

300615

UNIVERSIDAD LA SALLE

8
2 eje.



LA SALLE

Escuela de Ingeniería
Incorporada U.N.A.M.

**Mantenimiento y Limpieza de Redes de
Alcantarillado Pluvial y Sanitario.**

TESIS PROFESIONAL

Que, para obtener el título de :

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

Luis Alberto Gordillo Camacho

Asesor de Tesis
M. en I. Fco. Javier Ribe Martínez de Velasco

México, D.F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES:

Con todo cariño y Admiraciòn.

A MIS PROFESORES Y ASESOR:

Por todo el apoyo recibido.

Lo conocido es finito, lo desconocido infinito: desde el punto intelectual estamos en una pequeña isla en medio de un océano ilimitable de inexplicabilidad. Nuestra tarea en cada generación es recuperar algo más de cielo azul y tierra.

T. H. Huxley, 1887

I N D I C E

INTRODUCCION.

CAPT. I GENERALIDADES.

- I.1 Crecimiento de la población.
- I.2 Densidad de población.
- I.3 Urbanización.
- I.4 Topografía.
- I.5 Hidrología.

CAPT. II ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

- II.1 Relación con el consumo de agua.
- II.2 Infiltración.
- II.3 Fluctuación en el caudal de aguas residuales
- II.4 Periodo de diseño y aplicación de los datos de caudales.
- II.5 Características físicas de las aguas residuales.
- II.6 Determinación del contenido de sólidos.
- II.7 Características Químicas.

CAPT. III TIPOS DE ALCANTARILLADO.

- III.1 Alcantarillado sanitario.
- III.2 Alcantarillado pluvial.
- III.3 Alcantarillado combinado.
- III.4 Alcantarillado separado.
- III.5 Requisitos que deben satisfacer los sistemas de alcantarillado.

CAPT. IV OPERACION, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.

- IV.1 Inspección.
- IV.2 Limpieza.
- IV.3 Reparaciones.
- IV.4 Reposición de accesorios.
- IV.5 Supervisión.
- IV.6 Prevención de explosivos.
- IV.7 Medición de gastos.
- IV.8 Organización y Administración del personal y equipo.

CAPT. V EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO.

V.1 Equipos manuales.

V.2 Equipos mecánicos.

V.3 Equipos Hidráulicos.

V.4 Selección de equipo en base a su funcionamiento, aplicaciones, rendimiento y costos de mantenimiento.

CONCLUSIONES.

I N T R O D U C C I O N

El desarrollo de la ingeniería sanitaria ha seguido y contribuido al crecimiento de las poblaciones. considerando que sin un suministro adecuado de agua potable, las grandes ciudades no podrían existir y la vida de ellas sería a la vez desagradable y peligrosa, a menos que se eliminaran rápidamente los residuos domésticos y de otro origen. Las aglomeraciones humanas en áreas relativamente pequeñas han hecho la tarea del ingeniero sanitario cada vez más difícil. Los suministros de agua subterránea son frecuentemente insuficientes para las enormes demandas que requiere la población y las aguas superficiales, en su mayoría, se encuentran contaminadas por ciudades y poblaciones profusamente esparcidas a lo largo de sus cursos, por lo que deben tratarse cada vez más cuidadosamente conforme aumenta la densidad de población. La industria va pidiendo más y mejor agua de todas las procedencias disponibles. Los ríos reciben cantidades crecientes de aguas residuales domésticas e industriales, y ello requiere más atención de estos problemas con la depuración de los efluentes, su relación con la contaminación de las corrientes de agua y los complicados fenómenos de autodepuración.

Las listas de mortalidad de Londres en el siglo XVII, que eran las estadísticas fundamentales de entonces indican que la proporción de fallecimientos en las grandes ciudades era, en aquel momento, mayor que el nacimiento. Sin embargo, las ciudades crecían lentamente y sólo por la emigración del campo a la ciudad. Esta situación puede atribuirse a la falta de condiciones sanitarias, combinada con la aglomeración de las personas en una pequeña área y la resultante preponderancia de enfermedades infecciosas. La primera mejora sanitaria municipal, tanto en

Inglaterra como fuera de ella, fué la implantación de suministros de agua, que, en las grandes ciudades, pronto fueron seguidos por la construcción de alcantarillado. Las pequeñas ciudades y pueblos también han ido instalando suministros de agua y redes de alcantarillado durante las décadas anteriores, hasta que en la actualidad, hay pocas poblaciones que no tengan un suministro público de agua y, en la mayoría de los casos, una red de alcantarillado. Por lo que se observa la importancia de un sistema de alcantarillado. Cuando éste se encuentra ya construido precisa de una considerable atención, principalmente por la importancia de su servicio, por lo que es necesario un mantenimiento programado para la conservación y el cuidado de su inversión.

