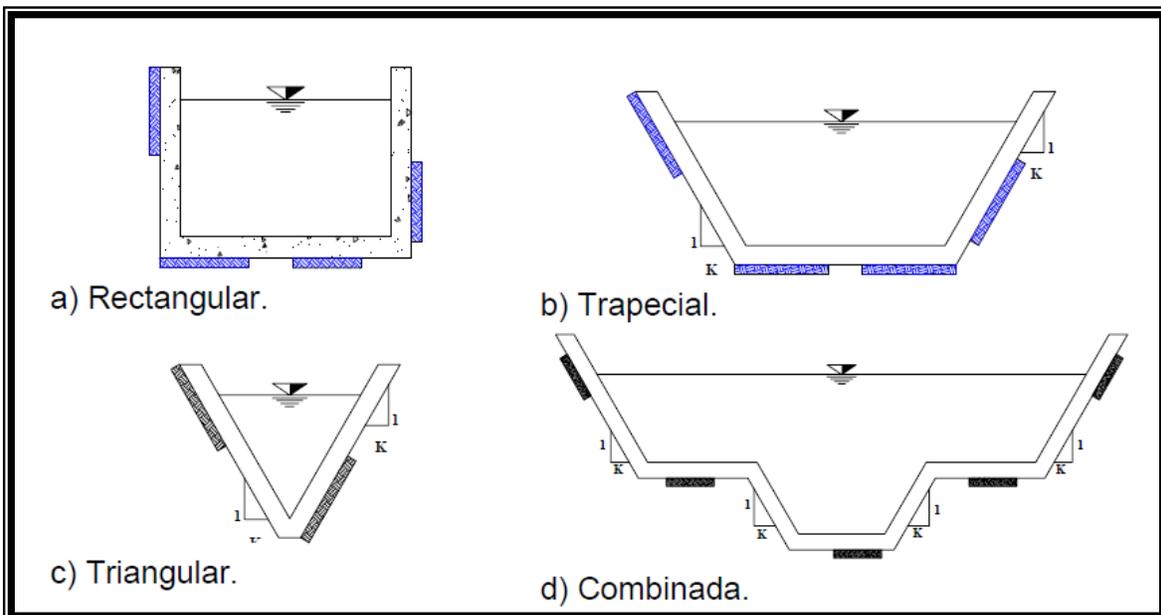
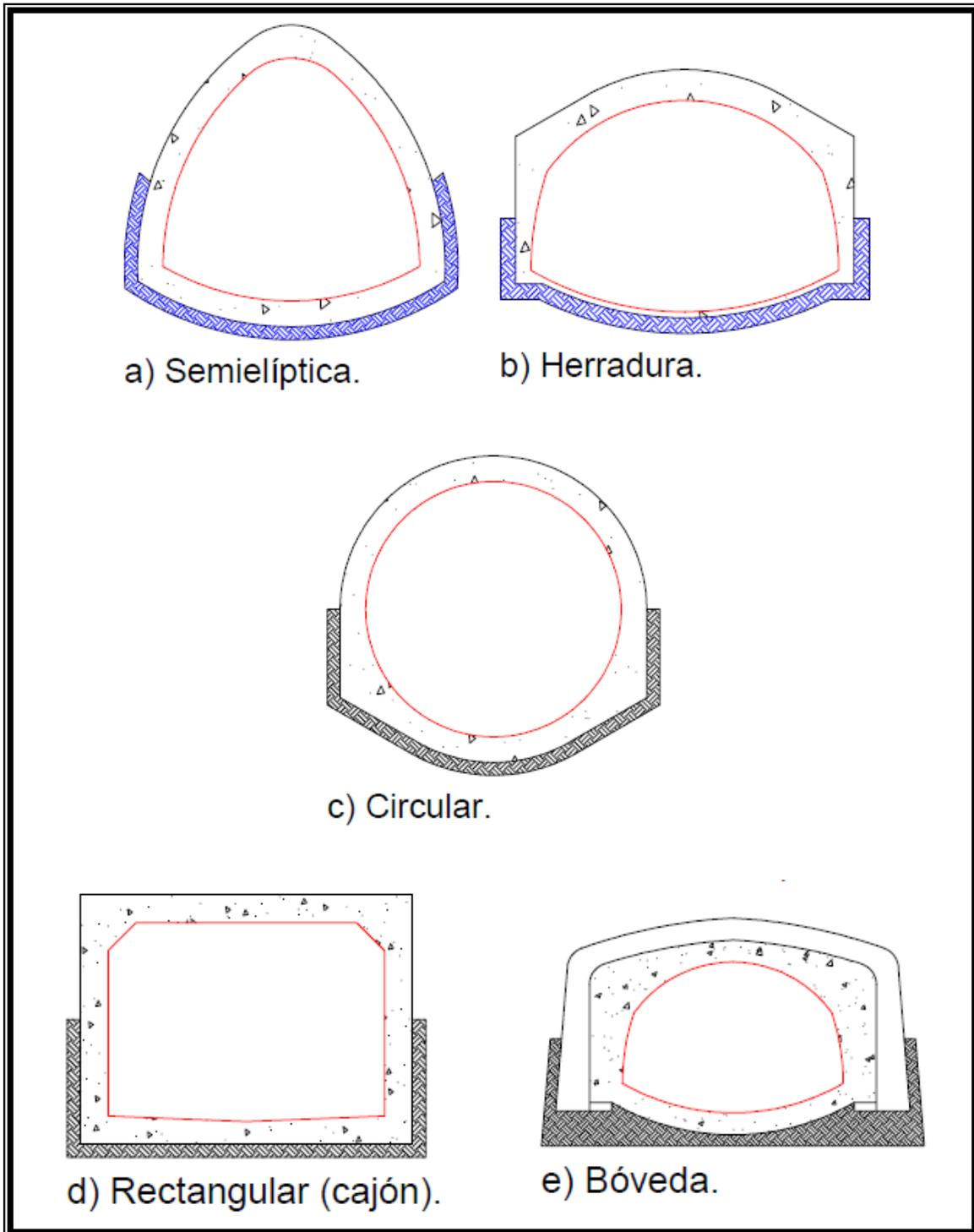


FIGURA IV.3 “SECCIONES TRANSVERSALES  
DE CONDUCTOS CERRADOS”.



### **IV.1.3 ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Son estructuras subterráneas construidas hasta el nivel del suelo o pavimento, donde se le coloca una tapa. Su forma es cilíndrica en la parte inferior y tronco cónico en la parte superior y son lo suficientemente amplias como para que un hombre baje a ellas y realice maniobras en su interior, ya sea para mantenimiento o inspección de los conductos. El piso es una plataforma con canales que encauzan la corriente de una tubería a otra y una escalera marina que permite el descenso y ascenso en el interior. Un brocal de hierro fundido o de concreto armado protege su desembocadura a la superficie y una tapa perforada, ya sea de hierro fundido o de concreto armado cubre la boca.

Se les conoce como pozos de visita o cajas de visita según sus dimensiones. Este tipo de estructuras facilitan la inspección y limpieza de los conductos de una red de alcantarillado y también permite la ventilación de los mismos. Su existencia en las redes de alcantarillado es vital para el sistema, pues sin ella, estos se taponarían y su reparación podría ser complicada y costosa.

Para dar mantenimiento a la red, los pozos de visita se ubican al inicio de las atarjeas, en puntos donde la tubería cambia de diámetro, dirección o pendiente y también donde se requiere la conexión con las otras atarjeas, subcolectores o colectores. Por regla los pozos de visita en una sola tubería no se colocan a intervalos mayores de 125 a 175 m dependiendo de los diámetros de las tuberías a unir.

Existen varios tipos de pozos que se clasifican según la función y las dimensiones de las tuberías que confluyen en los mismos e incluso del material del que están hechos. Así se tienen: pozos comunes de visita, pozos especiales de visita, pozos para conexiones oblicuas, pozos caja, pozos caja unión, pozos caja de deflexión, pozos con caída (adosada, normal y escalonada).

Los pozos de visita usuales se fabrican con ladrillo y concreto. También existen pozos de visita prefabricados de concreto reforzado, fibrocemento y de polietileno, con lo cual se facilita su instalación y por lo tanto los tiempos y costos de construcción son menores.

#### **IV.1.4 ESTRUCTURAS DE VERTIDO.**

Se les denomina estructura de vertido a aquella obra final del sistema de alcantarillado que asegura una descarga continua a una corriente receptora. Tales estructuras pueden verter las aguas de emisores consistentes en conductos cerrados o de canales, por lo que se consideran dos tipos de estructura para las descargas.

##### **IV.1.4.1 ESTRUCTURA DE VERTIDO EN UN CONDUCTO CERRADO.**

Cuando la conducción por el emisor de una red de alcantarillado es entubada y se requiere verter las aguas a una corriente receptora que posea cierta velocidad y dirección, se utiliza una estructura que encauce la descarga directa a la corriente receptora y proteja al emisor de deslaves y taponamientos. Este tipo de estructuras de descarga se construyen con mampostería y su trazo puede ser normal o esviado a la corriente.

