



SISTEMA MUNICIPAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO DE PIEDRAS NEGRAS

GERENCIA GENERAL

NORMATIVIDAD APLICABLE EN LA CONSTRUCCIÓN DE REDES O
ELEMENTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

FEBRERO 2014

SUBGERENCIA DE PLANEACIÓN Y PROYECTOS

INDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
Definiciones	2
2 CARACTERÍSTICAS	5
2.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO	5
2.1.1 Red de atarjeas	5
2.1.1.1 Modelos de configuración de atarjeas	6
a) Trazo en bayoneta	6
b) Trazo en peine	7
c) Trazo combinado	8
2.1.2 Colectores e interceptores	9
2.1.3 Emisores	9
2.1.3.1 Emisores a gravedad	9
2.1.3.2 Emisores A presión	10
2.1.4 Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores	10
2.1.4.1 Modelo perpendicular	11
2.1.4.2 Modelo radial	11
2.1.4.3 Modelo de interceptores	11
2.1.4.4 Modelo de abanico	12
2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO	14
2.2.1 Tuberías	14
2.2.1.3 Tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC)	17
2.2.1.4 Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)	19
2.2.1.5 Otras tuberías	21
2.2.2 Obras accesorias	31
2.2.2.1 Descargas domiciliarias	31
c) Conexión domiciliaria con tubería de Poli(cloruro de vinilo)(PVC)	32
d) Conexión domiciliaria con tubería de Polietileno de alta densidad	33
2.2.2.2 Pozos de visita	34
a) Pozos de visita construidos en el lugar	34
b) Pozos prefabricados	37
2.2.2.3 Estructuras de caída	40
2.2.2.4 Sifones invertidos	40
2.2.2.5 Cruces elevados	41

2.2.2.6	Cruces subterráneos con carreteras y vías de ferrocarril	41
2.2.2.7	Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales	41
2.2.3	Estaciones de bombeo	42
2.2.3.1	Cárcamo de bombeo	42
2.2.3.2	Subestación eléctrica	43
2.2.3.3	Equipo de bombeo	43
2.2.3.4	Motor eléctrico	44
2.2.3.5	Controles eléctricos	44
2.2.3.6	Arreglo de la descarga	44
2.2.3.7	Equipo de maniobras	44
3	DISEÑO HIDRÁULICO	47
3.1	GENERALIDADES	47
3.1.1	Topografía	47
3.1.2	Planos	47
3.1.2.1	Planos topográficos	47
3.1.2.2	Plano de pavimentos y banquetas	47
3.1.2.3	Plano actualizado de la red	47
3.1.2.4	Plano de agua potable	48
3.1.2.5	Planos de uso actual del suelo	48
3.1.2.6	Plano predial	48
3.1.2.7	Plano de uso futuro del suelo	48
3.1.3	Gastos de diseño	48
3.1.3.1	Gasto medio	48
3.1.3.2	Gasto mínimo	52
3.1.3.3	Gasto máximo instantáneo	52
3.1.3.4	Gasto máximo extraordinario	53
3.1.4	Variables hidráulicas	53
3.1.4.1	Velocidades	53
a)	Velocidad mínima	53
b)	Velocidad máxima	53
3.1.4.2	Pendientes	54
3.1.4.3	Diámetros	56
a)	Diámetro mínimo	56
b)	Diámetro seleccionado	56
3.1.5	Profundidades de zanjas	57
3.1.5.1	Profundidad mínima	57
3.1.5.2	Profundidad máxima	57
3.1.6	Obras accesorias	57

3.1.6.1 Pozos de visita	57
a) Clasificación de los pozos de visita fabricados en obra	57
b) Separación entre pozos de visita	58
c) Cambios de dirección	58
3.1.6.2 Estructuras de caída	60
3.1.6.3 Sifones invertidos	61
3.1.7 Conexiones	61
3.2 DISEÑO HIDRÁULICO	64
3.2.1 Fórmulas para el diseño	64
3.2.2 Metodología para el desarrollo del proyecto	66
3.2.2.1 Planeación general	66
3.2.2.2 Definición de áreas de proyecto	67
3.2.2.3 Sistema de alcantarillado existente	67
3.2.2.4 Revisión hidráulica de la red existente	67
3.2.2.5 Proyecto	67
3.3 RED DE ATARJEAS	68
3.4 COLECTORES E INTERCEPTORES	69
3.5 EMISORES	69
3.5.1 Emisores a gravedad	69
3.5.1.1 Gastos de diseño	70
3.5.2 Emisores a presión	70
3.5.2.1 Diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas	70
3.5.2.2 Diseño de la tubería a presión	70
4 ESTRUCTURA DE DESCARGA	73
4.1 ASPECTOS POR CONSIDERAR EN EL PROYECTO	73
4.2 SITIOS DE VERTIDO	74
4.2.1 Vertido en corrientes superficiales	74
4.2.2 Vertido en Terrenos	75
4.2.3 Vertido en el mar	76
4.2.4 Vertido en lagos y lagunas	77
4.2.5 Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción	77
5 HERMETICIDAD	79

5.1. NORMATIVA	79
5.1.1 Especificaciones	79
5.1.1.1 Generales	79
5.1.1.2 Elementos	79
a) Tuberías	79
b) Juntas	80
c) Accesorios	80
d) Descargas domiciliarias	80
5.1.1.3 De instalación	81
5.2 PRUEBAS	81
5.2.1 Prueba de hermeticidad en campo	81
5.2.1.1 En tuberías y Descargas Domiciliarias	81
5.2.1.2 En accesorios	81
5.2.2 Prueba hidrostática	81
5.2.2.1 En tuberías y descargas domiciliarias	81
5.2.2.2. En accesorios (pozos de visita)	83
5.2.3 Prueba neumática (a baja presión)	84
7 ELABORACIÓN DEL PROYECTO	93
7.1 PLANOS TOPOGRÁFICOS	93
7.1.1 Plano topográfico	93
7.1.2 Plano de pavimentos y banquetas	93
7.1.3 Plano de red existente	93
7.1.4 Plano de agua potable	94
7.1.5 Plano de predial	94
7.1.6 Plano de uso de suelo futuro	94
7.2 DETERMINACIÓN DE DATOS BÁSICOS	94
7.2.1 Población de proyecto	95
7.2.2 Dotación de agua por tipo de usuario	95
7.2.3 Aportación de agua residual	95
7.2.4 Gastos de diseño	96
7.2.4.1 Zona habitacional	96
7.2.4.2 Zona comercial	97
7.2.4.3 Zona industrial	98

SIMAS



7.2.4.4 Zona pública	99
7.2.4.5 Resumen de gastos de diseño	
101	
7.2.5 Resumen de datos de proyecto	
101	
7.3 PLANO DE PROYECTO	102
7.6 SIMBOLOGÍA	103
8 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	
8.1 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	115
8.1.1 Excavación de zanja	115
8.1.1.1 Ancho de zanja	116
8.1.1.2 Sistemas de protección de zanjas	117
a) Apuntalamiento	117
b) Ademe	117
c) Tablestacado	118
d) Achique en zanjas	119
8.1.2 Plantilla o cama	119
8.1.3 Instalación de tubería	120
8.1.3.1 Instalación de tuberías de concreto simple y reforzado	121
8.1.3.2 Instalación de tuberías de fibrocemento.	121
8.1.3.3 Instalación de tuberías de poli (cloruro de vinil) (PVC)	122
8.1.3.4 Instalación de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)	122
8.1.4 Relleno de la zanja	127
ANEXO 2 PLANOS	151

1 INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de las localidades urbanas, van satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía. Como consecuencia se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas negras que produce una población, incluyendo al comercio y a la industria.

Un sistema de alcantarillado está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, subcolectores, interceptor, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias.

El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos, fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades de una población. Estos desechos líquidos, se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos disueltos y en suspensión.

Existe la norma oficial mexicana NOM-002-ECOL -1996, y en esta ciudad que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y del tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, en el caso de la ciudad de Piedras Negras que está en la zona hídrica del Medio Bravo, en donde el agua de la red de alcantarillado desemboca en una planta tratadora de aguas residuales en base a lodos activados, debe de cumplir unas "CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA", ya que esto coadyuva en el saneamiento de las aguas de la ciudad y el vertido de la misma, ya tratada, de regreso al Rio Bravo, siendo considerado este como aguas internacionales del cual vigila la calidad de la descarga la Comisión Nacional del Agua por parte del Gobierno de la República Mexicana.

SIMAS



El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado económicos, eficientes y seguros, considerando que deben ser auto limpiantes, autoventilantes e hidráulicamente herméticos.

Los lineamientos que aquí se presentan, son producto de la recopilación de publicaciones técnicas elaboradas y aplicadas en el país, por las distintas dependencias relacionadas con la normativa del sector.

Como en todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado, se deben plantear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de las alternativas. Se selecciona la alternativa que asegure el funcionamiento adecuado con el mínimo costo. El periodo de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario debe definirse de acuerdo a los lineamientos establecidos.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, considerando el de agua potable.

El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de proyecto, pero siempre considerando las diferentes etapas de construcción que se tengan definidas.

Los equipos en las estaciones de bombeo (cuando se requieran) y en la planta de tratamiento, deben obedecer a un diseño modular, que permita su construcción por etapas y puedan operar en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos determinados a través del período de diseño establecido para el proyecto.

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se debe conocer la infraestructura existente en la localidad (agua potable, ductos de gas, teléfono, energía eléctrica, alcantarillado

SIMAS



pluvial, etc.) Para evitar que las tuberías diseñadas coincidan con estas instalaciones, y asegurar que, en los cruces con la red de agua potable, la tubería del alcantarillado **siempre se localice por debajo**.

La mayoría de los alcantarillados en localidades medianas y grandes se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada, considerando las aportaciones pluviales. A través del tiempo se ha observado que esta práctica genera problemas de contaminación y de operación de los sistemas, por la imposibilidad de tratar, en época de lluvias, la totalidad de las aguas captadas. Aprovechando esta experiencia, **los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deben de diseñarse en forma separada**.

Definiciones:

Albañal interior.- Es la tubería que recoge las aguas negras de una edificación y termina en un registro de banqueteta.

Descarga domiciliaria o albañal exterior.- Instalación que conecta el último registro de una edificación (albañal interior o registro de banqueteta) a la atarjea o colector.

Cabeza de atarjea.- Extremo inicial de una atarjea.

Colector y Subcolector.- Es la tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor o en la planta de tratamiento. No es conveniente conectar los albañales (tuberías de 15 y 20 cm) directamente a un colector de diámetro mayor a 31 cm (12 in), debido a que un colector mayor a este diámetro generalmente va instalado profundo; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas “madrinas” a los colectores, en las que se conecten los albañales de esos diámetros, para luego conectarlas a un colector, mediante un pozo de visita.

Interceptor.- Es la tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y termina en un emisor, o un cárcamo de bombeo. En un modelo de interceptores las tuberías principales (colectores y subcolectores) se instalan en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas y sin grandes desniveles, y descargan a una tubería de mayor diámetro (interceptor) generalmente paralelo a alguna corriente natural.

Emisor.- Es el conducto que recibe las aguas de un colector, de un interceptor o de un cárcamo de bombeo. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

Pozo de visita.- Estructura que permite la inspección, limpieza y ventilación de la red de alcantarillado. Se utiliza para la unión de dos o varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

Pozos comunes.- Son pozos de visita que tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. Tienen un diámetro interior de 1.25 m y se utilizan en tuberías de hasta 0.61 m de diámetro.

Pozos especiales.- Al igual que los pozos de visita comunes, tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. Presentan un diámetro interior de 1.5 m para tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro, y 2.0 m de diámetro interior para tuberías con diámetro de 1.22 m.

Pozos Caja.- Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique idéntica a la de los pozos comunes y especiales. Generalmente a los pozos caja cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja y se utilizan en tuberías con diámetro de 1.52 m en adelante.

Pozos caja de unión.- Son pozos caja de sección horizontal en forma de polígono irregular que se utilizan para unir tuberías de 0.91 m en adelante con tuberías de igual diámetro o diámetros mayores a 1.52 m.

Pozos caja de deflexión.- Son pozos caja que se utilizan para dar deflexiones máximas de 45 grados para tuberías de 0.91 m en adelante con tuberías de igual diámetro o diámetros mayores a 1.52 m.

Estructuras de caída.- Estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel, por condiciones topográficas o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías. Las estructuras de caída que se utilizan son: caídas libres, pozos con caída adosada, pozos con caída y estructuras de caída escalonada.

Caída libre.- Es la caída permisible en los pozos de visita hasta de 0.5 m sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial (No se considera en este caso las uniones a claves de las tuberías).

Pozos con caída adosada.- Son pozos de visita comunes, especiales o pozos caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 20 y 25 cm de diámetro con un desnivel hasta de 2.00 m.

Pozos con caída.- Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea a los cuales, en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 30 a 76 cm de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m.

Estructuras de caída escalonada.- Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 50 en 50 cm hasta 2.50 m como máximo; están provistas de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 0.91 a 3.05 m.

Sifón invertido.- Obra accesoria utilizada para cruzar alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, conducto o viaductos subterráneos, que se encuentren al

SIMAS



mismo nivel en que debe instalarse la tubería.

Cruce elevado.- Estructura utilizada para cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura.

Contaminación de un cuerpo de agua.- Introducción o emisión en el agua, de organismos patógenos o sustancias tóxicas, que demeriten la calidad del cuerpo de agua.

Tratamiento.- Es la remoción en las aguas negras, por métodos físicos, químicos y biológicos de materias en suspensión, coloidal y disuelto.

2 CARACTERÍSTICAS

2.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

2.1.1 Red de atarjeas

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, hacia los subcolectores, colectores, interceptores o emisores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas negras captadas. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen en el diseño las mayores secciones en los tramos finales de la red. **No es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo.**

La red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos de 15 cm. (6 in), siendo éste el mínimo aceptable. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%.

A continuación se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recolectando las aportaciones de los albañales. El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 20 cm, y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas.

Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación (ver apartado 2.2.2.2). Las separaciones máximas entre pozos de visita se indican en el apartado 3.1.6.1.

Con objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos, en el diseño de las atarjeas se debe dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo, que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto.

Para realizar un análisis adecuado de la red de atarjeas, se requiere considerar, en forma simultánea, las posibles alternativas de trazo y funcionamiento de subcolectores, colectores, emisores y descarga final, como se describe en las secciones correspondientes.

2.1.1.1 Modelos de configuración de atarjeas

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

a) Trazo en bayoneta

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera (ver figura 2-1).

- Ventajas

Las ventajas de utilizar este tipo de trazo son reducir el número de cabezas de atarjeas y permitir un mayor desarrollo de las atarjeas, con lo que los conductos adquieren un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos.

- Desventajas

Dificultad en su utilización, debido a que el trazo requiere de terrenos con pendientes suaves mas o menos estables y definidas.

Para este tipo de trazo, en las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas usadas para el cambio de dirección de las tuberías que confluyen, son independientes y con curvatura opuesta, no debiendo tener una diferencia mayor de 0.50 m entre las dos medias cañas.

b) Trazo en peine

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas (ver figura 2-2).

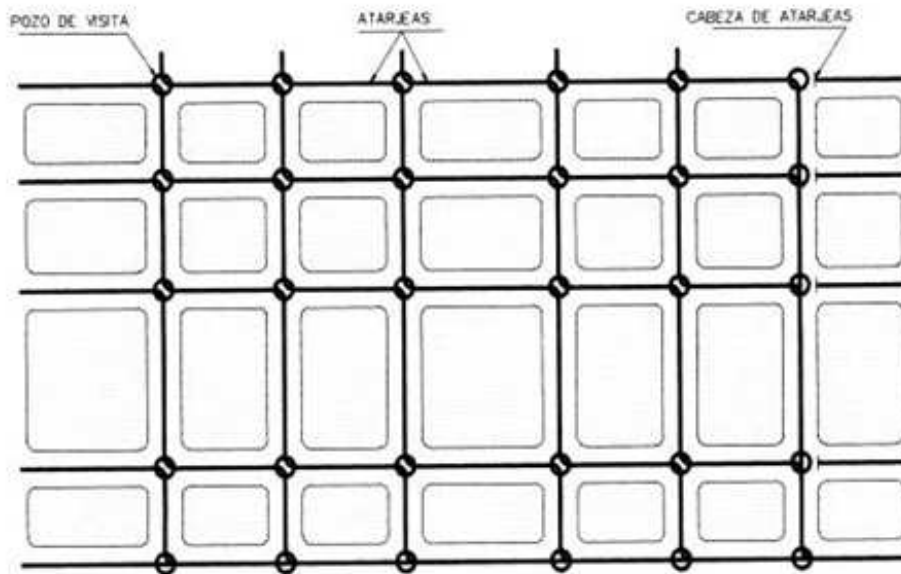


FIGURA N° 2 -1.- TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS EN BAYONETA

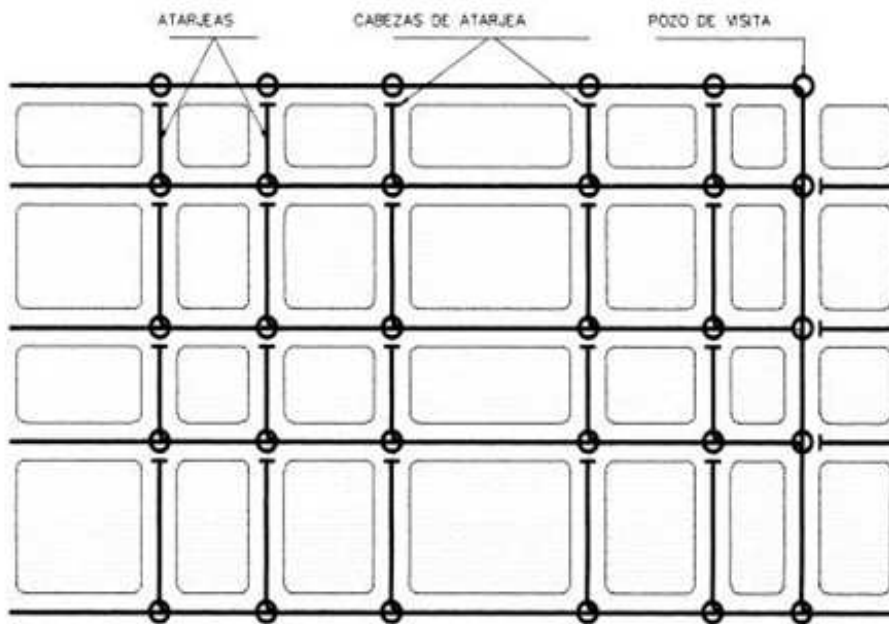


FIGURA N° 2 -2.- TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS EN PEINE

Algunas ventajas y desventajas que se obtienen con este tipo de trazo son las siguientes:

- Ventajas

- Se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de éstas a los colectores, propiciando que se presente rápidamente un régimen hidráulico establecido.
- Se tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

- Desventajas

- Debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas iniciales antes de descargar a un conducto mayor, en la mayoría de los casos aquellas trabajan por abajo de su capacidad, ocasionando que se desaproveche parte de dicha capacidad.

c) Trazo combinado

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona (ver fig. 2 -3).