En este trabajo se describe de una forma sencilla el origen y composición de las aguas residuales, los tipos y partes que componen los diferentes sistemas de alcantarillado, el funcionamiento de dichas redes, ya que es indispensable no sólo para quienes deban dirigir la operación sino también para quienes tengan que elaborar el proyecto, porque precisamente durante el proyecto es posible tomar decisiones aptas para prevenir muchos inconvenientes que a menudo se resuelven con aumento de los costos de mantenimiento. Se describe también los factores que deben tomarse en consideración en la operación, conservación y mantenimiento de los sistemas y algunos equipos disponibles en el mercado para esta clase de actividades, que es el tema principal de este trabajo. Con este se quiere dar a conocer algunos de los métodos de limpieza y desazolve, problemas comunes, posibles causas de taponamiento, etc. esta información será útil a los Organismos Operadores, tales como Departamentos, Comisiones y Ayuntamientos del país, para que estos consideren la importancia de la operación y administración de las instalaciones de saneamiento, y de esta forma lleven un mantenimiento organizado y programado para proporcionar un buen servicio a la población.

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

Uno de los principales servicios para la población como protección a la salud de sus habitantes, es la red de alcantarillado, que a medida en que las ciudades van creciendo, los sistemas primitivos para la eliminación de los residuos han sido reemplazados por dichas redes, incluso en las pequeñas poblaciones, la mayor seguridad proporcionada por la red de alcantarillado, su conveniencia y ausencia de molestias han conducido a una adopción siempre que los medios económicos lo permitan.

El crecimiento de las poblaciones y el asentamiento desordenado de los habitantes en las diferentes zonas de las ciudades, ha creado que las autoridades tengan que erogar grandes cantidades de recursos para proporcionar el servicio de agua potable y en consecuencia el de alcantarillado sanitario. Estas obras son vitales para el desarrollo económico, industrial y comercial de las ciudades, haciendo con esto que se conviertan en ciudades importantes.

Debido al crecimiento habitacional, comercial e industrial en localidades con topografía plana, principalmente tienen problemas de inundaciones y encharcamientos durante la época de lluvias, requiriendo y justificando la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial, el cual representa para las ciudades beneficios complementarios para mejorar las condiciones de salubridad y desarrollo urbano.

Por lo anterior, es necesario que estos sistemas estén bajo el control de un organismo operador que vele por la obra y proporcione el servicio lo más eficientemente posible; dicho organismo deberá proporcionar a los sistemas una operación y mantenimiento de tal manera que no causen problemas a los habitantes de la población.

I.1 CRECIMIENTO DE LA POBLACION.

Cuando se trata de la hidrología urbana, es necesario primeramente comprender el crecimiento de la población y los fenómenos que en ella se originan, una situación crítica respecto al crecimiento de la población, puede generar en un corto periodo de tiempo verdaderos desequilibrios sociales y económicos y todo esto es generado por el hombre ya que solo él podrá alterar el futuro, buscando el equilibrio y la armonía. Por lo anterior podemos mencionar que la razón es la que en muchas ocasiones salvó a la humanidad cuando estaba sometida a los grandes cambios climatológicos y a los ataques de la fauna salvaje, el no utilizar actualmente la razón puede llevar a una autodestrucción, el hombre irracionalmente está contaminando todo: aire, mares, ríos, suelos, etc

Es necesario observar primeramente como se ha llevado a cabo el aumento de la población, el hombre tiene una existencia de un millón de años aproximadamente y solo fue hasta el año de 1850, que el número de habitantes llegó a 1,000 millones, o sea que fue necesario todo este tiempo para que la tierra contara con este número, el cual fue duplicado en 75 años, de manera que en 1925 se tenía una población de 2,000 millones de habitantes; el periodo para que la población se duplique sigue disminuyendo ya que en 1975, habiendo transcurrido 50 años se contaba con una población de 4,000 millones de habitantes y esta se duplicará en un periodo aun más pequeño, de manera que de continuar con el mismo índice de crecimiento, en el año 2010, el planeta contará con 8,000 millones de habitantes. El crecimiento de la población se ha conducido hasta el momento en una forma exponencial siendo el incremento medio anual del 2.0% con lo que la población se duplica en periodos de 30 a 35 años.

Tanto la población como la distribución de los recursos, están mal situados, por lo que los progresos tecnológicos han dividido al planeta en dos tipos de países que son:

Desarrollados y sub-desarrollados.