##### **IV.1.4.2 ESTRUCTURA DE VERTIDO EN UN CONDUCTO ABIERTO.**

En este caso, la estructura de descarga consiste en un canal a cielo abierto hecho con base en un zampeado de mampostería o concreto reforzado, cuyo ancho se incrementa gradualmente hasta la corriente receptora. De esta forma se evita la socavación, deslaves o erosión del terreno natural y se permite que la velocidad disminuya.

#### **IV.1.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

Las obras o estructuras complementarias en una red de alcantarillado, son estructuras que nos siempre forman parte de una red, pero que permiten un funcionamiento adecuado de la misma. Entre ellas se encuentran las plantas de bombeo, vertedores, sifones invertidos, cruces elevados, alcantarillas pluviales y puentes.

#### **IV.1.5.1 ESTACIONES DE BOMBEO.**

Una estación de bombeo se compone de un cárcamo de bombeo o tanque donde las aguas son descargadas por el sistema de alcantarillado y a su vez son extraídas por un conjunto de bombas cuya función es elevar el agua hasta cierto punto para vencer desniveles y continuar la conducción hasta el vertido final.

Se utilizan cuando la elevación donde se concentra el agua está por debajo de la corriente natural de drenaje o del colector existente. También se utilizan cuando por condiciones topográficas no es posible drenar por gravedad el área por servir hacia el colector principal, debido a que ella se encuentra fuera del parteaguas de la zona a la que sirve el colector. Y cuando los costos de construcción son muy elevados debido a la profundidad a la que se instalarán los colectores o el emisor a fin de que funcionen a gravedad.

#### **IV.1.5.2 VERTEDORES.**

Un vertedor es una estructura hidráulica que tiene como función la derivación hacia otro cauce del agua que rebasa la capacidad de una estructura de conducción o de almacenamiento.

Su uso en los sistemas de alcantarillado se combina con otras estructuras tales como canales o cajas de conexión y es propiamente lo que se denomina como una estructura de control. Por ejemplo, cuando se conduce cierto gasto de aguas pluviales o residuales hacia una planta de tratamiento con cierta capacidad y ésta es rebasada debido a la magnitud de una tormenta, el exceso es controlado por medio de un vertedor que descarga hacia un conducto especial (usado solamente en estos casos) que lleva el agua en exceso hacia su descarga a una corriente.

#### **IV.1.5.3 ESTRUCTURAS DE CRUCE.**

Una estructura de cruce permite el paso de la tubería por debajo o sobre obstáculos que de otra forma impedirían la construcción de una red de alcantarillado. Entre ellas se tienen:

Cruces elevados. Cuando un trazo tiene que cruzar una depresión profunda, se utilizan estructuras ligeras como son puentes de acero, concreto o madera, las cuales soportan la tubería que conduce el agua pluvial. En ocasiones, se utilizan puentes carreteros existentes donde se coloca la tubería anclándola por debajo o un lado de la estructura.

Alcantarillas Pluviales y Puentes. Este tipo de estructuras de cruce son regularmente empleadas en carreteras, caminos e incluso en ciertas calles en localidades donde se ha respetado el paso de las corrientes naturales. Son tramos de tubería o conductos que se incorporan en el cuerpo del terraplén de un camino para facilitar el paso de las aguas de las corrientes naturales o en aquellas conducidas por canales o cunetas a través del terraplén. Cuando las dimensiones de los conductos son excesivas, es más conveniente el diseño de un puente.

#### **IV.1.6 DISPOSICIÓN FINAL.**

Se llama disposición final al destino que se le da al agua captada por un sistema de alcantarillado. En la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural que pueda conducir y degradar los contaminantes del agua. En este sentido, se cuenta con la tecnología y conocimientos para calcular el grado en que la corriente puede degradar los contaminantes e incluso, se puede determinar el número, espaciamiento y magnitud de las descargas que es capaz de soportar.

Por otra parte la tendencia actual es tratar las aguas residuales y emplearlas como aguas tratadas o bien verterlas a las corrientes. También se desarrollan acciones encaminadas al uso del agua pluvial, para ser utilizadas en el riego de áreas verdes en zonas urbanas, tales como jardines, parques y camellones; o bien en zonas rurales para el riego de cultivos.

Así, un proyecto moderno de alcantarillado pluvial puede ser compatible con el medio ambiente y ser agradable a la población según el uso que se le dé al agua pluvial. Al respecto, cabe mencionar los pequeños lagos artificiales que se construyen en parques públicos con fines ornamentales.

Por último, considerando la situación de escasez de agua que se vive en algunas zonas del país o la presencia de avenidas inesperadas, es conveniente analizar la posibilidad de verter las aguas residuales tratadas y pluviales para la recarga de acuíferos, así como la serie de medidas que con el tiempo permitan el restablecimiento de las condiciones necesarias para su explotación, la adecuación de los cauces de las corrientes superficiales dentro de sus márgenes o dentro de las zonas urbanas.

## **IV.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL COLECTOR.**

Nomenclatura: En este documento se entenderá como: tubería, al conjunto de tubos que conducirán el agua servida y conformaran la estructura de los subcolectores y/o colectores; excavación, parte del terreno que se tendrá que retirar para alojar a la tubería; cunetas, sobre-excavación en el fondo y a todo el perímetro de la misma excavación, para canalizar el agua del subsuelo hasta el cárcamo de bombeo y poder llevar los trabajos en seco; cárcamo de bombeo, sobre excavación en el fondo de la misma donde convergen la cunetas que canalizan el agua del subsuelo y por el cual se bombeará el agua fuera de la excavación a través del sistema de bombeo de achique; cama de arena, relleno de arena que se utilizará para estabilizar el fondo de la excavación y que se construirá como plantilla en el sitio para recibir a la tubería; acostillamiento, relleno de tepetate compactado que confinará a las paredes perimetrales de la tubería con las paredes del corte de la excavación; relleno, suelo que se colocará sobre la clave de la tubería y que se utilizará para rellenar las cepas de excavación.

Proceso Constructivo: En general, el procedimiento constructivo se ha dividido en ocho etapas, las cuales a continuación se enlistan:

ETAPA I Trazo y excavación de las cepas.

ETAPA II Conformación de cunetas y cárcamos de bombeo.

ETAPA III Fabricación de la cama de arena.

ETAPA IV Colocación de la tubería.

ETAPA V Construcción de pozos y cajas de visita.

ETAPA VI Construcción del acostillamiento.

ETAPA VII Conformación del suelo de relleno.

ETAPA VIII Cruzamientos especiales.

### **IV.2.1 TRAZO Y EXCAVACIÓN DE CEPAS.**

Por medio de un control topográfico se realizara el trazo del eje del emisor conforme a los planos ejecutivos de proyecto, controlando el alineamiento y la profundidad de excavación según los niveles de arrastre que marcan el proyecto ejecutivo.

Una vez teniendo el trazo del eje del emisor, se procederá a realizar en el caso de que se tenga, el corte y demolición de pavimentos, adoquín y/o empedrado.

Se entenderá por demolición de pavimentos, al conjunto de operaciones que deberá realizar el Constructor para cortar, romper y remover los pavimentos, previamente a la excavación de cepas.

Al efectuar la ruptura de pavimento o de banqueta se procurará no perjudicar el pavimento o la banqueta restante, ni causar molestias a la población.

En la ruptura de pavimento empedrado o adoquinado se pondrá especial cuidado, a fin de seleccionar la cantidad máxima del material extraído para su posterior aprovechamiento.

El corte de pavimento asfáltico o de concreto, así como el de banqueta deberá ejecutarse con cortadoras de disco o equipo similar que garantice los alineamientos requeridos, indicados en el proyecto, debiendo ser vertical hasta la profundidad necesaria.

Posteriormente se procederá a realizar la excavación, la cual deberá de tener un ancho no menor al indicado en la Tabla IV.1 “Dimensiones mínimas de zanjas y plantillas para tuberías”, de acuerdo con el diámetro de la tubería, dicho ancho, deberá repartirse a ambos lados del trazo; la excavación podrá realizarse con facilidad con medios mecánicos utilizando retroexcavadora, el material de corte puede clasificarse en un 60 % como del tipo III (el cual presentará en base a sus pesos específicos natural y secos suelto, un coeficiente de variación volumétrica

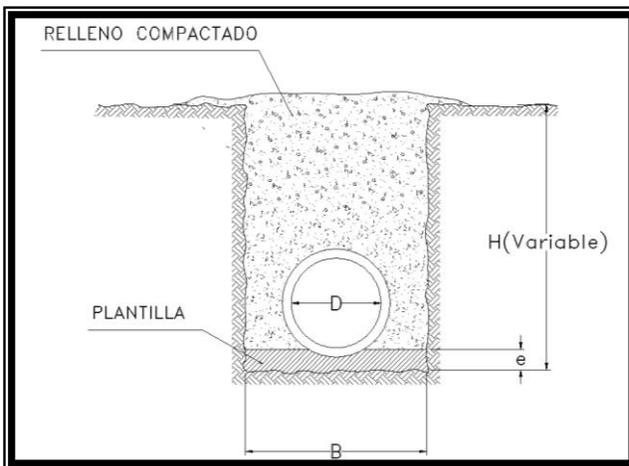
**PROYECTO EJECUTIVO DE UN COLECTOR  
COMBINADO EN LA ZONA NORORIENTE  
DEL ESTADO DE MEXICO**

por expansión del orden de 1.35) y un 40 % como material tipo II (con un coeficiente de variación volumétrica por expansión del orden de 1.28).