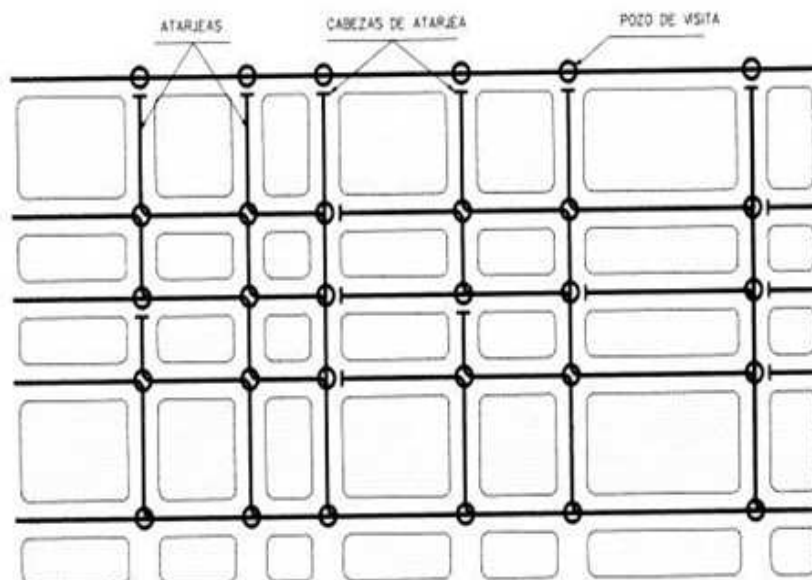


FIGURA Nº 2 -3.- TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS COMBINADO

Aunque cada tipo de trazo tiene ventajas y desventajas particulares respecto a su uso, el modelo de bayoneta tiene cierta ventaja sobre otros modelos, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de las tuberías. Sin embargo este no es el único punto que se considera en la elección del tipo trazo, pues depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio en estudio.

2.1.2 Subcolectores, Colectores e interceptores

Los subcolectores, colectores son las tuberías que reciben las aguas negras de las atarjeas, pueden terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento.

Los interceptores, son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de los colectores y terminan en un emisor, en un cárcamo o en la planta de tratamiento.

Por razones de economía, los colectores e interceptores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

2.1.3 Emisores

El emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en donde se requiere el bombeo para las siguientes condiciones:

- a) Elevar las aguas negras de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.
- b) Conducir las aguas negras de una cuenca a otra.
- c) Entregar las aguas negras a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo a condiciones específicas que así lo requieran.

2.1.3.1 Emisores a gravedad

Las aguas negras de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por tuberías o canales, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan.

2.1.3.2 Emisores a presión

Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo.

En estos casos es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor.

El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga.

En casos particulares, en los que exista en la localidad zonas sin drenaje natural, se puede utilizar un emisor a presión para transportar el agua negra del punto mas bajo de esta zona, a zonas donde existan colectores que drenen por gravedad.

2.1.4 Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores

Para recolectar las aguas residuales de una localidad, se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de los colectores, interceptores y emisores el cual fundamentalmente depende de:

- La topografía predominante
- El trazo de las calles
- El o los sitios de vertido
- La disponibilidad de terreno para ubicar la planta o plantas de tratamiento.

En todos los casos deben de realizarse los análisis de alternativas que se requieran, tanto para definir los sitios y números de bombeos a proyectar, como el número de plantas de tratamiento y sitios de vertido, con objeto de asegurar el proyecto de la alternativa técnico - económica más adecuada, con lo cual se elaboran los planos generales y de alternativas.

2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Una red de alcantarillado sanitario se compone de tuberías y obras accesorias como: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas negras.

En este subcapítulo se hace una descripción de cada uno de los componentes de una red de alcantarillado sanitario, sus tipos, ventajas y desventajas en base a la información recopilada con los fabricantes.

2.2.1 Tuberías

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas negras.

En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: hermeticidad, resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de manejo e instalación, flexibilidad y facilidad de mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario a utilizar son: plástico - poli(cloruro de vinilo)(PVC) y polietileno de alta densidad(PEAD). En los sistemas de alcantarillado sanitario a presión se pueden utilizar diversos tipos de tuberías para conducción de agua potable, siempre y cuando reúnan las características para conducir aguas negras.

A continuación, se detallan las características de las tuberías de alcantarillado mencionadas y de los sistemas de unión entre tuberías de los diversos materiales utilizados

2.2.1.1 Tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC)

Las tuberías de PVC se fabrican en diámetros de 10 a 60 cm, en dos tipos de serie y cada serie con tres tipos de tubería de acuerdo a su espesor : la serie métrica se fabrica de acuerdo a las normas NMX -E-215/1-1993 (tuberías) y NMX-E-215-/2-1993 (conexiones) en los tipos 16.5, 20 y 25 ; por su parte la serie inglesa se fabrica de acuerdo a las normas NMX-E-211/1-1993 (tuberías) y NMX-E-211-/2-1993 (conexiones) en los tipos 35, 41 y 51. Estos valores con que se clasifica a las tuberías representan la relación entre su diámetro exterior y su espesor de pared. En la tablas N ° 2-7 y 2-8 se muestran las características principales de los tipos de tuberías mencionados.

Además de estos tipos de tuberías, existe la tubería de PVC de pared estructurada con celdas longitudinales (ver figura N° 2-10), que actualmente se fabrica en diámetros de 16 a 31.5 cm (ver tabla N° 2 -9) de acuerdo a la norma mexicana NMX -E-222/1-1995.



FIGURA N° 2 -10.- TUBERÍA Y PIEZAS ESPECIALES DE PVC DE PARED ESTRUCTURADA

La selección de tipos de tuberías a utilizar dependerá de las condiciones donde se instalarán, como pueden ser el peso específico del suelo, la profundidad de instalación y la magnitud de las cargas vivas.

Para cualquiera de los tipos de tuberías la longitud útil de los tubos es de 6 m. Los tubos se acoplan entre sí mediante dos tipos de sistema de unión: por un lado, el cementado, y por otro, la unión espiga - campana con anillo elastomérico integrado de fábrica (ver figura N° 2 -11).

Entre las ventajas de las tuberías de PVC se tienen:

- Hermeticidad.- Este tipo de tuberías son impermeables y herméticas, debido, por un lado, a la naturaleza intrínseca impermeable del material, y por otro lado, a las juntas herméticas que se logran en el acoplamiento de los tubos, por el uso en las juntas de anillos de material elastomérico.
- Ligereza.- Esta característica de los tubos de PVC se traduce en facilidad de manejo, estiba, transporte e instalación, lo que se manifiesta aún más en la tubería de pared estructurada que es más ligera que la tubería plástica de pared sólida tradicional.
- Durabilidad.
- Resistencia a la corrosión.- Las tuberías de PVC son inmunes a los tipos de corrosión que normalmente afectan a los sistemas de tubería enterradas, ya sea corrosión química o electroquímica. Puesto que el PVC se comporta como un dieléctrico, no se producen efectos electroquímicos ó galvánicos en los sistemas integrados por estas tuberías, ni éstas son afectadas por suelos corrosivos. En consecuencia, no requieren de recubrimientos, forros ó protección catódica.

- Capacidad de conducción.- Las paredes de estas tuberías son poco rugosas, lo que se traduce en una alta eficiencia hidráulica.
- Flexibilidad.- El bajo módulo de elasticidad de las tuberías las hace flexibles, y por lo tanto adaptables a movimientos o asentamientos diferenciales del terreno ocasionados por sismos o cargas externas.

y entre sus desventajas:

- Fragilidad.- Requieren de cuidados durante su manejo, ya sea en el transporte o en la instalación.
- Baja resistencia mecánica.
- Susceptible al ataque de roedores.
- Baja resistencia al intemperismo.- La exposición prolongada de la tubería a los rayos solares reduce su resistencia mecánica

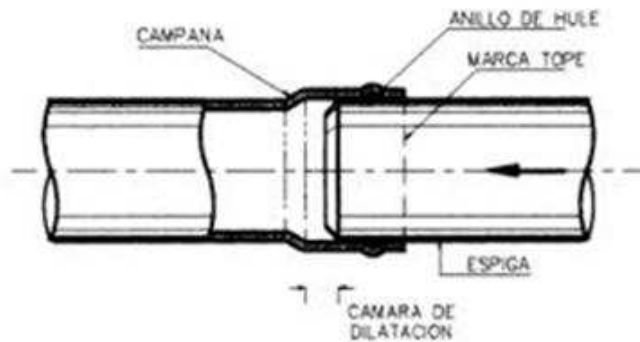


FIGURA N° 2 -11.- UNIÓN CAMPANA-ESPIGA EN TUBERÍA DE PVC

2.2.1.4 Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)

Las tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) se fabrican con longitud de 12 m, en diámetros nominales que van desde 100 a 900 mm. de acuerdo a las norma mexicana NMX-E-216-1994-SCFI. Se clasifican en cuatro tipos, de acuerdo a sus espesores de pared y resistencia : RD-21, RD-26, RD-32.5 y RD-41 (véase tabla N° 2 - 10).

El tipo de RD de la tubería a utilizar, se seleccionará según la condición de zanja, las cargas exteriores, el tipo de material, así como la compactación de este.

El tipo de acoplamiento de las tuberías de polietileno generalmente es mediante el sistema de unión por termofusión (ver figuras N° 2 -12 a, b y c).

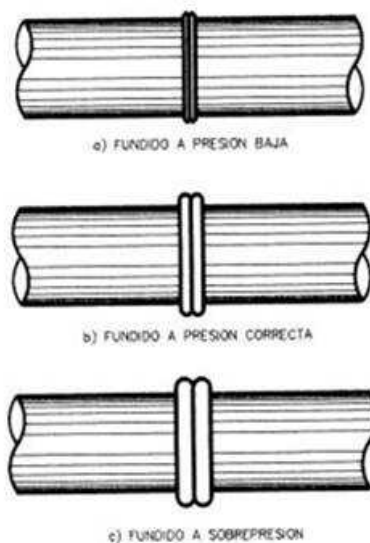


FIGURA N° 2 -12.- TIPOS DE UNIONES EN TUBERÍAS DE POLIETILENO

Para el caso de emisores a presión, en la tabla N° 2-10, se muestran las presiones internas de trabajo para los diferentes tipos de tuberías.

Como ventajas de las tuberías de polietileno se destacan:

- Economía.- Los volúmenes de excavación en zanja son reducidos.
- Resistencia a la corrosión.- Elevada resistencia contra ataque de fluidos ácidos y alcalinos.
- Capacidad de conducción.- Las paredes de este tipo de tuberías son poco rugosas, lo que se traduce en una alta eficiencia hidráulica en la conducción.
- Alta flexibilidad.- El bajo módulo de elasticidad de este tipo de tuberías las hace ser muy flexibles y en consecuencia adaptables a cualquier tipo de terreno y a movimientos ocasionados por sismos y cargas externas.
- Rapidez de instalación.- Su bajo peso, aunado a su presentación en tramos hasta de 12 m y a la unión por termofusión sin piezas especiales, agiliza su instalación.
- Alta resistencia a la intemperie.- Resistentes por tiempo prolongado al intemperismo.
- Hermeticidad.- Son impermeables, herméticas y resistentes al ataque biológico.
- Ligereza. Considerando su bajo peso, ofrecen manejabilidad en el transporte e instalación.
- Durabilidad.- Con mantenimiento nulo, tienen una vida útil de 50 años, y 15 años de resistencia a la intemperie.

y como desventajas:

- Alto costo de adquisición e instalación

2.2.1.5 Otras tuberías

Existen otras tuberías fabricadas con otros materiales, como es el caso de la tubería de acero que se utiliza comúnmente en cruzamientos especiales. A continuación se describen en forma general las características principales de estas tuberías.

Tubería de acero

En los sistemas de alcantarillado sanitario, las tuberías de acero son utilizadas en cruzamientos elevados en donde se requieren instalaciones expuestas, o bien en cruzamientos subterráneos donde se requiere una alta resistencia mecánica en las tuberías. En cualquier caso, será necesario proteger a la tubería con un recubrimiento exterior contra la corrosión.

SIMAS



Las tuberías de acero se fabrican de acuerdo a las Normas Mexicanas NMX -B-10 y NMX-B-177. Ambas normas se refieren a los tubos de acero con o sin costura (longitudinal o helicoidal), negros, o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes (conducción de agua, vapor, gas o aire).

Existe una norma adicional, la NMX-B-179 “Tubos de acero con o sin costura - series dimensionales -”, la cual define las dimensiones normales en las cuales pueden fabricarse los tubos. De acuerdo al espesor se puede obtener el número de cédula, la cual representa una relación entre el espesor y el diámetro de la tubería.

El sistema de unión empleado en las tuberías de acero puede ser: soldadura, bridas, coplees o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica.

Las ventajas de la tubería de acero incluyen:

- Alta resistencia mecánica. Resiste cargas de impacto y altas presiones internas. - Fácil transporte e instalación.

Y como desventajas:

- Por ser metálica presenta corrosión, lo que reduce su vida útil y crea altos costos de mantenimiento para prevenirlo.

TABLA No. 2-7

CLASIFICACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC PARA ALCANTARILLADO SERIE INGLESA

DIÁMETRO		LONGITUD ÚTIL	TIPO 35			TIPO 41			TIPO 51		
NOMINAL	EXTERIOR PROMEDIO		ESPEJOR	DIÁMETRO INTERIOR	PESO	ESPEJOR	DIÁMETRO INTERIOR	PESO	ESPEJOR	DIÁMETRO INTERIOR	PESO
cm	mm	m	mm	mm	kg /m	mm	mm	kg /m	mm	mm	kg /m
10	107.1	6.00	3.1	100.9	1.40	2.6	101.9	1.18	2.1	102.9	0.96
15	159.4	6.00	4.6	150.2	3.09	3.9	151.6	2.63	3.1	153.2	2.10
20	213.4	6.00	6.1	201.2	5.48	5.2	203.0	4.69	4.2	205.0	3.81
25	266.7	6.00	7.6	251.5	8.54	6.5	253.7	7.33	5.2	256.5	5.90
30	317.5	6.00	9.1	299.3	12.17	7.7	302.1	10.34	6.2	305.1	8.37
37.5	388.6	6.00	11.1	366.4	18.17	9.5	369.6	15.61			
45	475.0	6.00	13.6	447.8	27.20						
52.5	560.0	6.00	16.0	528.0	37.74						
60	630.0	6.00	18.0	594.0	47.76						

TABLA No. 2-8

CLASIFICACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC PARA ALCANTARILLADO SERIE MÉTRICA

DIÁMETRO		LONGITUD ÚTIL	SERIE 16.5			SERIE 20			SERIE 25		
NOMINAL	EXTERIOR PROMEDIO		ESPEJOR	DIÁMETRO INTERIOR	PESO	ESPEJOR	DIÁMETRO INTERIOR	PESO	ESPEJOR	DIÁMETRO INTERIOR	PESO
cm	mm	m	mm	mm	kg /m	mm	mm	kg /m	mm	mm	kg /m
11	110	6.00	3.2	103.6	1.40	3.0	104.0	1.18	3.0	104.0	0.96
16	160	6.00	4.7	150.6	3.09	4.0	152.0	2.63	3.2	153.6	2.10
20	200	6.00	5.9	188.2	5.48	4.9	190.2	4.69	3.9	192.2	3.81
25	250	6.00	7.3	235.4	8.54	6.2	237.6	7.33	4.9	240.2	5.90
31.5	315	6.00	9.2	296.6	12.17	7.7	299.6	10.34	6.2	312.6	8.37
40	400	6.00	11.7	376.6	18.17	9.8	380.4	15.61	7.8	384.4	
50	500	6.00	14.6	470.8	37.74	12.3	475.4		9.8	480.4	
63	630	6.00	18.4	593.2	47.63	15.4	599.2		12.3	605.4	

NOTA: Presión máxima de aplastamiento (5 % de deformación del diámetro) según norma NMX -E-215/1-1996-SCFI.

TIPO 35 = 3.00 Kgf / cm²

TIPO 16.5 = 3.00 Kgf / cm²

TIPO 41 = 1.90 Kgf / cm²

TIPO 20 = 1.90 Kgf / cm²

TIPO 51 = 1.00 Kgf / cm²

TIPO 25 = 1.00 Kgf / cm²

SIMAS

TABLA No. 2-9

CLASIFICACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC DE PARED ESTRUCTURADA
LONGITUDINALMENTE PARA ALCANTARILLADO

DIÁMETRO NOMINAL		LONGITUD ÚTIL	DIÁMETRO EXTERIOR PROMEDIO	ESPEJOR DE PARED TOTAL	DIÁMETRO INTERIOR	ESPEJOR DE PARED INTERIOR
mm	pulg:	m	mm	mm	mm	mm
160	6	6.00	160.3	4.5	151.0	0.5
200	8	6.00	200.3	5.4	189.2	0.6
250	10	6.00	250.4	6.6	236.8	0.7
315	12	6.00	315.5	8.3	298.4	0.8

NOTA : Presión máxima de aplastamiento (7.5 % de deformación del diámetro) según norma NMX-E-222/1 -1995-SCFI.
Presión máxima = 4.00 Kg/cm²

TABLA No.2-10

CLASIFICACIÓN DE TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA ALCANTARILLADO

DIÁMETRO LONG.			TIPO RD-21			TIPO RD-26			TIPO RD-32.5			TIPO RD-41		
NOMINAL	ÚTIL		DIÁMETRO EXTERIOR	ESPESOR PARED	PESO	DIÁMETRO EXTERIOR	ESPESOR PARED	PESO	DIÁMETRO EXTERIOR	ESPESOR PARED	PESO	DIÁMETRO EXTERIOR	ESPESOR PARED	PESO
mm	pulg.	m	mm	mm	kg / m	mm	mm	kg / m	mm	mm	kg / m	mm	mm	kg / m
100	4	12	114.3	5.4	1.932	114.3	4.4	1.528	114.3	3.5	1.430	114.3	2.8	1.140
150	6	12	168.3	8.0	4.100	168.3	6.5	3.314	168.3	5.2	2.780	168.3	4.1	2.220
200	8	12	219.1	10.4	6.900	219.1	8.4	5.606	219.1	6.7	4.510	219.1	5.3	4.100
250	10	12	273.0	12.9	10.870	273.0	10.5	8.675	273.0	8.4	7.044	273.0	6.6	5.830
300	12	12	323.8	15.3	15.250	323.8	12.5	12.202	323.8	9.9	9.850	323.8	7.8	8.300
350	14	12	355.6	16.9	18.338	355.6	13.7	14.676	355.6	10.9	11.740	355.6	8.6	9.450
400	16	12	407.4	19.3	23.020	407.4	15.6	19.169	407.4	12.5	15.596	407.4	9.9	12.400
450	18	12	457.2	21.8	31.350	457.2	17.6	24.261	457.2	14.0	19.730	457.2	11.1	15.750
500	20	12	508.0	24.8	38.320	508.0	19.5	29.950	508.2	15.6	24.140	508.2	12.4	19.430
550	22	12	558.8	26.6	45.325	558.8	21.5	36.857	558.8	17.2	29.460	558.8	13.6	24.130
600	24	12	609.6	29.0	53.947	609.6	23.4	43.047	609.6	18.7	34.963	609.6	14.8	27.945
650	26	12	660.4	31.4	62.432	660.4	25.4	49.708	660.4	20.3	41.125	660.4	16.1	32.875
700	28	12	711.2	33.8	72.391	711.2	27.3	58.902	711.2	21.8	47.590	711.2	17.3	38.104
750	30	12	762.0	36.2	83.090	762.0	29.3	67.392	762.0	23.4	54.140	762.0	18.5	43.719
800	31.5	12	800.0	38.1	91.123	800.0	30.8	74.438	800.0	24.6	60.545	800.0	19.5	47.898
810	32	12	812.0	38.7	94.740	812.0	31.3	77.460	812.0	25.0	62.384	812.0	19.8	49.835
850	34	12	863.0	41.1	106.923	863.0	33.2	87.394	863.6	26.5	70.870	863.6	21.0	56.228
900	36	12	914.4	43.5	119.843	914.4	35.2	97.170	914.4	28.1	81.000	914.4	23.0	63.137

NOTA : Presión máxima de aplastamiento (5 % de deformación del diámetro).
 TIPO 21 = 4.00 Kgf / cm²
 TIPO 26 = 3.00 Kgf / cm²
 TIPO 32.5=1.90 Kgf / cm²

NOTA : Presión máxima de trabajo de la tubería en base a su RD
 TIPO 21 = 5.60 Kgf / cm²
 TIPO 26 = 4.50 Kgf / cm²
 TIPO 32.5 = 3.60 Kgf / cm²

2.2.2 Obras accesorias

Las obras accesorias comúnmente usadas para mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado son:

- Descarga domiciliaria
- Pozos de visita
- Estructuras de caída
- Sifones invertidos
- Cruces elevados
- Cruces con carreteras y vías de ferrocarril
- Cruces con ríos, arroyos o canales.