En los países sub-desarrollados vive el 70% de la población, además de contar con los más altos porcentajes de crecimiento.

I.1.A ETAPAS DE CRECIMIENTO DE LA POBLACION

El crecimiento mundial ha pasado por tres etapas que son:

Alta fertilidad	-	Alta mortalidad
Alta fertilidad	-	Baja mortalidad
Baja fertilidad	-	Baja mortalidad

Los países subdesarrollados se encuentran en la segunda etapa, la primera y la más larga es caracterizada por un bajo crecimiento, al principio de la misma se tenía una densidad de un habitante por cada 1.5 Kms. cuadrados en las regiones habitadas y en las deshabitadas se tenía un habitante por cada 10 Kms. cuadrados.

Según la información histórica, en la edad de piedra lo que hoy constituye Inglaterra era habitada por 250 personas aproximadamente; se tenía también por característica que la población era mermada por grandes epidemias y hambrunas; una epidemia habida en 1648 en la ciudad de Wolfburgo con una población de 400 mil habitantes disminuyó a 48,000; en 1946 una mala cosecha de papas en Irlanda exterminó a un millón de habitantes de una población de 8.0 millones.

El lento adelanto de las ciencias de la salud, situación típica de esta etapa, hacía que tuviera un alto porcentaje de mortalidad, con lo que se lograba un equilibrio de natalidad y deceso, haciendo que el incremento de la población fuera bajo o se mantuviera constante.

La segunda etapa se debe a los grandes descubrimientos e investigaciones en el campo de la medicina, la biología y la química, con la cual se lograron detectar los virus causantes de varias enfermedades que provocaban epidemias y pandemias. Con el control de las enfermedades y el cultivo de alimentos se logró tener un mayor promedio de vida y así se logró tener mayor fertilidad, al principio de nuestra era este promedio llegaba a los 30 años, actualmente se tiene un promedio de 60 años en los países sub-desarrollados y de 70 en los desarrollados.

Con la tecnología de la salud, cuyo control lo tienen compañías transnacionales como son los laboratorios farmacéuticos que se han establecido en la mayoría de los países, se ha logrado un control sobre la muerte; sin embargo el control natal es nulo, ya que no existe un programa racial ni medidas reglamentarias que lo limiten. Esto es una característica de los países subdesarrollados.

I.1.B CRECIMIENTO DEL AREA POBLADA.

Al considerar este aspecto no siempre es posible predecir la dirección en que crecerá una localidad, ni tampoco es fácil predecir la extensión de ésta después de 30 o 50 años. Debido a la demanda de mejores condiciones de vida, la población tiende a alejarse del campo hacia zonas suburbanas que demandan los mismos servicios que en la zona urbana, cubriendo grandes extensiones de terreno vecino a las ciudades que tienen un continuo desarrollo. Estas extensiones de terreno que pueden ser habitadas deben tomarse en cuenta al realizar un proyecto de alcantarillado, si es que tienen que descargar en el futuro en los mismos colectores que se construyeron inicialmente.

I.2 DENSIDAD DE POBLACION.

La densidad de población puede medirse en habitantes por hectárea o bien en habitantes por kilómetros de atarjea, de acuerdo con su magnitud y con el tiempo, debido a que una zona residencial en el futuro puede transformarse en comercial o industrial.

La estimación de la población futura en distintas zonas de la ciudad, es parte de los datos fundamentales sobre los cuales descansara el proyecto y que deberán estudiarse con mucho cuidado y observar las tendencias presentes en el desarrollo de la población.

Es costumbre y práctica buena que en las poblaciones pequeñas, digase hasta 25,000 habitantes y que no sean industriales, se les considere una misma densidad de población para el cálculo de la aportación de aguas negras.

Cuando se trate de poblaciones mayores deberá hacerse un censo con objeto de determinar la densidad presente de la población en cada zona que se le divida.

I.3 URBANIZACION.

Al hablar de la urbanización es necesario dar algunos aspectos históricos, como por ejemplo que las principales ciudades se localizaron en la cuenca del Tigris y del Eufrates por el año 4,000 a. de c. aproximadamente; En Europa en el año de 1600 cerca del 1.60% de la población vivía en ciudades con un número de 100,000 habitantes o mas, en el año de 1700 se

incrementó a cerca de 1.90% y en 1800 a 2.20% siendo en esta época cuando surgió la revolución industrial, la que trajo consigo una explosión demográfica y un incremento de población urbana.