Se realizará la excavación hasta su profundidad máxima según los niveles de arrastre que marcan los planos ejecutivos más el espesor correspondiente a la plantilla (Ver Tabla IV.1 Dimensiones mínimas de zanjas y plantillas para tuberías); las paredes de los cortes de la excavación terminarán con una inclinación “talud” con una relación de 0.25:1 (horizontal-vertical).

Consiste principalmente en la remoción del material producto de la excavación que se colocará a un lado de la cepa, disponiéndolo en forma que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dicha excavación durante el tiempo que se requiera hasta la correcta instalación de las tuberías, así como las operaciones que se deberán realizar para aflojar el material, manualmente o con equipo mecánico, previamente a su remoción. Las cepas serán excavadas cuidadosamente alineadas y a los niveles señalados en el proyecto.

**TABLA IV.1 “DIMENSIONES MÍNIMAS DE ZANJAS Y PLANTILLAS PARA TUBERÍAS”.**



| <b>Diámetro<br/>D (cm)</b> | <b>Ancho B<br/>(cm)</b> | <b>Plantilla e<br/>(cm)</b> |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 76                         | 150                     | 14                          |
| 91                         | 170                     | 15                          |
| 107                        | 190                     | 17                          |
| 122                        | 210                     | 20                          |
| 162                        | 250                     | 23                          |
| 183                        | 280                     | 27                          |

Al depositar el material producto de las excavaciones a un lado de la cepa, se dejará libre un pasillo entre la excavación y el pie del bordo dejado por dicho material. Donde fuere necesario se tendrá el acarreo libre que señale el proyecto, desde el sitio de la excavación al del depósito.

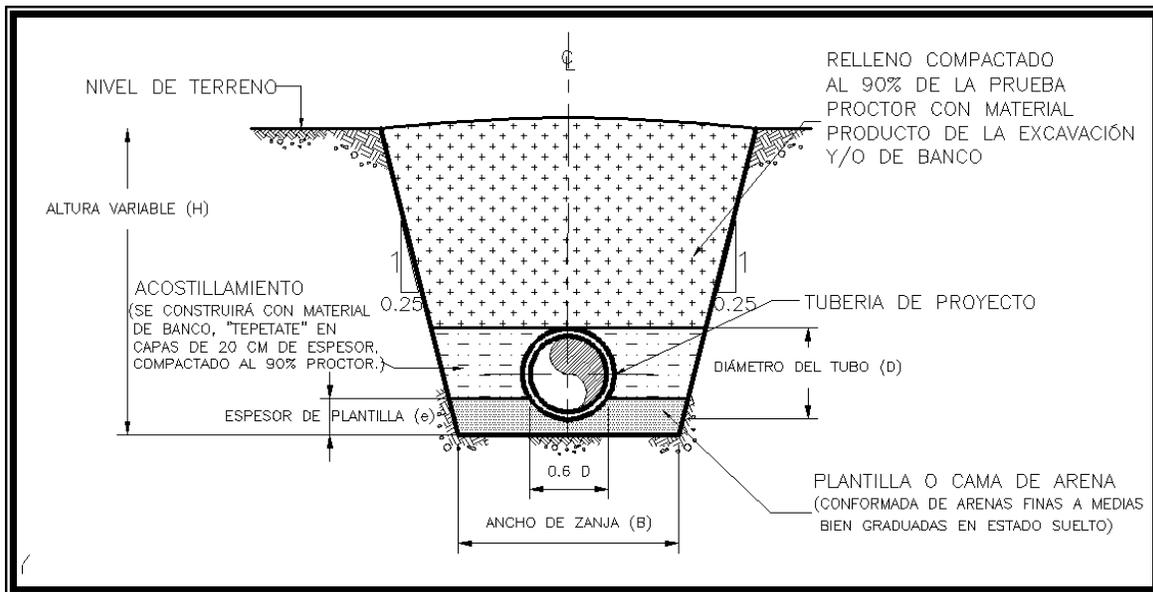
Las dimensiones de las excavaciones que formarán las cepas variarán en función del diámetro de las tuberías que quedarán alojadas en ellas como señale el

proyecto o la especificación del mismo. Serán lo suficientemente anchas para facilitar los trabajos alrededor del tubo y con la profundidad necesaria para formar un colchón de relleno y dar protección al tubo contra cargas pesadas y tránsito de vehículos.

Las superficies de las excavaciones deberán ser afinadas en tal forma que cualquier punto de ellas no sobresalga más de lo que indique el proyecto. El fondo de la excavación deberá afinarse minuciosamente para que la tubería que se instale sobre el mismo, quede a la profundidad y con la pendiente señalada en el proyecto.

El afine y limpieza del fondo de la excavación, se deberá realizar poco antes de la colocación de la tubería.

**FIGURA IV.4 “SECCIÓN CONSTRUCTIVA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA TUBERÍA DE ALCANTARILLADO”.**



## **IV.2.2 CONFORMACIÓN DE CUNETAS Y CÁRCAMOS DE BOMBEO.**

Tomando en consideración la información obtenida del Nivel de Aguas Superficiales (NAS) a la fecha de elaboración del estudio y a los niveles de arrastre de proyecto, gran parte de la excavación se tendrá que realizar por debajo

de este nivel, por lo que para llevar a cabo los trabajos en seco, se recomienda instalar un sistema de cunetas, y drenes para canalizar el agua del subsuelo hacia los cárcamos de bombeo, y de ahí conducirla al exterior de la excavación por medio de un sistema de bombas auto sumergibles, las cuales operaran de manera temporal en la medida que se acumula el agua en los cárcamos.

Una vez terminada la excavación en su máxima profundidad, se procederá a construir las cunetas, las cuales se realizaran en el fondo de la excavación y a todo el perímetro de las paredes de la misma, a las cuales se les proporcionará el bombeo adecuado para canalizar el agua hacia los cárcamos; una vez construidas las cuneta, el espacio interno de las mismas se rellenará con arena gruesa a grava limpia de finos para formar un dren permeable por el cual circule al agua hasta los cárcamos.

Los cárcamos serán sobreexcavaciones en el fondo de la misma excavación, en al cual se introducirá la bomba autosumergible, sus dimensiones dependerán de la bomba que se utilice, pero en términos generales, podrán ser de 0.80 m de largo por 0.80 m de ancho y 0.60 m de profundidad (por debajo del fondo de la excavación).

Cabe hacer la aclaración de los niveles de agua superficial pueden fluctuar a presentarse a mayores profundidades en épocas de estiaje, por lo que si los trabajos de construcción se realizan fuera de la época de lluvias, es probable que no se use o se requiera en menor medida el operar el sistema de bombeo.

### **IV.2.3 FABRICACIÓN DE LA CAMA DE ARENA.**

Una vez que se ha controlado el agua en el interior de la excavación, se procederá a construir la plantilla o cama de arena, con el fin de facilitar el acomodo de la tubería y generar una superficie tal que la carga transferida por el tubo al suelo de cimentación sea uniforme; la cama deberá de conformarse con arenas finas a medias bien graduadas (SW) en estado suelto, con un espesor de acuerdo al diámetro, indicado en la Tabla IV.1 “Dimensiones mínimas de zanjas y plantillas

para tuberías”, quedando inmersa la tubería dentro de la cama de arena un ancho cuando menos igual al 60 % de su diámetro exterior.

#### **IV.2.4 COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA.**

La colocación, instalación, junteo, accesorios, tipo y diámetro del tubo, así como las especificaciones de construcción y la resistencia de los materiales a utilizar, serán los que se especifican en los planos ejecutivos del proyecto.

Las tuberías de concreto, accesorios, dispositivos y mecanismos de diversa índole que deba suministrar el Constructor para la instalación, deberán ser de las características señaladas en el proyecto, de primera calidad, nuevos y sometidos a previa inspección y aprobación de la Supervisión antes de su instalación, ya sea en fábrica o en el lugar de su utilización.

La tubería de concreto se colocará con la campana ó la caja de la espiga hacia aguas arriba y se empezará su colocación de aguas abajo hacia aguas arriba. Los tubos serán junteados entre sí con mortero de cemento según lo fije el proyecto y/o la Supervisión. La fabricación del mortero deberá hacerse con una proporción 1:3 cemento-arena.

#### **IV.2.5 CONSTRUCCIÓN DE POZOS Y CAJAS DE VISITA**

Son los elementos en las redes de alcantarillado que tienen por objeto la unión de líneas, los cambios de dirección, la inspección, la limpieza y control de flujo de las mismas.

Terminada la excavación, se afinará la superficie del fondo, se construirá una plantilla de concreto pobre.

Posteriormente se procederá a construir los pozos y cajas de visita, de acuerdo con los planos tipo de la Comisión Nacional del Agua, (CONAGUA) los cuales se indican en las figuras IV.5 Pozo de visita especial para diámetros de 76 a 107 cm, IV.6 Pozo de visita especial para diámetros de 122 cm y IV.7 Pozos caja para diámetros de 152 a 183 cm.