A continuación se hace una descripción de sus características y funciones.

2.2.2.1 Descarga domiciliaria

La descarga domiciliaria o “albañal exterior”, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a la atarjea.

La descarga domiciliaria se inicia en un registro principal, localizado en el interior del predio, provisto de una tapa de cierre hermético que impide la salida de malos olores, con un diámetro mínimo de 15 cm (6 in), una profundidad mínima de 60 cm y una pendiente mínima del 1%; se conecta a la atarjea por medio de un codo de 45 grados y un slant (silleta).

Se debe garantizar que la conexión del albañal a la atarjea, sea hermética. Dependiendo del tipo de material de la atarjea o colector, se debe de seleccionar de preferencia el mismo material en la tubería de albañal y en las piezas especiales, así como el procedimiento de conexión correspondiente. A continuación se describen los procedimientos de instalación y las piezas usadas en las diferentes conexiones domiciliarias según el tipo de material.

a) En tubería de Poli(cloruro de vinilo)(PVC)

En este tipo de conexión, se utiliza una silleta de PVC a 45 grados con campana (para unir con anillo) y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector y un codo de 45 grados con espiga y campana para su acoplamiento al albañal con anillo de hule. La silleta se acopla a la atarjea por cementación, o bien, se sujeta por medio de un par de abrazaderas o cinturones de material resistente a la corrosión ; en este segundo caso, la silleta esta provista de un anillo de hule con el que se logra la hermeticidad con la atarjea. Existe la posibilidad de utilizar “Y” reducidas en lugar de silletas, pero se requiere conocer, antes de instalar las atarjeas, donde se conectaran las descargas domiciliarias (ver figura N° 2 -15).

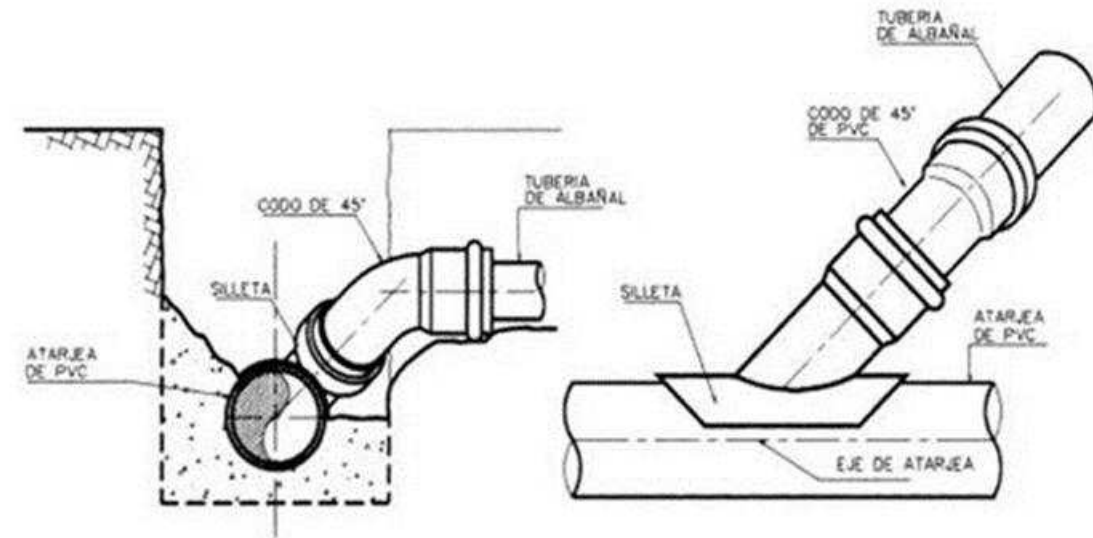


FIGURA N° 2 -15.- DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE PVC

d) En tubería de Polietileno de alta densidad

Se utiliza un “slant” o silleta a 45 grados y un codo a 45 grados. La unión entre el albañal y la atarjea cuando el sistema está seco, se realiza soldando el “slant” (fabricado del mismo material) a la atarjea con soldadura de aporte; cuando el sistema está en operación o el nivel freático está superficial, se debe emplear una silleta de polietileno, la cual se sujeta con una abrazadera. En este caso la silleta se asienta sobre un empaque de neopreno (ver figuras N° 2 -16 a y b).

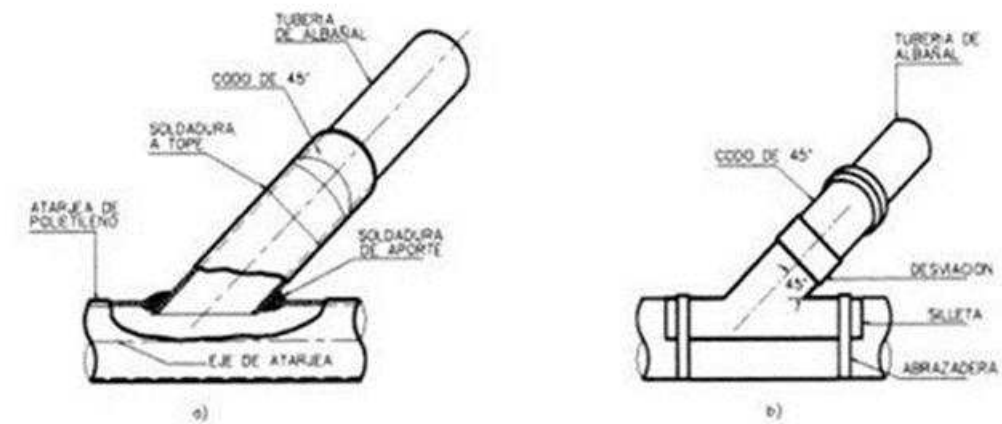


FIGURA N° 2 -16.- DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE POLIETILENO

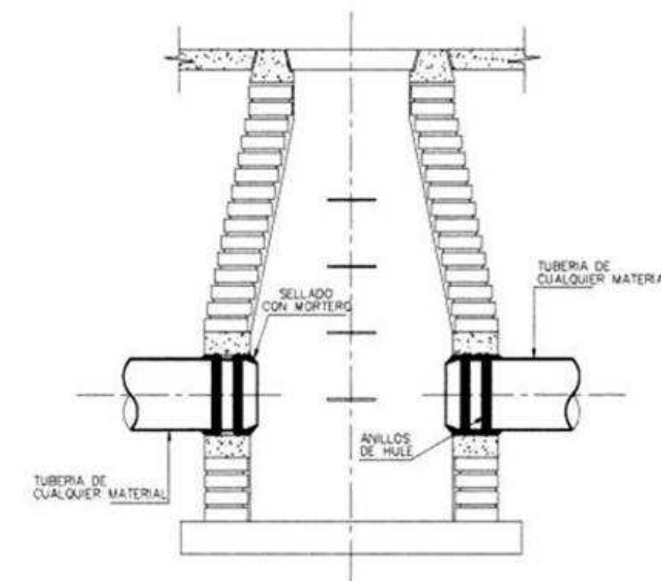
2.2.2.2 Pozos de visita

Son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado. Se utilizan generalmente en la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente y su separación no excederá los 120mts entre ellos. Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita, deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión con la tubería. Pueden ser construidos en el lugar o pueden ser prefabricados, su elección dependerá de un análisis económico.

a) Pozos de visita construidos en el lugar

Se clasifican en: pozos comunes, pozos especiales, pozos caja, pozos caja unión y pozos caja deflexión. Comúnmente se construyen de tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra. Cuando se usa tabique, el espesor mínimo será de 28 cm a cualquier profundidad. Este tipo de pozos de visita se deben aplanar y pulir exteriormente e interiormente con mortero cemento-arena mezclado con impermeabilizante, para evitar la contaminación y la entrada de aguas friáticas; el espesor del aplanado debe ser como mínimo de 1 cm. Además se debe de garantizar la hermeticidad de la conexión del pozo con la tubería, utilizando anillos de hule (ver figura N° 2-17).

FIGURA N° 2 -17.- CONEXIÓN HERMÉTICA DE POZO DE VISITA CON TUBERÍA POZOS COMUNES



Los pozos de visita comunes están formados por una chimenea de tabique de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. La cimentación de estos pozos puede ser de mampostería o de concreto. En terrenos suaves se construye de concreto armado aunque la chimenea sea de tabique. En cualquier caso, las banquetas del pozo pueden ser de tabique o piedra. Todos estos elementos se juntan con mortero cemento-arena. Son suficientemente amplios para darle paso a una persona y permitirle maniobrar en su interior. Un brocal de polietileno de alta densidad o de fierro fundido, cubre la boca. El piso de los pozos de visita comunes, es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos. Una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes del pozo, permite el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema.

Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1.2 m, se utilizan con tubería de hasta 61 cm de diámetro, con entronques de hasta 0.45 m de diámetro y permiten una deflexión máxima en la tubería de 90 grados (ver plano N° 1 anexo 2).

Pozos especiales.

Este tipo de pozos son de forma similar a los pozos de visita comunes (son construidos de tabique y tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior), pero son de dimensiones mayores.

Existen dos tipos de pozos especiales: el tipo 1, presenta un diámetro interior de 1.5 m, se utiliza con tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados (ver plano N° 2); y el tipo 2, el cual presenta 2.0 m de diámetro interior, se usa con diámetros de 1.22 m y entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados (ver plano N° 3 anexo 2).

Pozos caja

Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique similar a la de los pozos comunes y especiales. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, arrancando de éste último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido o de concreto reforzado.

Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen tres tipos de pozos caja: el tipo 1, que se utiliza en tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0.60 m de diámetro; el tipo 2, que se usa en tuberías de 0.76 a 1.22 m de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m de diámetro; y el tipo 3, el cual se utiliza en diámetros de 1.52 a 1.83 m con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m de diámetro.

Pozos caja de unión

Se les denomina así a los pozos caja de sección horizontal en forma de polígono irregular. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen dos tipos de pozos caja unión: el tipo 1, se utiliza en tuberías de hasta 1.52 m de diámetro con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.22 m de diámetro; y el tipo 2, el cual se usa en diámetros de hasta 2.13 m con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.52 m de diámetro.

Pozos caja de deflexión

Se les nombra de esta forma a los pozos caja a los que concurre una tubería de entrada y tienen sólo una de salida con un ángulo de 45 grados como máximo. Se utilizan en tuberías de 1.52 a 3.05 m de diámetro. 7

b) Pozos prefabricados

Este tipo de pozos se entregan en obra como una unidad completa. Su peso, relativamente ligero, asegura una fácil maniobra e instalación.

A continuación, se describen las características de algunos tipos de pozos prefabricados.

Pozos de fibrocemento tipo integral

La estructura de este tipo de pozos prefabricados, está constituida por un tubo, tapa inferior y conexiones de fibrocemento. La profundidad de instalación para un pozo de este tipo es de 5 m, sin embargo, se pueden construir pozos de mayor profundidad, mediante el empleo de un cople con junta hermética (ver figura N° 2 -18).

Los pozos de fibrocemento se conectan a la red de alcantarillado de igual forma que la tubería de fibrocemento (los tubos se conectan a los pozos por medio del sistema de cople con anillo de hule).

Este tipo de pozos están sellados en su base con una tapa de fibrocemento lo que garantiza su hermeticidad. La losa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar. Adicionalmente se puede instalar en el pozo un anillo de hule, que podrá colocarse en el perímetro de la boca del pozo antes de asentar la losa de concreto, el cual sirve para dar hermeticidad al pozo y eliminar las cargas puntuales. El pozo de visita se deberá desplantar sobre una plantilla bien compactada con un espesor mínimo de 10 cm. Donde el nivel freático es alto y existe peligro de subpresión, el pozo de visita se debe asentar sobre una base de concreto para asegurar su posición. Todas las conexiones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones que se proporcionen al fabricante. En general los datos que se requieren son los siguientes:

- Profundidad de las tuberías del nivel del terreno natural al nivel de arrastre, en el sitio del pozo.
- Diámetro de emisor, colectores y atarjeas a conectar.
- Angulo que forman: emisor, colectores y atarjeas de entrada y salida.
- Caídas adosadas, si se requieren.

Los tipos de pozos de visita de fibrocemento integral que se fabrican son los siguientes:

TIPO DE POZO	DIÁMETRO INTERIOR (m)	DIÁMETRO DE TUBERÍA A UNIR (m)
COMÚN	1.20	0.20 a 0.60
ESPECIAL 1	1.50	0.75 a 1.10
ESPECIAL 2	2.00	1.20 a 2.00
CAÍDA ADOSADA	hasta 2.00	0.20 a 0.25

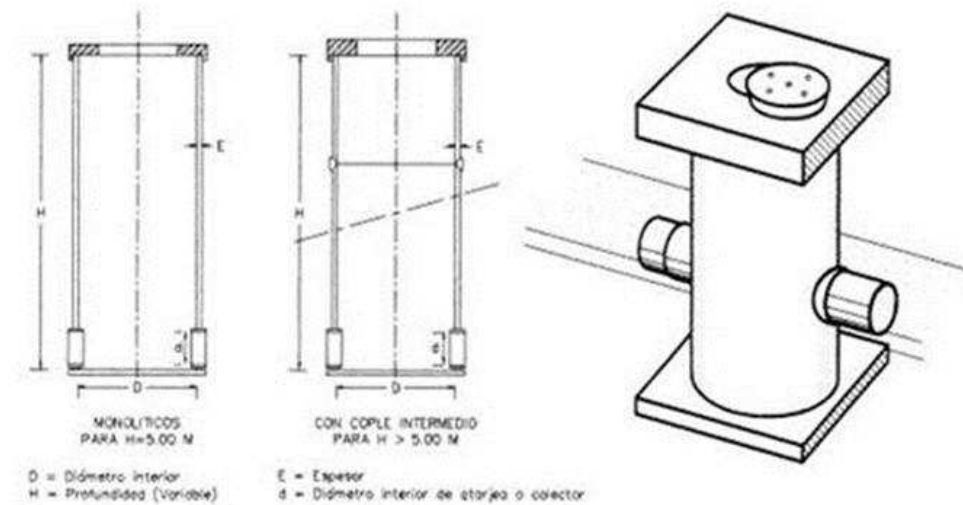


FIGURA Nº 2 -18.- POZO DE VISITA DE FIBROCEMENTO

Pozos de concreto

La estructura de este tipo de pozos, está constituida por un tubo de concreto de altura variable con tapa inferior y un cono concéntrico de 0.6 m de altura y 0.6 m de diámetro superior. La profundidad de instalación para un pozo de este tipo es adaptable a las necesidades del proyecto, ya que se pueden unir dos o más segmentos de tubo de longitud de 2.5 m (acoplados con junta hermética mediante el empleo de anillo de hule).

Este tipo de pozos se fabrican con las preparaciones necesarias para poder conectarse a las tuberías de la red de alcantarillado, mediante el empleo de anillo de hule en las uniones (ver figura N° 2-19).

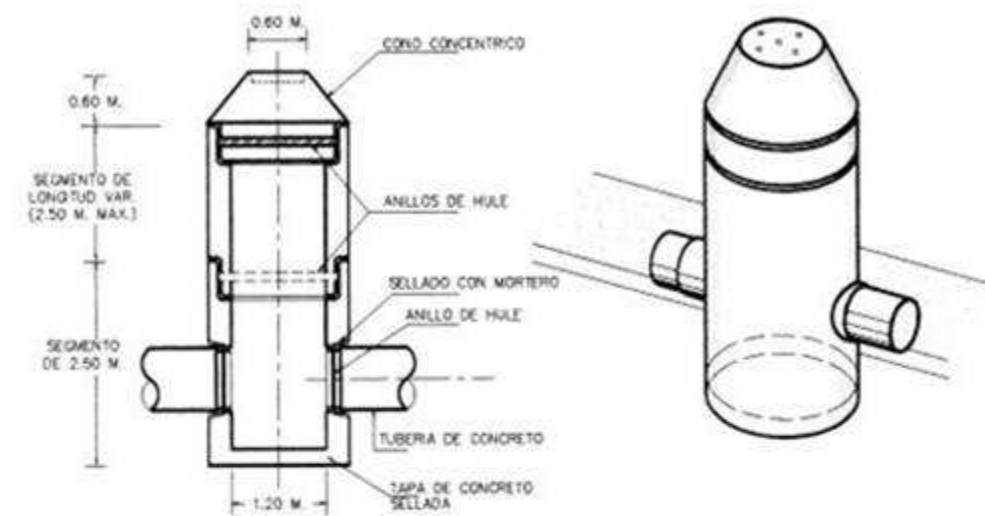


FIGURA N° 2 -19.- POZO DE VISITA DE CONCRETO PREFABRICADO

Los pozos de concreto están sellados en su base con una tapa del mismo material. La tapa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar. El pozo de visita se deberá desplantar sobre una plantilla bien compactada con un espesor mínimo de 10 cm. Donde el nivel freático es alto y existe peligro de supresión, el pozo de visita se debe asentar sobre una base de concreto para asegurar su posición.

Todas las preparaciones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones que se proporcionen al fabricante. En general los datos que requiere el fabricante son los mismos que para los pozos de fibrocemento.

Actualmente se fabrica el pozo de visita común, con un diámetro interior de 1.2 m y se usa para unir tuberías de 0.2 a 0.61 m con entronques de hasta 0.45 m de diámetro.