Actualmente, en EE. UU. el 70% de la población es urbana y en los países subdesarrollados se está viviendo este proceso pero en una forma muy desorganizada, ya que los centros de inmigración no cuentan con las fuentes de trabajo para ocupar la mano de obra de estos por que lamentablemente carecen de la mas elemental preparación para ser ocupados, en estos países existe un alto índice de analfabetismo, a causa de que no se cuenta con un presupuesto suficiente y los servicios no van acorde con el porcentaje de incremento de la población.

Para ilustrar la explosión demográfica se puede mencionar que en 1850 solo existían en la tierra cuatro ciudades con una población de 1.0 millón de habitantes o mas, en 1900 el número se incremento a 19, en 1960 se tenían 41 ciudades y de acuerdo con la estadística deberá haber 275 para el año 2000.

I.3.A MIGRACION.

Económicamente se tienen una clasificación de zonas en tres tipos diferentes, las cuales se pueden ubicar a niveles internacional, nacional y estatal, y son las siguientes:

- a) Zona de emigración.
- b) Zona de inmigración.
- c) Zonas neutras.

El movimiento de migración incluye desde pequeños periodos de visita, periodos vacacionales y hasta una residencia definitiva en un lugar; de acuerdo con varios demografos, durante el periodo 1945 - 1955 se estimó que el movimiento migratorio afectó a 50.0 millones de personas; durante los años 1820 a 1920 emigraron de los países Europeos 60.0 millones de personas tomando como centros Asia, EE. UU., y Sudamérica.

Los movimientos migratorios son debidos a cualquiera de las siguientes causas:

1.- FISICAS. Estos son movimientos bélicos, guerras, guerrillas, catástrofes materiales, temblores, inundaciones, clima, etc.

2.- **ECONOMICAS.** Alta tasa de desempleo, bajo nivel de vida, ausencia de seguridad social, gran diferencia entre los ingresos de la familia rural y la urbana, ausencia de infraestructura higiénica, educativa, etc.

3.- **SOCIALES.** Futuro de los niños, influencia de familiares o amistades que ya han emigrado.

4.- **PSICOLOGICAS.** Conflictos personales, escapismo, inadaptados para ajustarse a la sociedad existente, sentido de la aventura.

5.- **RELIGIOSAS.** Intolerancia religiosa.

6.- **POLITICAS.** Discriminación, persecución por algunas ideas no acordes con las del régimen en el poder, ambiciones políticas.

7.- **PROFESIONALES.** Salarios inadecuados, pocas posibilidades para realizarse, etc.

A) ZONA DE EMIGRACION.

Los países desarrollados han logrado su evolución debido a que previamente contaron con una agricultura progresista y autosuficiente. En estos países el 10% de la población, que es rural, sostiene al 100% de la población y aun se tienen excedentes para exportación y se cuenta con una reserva, lo que origina que no se presenten zonas de emigración o estas sean mínimas; nunca se logrará el desarrollo si no se cuenta con una agricultura basta, ya que es condición básica e imprescindible.

En los países subdesarrollados el nivel del medio rural es paupérrimo y las técnicas de cultivo son deficientes. A pesar de que en nuestro país, y especialmente en el Estado de México, se tiene una profunda preocupación y se ha generado una verdadera conciencia de este problema, se topa con la total indiferencia de nuestros campesinos; indudablemente debido a varias causas, no se sabe cual es la principal, pero una de ellas es el bajo nivel de preparación del medio rural siempre renuentes a cualquier innovación que resultaría positiva a la producción, atados a viejas costumbres, falta de iniciativa para pensar en variaciones de cultivo, esto genera zonas de monocultivo, todas las cosechas dependen de un solo tipo de siembra; según la región y el país, en algunas es el maíz, en otras el café, la caña de azúcar, etc. lo que los ata a grandes fluctuaciones del mercado y por consecuencia tienen que recurrir al subsidio en un país de pobres.

Otra causa es la política errónea en el reparto de tierras;

no es posible que en una familia compuesta por diez personas (en nuestro país el promedio es de seis habitantes por familia, pero en el medio rural es mayor) pueda vivir con una parcela, cuya area promedio es de 1.5 hectareas, esto ha abierto una enorme brecha entre los ingresos en el campo y los que se pueden obtener en las zonas urbanas, en las que los obreros devengan un salario superior y fijo; este es el motivo por el cual la población urbana de este país ha estado creciendo en forma acelerada, originada por la búsqueda de mejores oportunidades en las grandes ciudades y zonas de emigración en el campo.

B) ZONAS DE INMIGRACION.