**FIGURA IV.5 “POZO DE VISITA ESPECIAL PARA DIÁMETROS  
 DE 76 A 107 CM.”**

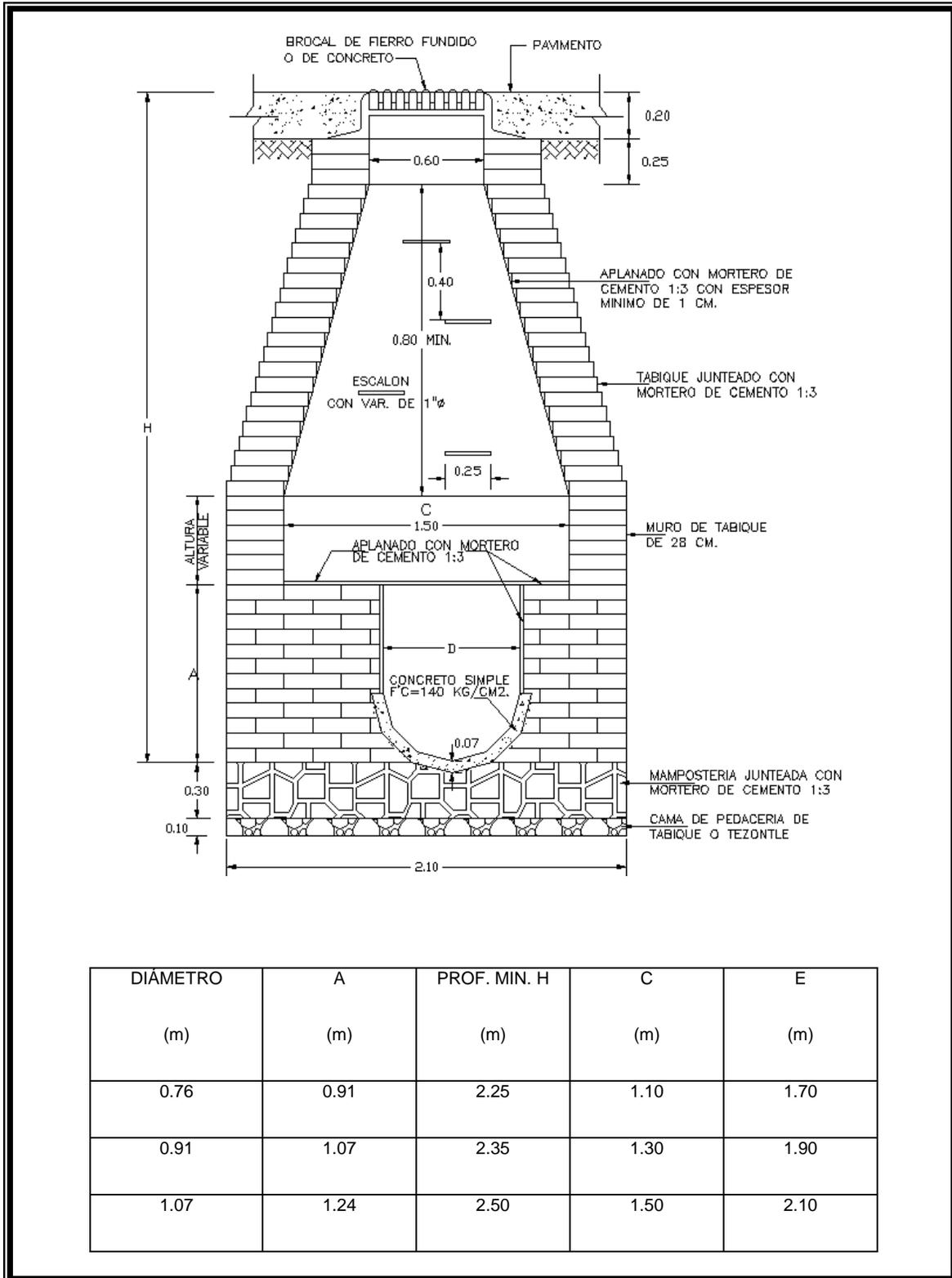


FIGURA IV.6 “POZO DE VISITA ESPECIAL PARA DIÁMETROS DE 122 CM”.

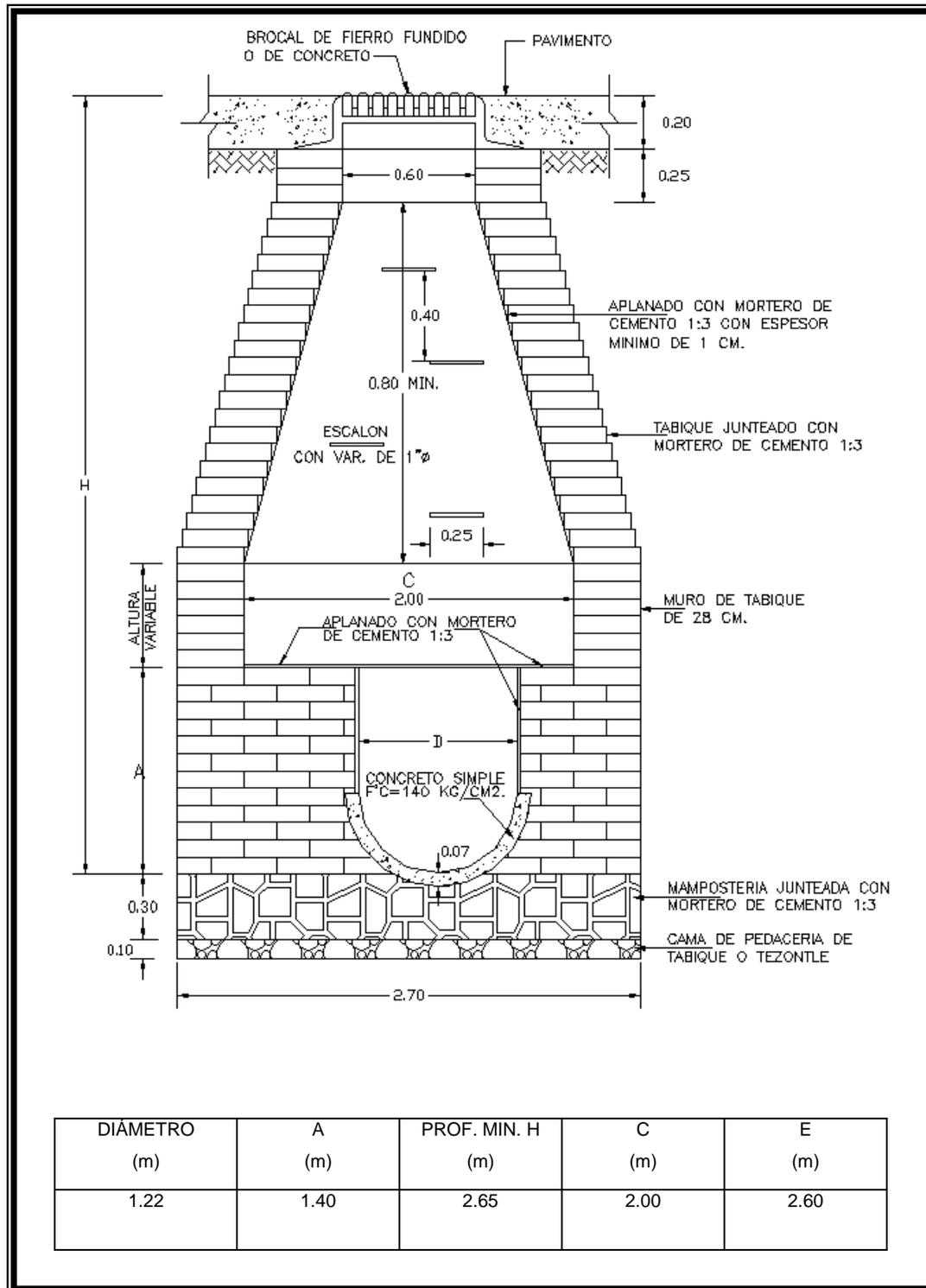
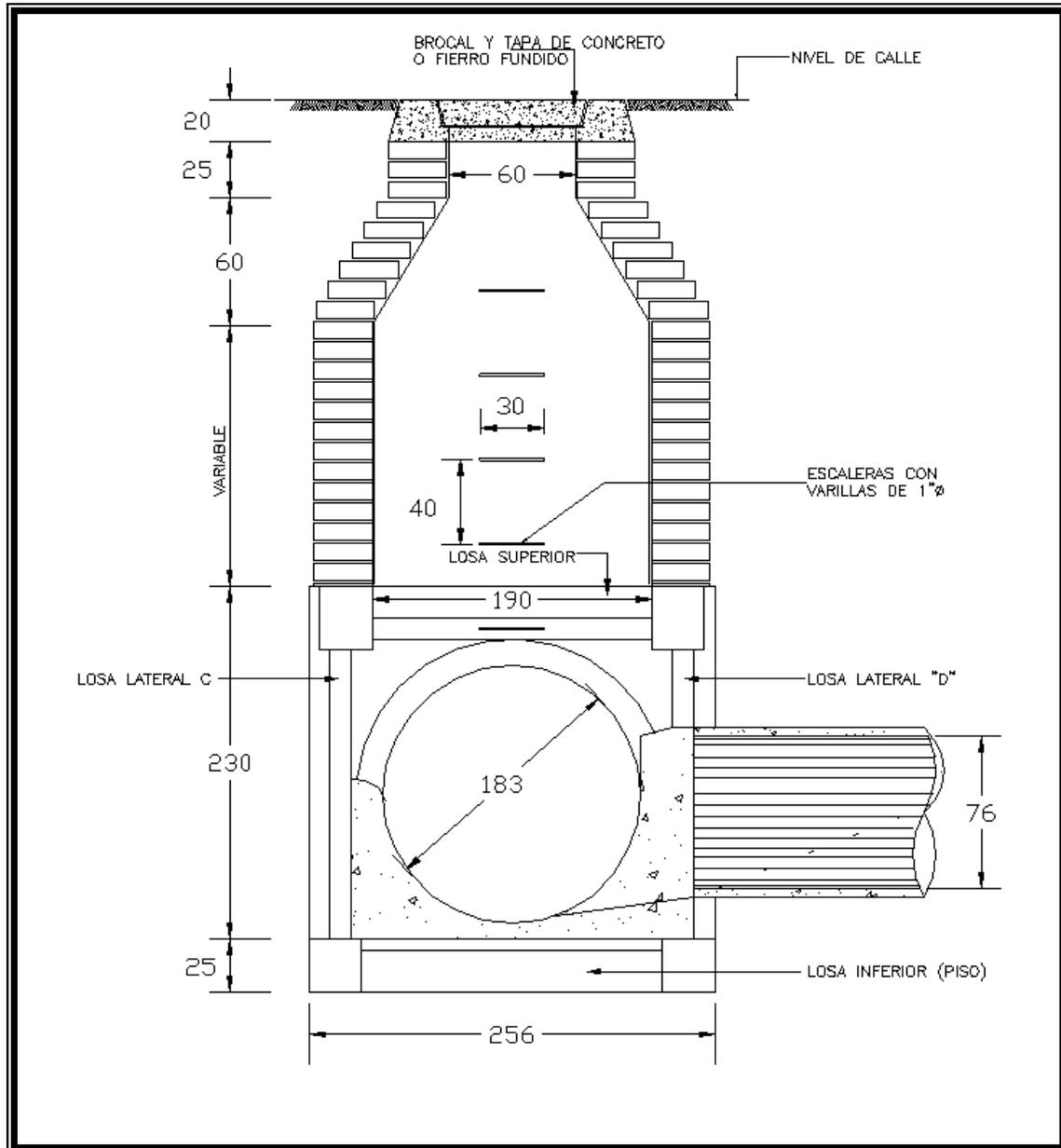