Otros tipos de pozos

Existen otros tipos de pozos prefabricados, como son los pozos de polietileno y los pozos fibra de vidrio y polyester.

2.2.2.3 Estructuras de caída

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- Caídas libres.- Se permiten caídas hasta de 0.50 m dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.
- Pozos con caída adosada.- Son pozos de visita comunes, a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro con un desnivel hasta de 2.00 m (Ver plano N° 4 anexo 2).
- Pozos con caída.- Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea de tabique, a los cuales en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 0.30 a 0.76 m de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m (Ver plano N° 5 anexo 2).
- Estructuras de caída escalonada.- Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 0.50 en 0.50 m hasta llegar a 2.50 m (cinco tramos) como máximo, que están provistas de dos pozos de visita en los extremos, entre los cuales se construye la caída escalonada; en el primer pozo, se localiza la plantilla de entrada de la tubería, mientras que en el segundo pozo se ubica su plantilla de salida. Este tipo de estructuras se emplean en tuberías con diámetros desde 0.91 hasta de 2.44 m.

2.2.2.4 Sifones invertidos

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos.

En su diseño, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Velocidad mínima de escurrimiento de 1.20 m/s para evitar sedimentos.

- Analizar la conveniencia de emplear varias tuberías a diferentes niveles, para que, de acuerdo a los caudales por manejar, se obtengan siempre velocidades adecuadas. La primer tubería tendrá capacidad para conducir el gasto mínimo de proyecto.
- En el caso de que el gasto requiera una sola tubería de diámetro mínimo de 20 cm, se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 60 cm/s.
- Se deben proyectar estructuras adecuadas (cajas), tanto a la entrada como a la salida del sifón, que permitan separar y encauzar los caudales de diseño asignados a cada tubería.
- Se deben colocar rejillas en una estructura adecuada, aguas arriba del sifón, para detener objetos flotantes que puedan obstruir las tuberías del sifón.

2.2.2.5 Cruces elevados

Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura, generalmente se logra por medio de una estructura que soporta la tubería. La tubería puede ser de acero o polietileno; la estructura por construir puede ser un puente ligero de acero, de concreto o de madera, según el caso.

La tubería para el paso por un puente vial, ferroviario o peatonal, debe ser de acero y estar suspendida del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de las vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en un sitio que permita su protección y su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita.

2.2.2.6 Cruces subterráneos con carreteras y vías de ferrocarril

Para este tipo de cruzamientos, la práctica común es usar tubería de acero con un revestimiento de concreto. En algunos casos el revestimiento se coloca únicamente para proteger a la tubería de acero del medio que la rodea; en otros casos, se presenta la solución en que la tubería de acero es solo una camisa de espesor mínimo y la carga exterior la absorbe el revestimiento de concreto reforzado, en forma de conducto rectangular. El tipo de cruce elegido debe contar con la aprobación de la SCT.

En cruces ferroviarios, una solución factible cuando el diámetro de la tubería de alcantarillado es menor o igual a 30 cm, es introducir la tubería dentro de una camisa formada por un tubo de acero hincado previamente en el terreno, el cual se diseña para absorber las cargas exteriores. Este tipo de cruces deben de construirse de acuerdo a las especificaciones de los FFCC, quienes deben de aprobar el proyecto.

2.2.2.7 Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales

En este tipo de cruzamientos, se debe de tener especial cuidado en desplantar el cruzamiento a una profundidad tal que la erosión de la corriente no afecte a la estabilidad de éste. Este tipo de cruzamiento subterráneo se recomienda hacerlo con tubería de acero, revestida de concreto simple o reforzado según lo marque el diseño correspondiente. Se considera una buena práctica colocar sobre el revestimiento en forma integral un lavadero de concreto que siga las curvas de nivel del cauce, para no alterar el régimen de la corriente. Este revestimiento que se menciona servirá para atracar a la tubería, tanto en columpios como en crestas. En algunas ocasiones cuando no existe el peligro muy marcado de lo que pueda representar la erosión de la corriente, el lavadero de concreto puede sustituirse por otro, construido con material de la región como mampostería de piedra o zampeado de piedra, o bien únicamente esta última, pero colocada en forma suelta con dimensión promedio de 60 cm, pero conservando el diseño de colocar a la tubería dentro del revestimiento de concreto simple o reforzado. La tubería debe ser debidamente anclada por medio de atraques de concreto, para impedir su deslizamiento por socavación del fondo del río o arroyo.

2.2.3 Estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo, son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de aguas negras o tratadas de un determinado punto a otro, para satisfacer ciertas necesidades.

Las instalaciones civiles y electromecánicas básicas de una estación típica de bombeo son las siguientes:

- Cárcamo de bombeo
- Subestación eléctrica
- Equipo de bombeo
- Motor Eléctrico
- Controles Eléctricos
- Arreglo de la descarga
- Equipo de maniobras

2.2.3.1 Cárcamo de bombeo

Un cárcamo de bombeo es una estructura vertical a superficie libre en donde descarga el colector, interceptor o emisor de aguas negras o tratadas y donde se instalan los equipos electromecánicos para elevar el agua al nivel deseado.

Las partes constitutivas de los cárcamos de bombeo son las siguientes:

- a) Canal o tubo de llegada
- b) Transición de llegada
- c) Zona de control y cribado
 - Pantalla
 - Rejillas primarias
 - Desarenador y bombas de lodos
 - Rejillas secundarias
- d) Cámara de bombeo

2.2.3.2 Subestación eléctrica

La subestación eléctrica tiene como función principal, aprovechar la energía eléctrica que proporciona la compañía suministradora y transformarla a las condiciones que requieren los motores para su funcionamiento.

Los elementos constitutivos de una subestación eléctrica se pueden clasificar en principales y secundarios:

Elementos principales:

- Apartarrayos
- Cuchillas desconectoras
- Cuchillas portafusibles
- Interruptor en aceite
- Transformador
- Capacitores
- Tableros
- Transformadores de instrumentos
- Sistema de tierras

Elementos secundarios:

- Cables de potencia
- Cables de control
- Alumbrado
- Estructura
- Herrajes
- Equipo contra incendio

2.2.3.3 Equipo de bombeo

El equipo de bombeo es el elemento encargado de transferir el agua desde el cárcamo de bombeo, hasta el lugar donde se requiera.

Los equipos de bombeo que comúnmente se utilizan para el manejo de aguas negras o tratadas son los siguientes:

- a) Bombas de flujo mixto
- b) Bombas de flujo axial
- c) Bombas inatascables, verticales y sumergibles

Aún cuando se pueden utilizar bombas centrífugas convencionales para bombeo de aguas residuales, existe, en el campo de las bombas centrífugas, un grupo especial de bombas para ésta aplicación, denominadas genéricamente como bombas inatascables, cuyo diseño les permite operar con líquidos conteniendo sólidos de gran tamaño, 25.4 mm. de diámetro (1.0") o más grandes, pastas aguadas abrasivas ó bien aguas negras. Estas bombas pueden ser sumergibles, motor y bomba, o verticales, con motor fuera del cárcamo; ambas son normalmente, de un solo paso con impulsor abierto o semiabierto para bajas cargas y gastos medianos, su instalación es relativamente sencilla porque su diseño incluye la placa de instalación, si son verticales o bien las carcasas incluyen "piernas" para su apoyo en el piso del cárcamo y aparejos, riel y cable, para su arrastre fuera del cárcamo, si son sumergibles. A menos que las condiciones de operación estén fuera del campo de cobertura de este tipo se podrán utilizar otro tipo de bombas, de lo contrario se preferirán las bombas inatascables.

2.2.3.4 Motor eléctrico

El motor eléctrico es el equipo que proporciona la energía motriz para el accionamiento de la bomba.

2.2.3.5 Controles eléctricos

Los controles eléctricos son los dispositivos de mando para arranque y paro de los motores eléctricos, que proveen los elementos de protección del equipo eléctrico para evitar daños, por condiciones anormales en la operación de los motores.

2.2.3.6 Arreglo de la descarga

El arreglo de la descarga de las plantas de bombeo, es un conjunto integrado por piezas especiales de fontanería, dispositivos de apertura y seccionamiento, medición y seguridad que permiten el manejo y control hidráulico del sistema.

2.2.3.7 Equipo de maniobras

Para los requerimientos de equipos de maniobras en las estaciones de bombeo, existen en el mercado diferentes arreglos, capacidades y dimensiones de grúas.

La grúa es un equipo estructurado, formado por un conjunto de mecanismos, cuya función es la elevación y el transporte de cargas, que en plantas de bombeo y/o rebombeo se usan en las siguientes modalidades:

- Elevación y transporte de carga a lo largo de una línea de trabajo.
- Elevación y transporte de carga a través de una superficie de trabajo.

Para cumplir satisfactoriamente con los requerimientos de manipulación de equipos y accesorios, tales como bombas, motores, válvulas, columnas de succión, etc. y trasladarlos a una área de maniobras para enviarlos a reparación y/o mantenimiento y que cubren las dos modalidades descritas, en general se utilizan los siguientes tipos de grúas:

- a) Grúa viajera
- b) Grúa aporticada
- c) Sistema monocarril
- d) Grúa giratoria

3 DISEÑO HIDRÁULICO

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Topografía

El diseño de la red de atarjeas debe adecuarse a la topografía de la localidad, siguiendo alguno de los modelos de configuración de red de atarjeas descritos en el apartado 2.1.1.1. La circulación del agua debe ser por gravedad y las tuberías seguirán, en lo posible, la pendiente del terreno. En el caso de que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, la circulación del agua en la red de atarjeas también deberá ser por gravedad; el agua residual tendrá que recolectarse en un cárcamo de bombeo localizado donde el colector tenga la cota de plantilla mas baja, para después enviarla mediante un emisor a presión, a zonas de la red de atarjeas o colectores, que drenen naturalmente.

3.1.2 Planos

3.1.2.1 Planos topográficos

Plano topográfico actualizado, escala 1:1,000 ó 1:2,000, dependiendo del tamaño, con información producto de nivelación directa. El plano debe tener curvas de nivel equidistantes a un metro y elevaciones de terreno en cruceros y puntos notables entre cruceros, como puntos bajos, puntos altos, cambios de dirección o pendiente.

3.1.2.2 Plano de pavimentos y banquetas

Debe anotarse su tipo y estado de conservación, además, indicar la profundidad del nivel freático, clasificación del terreno en porcentajes del tipo de material por excavar, localizando los sondeos efectuados.

3.1.2.3 Plano actualizado de la red

En el caso que se vaya a desarrollar un proyecto nuevo, una ampliación de la red, colector o subcolector o una rehabilitación de una red existente en cualquiera de sus componentes, se debe indicar la longitud de los tramos de tuberías en metros, sus diámetros en centímetros, la pendiente en milésimas, el material de que están construidas, estado de conservación, elevaciones de los brocales y plantillas de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, identificar las obras accesorias de la red, las estructuras de descarga actual, los sitios de vertido o puntos de conexión y el uso final de las aguas residuales.

3.1.2.4 Plano de agua potable

Información de las áreas con servicio actual de agua potable y de las futuras ampliaciones, con sus programas de construcción; así como las densidades de población y dotaciones para cada una de las etapas de proyecto consideradas.

3.1.2.5 Planos de uso actual del suelo

Se deben localizar las diferentes zonas habitacionales con sus diferentes densidades de población, las zonas comerciales, las zonas industriales, las zonas públicas y las áreas verdes.

3.1.2.6 Plano predial

Se debe definir el número de lotes, su forma y la vialidad a donde pueden descargar las aguas residuales.

3.1.2.7 Plano de uso futuro del suelo

Es necesario identificar los planes de desarrollo de la localidad. En el plano deberán localizarse las áreas que ocuparán en el futuro las diferentes zonas habitacionales con sus nuevas densidades de población, las zonas comerciales, las zonas industriales, las zonas públicas y las áreas verdes.

3.1.3 Gastos de diseño

Para el cálculo de los gastos de diseño en las redes de alcantarillado, se puede consultar el **Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento; 1.1 Datos básicos.**

Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son: Gasto medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario. Los tres últimos se determinan a partir del primero.

El sistema de alcantarillado sanitario, debe construirse herméticamente por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

3.1.3.1 Gasto medio

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. Para calcular el gasto medio, se requiere definir la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en los planos de uso de suelo.

SIMAS

La aportación es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable.

En zonas habitacionales, se adopta como aportación de aguas residuales el 80% de la dotación de agua potable, considerando que el 20% restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas negras en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p \cdot P}{86,400}$$

Donde:

Q_{med} es el gasto medio de aguas negras en lps

A_p es la aportación en litros por habitante al día

P es la población en número de habitantes

86400, son el número de segundos al día

En las localidades que tienen zonas industriales, comerciales o públicas con un volumen considerable de agua residual, se debe obtener el porcentaje de aportación para cada una de éstas zonas, independientemente de las habitacionales.

En función del área y la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p \cdot A}{86,400}$$

Donde:

Q_{med} es el gasto medio de aguas residuales en lps

A_p es la aportación en litros por metro cuadrado al día o litros por hectárea al día

A es el área de la zona industrial, comercial o pública

86400, son el número de segundos al día

TABLA N° 3 -1.- GASTO MÍNIMO DE AGUAS RESIDUALES CON INODOROS DE 16 LITROS.

MATERIAL DE LA TUBERIA							INODORO DE 16 LITROS		
	ACERO		POLIETILENO DE ALTA densidad	PVC (métrico)	PVC (ingles)	No. descargas simultaneas	Aportación por descarga (lps)	Gasto mínimo de aguas negras (lps)	
	diámetro (cm)		diámetro (cm)	diámetro (cm)	diámetro (cm)				
			10	11	10	1	1.5	1.5	
	17		15	16	15	1	1.5	1.5	
	22		20	20	20	1	1.5	1.5	
	27		25	25	25	1	1.5	1.5	
	32		30	31.5	30	2	1.5	3.0	
	36		35		37.5	2	1.5	3.0	
	41		40	40		2	1.5	3.0	
	46		45		45	3	1.5	4.5	
	51		50	50	52.5	4	1.5	6.0	
			55			4	1.5	6.0	
	61		60	63	60	5	1.5	7.5	
			65			6	1.5	9.0	
			70			7	1.5	10.5	
			75			8	1.5	12.0	
			80			9	1.5	13.5	
			81			9	1.5	13.5	
			85			10	1.5	15.0	
			90			12	1.5	18.0	
						15	1.5	22.5	
						17	1.5	25.5	
						23	1.5	34.5	
						25	1.5	37.5	
						28	1.5	42.0	
						30	1.5	45.0	
						32	1.5	48.0	
						35	1.5	52.5	
						38	1.5	57.0	
						41	1.5	61.5	
						44	1.5	66.0	
						47	1.5	70.5	
						57	1.5	85.5	
						74	1.5	111.0	

TABLA Nº 3 -2.- GASTO MÍNIMO DE AGUAS RESIDUALES CON INODOROS DE 6 LITROS.

MATERIAL DE LA TUBERIA							INODORO DE 6 LITROS		
		ACERO diámetro (cm)		POLIETI- LENO DE ALTA densidad diámetro (cm)	PVC (métrico) diámetro (cm)	PVC (ingles) diámetro (cm)	No. descarga s simulta- neas	Aporta- ción por descarga (lps)	Gasto mínimo de aguas negras (lps)
				10	11	10	1	1.0	1
		17		15	16	15	1	1.0	1
		22		20	20	20	1	1.0	1
		27		25	25	25	1	1.0	1
		32		30	31.5	30	2	1.0	2
		36		35		37.5	2	1.0	2
		41		40	40		2	1.0	2
		46		45		45	3	1.0	3
		51		50	50	52.5	4	1.0	4
				55			4	1.0	4
		61		60	63	60	5	1.0	5
				65			6	1.0	6
				70			7	1.0	7
				75			8	1.0	8
				80			9	1.0	9
				81			9	1.0	9
				85			10	1.0	10
				90			12	1.0	12
							15	1.0	15
							17	1.0	17
							23	1.0	23
							25	1.0	25
							28	1.0	28
							30	1.0	30
							32	1.0	32
							35	1.0	35
							38	1.0	38
							41	1.0	41
							44	1.0	44
							47	1.0	47
							57	1.0	57
							74	1.0	74

3.1.3.2 Gasto mínimo

El gasto mínimo es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería. Este valor es igual a la mitad del gasto medio. En las tablas N° 3-1 y N° 3-2, se muestran para las diferentes tuberías que existen en el mercado, valores del gasto mínimo que también pueden ser usados en el diseño de atarjeas. Se observa, en la tabla N° 3 -1, que el límite inferior es de 1.5 lps, lo que significa que en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado, cuando resulten valores de gasto mínimo menores a 1.5 lps, se debe usar éste valor en el diseño. El gasto de 1.5 lps es el que genera la descarga de un inodoro con tanque tradicional de 16 litros. Como actualmente existe una tendencia al uso de muebles de bajo consumo, que utilizan 6 litros por descarga con un gasto promedio de 1.0 lps, se podrá utilizar éste último valor en algunos tramos iniciales de la red, siempre y cuando se asegure que en dichos tramos existen este tipo de muebles sanitarios, tabla N° 3 -2.

3.1.3.3 Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas negras por un coeficiente M, que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon.

$$Q_{\max.\text{inst.}} = M \cdot Q_{\text{med.}}$$

En el caso de zonas habitacionales el coeficiente M está dado por la siguiente fórmula:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes

En tramos con una población acumulada menor de 1,000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8.

Para una población acumulada mayor que 63,454 habitantes, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de ésta cantidad, no sigue la ley de variación establecida por Harmon.



El coeficiente M en zonas industriales, comerciales o públicas presenta otra ley de variación. Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo del caudal de agua residual en las tuberías existentes para determinar sus variaciones reales. De no disponer de ésta información, el coeficiente M podrá ser de 1.5 en zonas comerciales e industriales.

3.1.3.4 Gasto máximo extraordinario

El gasto máximo extraordinario es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de éste gasto se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que se tiene un margen de seguridad para prever los caudales adicionales en las aportaciones que pueda recibir la red.

Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se tiene:

$$Q_{\text{max.ext.}} = C_s \cdot Q_{\text{max.inst.}}$$

Donde:

C_s es el coeficiente de seguridad adoptado
 $Q_{\text{max.inst.}}$ es el gasto máximo instantáneo

En el caso de aportaciones normales el coeficiente C_s será de 1.0; para condiciones extraordinarias, este C_s será de 1.5.

3.1.4 Variables hidráulicas

3.1.4.1 Velocidades

a) Velocidad mínima

La velocidad mínima se considera aquella con la cual no se permite depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo calculado según se indica en el apartado 3.1.3.2. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo éstas condiciones, tenga un valor mínimo de 1.0 cm, en casos de pendientes fuertes y de 1.5 cm en casos normales.

b) Velocidad máxima

La velocidad máxima es el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras. La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la tabla N° 3-3. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario calculado según se indica en el apartado 3.1.3.4.

TABLA N° 3 -3.- VELOCIDADES MÁXIMA Y MÍNIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS.