FIGURA IV.7 "POZO CAJA PARA DIÁMETROS DE 152 A 183 CM".



#### IV.2.6 CONSTRUCCIÓN DE ACOSTILLAMIENTO.

El acostillamiento de la tubería, es el apisonado que se efectúa a los lados y por debajo de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto a todo el cuadrante inferior, y se efectuará hasta la mitad del diámetro del tubo y el resto del mismo.

Una vez colocada la tubería del emisor, se procederá a construir en el espacio entre el tubo y las paredes de la excavación el acostillamiento para confinar a la tubería; este se construirá con material de banco, el cual deberá ser una arena limosa de baja plasticidad (SM) o un limo de baja plasticidad con arenas finas (ML) “tepetates”, con un límite líquido no mayor de 50 % y un límite plástico no mayor del 6 %; este se colocara en capas de 20 cm. de espesor, compactándolo al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel de la clave del tubo. En la figura IV.4 Sección constructiva, se presenta las especificaciones que debe de cumplir el material de banco para ser utilizado en la construcción del acostillamiento.

#### **IV.2.7 CONFORMACIÓN DEL SUELO DE RELLENO.**

Sobre el lomo del tubo se colocará el suelo de relleno, para lo cual se podrá utilizar el suelo producto de la excavación, el cual se colocara en capas de 25 cm. como máximo, compactándolas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel del terreno. El espesor del suelo de relleno sobre el lomo del tubo no deberá ser menor a los 90 cm.

En la reposición de pavimento empedrado o adoquinado se procurará utilizar el material producto de la ruptura que no haya sufrido daños, todo el material nuevo deberá ser de la misma clase y característica que el del original, debiendo quedar al mismo nivel, evitando la formación de topes o depresiones, por la que la reposición se hará una vez que el relleno de las zanjas tengan el grado de compactación especificado y/o lo que marque el proyecto.

Previamente a la reposición del pavimento asfáltico, se hará una base de grava cementada de 0.20 m de espesor. Para la reposición del pavimento se podrán fabricar mezclas asfálticas de materiales pétreos y productos asfálticos en el mismo lugar de la obra, empleando conformadoras o mezcladoras ambulantes. Las mezclas asfálticas formarán una carpeta compactada con el mínimo de vacíos, ya que los materiales usados deberán ser graduados para que sea

uniforme a las deformaciones producidas por las cargas y sea prácticamente impermeable.

El material pétreo deberá constar de partículas sanas de material triturado, exentas de materias extrañas y su granulación debe cumplir las especificaciones para materiales pétreos de mezclas asfálticas

No deben emplearse agregados cuyos fragmentos sean en forma de lajas, que contengan materia orgánica, grumos arcillosos o más de 20 % de fragmentos suaves.

El material para base se hará con grava cementada, siendo ésta de banco.

La mezcla deberá prepararse a mano o con equipo mecánico y se colocará en capas no mayores de 10 cm de espesor, ya sea que se use mezcla en fría o caliente y deberá consolidarse de inmediato, con pisón o con plancha.

El concreto utilizado en la reposición de pavimentos de concreto y banquetas será de  $f'/c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , vibrado al colocarlo. El acabado de la superficie deberá ser igual al existente.

El material producto de la demolición de pavimentado deberá ser retirado, transportándolo al banco de desperdicio que señale el proyecto, sujetándose a lo establecido por las normas NOM-ECOL-1996, salvo que se considere que dicho material pueda ser utilizado en la reposición de los mismos, en cuyo caso se colocará a un lado de la cepa en forma tal que no sufra deterioro alguno ni cause interferencia con la prosecución de los trabajos.

Los daños y perjuicios a terceros ocasionados por las operaciones del Constructor al remover y volver a colocar el pavimento, será de su exclusiva responsabilidad, por lo que deberá cubrir a sus expensas las reclamaciones que por tal motivo se presenten.

#### **IV.2.8 CRUZAMIENTOS ESPECIALES.**

Por medio de un control topográfico se realizará la ubicación y el trazo de la lumbrera conforme a los planos ejecutivos de proyecto, controlando el

alineamiento y la profundidad de excavación según los niveles de profundidad que marcan en el proyecto ejecutivo.

La lumbrera para hincado de la tubería se construirá utilizando tablaestacado a base de perfil AZ, troquelando mediante vigueta o colocando ademes en las paredes que rebasen la inclinación del “talud” con una relación de 0.25:1.00 (horizontal-vertical).

Para la instalación de la base de deslizamiento de los tubos, se construirá una losa de concreto simple  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 10 cm de espesor en el fondo de la lumbrera.

Se construirán muros de reacción para apoyo de los gatos hidráulicos que empujarán los tubos.

La colocación de la tubería de concreto, será a base de deslizamiento, empuje de la tubería por medio de los gatos hidráulicos, llevando el control vertical y horizontal con equipo topográfico.

Una vez concluida la instalación de la tubería, se retirará el equipo de perforación para dar paso a la construcción de los pozos o cajas de visita.

Una vez concluido el fraguado de los pozos o cajas de visita, se retirará el ademe para hacer el relleno con material producto de la excavación en capas no mayores de 20 cm compactándolas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel del terreno.

#### **IV.2.9 ACARREOS DE MATERIALES.**

Es el transporte de materiales fabricados, naturales o elaborados desde su adquisición hasta la zona de las obras objeto del contrato, efectuado de acuerdo a lo señalado en el proyecto; entendiéndose por zona de la obra el área ocupada por la obra en sí, los bancos de préstamo y depósito de materiales.

Se considera material de acarreo al producto de despalmes y excavaciones para desplantar, alojar o que formen parte de las estructuras. El de bancos de préstamo para formar bordos o terraplenes. Materiales para revestimiento de caminos. Para

el relleno de zanjas y excavaciones. Extracción de agregados en bancos de explotación. Formación de bancos de almacenamiento de materiales o depósitos para desperdicio de éstos.

El equipo de acarreo podrá ser el que se considera propiedad del Constructor y el de las Uniones con Transportistas de la localidad en que se ejecuten las obras.

Los acarreos se efectuarán entre los sitios indicados en el proyecto o los ordenados por la Supervisión y se realizarán siempre, siguiendo la ruta transitable más corta y conveniente.

### **IV.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Todo sistema de alcantarillado para que opere de manera eficiente debe contar con una política de operación, la cual debe estar acorde con el diseño del sistema para que el funcionamiento sea adecuado y evitar daños tanto a la red como reducir las molestias a los usuarios.

En este apartado se describirán las maniobras de operación, medidas de conservación y limpieza y las acciones para una operación eficiente de un sistema de alcantarillado, las cuales son de manera enunciativa y no limitativa, pudiéndose adaptar a las condiciones que prevalezcan en la comunidad o zona de proyecto o los que considere convenientes el Organismo o Comité encargado del sistema de alcantarillado.