MATERIAL DE LA TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)	
	MÁXIMA	MÍNIMA
Acero	5.00	0.30
Polietileno	5.00	0.30
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)	5.00	0.30

3.1.4.2 Pendientes

El objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la erosión de las tuberías.

Las pendientes de las tuberías, deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos del apartado anterior y la ubicación y topografía de los lotes a los que se dará servicio.

En los casos especiales en donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas, y se debe hacer un estudio técnico económico de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.

En la tabla N° 3-4 aparecen las pendientes mínimas recomendadas para los diferentes tipos de tuberías. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificación en cada caso.

3.1.4.3 Diámetros

a) Diámetro mínimo

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo en las tuberías debe ser de 20 cm.

b) Diámetro seleccionado

El diámetro seleccionado, estará en función de los apartados 2.2.1, 3.1.3 y 3.1.4, asimismo lo considerado en 3.1.5.

3.1.5 Profundidades de zanjas

3.1.5.1 Profundidad mínima

La profundidad mínima la rigen dos factores:

- Evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas vivas (condiciones de tráfico), mediante un colchón mínimo que es función de la resistencia del tubo. Para definir el colchón mínimo deberá realizarse un análisis de cada caso en particular. Los principales factores que intervienen para definir el colchón mínimo son: material de tubería, tipo de terreno y las cargas vivas probables. En el apartado 8 aparecen los colchones mínimos recomendados para los diferentes materiales y clases de tuberías.
- Permitir la correcta conexión del 100% de las descargas domiciliarias al sistema de alcantarillado, con la consideración de que el albañal exterior, tendrá como mínimo una pendiente geométrica del 10 milésimas y el registro interior más próximo al paramento del predio, tenga una profundidad mínima de 60 cm.

3.1.5.2 Profundidad máxima

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas mayores durante la excavación, de acuerdo con la estabilidad del terreno en que quedará alojada la tubería, variando en función de las características particulares de la resistencia a la compresión o rigidez de las tuberías, haciendo el análisis respectivo en el que se tomará en cuenta el peso volumétrico del material de relleno, las posibles cargas vivas y el factor de carga proporcionado por la plantilla a usar.

En el caso de atarjeas se debe determinar con un estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal con sus albañales correspondientes, y el de la atarjea o atarjeas laterales, "madrinas", incluyendo los albañales respectivos;

no obstante, la experiencia ha demostrado que entre 3.00 y 4.00 metros de profundidad, el conducto principal puede recibir directamente los albañales de las descargas y que a profundidades mayores, resulta mas económico el empleo de atarjeas o red madrina.

3.1.6 Obras accesorias

Como complemento a lo indicado en el apartado 2.2.2, a continuación se resume la información requerida en el diseño hidráulico de la red de alcantarillado.

3.1.6.1 Pozos de visita

a) Clasificación de los pozos de visita fabricados en obra

En la tabla N° 3-5 se indica que tipo de pozo de visita debe construirse, dependiendo del tipo y diámetro de la tubería de salida y del tipo y diámetro de las tuberías que entroncan a 45 ó 90 grados en el pozo.

El número máximo de tuberías que pueden descargar en un pozo de visita son tres y debe existir una tubería de salida.

b) Separación entre pozos de visita

La separación máxima entre los pozos de visita debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Se recomiendan las siguientes distancias de acuerdo con el diámetro.

- En tramos de 20 hasta 61 cm de diámetro, 120 m.
- En tramos de diámetro mayor a 61 cm y menor ó igual a 122 cm, 120 m.
- En tramos de diámetro mayor a 122 cm y menor ó igual a 305 cm, 120 m.

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruces de las calles, como máximo un 10%.

c) Cambios de dirección

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectúan como se indica a continuación:

Si el diámetro de la tubería es de 61 cm o menor, los cambios de dirección son hasta de 90 grados, y deben hacerse con un solo pozo común.

Si el diámetro es mayor de 61 cm y menor o igual que 122 cm, los cambios de dirección son hasta 45 grados, y deben hacerse con un pozo especial.

Si el diámetro es mayor de 122 cm y menor o igual a 305 cm, los cambios de dirección son hasta 45 grados, y deben hacerse en un pozo caja de deflexión.



Si se requieren dar deflexiones mas grandes que las permitidas, deberán emplearse el número de pozos que sean necesarios, respetando el rango de deflexión permisible para el tipo de pozo.

3.1.6.2 Estructuras de caída

a) Caídas libres

En pozos de visita común, especial 1 o especial 2, la caída libre es hasta de 50 cm para tuberías hasta de 25 cm de diámetro. En éste caso, la caída libre se mide de la plantilla del tubo de llegada a la clave del tubo de salida.

En pozos común o especial 1, con tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm de diámetro, la caída libre es de hasta un diámetro (el mayor). En éste caso la caída libre se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

b) Caídas adosadas (CA)

Esta estructura se construye sobre tuberías de entrada hasta de 25 cm de diámetro, con caídas hasta 200 cm, y se adosa a pozos común, especial 1 o especial 2. En éste caso, la caída se mide de la clave del tubo de entrada a la clave del tubo de salida.

c) Pozos con caída (CP)

Se construyen sobre tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm de diámetro; no admiten entronques y la caída es hasta de 150 cm. En éste caso, la caída se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

d) Caída escalonada (CE)

Se construyen sobre tuberías de entrada y salida mayores de 76 cm de diámetro ; no admiten entronques y la caída es hasta de 250 cm. En éste caso, la caída se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

En la tabla N° 3-6 se indica que tipo de caída debe construirse dependiendo del diámetro de la tubería y cual es la altura máxima que debe tener dicha caída.

TABLA N° 3 -6.- TIPOS DE ESTRUCTURAS DE CAÍDA.

TIPO DE CAÍDA.	DIÁMETROS (cm)	ALTURA DE LA CAÍDA (cm)
Libre en pozos común, especial 1 o especial 2.	diámetro de entrada 20 a 25	50
Caída adosada a pozos común, especial 1 o especial 2	diámetro de entrada 20 a 25	200
Libre en pozo común o especial 1	diámetro de entrada y salida 30 a 76	un diámetro (el mayor)
Pozo con caída	diámetro de entrada y salida 30 a 76	150
Estructura de caída escalonada	diámetro de entrada y salida mayor de 76	250

(*).- La altura de la caída para cada caso, se calcula siguiendo las indicaciones de los párrafos anteriores.

3.1.6.3 Sifones invertidos

En el anexo N° 1 se presenta un ejemplo de cálculo hidráulico de un sifón invertido utilizando las fórmulas de continuidad y Manning.

3.1.7 Conexiones

Desde el punto de vista hidráulico se recomienda que en las conexiones, se igualen los niveles de las claves de los conductos por unir. Con este tipo de conexión, se evita el efecto del remanso aguas arriba.

Atendiendo a las características del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías, haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de diámetro diferente. En la tabla N° 3-7 aparecen según el tipo y diámetro de la tubería, las limitaciones para las conexiones a ejes o a plantillas.

En la figura N° 3-1 se ilustra las conexiones clave con clave, plantilla con plantilla y eje con eje.

3.2 DISEÑO HIDRÁULICO

3.2.1 Fórmulas para el diseño

En la red de atarjeas, en las tuberías, solo debe presentarse la condición de flujo a superficie libre. Para simplificar el diseño, se consideran condiciones de flujo establecido.

La fórmula de continuidad para un escurrimiento continuo permanente es:

$$Q = V \cdot A \quad (1)$$

Donde:

Q es el gasto en m³/s
V es la velocidad en m/s
A es el área transversal del flujo en m²

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1.49}{n} \cdot r_h^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2)$$

Donde:

V es la velocidad en m/s
r_h es el radio hidráulico, en m
S es la pendiente del gradiente hidráulico, adimensional
n es el coeficiente de fricción

El radio hidráulico se calcula con la siguiente fórmula:

$$r_h = \frac{A}{P_m} \quad (3)$$

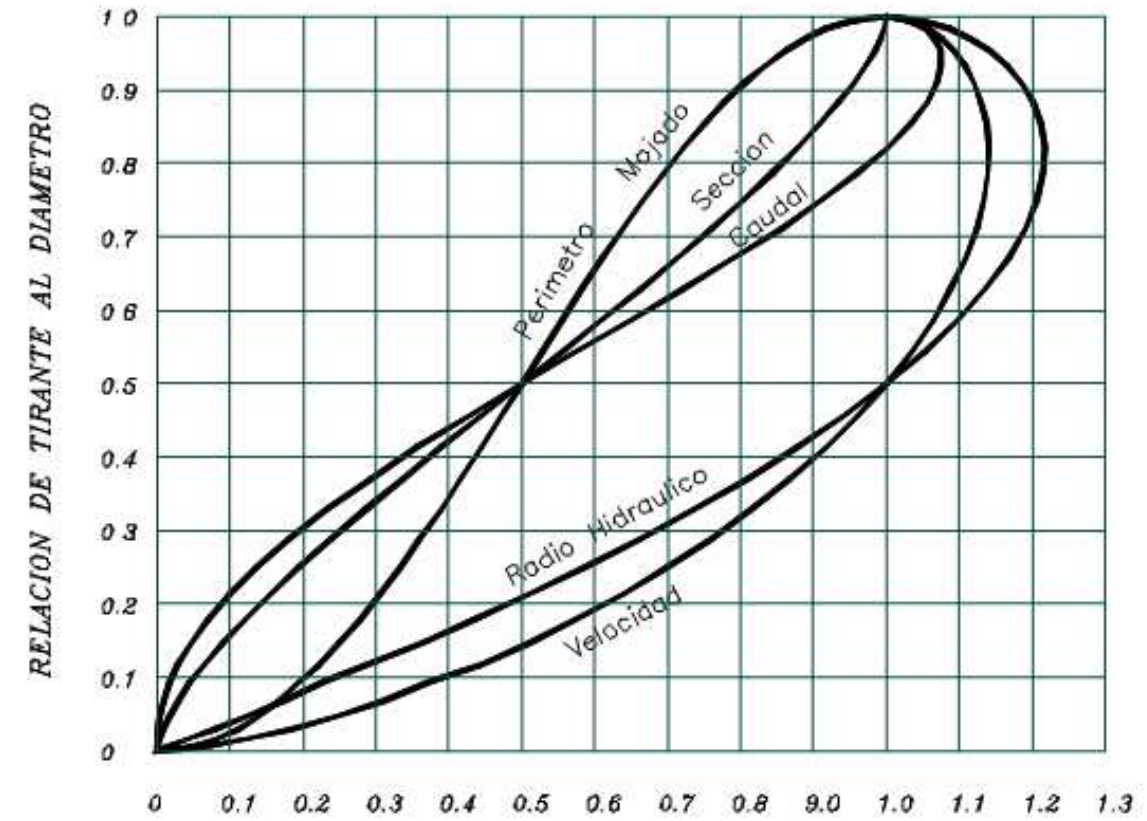
Donde:

A es el área transversal del flujo, en m²
P_m es el perímetro mojado, en m

En la gráfica N° 3-1, se presentan las relaciones hidráulicas y geométricas para el cálculo de la red de alcantarillado usando secciones circulares.

SIMAS

GRAFICA Nº 3 -1.- ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE LA SECCIÓN CIRCULAR.



RELACION ENTRE EL CAUDAL DADO Y EL CAUDAL A SECCION PLENA

El coeficiente de fricción n , representa las características internas de la superficie de la tubería, su valor depende del tipo de material, calidad del acabado y el estado de conservación de la tubería, en la tabla Nº 3 -8 se dan los valores de n para ser usados en la fórmula de Manning.

TABLA Nº 3 -8.- COEFICIENTE DE FRICCIÓN n (Manning).

MATERIAL	COEFICIENTE n
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Polietileno de alta densidad.	0.009
PVC	0.009

Para el cálculo de los elementos geométricos de secciones circulares que trabajan parcialmente llenas se pueden usar las siguientes fórmulas:

$$\theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left(1 - \frac{d}{r} \right) \quad (4)$$

$$d = r \left(1 - \frac{\cos \theta}{2} \right) \quad (5)$$

$$P_m = \frac{\pi \cdot D \cdot \theta}{360} \quad (6)$$

$$r_h = r \left[1 - \frac{360 \cdot \sin \theta}{2 \pi \theta} \right] \quad (7)$$

$$A = r^2 \cdot \left[\frac{\pi \theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right] \quad (8)$$

Donde:

- d es el tirante hidráulico, en m
- D es el diámetro interior del tubo, en m
- A es el área de la sección transversal del flujo, en m²
- P_m es perímetro mojado, en m
- r_h es el radio hidráulico, en m
- θ es el ángulo en grados

3.2.2 Metodología para el diseño hidráulico

3.2.2.1 Planeación general

El primer paso consiste en realizar la planeación general del proyecto y definir las mejores rutas de trazo de los colectores, interceptores y emisores, apartado 2.1.2, considerando la conveniencia técnico - económica de contar con uno o varios sitios de vertido, con sus correspondientes plantas de tratamiento, siendo lo mas recomendable el tener un solo sitio de vertido; es aconsejable realizar estos trabajos en planos escala 1:10,000. Con base en los ingresos y egresos incrementales producto de la realización de cada una de las alternativas de proyecto, deberá evaluarse el nivel de rentabilidad de cada una de ellas, seleccionando la alternativa que resulte técnica y económicamente mas rentable.

La circulación del agua en la red de atarjeas, colectores e interceptores debe ser por gravedad, sin presión. En el caso en que existan en la localidad zonas con topografía plana, la circulación en los colectores e interceptores también deberá ser por gravedad; el agua tendrá que colectarse en un cárcamo de bombeo localizado en el punto mas bajo de esta zona, para después enviarla mediante un emisor a presión, a colectores o interceptores que drenen naturalmente.

En ésta etapa del proyecto es necesario calcular de forma general los gastos de proyecto de la red de alcantarillado, apartado 3.1.3 y contar con una visión general del drenaje natural que tiene el área de proyecto basándose en el plano topográfico, apartado 3.1.2.

3.2.2.2 Definición de áreas de proyecto

Con los planos topográficos, de uso del suelo y de agua potable, apartado 3.1.2, se procede a definir las áreas de la población que requieren proyecto y las etapas de construcción, inmediata y futura, basándose en el proyecto de la red de distribución de agua potable y los requerimientos propios del proyecto de la red de alcantarillado sanitario.

3.2.2.3 Sistema de alcantarillado existente

En los casos en que se cuente con tubería existente, apartado 3.1.2.3, se hace una revisión detallada eligiendo los tramos aprovechables por su buen estado de conservación y capacidad necesaria, los que se toman en cuenta en el proyecto total como parte de él, modificando ó reforzando la tubería que lo requiera.

3.2.2.4 Revisión hidráulica de la red existente

Los resultados anteriores se utilizan para analizar la red de atarjeas y en caso necesario se modifica o adiciona otra alternativa hasta que el conjunto red de atarjeas - colectores, interceptores y emisores - tratamiento presente la mejor solución técnica y económica.

3.2.2.5 Proyecto

El primer paso del proyecto consiste en efectuar el trazo de la red de atarjeas, en combinación con los trazos definidos para los colectores y emisores, apartado 2.1.1.1. Se analizan las alternativas de trazo y combinaciones que sean necesarias, de acuerdo a las condiciones particulares de la zona que se estudie, con objeto de seleccionar la alternativa de la mejor combinación técnica y económica.

Una vez definido el trazo mas conveniente, se localizan los pozos de visita de proyecto, respetando la separación entre pozos definida en el apartado 3.1.6.1.b . Deben colocarse pozos de visita en todos los entronques y en donde haya cambio de dirección o de pendiente de la tubería, en el caso de tramos con longitudes muy grandes, se colocan pozos intermedios.

3.3 RED DE ATARJEAS

El diseño hidráulico de una red de atarjeas se realiza tramo por tramo, iniciando en las cabezas de atarjeas y finalizando en el entronque con los colectores.

Para determinar los gastos de diseño de un tramo de la red, se deben ejecutar los siguientes pasos:

- Obtener el área total de la zona de influencia del tramo que se analiza, dividida en los diferentes usos del suelo que se presenten. En general los usos del suelo se dividen en comercial, industrial, público y habitacional; este último también se diferencia en popular, medio y residencial.
- Para cada uno de los usos del suelo se obtiene la densidad de proyecto y la dotación de agua potable. Estos datos se pueden obtener del proyecto de agua potable (en caso de que exista) o del estudio de factibilidad correspondiente.
- Para cada uno de los usos del suelo se obtienen los gastos de diseño siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 3.1.3.
- Los gastos de diseño, estarán dados por la suma de los gastos de diseño de los diferentes usos de suelo del área de influencia y los propios del tramo que se analiza.

Una vez calculados los gastos de diseño de la red de atarjeas, se selecciona el material, clase, diámetro, pendiente y elevaciones de plantilla de las tuberías, tramo por tramo, revisando el funcionamiento hidráulico del tramo bajo dos condiciones: a gasto mínimo y a gasto máximo extraordinario.

En cualquiera de los casos, la selección del diámetro se hará aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre, no deberá ser menor al diámetro del tramo anterior y deberá satisfacer todas las limitantes expresadas en los apartados 2.2.1, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6 y 3.1.7.

Para el cálculo de las variables hidráulicas permisibles a tubo lleno o a tubo parcialmente lleno, se emplean las fórmulas para el diseño descritas en el apartado 3.2.1. La metodología es la siguiente:

- Una vez seleccionado el material, clase, diámetro y pendiente del tramo, se calcula la velocidad y el gasto a tubo lleno empleando las fórmulas (2) y (1).
- Con el gasto mínimo y el gasto máximo previsto se calculan las variables hidráulicas a tubo parcialmente lleno. El procedimiento es el siguiente:
- Con la relación de gasto mínimo entre gasto a tubo lleno y con ayuda de la gráfica N° 3-1 se obtiene la relación del tirante al diámetro.

- Con la relación de gasto máximo extraordinario entre gasto a tubo lleno y con ayuda de la gráfica N° 3 -1 se obtiene la relación del tirante al diámetro.
- La relación del tirante al diámetro se multiplica por el diámetro y se obtiene el tirante hidráulico d para cada caso.
- Con las fórmulas (4), (7) y (8), se calculan las variables hidráulicas ángulo θ , radio hidráulico y área a tubo parcialmente lleno para cada caso.
- Con las variables hidráulicas a tubo parcialmente lleno, calculadas en el paso anterior y con la ecuación (2), se calcula la velocidad a tubo parcialmente lleno para cada caso.

Las variables hidráulicas que deben de estar dentro de los rangos permisibles son la velocidad a gasto mínimo, la velocidad a gasto máximo extraordinario, el tirante a gasto mínimo y el tirante a gasto máximo extraordinario. Ver apartado 3.1.4.1.

3.4 COLECTORES, SUB COLECTORES E INTERCEPTORES

El diseño hidráulico se realiza en forma análoga al de la red de atarjeas véase apartado 3.3. Se obtienen los gastos de diseño de cada tramo de los colectores, subcolectores e interceptores, y se calculan los diámetros, pendientes y elevaciones de plantilla de las tuberías tramo por tramo.

3.5 EMISORES

Los emisores pueden trabajar a gravedad sin presión ó a presión dependiendo de las condiciones particulares del proyecto.