#### **IV.3.1 MANIOBRAS DE OPERACIÓN.**

Dentro de las políticas de operación de la red deben estar contemplados programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como maniobras de compuertas y bombeos en determinados sitios y horarios, esto con el propósito de lograr que el sistema funcione de manera óptima. Los programas tienen por objeto mantener en buenas condiciones a todas las tuberías y todas las estructuras que conforman el sistema.

En todo momento se tratará que las tuberías de la red trabajen a superficie libre, sin embargo, cuando se presentan lluvias mayores a la que corresponde al

período de diseño, es de esperarse que trabajen a presión y como consecuencia, se produzcan inundaciones en la zona, por ello se debe contar con las medidas necesarias para aminorar los daños y molestias que se ocasionan.

### **IV.3.2 MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y LIMPIEZA.**

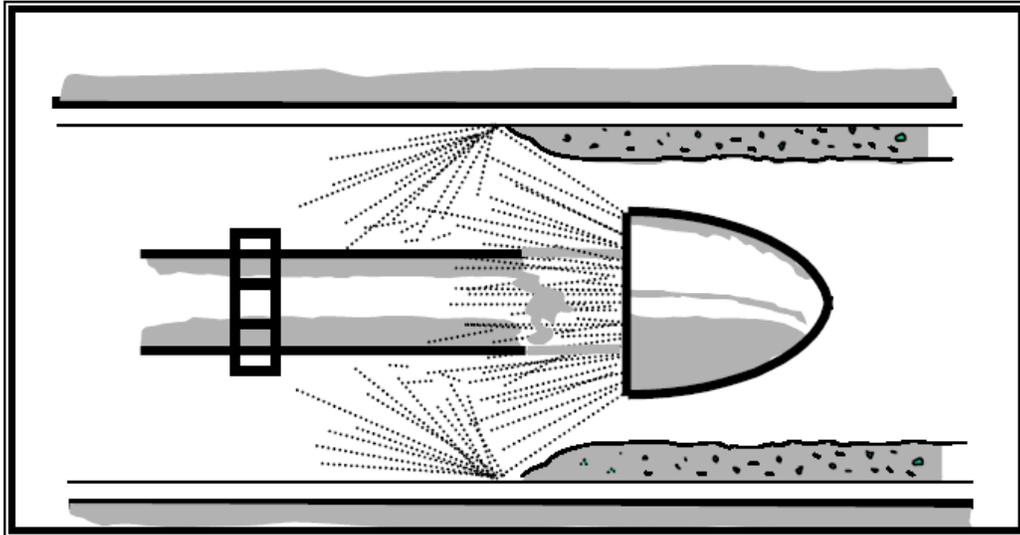
Todo sistema de alcantarillado debe contar con un mantenimiento en menor o mayor grado, esto con el propósito de que el sistema funcione adecuadamente y se eviten anomalías en la época de lluvias. Además, ello ayuda a prolongar la vida útil del sistema.

Esta actividad debe programarse para llevarse a cabo en la época de estiaje, que es cuando los sistemas conducen caudales pequeños y es posible revisarlos con relativa facilidad, así como detectarlos daños. En este periodo es de esperarse que se tenga la presencia de sedimentos en el sistema debido a velocidades son bajas y no es posible que ellos sean arrastrados. Por esto es necesario hacer actividades de limpieza en el sistema, para lo cual se requiere de equipo apropiado para llevar a cabo esta actividad, ya que existen tanto conducciones a cielo abierto como cerrada, estas últimas son la mayoría.

Para la limpieza de las conducciones cerradas deberán emplear equipos para arrastrar las sustancias sedimentadas. Una forma de hacerlo es remansando el agua dentro de la alcantarilla y después liberándola de manera súbita, esto se logra colocando una compuerta en un extremo de la alcantarilla y al liberar el volumen remansado, éste arrastrará el material sedimentado hacia aguas abajo, esta onda de agua se recomienda se presente en longitudes de tuberías no mayores a 200 m.

Otro sistema de limpieza es el que utiliza inyección de agua a presión ( $750 \text{ kg/cm}^2$ ), que es introducida a través de una manguera en cuyo extremo lleva una tobera, estas llevan en su parte posterior y en forma de anillo una serie de orificios con cierto grado de inclinación ( $35^\circ$  y  $45^\circ$ ) para poder ir lanzando el agua y a la vez poder ir avanzando. Este sistema se utiliza en conductos con diámetro interior mayor de 23 mm.

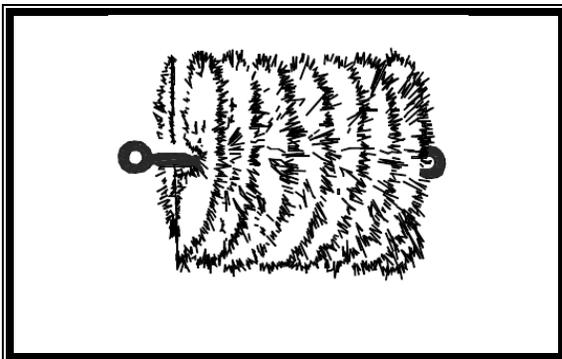
**FIGURA IV.8 “TOBERA PARA LIMPIEZA HIDRODINÁMICA DE TUBERÍAS”.**



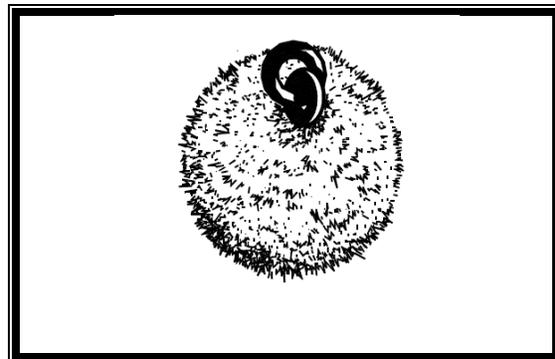
La operación de limpieza de una tubería con este último tipo de sistema es sencilla, ya que basta introducir por el pozo de registro el extremo de la manguera, una vez colocada la tobera adecuada, se pone en funcionamiento la bomba y comienza a avanzar a partir de este momento la manguera, a través de la tubería.

#### **IV.3.2.1 ACCESORIOS PARA REALIZAR LA LIMPIEZA.**

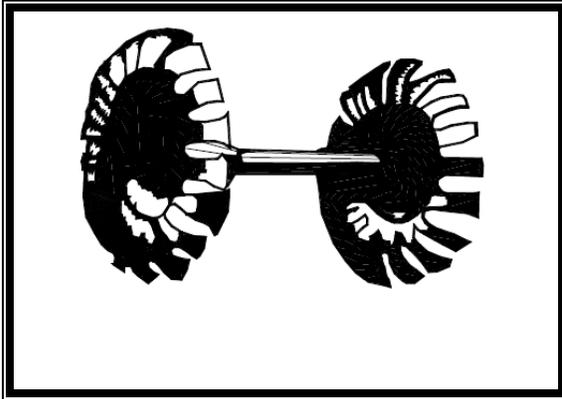
Además de la limpieza de conductos utilizando agua a presión, también se hace por medio de procedimientos manuales, los cuales consisten en el retiro de la basura o sedimento mediante dispositivos como son cepillos o palas que se arrastran en el interior de la tubería en forma manual o mecánica.