3.5.1 Emisores a gravedad

Los emisores que trabajan a gravedad pueden ser tuberías

En el caso de que el espejo del agua del cuerpo receptor tenga variaciones tales que su nivel máximo tienda a producir un remanso en el emisor, se debe revisar la longitud de influencia de éste para que no se vean afectadas las estructuras aguas arriba.

La metodología para el diseño hidráulico es la misma que se emplea para el diseño de hidráulico de colectores e interceptores, véase apartado 3.4, debiéndose tomar en cuenta lo siguiente para determinar los gastos diseño.

3.5.1.1 Gastos de diseño

Los cálculos de los gastos de diseño para emisores a gravedad, tienen dos modalidades:

- a) Cuando el emisor conduce el caudal de aguas negras, de la red de atarjeas a la planta de tratamiento.



El gasto de diseño del emisor será el gasto mínimo y el gasto máximo extraordinario de su área de influencia, calculado según se indica en el apartado 3.1.3.

b) Cuando el emisor conduce el caudal de aguas tratadas de la planta de tratamiento a la descarga.

El gasto de diseño del emisor será el gasto mínimo y el gasto máximo instantáneo, del área de influencia que drene a la planta de tratamiento, calculado según se indica en el inciso 3.1.3.

En el caso, que la capacidad de la planta de tratamiento de aguas negras no esté diseñada con el gasto máximo instantáneo, deberá investigarse el gasto de diseño, y con éste, deberá diseñarse el emisor que conducirá el efluente de la planta a la descarga.

3.5.2.- Emisores a presión

3.5.2.1 Diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas

Para el diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas, se puede consultar el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en los temas 4.1 Diseño de instalaciones mecánicas, 4.2 Diseño de instalaciones eléctricas, 4.3 Selección de equipo electromecánico.

Los dos primeros volúmenes cubren los criterios y normas actuales aplicables para obtener en los diseños de las instalaciones mecánicas y eléctricas una mayor eficiencia y el tercer volumen sirve de apoyo para la selección de equipos en las instalaciones electromecánicas en sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

3.5.2.2 Diseño de la tubería a presión

Para el diseño de la tubería a presión, se recomienda utilizar la fórmula de Darcy - Weisbach y se puede consultar el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en los temas : Datos básicos y Conducción.

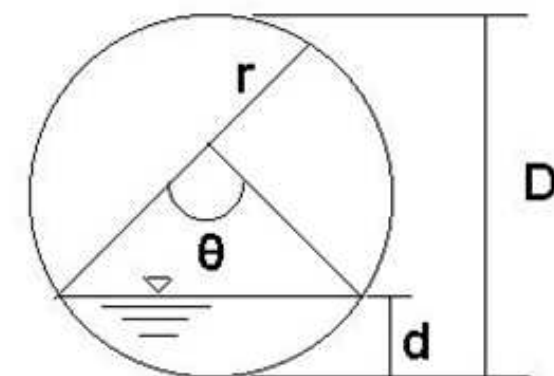


FIGURA N° 3.2.- CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE UNA TUBERÍA



- d = Tirante hidráulico, m
- D = Diámetro interior del tubo, m
- A = Área de la sección transversal del flujo, m²
- P_m = Perímetro mojado, m
- R_h = Radio hidráulico, m
- θ = Ángulo en grados

-

4.2.5 Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción

Las aguas residuales tratadas también se utilizan para recarga de aguas subterráneas. Puede hacerse mediante pozos de absorción o depósitos de repartición, que permitan a las aguas infiltrarse y llegar a los mantos subterráneos, o bombearse hasta los estratos acuíferos que alimentan los pozos. Los estudios de geohidrología del lugar definirán la posibilidad de proyectar este tipo de descarga, además de considerar el adecuado tratamiento de las aguas residuales. Este tipo de obras no son aprobadas para situarlas en el área Urbana y Rural de esta localidad.

5 HERMETICIDAD

5.1 NORMATIVA

Con el objeto de evitar la contaminación de los mantos acuíferos y suelos por fallas en las juntas de las tuberías, o incorporaciones de elementos extraños al sistema de alcantarillado sanitario que provocan riesgos y alteran sus condiciones de funcionamiento, se ha establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CNA-1995 para sistemas de alcantarillado sanitario, en la cual se establecen características, especificaciones y métodos de prueba de hermeticidad.

Esta Norma, establece las condiciones de hermeticidad que deben cumplir los sistemas de alcantarillado sanitario que trabajen a superficie libre. Es de observancia obligatoria para los responsables del diseño e instalación de los sistemas de alcantarillado sanitario y los fabricantes de los componentes de los sistemas de alcantarillado sanitario de manufactura nacional y extranjera que se comercialicen dentro del territorio nacional.

5.1.1 Especificaciones

A continuación se hace una descripción de las principales especificaciones de la norma.

5.1.1.1 Generales

El conjunto de elementos que conforman el sistema de alcantarillado sanitario (descargas domiciliarias, tuberías y pozos de visita), debe garantizar su estanqueidad y hermeticidad, tanto hacia el exterior como al interior (infiltraciones), cumpliendo con las pruebas de fábrica establecidas en las normas del producto.

5.1.1.2. Elementos

En las tuberías, juntas, accesorios y descarga domiciliarias que se señalan a continuación, se utilizarán como mínimo, las características, especificaciones y métodos de prueba que se establecen en la Norma Mexicana correspondiente.

a) Tuberías

De poli(cloruro de vinilo) (PVC)

Para los tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante , con junta hermética de material elastomérico, lo correspondiente en las normas NMX -E-211/1 para sistema inglés, NMX -E-215/1 para sistema métrico y NMX -E-222 para tubos de pared estructurada longitudinalmente.

Para las conexiones de poli(cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante, con junta hermética de material elastomérico, lo señalado en la Norma NMX -E-211/2 para sistema inglés y NMX -E-215/2 para sistema métrico.

De polietileno de alta densidad (PEAD)

En los tubos de polietileno de alta densidad con unión por termofusión, corresponde lo indicado en la Norma NMX-E-216.

b) Juntas

Las juntas en la tubería deben ser herméticas, independientemente del material de que se trate.

En tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC) se deben utilizar anillo de hule tipo II, siguiendo como mínimo, las características, especificaciones y métodos de prueba que se señalan en la Norma NMX-E-111.

c) Accesorios

Para los pozos de visita prefabricados se utilizarán como mínimo, las características, especificaciones y métodos de prueba que se señalen en la norma de producto correspondiente.

d) Descargas domiciliarias

Para los elementos que conforman la descarga domiciliaria se utilizarán como mínimo, lo indicado en la norma de producto correspondiente.

5.1.1.3 De instalación

Los que tengan a su cargo los sistemas de alcantarillado sanitario, son los responsables de la correcta aplicación de las especificaciones de construcción que se hayan establecido en el contrato para asegurar la hermeticidad del sistema de alcantarillado y su correcta funcionalidad.

Terminada la instalación de un tramo y sus pozos de visita extremos, se procederá a realizar la prueba de hermeticidad como se indica en el capítulo 5.2. El informe de estas pruebas debe ser

presentado a la entidad encargada de vigilar la presente Norma, por una unidad de verificación acreditada.

5.2 PRUEBAS

5.2.1 Prueba de hermeticidad en campo

5.2.1.1 En tuberías y Descargas Domiciliarias

Se debe probar en campo la hermeticidad de la tubería instalada sometiéndola a una presión hidrostática de 0.05 MPa (0.5 kgf/cm²), así también para el caso de las conexiones de descargas domiciliarias se debe garantizar hermeticidad en la unión entre la atarjea y el albañal domiciliario, sometiendo a una presión hidrostática de 0.05 MPa (0.5 kgf/cm²). Siguiendo el método establecido en el apartado 5.2.2.

Cuando los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario consideren factible la ejecución de la prueba neumática, ésta se podrá aplicar para tuberías de diámetros nominales que no excedan de 630 mm. y para descargas domiciliarias en diámetros nominales que no excedan de 450 mm. Considerando una presión neumática de 0.03 MPa (0.3 kgf/cm²), siguiendo el método descrito en el apartado 5.2.3.

5.2.1.2 En accesorios

Los pozos de visita comunes, los especiales, de caja y con caída adosada, deben asegurar hermeticidad en la unión con las tuberías y estanqueidad en toda la estructura, sometiendo a una carga hidráulica equivalente a la altura que se tenga a nivel brocal, siguiendo el método descrito en el apartado 5.2.3.

5.2.2. Prueba hidrostática

5.2.2.1 En tuberías y descargas domiciliarias

Para verificar la hermeticidad de la instalación, los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario deben aplicar el siguiente método de prueba.

La prueba se debe llevar a cabo en la tubería y en tramos comprendidos entre dos pozos de visita, asegurando su posición, esto es, cubriendo la tubería con material de relleno (centros) y dejando descubiertas sus juntas.

La prueba en las descargas domiciliarias se llevará a cabo individualmente, seccionando en tramos o entre dos pozos de visita cuando esto sea posible, asegurando la posición del albañal exterior y dejando descubiertas sus juntas y la junta albañal - atarjea.



Todas las incorporaciones a la línea por probar, incluyendo las descargas domiciliarias (cuando existan), deben ser selladas herméticamente y aseguradas de tal manera que no se tengan deslizamientos durante la prueba.

Las tuberías o descargas domiciliarias (Albañal exterior) deben ser llenadas lentamente con agua, de manera que se pueda expulsar el aire acumulado en la parte superior, por lo que el llenado debe ser a partir de los puntos más bajos de la tubería, para asegurar que el aire contenido sea expulsado por el punto más alto.

Las tuberías o descargas domiciliarias (Albañal exterior) deben ser prellenadas con los tiempos especificados en la tabla N° 5 -1, de acuerdo al material de la tubería.

Después del tiempo de prellenado y antes de iniciar la medición del tiempo de prueba, se debe alcanzar una presión manométrica de 0.05 MPa (0.5 kgf/cm²). Si el tiempo de prellenado es de una hora, dicha presión debe mantenerse durante 15 minutos previos al inicio de la prueba. La lectura estará referida al centro del diámetro de la tubería y en el punto más bajo del tramo de prueba.

La presión de prueba de 0.05 MPa (0.5 kgf/cm²) debe ser mantenida durante 15 minutos, si es necesario agregando constantemente la cantidad de agua requerida para sustituir el volumen absorbido. En este caso la cantidad de agua agregada debe ser medida.

La base para calcular la cantidad admisible de agua por agregar es el diámetro interno de la tubería. En el caso de tuberías de concreto simple o concreto reforzado, las manchas de humedad en la pared del tubo debido a la saturación inicial no necesariamente indican falta de estanqueidad (hermeticidad).

Si el junteo de la tubería o albañal exterior es defectuoso, los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario deben determinar con sus propios medios, el origen de la(s) fuga(s) o trabajos defectuosos y repararlos.

TABLA 5 -1.- VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO AL MATERIAL DE LA TUBERÍA.

Material de la tubería	Diámetro nominal (mm)	Tiempo de prellenado (horas)	Agua agregada en L/m2 de superficie interna mojada	Presión de prueba MPa (kgf/cm ²)
Plástico (PVC y PEAD)	Todos los diámetros nominales	1	0.02	0.05 (0.5)

El tramo o descargas domiciliarias se volverá a probar hasta alcanzar los requerimientos de esta prueba. Si el tiempo transcurrido entre la ejecución de una prueba y otra es superior a 24 horas, la tubería o descargas domiciliarias deberá ser saturada nuevamente.

La cantidad de agua permisible por agregar, así como el tiempo de prellenado, está dado en la tabla N° 5 -1 para cada material de la tubería.

La línea de alcantarillado o descarga domiciliaria, se considera hermética si el agua agregada durante los 15 minutos del período de prueba no excede el valor dado en la tabla N° 5 -1.

5.2.2.2 En accesorios (pozos de visita)

La prueba se debe llevar a cabo en pozos de visita contruidos o instalados (prefabricados) en obra y con la conexión de las tuberías que se unen al pozo.

Las líneas conectadas al pozo de visita se deben bloquear herméticamente con tapones, de forma tal que se garantice que no sean un punto de fuga.

Los pozos prefabricados de concreto o de fibrocemento, los fabricados en el sitio de concreto o mampostería, o de cualquier otro material que cumpla con una norma emitida por una institución acreditada, se deben mantener llenos de agua hasta el nivel de brocal con 24 horas de anticipación a la prueba, con objeto de garantizar su saturación.



Los pozos de visita se deben probar con una presión hidrostática equivalente a la altura que se tenga a nivel de su brocal, esta carga hidráulica se debe mantener durante un tiempo mínimo de 15 minutos, si es necesario agregando constantemente la cantidad de agua requerida para sustituir el volumen absorbido. La cantidad de agua agregada debe ser medida.

En el caso de pozos de concreto o de fibrocemento prefabricados, o fabricados en el sitio de concreto y/o mampostería, las manchas de humedad en la pared debidas a la saturación inicial, no necesariamente indican falta de estanquidad.

Si al término de la prueba el volumen de agua sobrepasa el límite permisible, los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario deben determinar, con sus propios medios, el origen de la(s) fugas(s) o trabajos defectuosos y proceder a repararlos. El pozo se volverá a probar hasta alcanzar los requerimientos de esta prueba.

El pozo se considera hermético si el agua agregada durante la prueba no excede el valor que resulte de la siguiente expresión.

$$V = 4 \Phi h$$

donde:

V = Volumen permitido por agregar en una hora (litros por hora)

Φ = Diámetro de la base del pozo de visita (metros)

h = Carga hidráulica (metros)

El volumen (V) resultante de esta expresión debe ser directamente proporcional al tiempo de la prueba.

5.2.3 Prueba neumática (a baja presión)

Este método de prueba implica operaciones peligrosas por el riesgo de explosividad, más no especifica las medidas de seguridad necesarias para su aplicación. Es responsabilidad del ejecutor y del supervisor establecer procedimientos apropiados de seguridad, así como el equipo de protección para su uso.

La prueba se debe llevar a cabo en tuberías con diámetro nominal de hasta 63 cm, asegurando su posición con material de relleno y dejando descubiertas las juntas (centros) de la tubería, la prueba deberá desarrollarse en tramos comprendidos entre dos pozos de visita.

Los tapones deben ser instalados de manera que se prevengan los reventamientos, ya que la expulsión repentina de una conexión mal instalada es peligrosa, por ello, se recomienda que todas las conexiones se instalen y atraquen adecuadamente contra la pared del pozo y registro y que no se utilicen presiones mayores de 0.06 MPa (0.6 kgf/cm²).

Todo equipo de presión utilizado en la prueba debe tener un regulador y una válvula de alivio calibrada a 0.06 MPa (0.6 kgf/cm²) para evitar la sobrepresión y con ello el desplazamiento de los tapones o el reventamiento de la tubería. Como medida precautoria la presión en el tramo de prueba debe monitorearse para asegurar que en ningún momento se exceda dicha presión.

Después de que la tubería ha sido instalada entre dos pozos de visita con un relleno para su empotramiento (centros), los tapones serán colocados y asegurados en cada pozo y registro.

Es aconsejable probar los tapones en todas las conexiones antes de iniciar la prueba, esto puede hacerse en un tramo de tubería sin instalar, sellando sus extremos con los tapones por revisar, se presuriza a 0.06 MPa (0.6 kgf/cm²) y los tapones no se deberán mover. No debe haber personas en el alineamiento de la tubería durante la prueba.

Se recomienda colocar primero el tapón del extremo aguas arriba del tramo, para impedir que el agua penetre y se acumule en la línea de prueba. Esto es importante cuando se tienen altos niveles de aguas freáticas.

Se inspeccionará visualmente la tubería adyacente al pozo, para detectar cualquier falla de cortante por ajustes entre el pozo y la tubería. Un punto de fuga probable se encuentra en el acoplamiento de la tubería con el pozo, este defecto puede no ser visible, y por tanto no ser evidente en la prueba de aire.

El aire se introduce lentamente hasta alcanzar 0.03 MPa (0.3 kgf/cm²) por encima de la carga de agua producida por el nivel freático sobre la tubería en su caso, pero no mayor de 0.06 MPa (0.6 kgf/cm²).

Una vez alcanzada la presión establecida, se regula el suministro de aire para mantener la presión interna por lo menos dos minutos, este tiempo permite que la temperatura del aire que entra se iguale con la de las paredes de la tubería.

SIMAS

Cuando la temperatura se ha igualado y la presión se ha estabilizado, la manguera de suministro de aire se desconectará, o la válvula de control se cerrará y se iniciará el conteo del tiempo con un cronómetro.

Para determinar la aceptabilidad de la prueba se usa un tiempo predeterminado para una caída de presión especificada, generalmente de 0.007 MPa (0.07 kgf/cm²), no obstante, se pueden especificar otros valores, siempre que los tiempos requeridos se ajusten adecuadamente.

Se puede aceptar una caída de presión de 0.0035 MPa (0.035 kgf/cm²), en lugar de 0.007 MPa (0.07 kgf/cm²), entonces los tiempos de prueba requeridos para ésta deben ser divididos entre dos.

7 ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Para ilustrar los procedimientos indicados anteriormente, se presenta un ejemplo de diseño hidráulico de una red de alcantarillado.

7.1 PLANOS TOPOGRÁFICOS

7.1.1 Plano topográfico

Para realizar el proyecto de alcantarillado sanitario se requiere un plano topográfico escala 1 :1000 ó 1 :2000 con información producto de una nivelación directa o con estación total, de cualquier forma utilizara coordenadas UT Masi como el marcar en campo y en este plano la ubicación y coordenada en X, Y y Z del mismo. El plano debe tener curvas de nivel equidistantes a un metro y elevaciones de terreno en cruces y puntos notables (bajos, altos y cambios de pendiente).

7.1.2 Plano de pavimentos y banquetas

Por tratarse de un proyecto nuevo de urbanización, las tuberías se instalarán antes de los trabajos de pavimentación.

En el plano que corresponde a la topografía, se localizan los sondeos efectuados con los cuales se clasificó el terreno en porcentajes de tipo de material por excavar.

7.1.3 Plano de red existente

En el caso de existir zonas con servicio de alcantarillado sanitario, es necesario contar con un plano actualizado de esta red, donde se indique la longitud de los tramos de tuberías, las elevaciones de los brocales y plantillas de entrada y salida en los pozos de visita, el material de las tuberías existentes, los diámetros de las tuberías y su estado de conservación; la identificación de las obras accesorias de la red, las estructuras de descarga actual, sitios de vertido y el uso final de las aguas residuales.

7.1.4 Plano de agua potable

7.1.5 Plano predial

Presenta la lotificación del proyecto de urbanización.

7.1.6 Plano de uso de suelo futuro

Es necesario identificar el uso de suelo actual y futuro del área de urbanización. Debido a que se trata de un proyecto nuevo de urbanización, solamente se presenta el plan de desarrollo futuro del área de urbanización.

En la tabla N° 7-1, aparece una muestra del resumen del uso de suelo que se tendrá en el área del proyecto de urbanización.

TABLA N° 7 -1.- USO DE SUELO FUTURO.

ZONA	ÁREA (m ²)	No. DE VECES EL ÁREA DEL TERRENO.	ÁREA TOTAL
HABITACIONAL	63,660	1.0	63,660
COMERCIAL	29,056	6.0	174,336
INDUSTRIAL	20,706	1.0	20,706
PÚBLICA	35,066	1.0	35,066
ÁREAS VERDES	16,340	1.0	16,340

7.2 DETERMINACIÓN DE DATOS BÁSICOS

En la elaboración del proyecto de alcantarillado sanitario, es necesario determinar los siguientes parámetros:

- Población de proyecto, por clase socioeconómica
- Dotación de agua potable por tipo de usuario
- Aportación de aguas residuales
- Gastos de diseño

7.2.1 Población de proyecto

De acuerdo al último censo de población de 2010, verificar en la zona del proyecto de urbanización cual índice de hacinamiento de considera, es decir el numero de habitantes por vivienda y multiplicar por el numero de lotes.

7.2.2 Dotación de agua por tipo de usuario

La zona de desarrollo del proyecto de urbanización tiene zonas habitacionales, comerciales, industriales, públicas y áreas verdes.

La determinación de las dotaciones del proyecto de agua potable se realizó siguiendo la metodología establecida en el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento;

1.1 Datos Básicos.

TABLA N° 7 -2.- DOTACIONES DE AGUA POTABLE POR TIPO DE USUARIO.

ZONA	DOTACIÓN	UNIDAD
a.- HABITACIONAL	250.00	litro/hab/día
b.- COMERCIAL	6.00	litro/m ² /día
c.- INDUSTRIAL	30.00	litro/m ² /día
d.- PÚBLICA		
Escuelas.- Dotación por Alumno	25.00	litro/alumno/día
Dotación por Trabajador	100.00	litro/trabajador/día
e.- ÁREAS VERDES	5.00	litro/m ² /día

7.2.3 Aportación de agua residual

La aportación es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable.

En la tabla N° 7-3 se presenta el porcentaje que representa la aportación de la dotación de agua potable, para las diferentes zonas de servicio.

7.2.4 Gastos de diseño

7.2.4.1 Zona habitacional

a) Gasto medio

b) Gasto mínimo

c) Gasto máximo instantáneo

d) Gasto máximo extraordinario

7.2.4.2 Zona comercial

a) Gasto medio

$$Q_{med} = \frac{A_p \cdot P}{86,400}$$

b) Gasto mínimo

$$Q_{min} = 0.50 \cdot Q_{med}$$

c) Gasto máximo instantáneo

$$Q_{max.inst.} = M \cdot Q_{med}$$

d) Gasto máximo extraordinario

$$Q_{max.ext.} = C_s \cdot Q_{max.inst.}$$

7.2.4.3 Zona industrial

a) Gasto medio

$$Q_{med} = \frac{A_p \cdot P}{86,400}$$

b) Gasto mínimo

$$Q_{min} = 0.50 \cdot Q_{med}$$

c) Gasto máximo instantáneo

$$Q_{\max.\text{inst.}} = M \cdot Q_{\text{med.}}$$

d) Gasto máximo extraordinario

$$Q_{\max.\text{ext.}} = C_s \cdot Q_{\max.\text{inst.}}$$

7.2.4.4 Zona pública

a) Gasto medio

$$Q_{\text{med}} = \frac{A_p \cdot P}{86,400}$$

a.1) Gasto medio alumnos:

P es el número de alumnos
A_p es la aportación = 25.0 litros/ alumno/ día
Q_{med.alumnos} =

a.2) Gasto medio trabajadores:

P es el número de trabajadores =
A_p es la aportación = 100.0 litros/ trabajador/ día
Q_{med.trabajadores} =

a.3) Gasto medio zona pública:

$$Q_{\text{med.}} = Q_{\text{med.alumnos}} + Q_{\text{med.trabajadores}}$$

b) Gasto mínimo

$$Q_{\min} = 0.50 \cdot Q_{\text{med}}$$

c) Gasto máximo instantáneo

$$Q_{\max.\text{inst.}} = M \cdot Q_{\text{med.}}$$

d) Gasto máximo extraordinario

$$Q_{\max.\text{ext.}} = C_s \cdot Q_{\max.\text{inst.}}$$

Donde:

C_s = coeficiente de seguridad adoptado

7.2.4.5 Resumen de gastos de diseño

Tabla N° 7 -4.- RESUMEN DE GASTOS DE DISEÑO.

ZONA	GASTO MÍNIMO (lps)	GASTO MEDIO (lps)	GASTO MÁXIMO INSTANTANEO (lps)	GASTO MÁXIMO PREVISTO. (lps)
a.- Habitacional				
b.- Comercial				
c.- Industrial				
d.- Pública				
e.- Áreas verdes				
f.- Aportaciones de otras zonas.				
TOTALES				

7.2.5 Resumen de datos de proyecto

Áreas de proyecto:

Habitacional	m ²
Comercial	m ²
Industrial	m ²
Pública	m ²
Áreas verdes	m ²

Población:

Habitacional	no. habitantes.
--------------	-----------------

Dotación:

Habitacional	250 lt/ hab/ día
Comercial	lt/ m ² / día.
Industrial	lt/ m ² / día.



Pública

Alumnos
Trabajadores
Áreas verdes

lt/ hab/ día
lt/ hab/ día
lt/ m²/ día.



Aportación:

Habitacional	%
Comercial	%
Industrial	%

Pública

Alumnos	%
Trabajadores	%
Áreas verdes	%

Sistema: Separado

Fórmulas: Harmon y Manning

Naturaleza del sitio de vertido: (punto de conexión, descripción)

Sistema de eliminación: Gravedad

Coefficiente de previsión:

Habitacional
Comercial
Industrial
Pública

Velocidades:

Mínima	0.30 m/s
Máxima	3.00 m/s

Gastos de diseño:

Mínimo	lps
Medio	lps
Máximo instantáneo	lps
Máximo extraordinario	lps

7.3 PLANO DE PROYECTO

El plano de proyecto de la red de alcantarillado sanitario contiene como mínimo: La numeración de tramos, pozos, subcolectores y colectores ..

7.6 SIMBOLOGÍA :La simbología que deberá emplearse en los proyectos de alcantarillado sanitario es la que aparece en la tabla N° 7.8.

TABLA No 7.8.- SIMBOLOGÍA

P R O Y E C T O	
EMISOR	
COLECTOR	
SUBCOLECTOR	
ATARJEA	
CABEZA DE ATARJEA	
POZO DE VISITA COMUN	
POZO DE VISITA ESPECIAL	
POZO CAJA	
POZO CAJA UNION	
POZO CAJA DEFLEXION	
POZO CON CAIDA	
CAIDA ESCALONADA	
CAJA DE CAIDA ADOSADA A POZO DE VISITA	
ESTACION DE BOMBEO	
LINEA A PRESION	+ + + + + + + + + + +
ELEVACION DE TERRENO	
ELEVACION DE PLANTILLA	
LONGTUD-PENDIENTE-DIAMETRO (m-miles-cm)	100 - 2 - 25
RELLENO	

C O N S T R U C C I O N		
	CONSTRUCCION FUTURA	CONSTRUIDO
EMISOR		
COLECTOR		
SUBCOLECTOR		
ATARJEA		
ESTACION DE BOMBEO		

8 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

Para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, no basta un buen diseño de la red, es necesario considerar aspectos importantes durante su construcción y operación. En este capítulo se hace una descripción detallada de las etapas para la consecución de los objetivos del proyecto, en materia constructiva y operativa, como son la excavación, anchos de zanja, plantillas, profundidades mínimas, colchones de relleno mínimos, así como los procedimientos de instalación y mantenimiento más empleados en tuberías de diferentes materiales.

8.1 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Durante la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario se deben de seleccionar los diferentes componentes del sistema, siguiendo procedimientos de construcción e instalación recomendados por fabricantes y avalados por la experiencia de constructores y organismos rectores y el Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras.

Los criterios de selección de los materiales y procedimientos de construcción se deben de adaptar a las características y condiciones de la zona de proyecto, tales como la disponibilidad de los componentes del sistema de alcantarillado, la disponibilidad de recursos económicos, procedimientos constructivos usuales en la zona, tipo de suelo, durabilidad y eficiencia de los componentes en cuestión. Cabe destacar que el empleo de buenos materiales sin un buen procedimiento constructivo dará lugar a fallas, lo cual también sucederá si se emplean procedimientos correctos con materiales inadecuados.

Las etapas de construcción que comprende una red de alcantarillado sanitario son: excavación de zanja, ademe en algunas ocasiones, cama ó plantilla de zanja, colocación de tubería, relleno de zanja y construcción de las instalaciones complementarias. A continuación se hace una descripción de cada una de estas etapas.

8.1.1 Excavación de zanja

Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que estas se instalen en condición de zanja de acuerdo a las características del terreno, así deberá ser el tipo de excavación. La excavación de la zanja se puede llevar a cabo ya sea a mano o con máquina (ver figuras N° 8 -1a y b), dependiendo de las características de la zona de proyecto, como pueden ser el acceso a la zona, el tipo de suelo, el volumen de excavación, etc. La excavación se debe realizar conservando las pendientes y profundidades que marque el proyecto; el fondo de la zanja debe ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de la tubería.

Cuando en el fondo de la zanja se encuentren condiciones inestables que impidieran proporcionar a la tubería un apoyo firme y constante, se deberá realizar una sobre-excavación y rellenar esta con un material adecuado (plantilla) que garantice la estabilidad del fondo de la zanja.

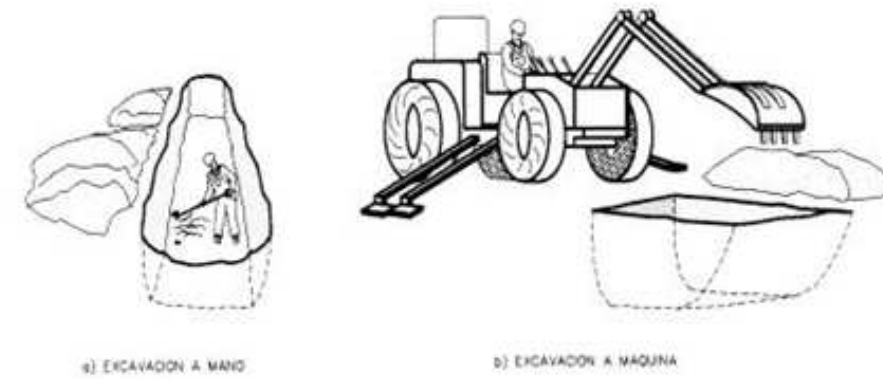


FIGURA N° 8 -1.- PROCEDIMIENTOS DE EXCAVACIÓN EN ZANJA

La forma más común de verificar la profundidad de las zanjas es fabricando niveletas y escantillones, teniendo en cuenta que a la cota de plantilla del proyecto se le deben aumentar 5 cm. de cama, más el espesor del tubo.

Se colocarán las niveletas a lo largo de la excavación a cada 20 m, posteriormente se tirará un reventón al centro de la zanja y con el escantillón se verificará y afinará el fondo de la zanja para obtener la profundidad necesaria y posteriormente con este mismo método se controlará el nivel de la plantilla hidráulica de los tubos (ver figuras N° 8 -2a,b y c).

8.1.1.1 Ancho de zanja

En la tabla N° 8-1, se indica el ancho recomendable de la zanja, para diferentes diámetros de tubería en diferentes materiales.

Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en las tablas mencionadas; a partir de este punto puede dársele a sus paredes el talud necesario para evitar el empleo de ademe. Si resulta conveniente el empleo de un ademe, el ancho de zanja debe ser igual al indicado en las tablas ya referidas más el ancho que ocupe el ademe.

8.1.1.2 Sistemas de protección de zanjas

Las zanjas excavadas en terrenos inestables exigen un apuntalamiento para evitar hundimientos ó el Desplome de las paredes laterales. Este apuntalamiento puede ser amplio o ligero, dependiendo de las condiciones del terreno.

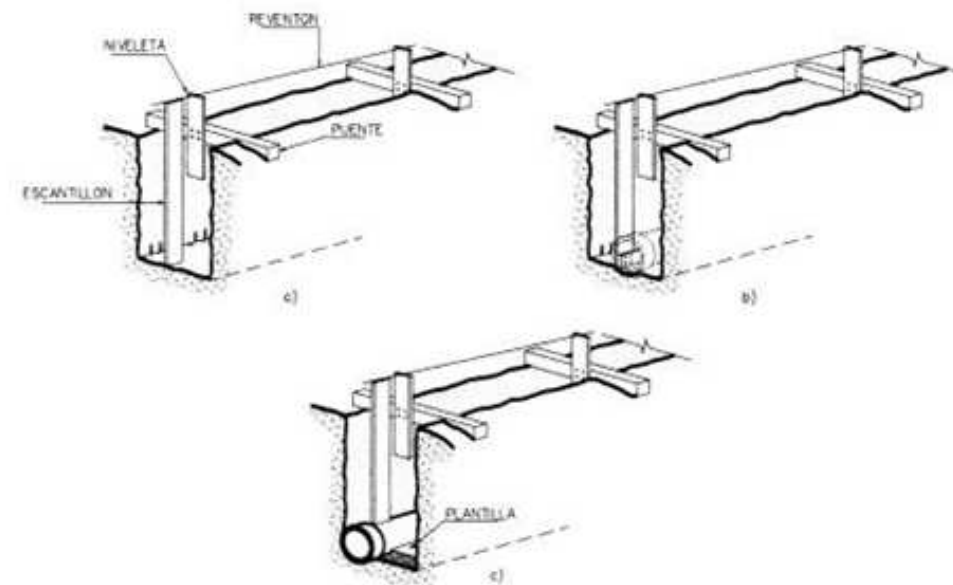


FIGURA N ° 8 -2.- PROCEDIMIENTOS DE NIVELACIÓN EN ZANJA

a) Apuntalamiento

Consiste en colocar un par de tablas verticales dispuestas sobre los lados opuestos de las zanjas, con dos polines que las fijan. Este sistema se emplea en zanjas poco profundas en terreno estable.

b) Ademe

Es el sistema de tablas de madera que se colocan en contacto con las paredes de la zanja. Para lograr la estabilidad del ademe, se utilizan polines de madera que se colocan transversalmente de un lado a otro de la zanja, y barrotes de madera para transferir la carga ejercida sobre las tablas del revestimiento a los polines.

El ademe puede ser simple, si está formado por piezas cortas de madera colocadas verticalmente contra los lados de la zanja, con polines y barrotes cortos que completan el sistema. Puede no ser de longitud uniforme, dependiendo de la consistencia del terreno, dejando algunos huecos en las paredes de la zanja, como indica la figura N° 8 -3a.

El ademe puede ser cerrado utilizando tablas horizontales para revestir las paredes de la zanja y barrotes verticales con uno ó más polines transversales para cada par de barrotes (véase figura N° 8-3b). Este sistema se adapta bien en terrenos de material suelto poco consistente.

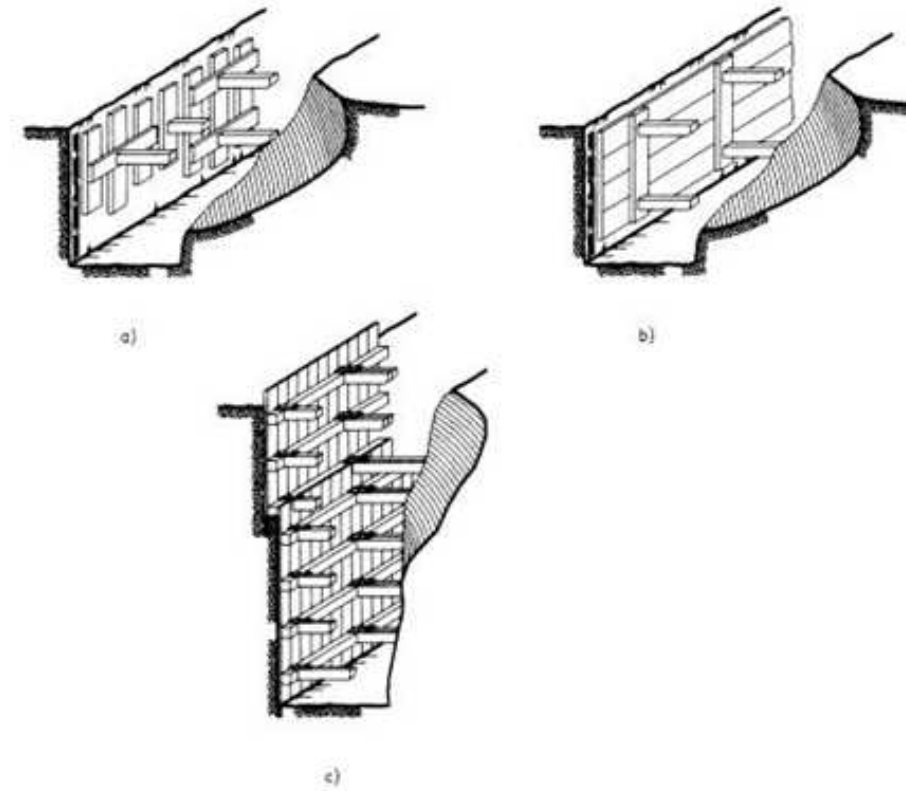


FIGURA N° 8 -3.- SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE ZANJAS

c) Tablestacado

Es el sistema de protección de zanjas mejor terminado y más costoso de los utilizados. Puede ser de madera ó de acero y se emplea en excavaciones profundas en terrenos blandos y donde se prevé que pueda haber agua subterránea (véase figura N° 8 -3c). En el Tablestacado de madera se utilizan los mismos elementos descritos en los sistemas anteriores, pero colocados en forma uniforme a lo largo de la zanja. En ocasiones, en los puntos donde se espera encontrar bastante agua, pueden emplearse tablestacas doblemente armadas de madera en vez de tablas sencillas.

Los Tablestacado de acero se emplean básicamente en instalaciones de gran magnitud. Son más resistentes que los de madera, más impermeables, pueden usarse y volverse a emplear.

d) Achique en zanjas

Si el nivel del agua freática está más alto que el fondo de la zanja el agua fluirá dentro de ella, siendo necesario colocar un ademe ó tablestacado, así como extraer el agua de la zanja mediante bombas.

Un sistema de achique en zanjas, es dejar circular el agua por el fondo de la zanja hasta un sumidero, desde el cual se succiona y descarga el agua mediante una bomba. Como el agua puede contener material abrasivo, se recomienda utilizar bombas centrifugas, de diafragma de chorro ó vacío.

En zanjas para tuberías de gran diámetro puede colocarse un tubo de drenaje con juntas abiertas, cubierto de gravilla y dispuesto por debajo del nivel de la misma. Este tipo de drenajes por lo regular desaguan en un sumidero, su ventaja es que suprimen la circulación de agua en la zanja, evitando que dañe el fondo. Los drenajes se dejarán en el lugar en que se colocaron, cuando se termina la instalación.