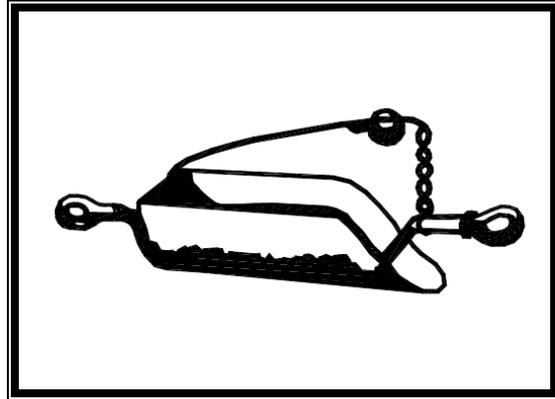
**FIGURA IV.9 “CEPILLO ESPIRAL”.**



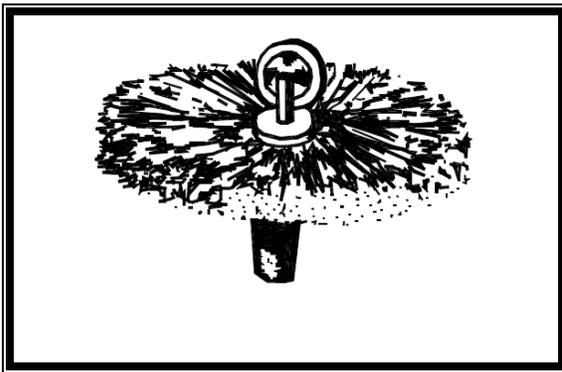
**FIGURA IV.10 “CEPILLO ESFÉRICO”.**



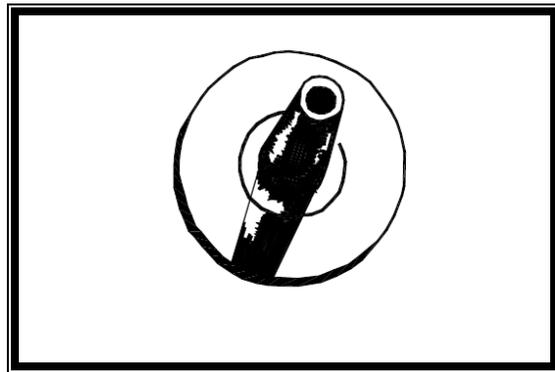
**FIGURA IV.11 “RASTRILLO DE HIERRO FORJADO PARA LIMPIEZA DE MUSGO”.**



**FIGURA IV.12 “PALA DEPÓSITO PARA LIMPIEZA DE ARENA Y FANGO”.**



**FIGURA IV.13 “CEPILLO CIRCULAR”.**

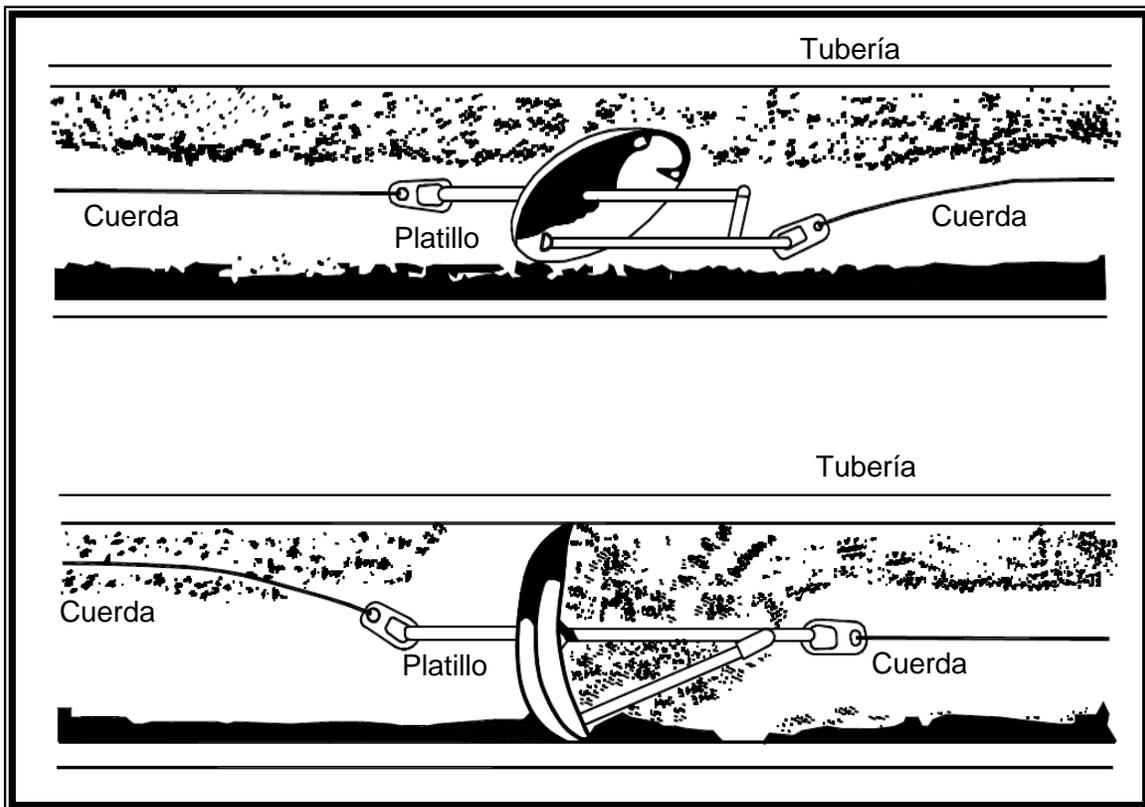


**FIGURA IV.14 “ENJUAGADORES DE CAUCHO”.**

Todos estos dispositivos se emplean, usando varillas de 0.90 m en cuyos extremos tiene rosca y palanca para asegurar la sujeción y dada la flexibilidad del. Se usan también los platillos dragadores que se introducen en el registro de aguas abajo y son arrastrados hacia aguas arriba, con la cuerda en posición horizontal, tirando luego hacia delante se levanta el platillo, con ello se logra arrastrar los sedimentos.

Se recomienda hacer limpieza por tramos cortos, según sea la cantidad de sedimento, para no tener que retirar cargas demasiado grandes; sin embargo, cuando esto último llega a suceder, existen equipos mecánicos formados por dos dispositivos que arrastran dentro de la tubería una pala que va recolectando la basura, la cual es extraída al final.

FIGURA IV.15 “PLATILLOS DRAGADORES”.

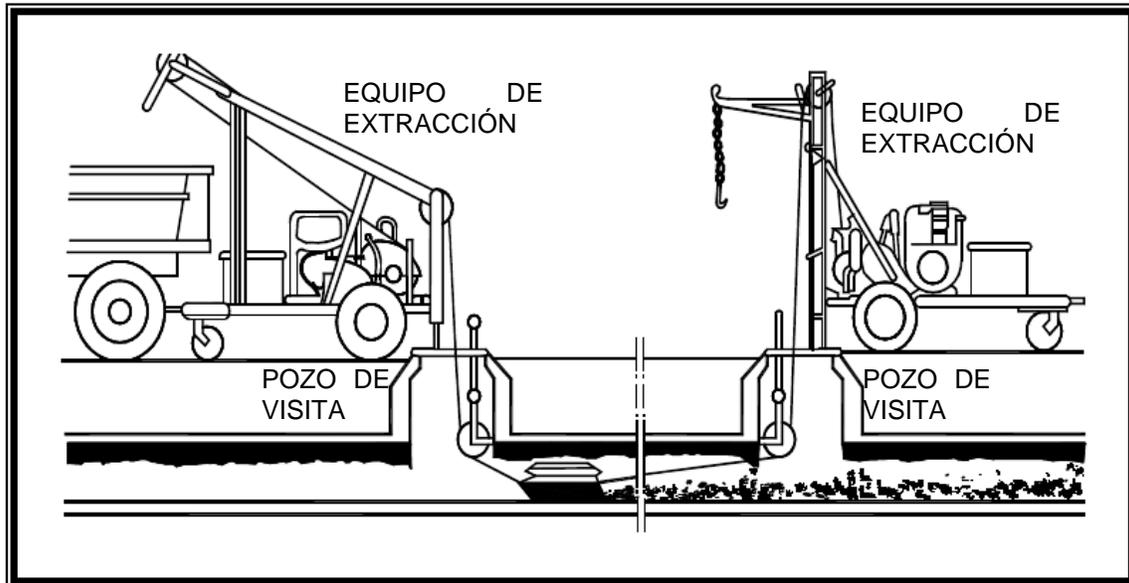


Si la forma de conducción lo permite, pueden emplearse rastrillos, escobas de fibras metálicas y compuertas móviles en las que la presión del agua remansada actúa de motor y el estrechamiento regulable, situado aguas abajo, permite producir un chorro suficiente para provocar el arrastre de sedimento.

#### IV.3.2.1.1 LIMPIEZA DE COLADERAS.

Si las coladeras están comunicadas con el alcantarillado y no tienen cámaras de arena, no es necesario limpiarlas; cuando se cuenta con estos últimos, es necesario revisarla en forma periódica y retirar la arena, esto se puede hacer en forma manual utilizando cucharas de varios tipos y añadiendo agua para remoción de los sedimentos. Sin embargo la tendencia actual es hacerlo con máquinas provistas de dispositivos de absorción, previa inyección de agua y mediante bombeo de vacío.

**FIGURA IV.16 “EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS EN UNA TUBERÍA”.**



Los aparatos modernos más usados para esta clase de operaciones son los camiones de operación con alto poder de succión, capaces de retirar adoquines y elementos similares en volumen y peso. En general, el material retirado de las alcantarillas deberá ser depositado en un lugar donde no provoque problemas o bien ser tratado para su disposición final.

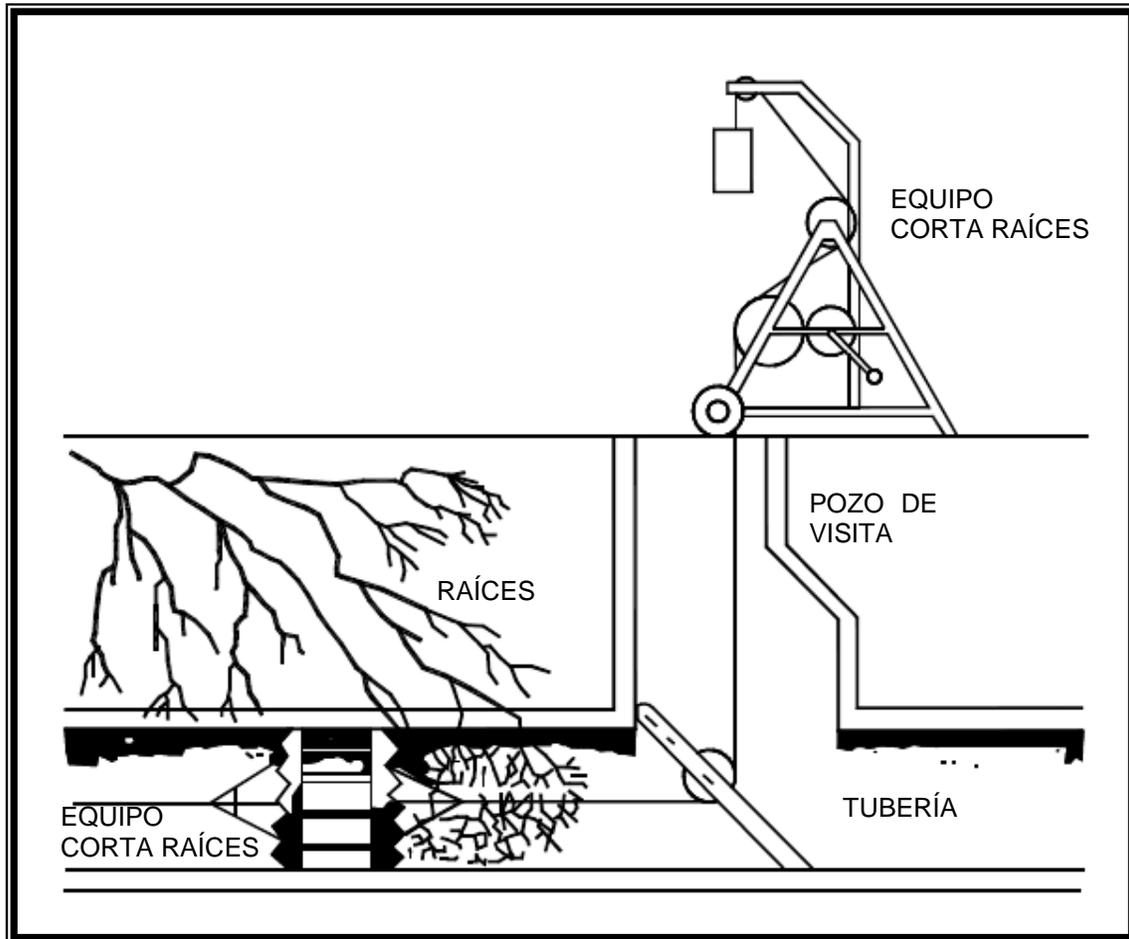
#### **IV.3.2.1.2 SISTEMA DE CONTROL.**

Para conocer el estado que guarda una tubería en la cual no se puede hacer una inspección visual directa, se utilizan sistemas de televisión con circuito cerrado. De esta manera es posible dar un diagnóstico acerca de la situación de las tuberías que conforman el sistema de alcantarillado.

#### **IV.3.2.1.3 CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DEL SISTEMA.**

Es difícil establecer lineamientos que indiquen cuando efectuar reparaciones en un sistema, ya que estas pueden ir desde la simple reposición de una tapa de pozo de visita, hasta la reconstrucción de un tramo de alcantarilla, en esta última situación, el daño pudo haber sido producido por algún sismo o avenidas extraordinarias.

FIGURA IV.17 “APARATOS CORTA RAÍCES”.



Para hacer la reparación de las tuberías rotas, es necesario levantar el pavimento para sustituir los tramos dañados, en el caso en que sólo se tengan agrietamientos, estos pueden ser reparados utilizando equipo especial que inyecte concreto o alguna resina en la zona dañada.

### IV.3.3 PROBLEMAS MÁS IMPORTANTES EN LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA.

Cualquier sistema de alcantarillado presenta problemas en su operación, los cuales se deben a diferentes factores atribuibles al propio sistema, como son corrosión, erosión, sedimentación, etc., así como las causas externas, como son

roturas, asentamientos, sobrecargas, etc. Entre los más representativos, pueden citarse los que se mencionan a continuación.

#### **IV.3.3.1 PROBLEMAS IMPUTABLES A LA RED.**

- Corrosión en los elementos metálicos dentro de la red como son, los equipos de bombeo, compuertas, peldaños de los pozos de registro, etc. La falla de estos últimos son la causa de accidentes graves para el personal que hace labores de inspección.
- Insuficiencia de la capacidad del colector o del alcantarillado. El hacer trabajar una tubería a presión, que no fue diseñada para ello, provoca fugas de agua hacia el exterior. A veces llegan a provocar que las tapas salten de los registros, generando un serio problema. Igualmente, los conductos al trabajar con carga, pueden producir la rotura de bóvedas y dar origen a la formación de socavones bajo el pavimento.
- Los cierres hidráulicos originados en cambios de sección con disposición errónea, así como en la intersección de dos alcantarillas. Estos cierres generan sobreelevaciones de agua, aguas arriba y llegan a producir inundaciones.
- Erosiones en tramos porque el flujo lleva una excesiva velocidad del agua producida por el empleo de una pendiente inadecuada.
- Sedimentaciones importantes, que obligan a realizar limpiezas más periódicas, esto es debido por el empleo de pendientes muy bajas.
- Pérdida de agua por usar juntas inadecuadas.
- Filtración de agua exterior a través de juntas inadecuadas.

#### **IV.3.3.2 CAUSAS EXTERNAS.**

- Rotura de los conductos por la penetración de raíces.

- Rotura de los conductos por sobrecargas excesivas, mala colocación del conducto o paso de maquinaria o equipo pesado sobre ellas.
- Asentamientos provocados por otras construcciones próximas.
- Perforación por pilotajes o roturas producidas por excavaciones para otro tipo de obras.
- Utilización de pozos de registro como vertederos de residuos sólidos, generándose con ello obstrucciones y sedimentaciones, disminuyendo la capacidad de los conductos.
- Acción sobre los colectores de otros servicios integrados en el subsuelo, como son, abastecimiento de agua potable, gas electricidad, teléfono, etc., que muchas veces llegan a cruzar los colectores, disminuyendo su sección real.
- La interferencia de los colectores con tuberías de gas o cables de alta tensión, constituyen un serio problema para el personal de inspección de la red de saneamiento, habiendo sido ello origen de importantes accidentes.
- Ataque exterior hacia la tubería por agresividad del terreno o existencia de corrientes.
- Ataque interior hacia los conductos por vertido de ácidos, gases, productos corrosivos o diferentes elementos que por reacción se transforman en sustancias corrosivas a los conductos. Debe presentarse atención a las descargas de las industrias químicas, fotográficas, de recubrimiento metálico, garajes, estaciones de servicio, etc.
- Agresividad bacteriana sobre el concreto, como es el caso de sulfuro de hidrógeno.
- Conexiones defectuosas de las acometidas, que muchas veces obstruyen la red municipal, disminuyendo la capacidad y por lo

tanto impiden el desarrollo satisfactorio de un mantenimiento normal.

#### **IV.3.3.3 ACCIONES PREVENTIVAS.**

La solución a los problemas anteriores está en la adopción de acciones como las siguientes:

- Control de construcción.
- Control de vertidos o descargas.
- Seguridad personal.
- El control de los vertidos quedará garantizado con la implantación y un cumplimiento adecuado de un reglamento de ellos, que facilitará la operación de la red, la seguridad del personal, la garantía del funcionamiento correcto de la depuradora final y la garantía de que se limpiará y se dará mantenimiento a toda la red. El problema de los vertidos industriales es muy grave, teniendo en cuenta sus efectos sobre el personal y considerando, por otro lado, que se trata de personal experimentado, no fácil de sustituir.
- La seguridad y comodidad del personal para realizar su trabajo, es imprescindible en todo proyecto y funcionamiento de una red. No puede admitirse que el personal vaya sin el equipo adecuado para su trabajo.

#### **IV.3.3.4 RENOVACIÓN DE REDES.**

Otra de las operaciones consiste en el mantenimiento preventivo, en la renovación de la red o en la reconstrucción parcial.

El revestimiento interior de las tuberías por diferentes tipos de material a fin de construir parte de las tuberías, es una alternativa viable. Los sistemas igualmente son múltiples, pero pueden indicarse los siguientes:

Cloruro de polivinilo. El revestimiento con cloruro de vinilo se debe realizar con una buena supervisión y conocimiento, ya que existen problemas de adhesión al concreto.

Resinas especiales. Las pintura con resinas especiales sobre el concreto, tampoco han dado resultado satisfactorio, porque este tipo de pintura necesitan un superficie seca. Lograr esta condición en una tubería en servicio, es imposible de alcanzar.

Tubulares de polietileno. Se han obtenido resultados muy alentadores, empleando tubulares de polietileno que contienen resinas para alcanzar una mayor adherencia, facilidad de instalación, impermeabilidad absoluta y coeficiente de fricción más bajo.

Morteros diversos. Revestimiento interno de tuberías, aplicando morteros de cemento puros, así como materias plásticas y combinaciones entre los dos. La selección de los materiales depende del material del conducto y de la calidad del agua a transportar.

Otra opción viable es la de sustituir la tubería de concreto dañada, por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PAD), o Poli Cloruro de Vinilo (PVC), las cuales deben de ser tomadas en cuenta, analizando sus ventajas como son una mayor capacidad hidráulica (coeficiente de rugosidad más bajo) y sus desventajas como es su precio más alto.

Con la información presentada en este apartado, se tienen las condiciones para poder elaborar los precios unitarios, los cuales llevarán a la elaboración del presupuesto de obra, así como también los programas de obra, los cuales se desarrollan en el siguiente Capítulo V “Informe Final”.