8.1.2 Plantilla o cama

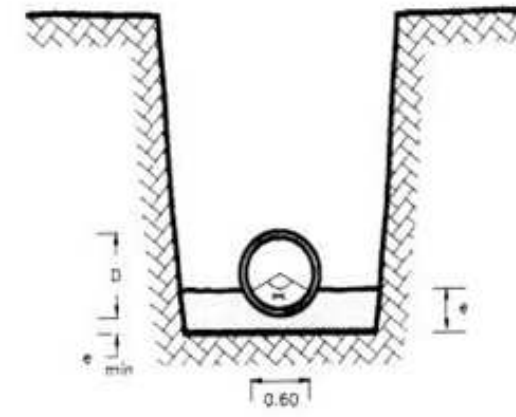
La plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa interior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60 % de su diámetro exterior, o el recomendado por el fabricante (ver figura N° 8 -4).

Deberán excavar cuidadosamente las cavidades o conchas para alojar la campana o cople de las juntas de los tubos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o la plantilla apisonada, el espesor de ésta será de 10 cm. El espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm.

En caso de instalar tubería de acero y si la superficie del terreno lo permite no es necesaria la plantilla. En el caso de tuberías de polietileno, no se requiere de colocación de plantilla en cualquier material excepto roca. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la zanja con material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo (tierra o arena suelta con espesor mínimo de 10 cm).

En la tabla N° 8-1, se indica el espesor recomendable de plantilla, para diferentes diámetros de tubería en diferentes materiales.

FIGURA N° 8 -4.- PLANTILLA O CAMA EN ZANJA



8.1.3 Instalación de tubería

Las tuberías de alcantarillado sanitario se pueden instalar sobre la superficie, enterradas o con una combinación de ambas, dependiendo de la topografía del terreno, de la clase de tubería y del tipo de terreno.

En el caso de tuberías enterradas, se debe de comprobar de acuerdo al proyecto la pendiente del fondo de la zanja, para proceder a la colocación de la tubería en la zanja. En tuberías expuestas, estas se pueden colocar directamente sobre el terreno natural, o bien, en tramos volados apoyados sobre estructuras previamente construidas, con las preparaciones necesarias para la conexión de la tubería.

La instalación de un sistema de alcantarillado sanitario debe realizarse comenzando de la parte baja hacia la parte alta; por facilidad de instalación, las campanas deben colocarse siempre en dirección aguas arriba. El sistema se puede poner en funcionamiento de acuerdo a su avance constructivo.

Cuando se interrumpa la instalación de las tuberías deben colocarse tapones en los extremos ya instalados, para evitar la entrada de agentes extraños (agua, tierra, etc.) a la misma.

El tipo de acoplamiento ó junteo de la tubería, dependerá del tipo de material elegido, de acuerdo a la técnica de instalación recomendada por cada fabricante. A continuación se hace una descripción de los procedimientos de instalación según el tipo de material de la tubería.

8.1.3.3 Instalación de tuberías de poli (cloruro de vinilo) (PVC)

Al igual que en las tuberías anteriores se deben de limpiar y lubricar antes de la instalación las campanas, espigas y anillos de hule de los tubos a acoplar (figuras N° 8 -7a y b). Posteriormente se introduce el anillo de hule dentro de la ranura de la campana del tubo (figura N° 8-7c), para posteriormente colocar los tubos dentro de la zanja y alinearlos, dejándolos listos para acoplar.

El acoplamiento se realiza de la siguiente forma: en diámetros de hasta 15 cm., el acoplamiento se hará manual, para diámetros de 25 a 40 cm., se hará con un taco de madera y una barreta con la cual se hace palanca (figura N° 8 -7d).

En diámetros medianos de 45 a 107 cm., la instalación puede hacerse con la ayuda de dispositivos mecánicos (montacargas de palanca), de una tonelada de capacidad y dos tramos de cadena ó cable de acero con ganchos, unidos por un tablón atravesado y por presión tirando de ellos los tubos son llevados a su posición de unión (figura N° 8 -7e).

Para diámetros mayores se coloca dentro de la tubería instalada una viga de madera; a esta se le une otra mediante un dispositivo mecánico de manera que tenga apoyo. Por fuerza mecánica la punta es llevada a la posición de unión. Se deberá evitar que las tuberías sean empujadas con equipo de excavación.

8.1.3.4 Instalación de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)

Antes de proceder a la unión de los tubos por termofusión se deberán de limpiar de sustancias ajenas los extremos a unir (figura N° 8-8a). Las uniones de tuberías y conexiones se llevan a cabo calentando simultáneamente las dos partes por unir, hasta alcanzar el grado de fusión necesario para que después, con una presión controlada sobre ambos elementos, se logre una unión monolítica más resistente que la tubería misma.

La tubería se termofusionará a tope fuera de la zanja. El equipo para termofusionar a tope consiste en un carro alineador, escuadra extremos para preparar la juntas, y calentador para aplicar a los tubos la temperatura correcta en la unión (figura N° 8 -8b).

La tubería una vez unida, se instalará dentro de la zanja con una longitud de pozo a pozo de visita (figura N° 8 -8c).

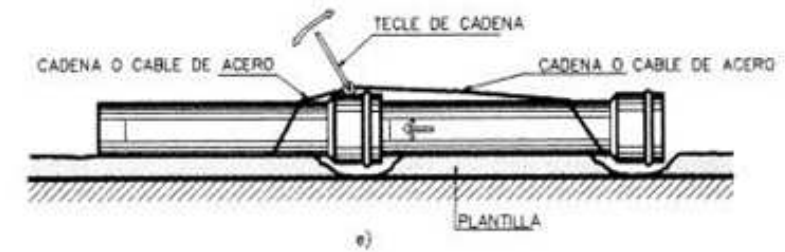
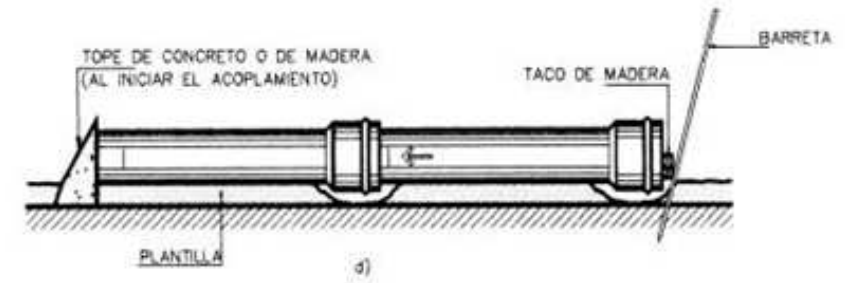
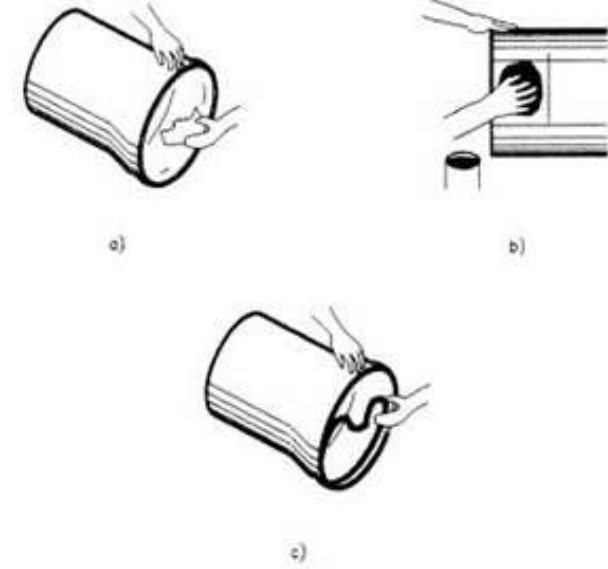


FIGURA N° 8 -7.- INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC

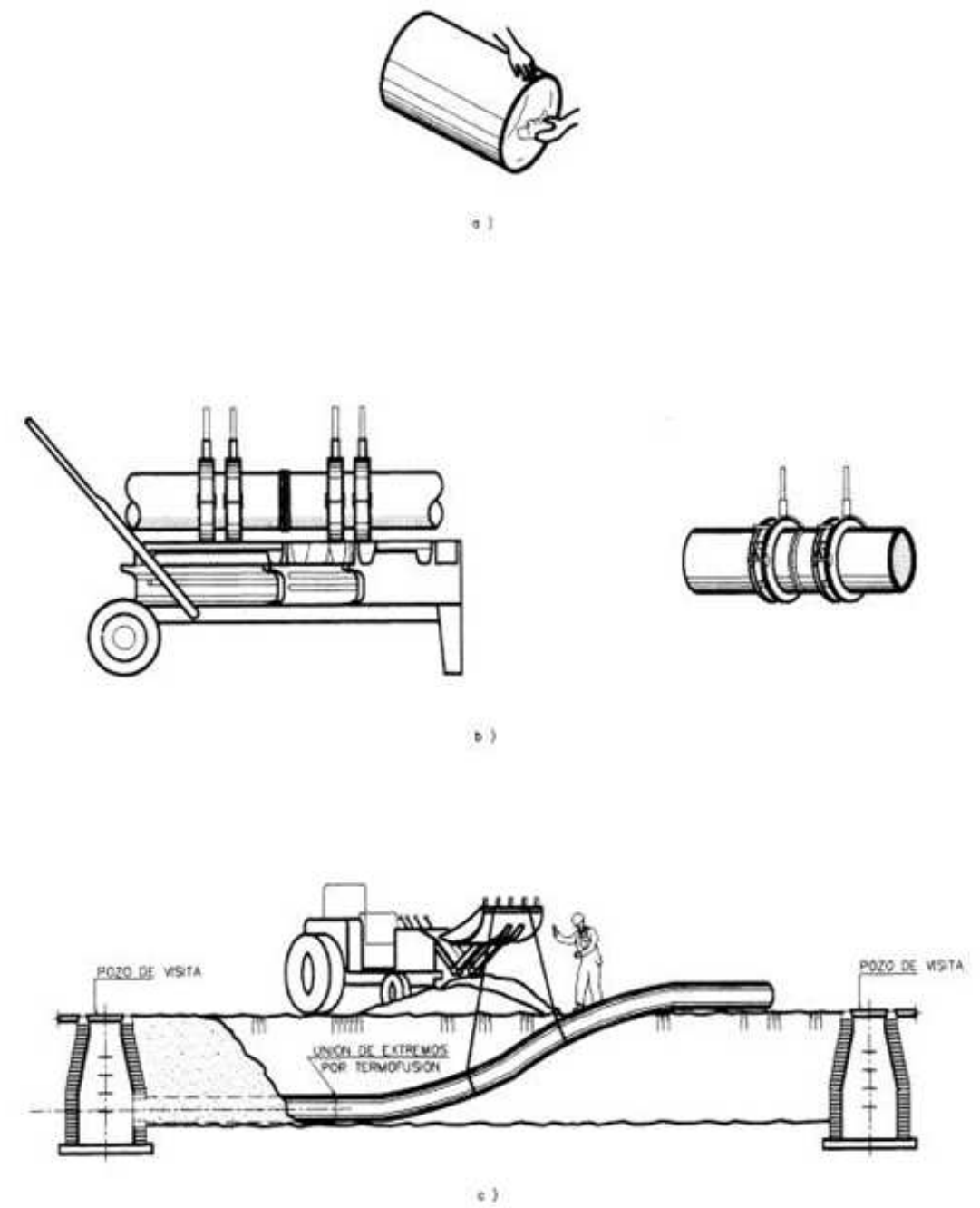


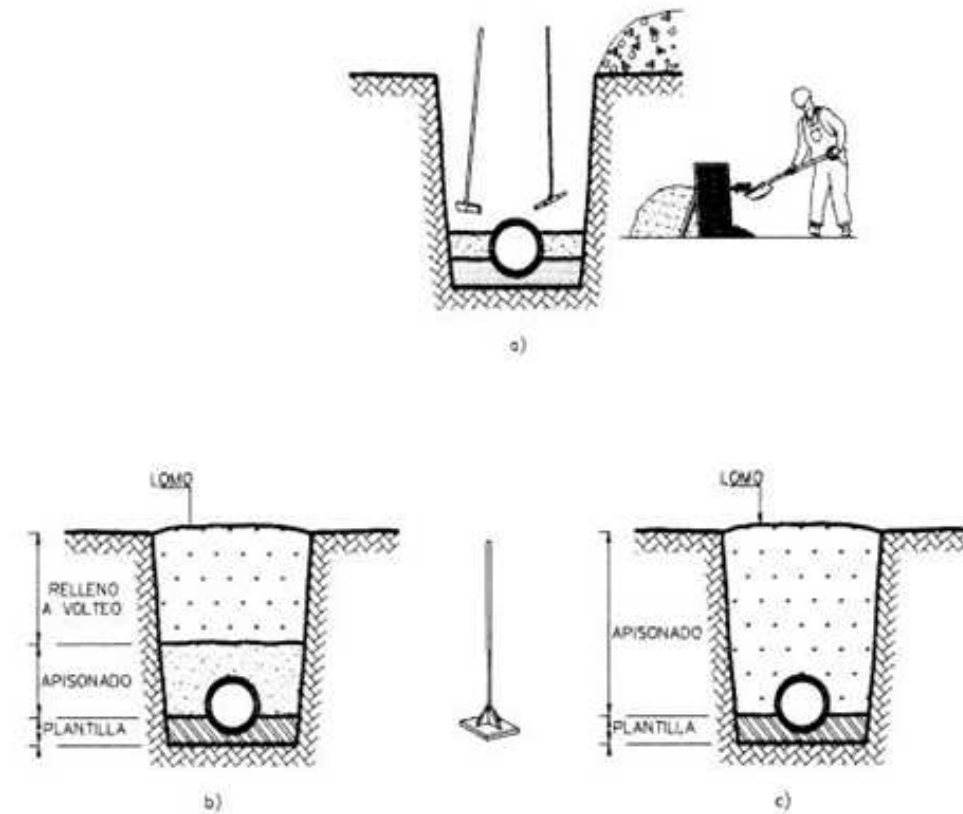
FIGURA Nº 8 -8.- INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE POLIETILENO

8.1.4 Relleno de la zanja

El relleno en la zanja se debe de colocar tan pronto sea instalada y probada la tubería. De esta manera se disminuye el riesgo de que la tubería sufra algún desperfecto.

Una vez colocada la tubería sobre la plantilla de la zanja, se llevará a cabo un correcto acostillado del tubo con material granular fino colocado a mano. Se deberá usar la herramienta adecuada para que el material quede perfectamente compactado entre la tubería y las paredes de la zanja. Para el acostillado del tubo se usara un pisón de cabeza angosta (ver figura N° 8 -9a). El resto de la tubería debe ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con el mismo material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería. Ese relleno se debe hacer en capas que no excedan de 15 cm de espesor y se apisonará con pisón de cabeza plana ó con un apisonador mecánico. El material mencionado se debe de compactar de 90 a 95 % de la Prueba Proctor.

FIGURA N° 8 -9.- PROCEDIMIENTO DE RELLENO DE ZANJAS





En lugares libres de tráfico vehicular, después de llevar a cabo el relleno apisonado, el resto del relleno se puede hacer usando tierra sin cribar, pero de calidad aceptable (libre de piedras, material seleccionado producto de banco o de excavación). Ese relleno se debe hacer en capas que no excedan de 15 cm de espesor y se apisonará con pisón de cabeza plana ó con un apisonador mecánico. El material mencionado se debe compactar de 90 a 95 % de la Prueba Proctor. (ver figura N° 8 -9b).

Si la excavación se hace en calles pavimentadas todo el relleno debe ser apisonado y con material cribado de la excavación o tepetate (figura N° 8 -9c).

En la tabla N° 8 -1, se muestran los colchones mínimos recomendados para los diferentes diámetros de

TABLA No. 8-1
 DIMENSIONES DE ZANJAS DE ACUERDO A TIPO DE TUBERÍA

DIÁMETRO NOMINAL	TIPO DE TUBERÍA																			
	ANCHO				PLANTILLA				COLCHON MÍNIMO											
	PVC S.I.	PVC S.M.	PVC P.E.	P.E. A.D.	PVC S.I.	PVC S.M.	PVC P.E.	P.E. A.D.	PVC S.I.	PVC S.M.	PVC P.E.	P.E. A.D.	PVC S.I.	PVC S.M.	PVC P.E.	P.E. A.D.				
cm	cm	cm	cm	cm					cm	cm	cm	cm					cm	cm	cm	cm
10	60			30					15			10					90			60
11		60								15								90		
15	60			35					15			10					90			60
16		60	60							15	15	15						90	80	
20	60	60	60	40					15	15	15	10					90	90	80	60
25	65	65	65	45					15	15	15	10					90	90	80	60
30	70			50					15			10					90			60
31.5		70	70							15	15							90	80	
35				55								10								60
37.5	80								15								90			
38																				
40		80		55						15		10						90		60
45	85			65					15			10					90			60
50		90		70					15	15		10						100		60
52.5	90								15								100			
55				75								10								60
60	100			80					15			10					100			60
63		105								15								100		
65				85								10								60
70				90								10								60
75												10								
76												10								
80				100								10								60
81				100								10								60
85				110								10								60
90				115								10								60
91																				
100																				

NOTAS:

PVC S.I. = POLI(CLORURO DE POLIVINILO) SERIE INGLES
 PVC S.M. = POLI(CLORURO DE POLIVINILO) SERIE METRICA
 PVC P.E. = POLI(CLORURO DE POLIVINILO) PARED ESTRUCTURADA
 P.E.A.D. = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

ANEXO 2

PARA LEER ESTOS ARCHIVOS SE REQUIERE **AUTOCAD VER. 2007**

NÚMERO	PLANO
1	POZO DE VISITA COMÚN
2	POZO DE DEFLEXIONES HASTA 45° DÍAMETROS 76 A 107 CM.
3	POZO DE DEFLEXIONES HASTA 45° DÍAMETRO 122 CM.
4	POZO CAJA UNIÓN, DÍAMETROS 76 A 107 CM, ENTRONQUES DE 38 A 60 CM
5	POZO CAJA UNIÓN, DÍAMETROS 76 A 122 CM, ENTRONQUES DE 38 A 76 CM
6	POZO CAJA UNIÓN, DÍAMETROS 76 A 122 CM, ENTRONQUES DE 38 A 76 CM
7	POZO CAJA UNIÓN, DÍAMETROS 152 CM, ENTRONQUES DE 91 A 122 CM
8	POZO CAJA UNIÓN, DÍAMETROS 213 CM, ENTRONQUES DE 91 A 152 CM
9	POZO DE DEFLEXIONES HASTA 45° DÍAMETROS 152 A 305 CM.
10	POZO CON TUBERÍA ADOSADA HASTA 2 M, TUBERIAS DE 20 A 25 CM DE DIAMETRO
11	POZO CON CAIDA TUBERIA DE 30 A 76 CM DE DIÁMETRO
12	ESTRUCTURA DE CAIDA ESCALONADA DE 0.5 A 2.50 M DE DIAMETRO DE 60 A 244 CM
13	SIFON INVERTIDO
14	ESTRUCTURA DE DESCARGA ESVAJADA, TUBERIA HASTA 76 CM DE DIAMETRO
15	TOPOGRÁFICO
16	USO DE SUELO
17	PREDIAL
18	PROYECTO