A causa de la falta total de planeación, en este país sólo a tres zonas se les dotó de la infraestructura necesaria para lograr un desarrollo económico sustancial, estas fueron: México D. F., Guadalajara y Monterrey. La vialidad que se construyó a partir del año 1930, fue para comunicar a estas ciudades, lo que ocasionó que fueran atractivas zonas de inmigración que posteriormente han creado problemas de tipo nacional, ya que se han generado una serie de zonas de población con grandes problemas de servicios, como en el caso de la zona metropolitana de la Ciudad de México y para resolver parte de dichos problemas se han erogado grandes cantidades de dinero y costos sociales.

Debido a la ignorancia del medio, la inmigración es de gente que no cuenta con la preparación suficiente para ocupar vacantes en las industrias y ni estas han crecido a manera de absorber la gran cantidad de mano de obra que llega. Es un cuello de botella el cual no se ha tratado ni de estudiar ni mucho menos de atacar, ya que sería atentar contra la "libertad" de los ciudadanos, además según ellos lo mismo da que muera en el campo que en una ciudad perdida, y como es difícil que se adapten al ritmo de la ciudad, esto genera un incremento en la delincuencia, robos, prostitución, crímenes, etc. a causa de que la ciudad no les ofrece la solución a sus problemas han emigrado de una zona sin oportunidad para llegar a otra en las mismas condiciones.

C) ZONAS NEUTRAS.

Como su nombre lo dice, son aquellos lugares en los cuales no existe movimiento migratorio, ya que no se presenta ninguna causa que motive a los habitantes a dejar su lugar de origen, ni tampoco que los habitantes de otras ciudades lleguen a formar alguna clase de residencia en este tipo de zona.

I.4 TOPOGRAFIA.

La topografía es otro de los factores principales para la elaboración de los proyectos de alcantarillado ya que tienen como finalidad presentar planos o mapas con distancias, elevaciones, etc.; en el caso de diseño y obras de alcantarillado se deben tomar ciertos datos que posiblemente para otros trabajos no interesen o viceversa, sin embargo en términos generales un buen trabajo topográfico será la base fundamental sobre la que se deba apoyar el proyecto ejecutivo y la realización de la obra; la calidad del proyecto será la base de la buena construcción que se obtenga.

El método o métodos que se empleen para llevar a cabo los trabajos topográficos dependerán de los siguientes factores:

- 1.- Magnitud de la población en estudio.
- 2.- Pendientes generales que se tengan.
- 3.- Carácter, naturaleza y actividades de la población.

El levantamiento de las poblaciones deberá hacerse utilizando ya sea el método tradicional o la fotogrametría, en el caso del método tradicional debe hacerse con tránsito y cinta, haciendo poligonales de primer orden. Solamente en poblaciones muy pequeñas y localizadas en terrenos con fuertes pendientes se podrá emplear la estadía.

En términos generales puede decirse que se trazará una poligonal de circunvalación que sirva de apoyo, la que se efectuará con toda precisión, el relleno de poligonales secundarias se podrá efectuar con tránsito y cinta.

Lo que más interesa para el diseño de las redes de alcantarillado son los cruceros de las calles, con objeto de tener un plano completo, se tomarán los parámetros exteriores de las casas.

Posteriormente al trazo de la población, se efectuará la nivelación, la cual se hará con nivel fijo y con la precisión de nivelaciones diferenciales de primer orden; se nivelará primeramente la poligonal de base y posteriormente las poligonales de relleno.

Se deberán tomar cotas de todos los cruceros de las calles y de los cambios de pendientes notables que se observan en las

mismas.

Además de lo anterior se deben tomar puntos suficientes para poder obtener curvas de nivel con equidistancia de un metro si la pendiente general del terreno es mayor de 5%, cuando esta pendiente general sea menor de 5% la equidistancia de las curvas de nivel deberá ser de 50 cm.

Es muy importante la elección del banco de nivel, siendo conveniente por todos los conceptos que el banco principal de apoyo tenga una cota con respecto al nivel del mar.

Generalmente se cuenta con esta información con precisión, refiriéndose a bancos de nivel de los ferrocarriles o carreteras y las respectivas direcciones que podrán proporcionar los datos necesarios.

Cuando no se cuente con la información arriba indicada, entonces se sugiere que se tome la altura con un altímetro o aneróide debidamente comparado y utilizar la cota obtenida para el banco de apoyo de toda la nivelación.

El banco principal deberá situarse en un punto estratégico con objeto de acortar la distancia de las nivelaciones, generalmente el sitio más adecuado es el jardín principal de la población.

Además se deberán situar bancos de nivel durante los levantamientos topográficos que sirvan para la construcción de las obras, cuya distancia máxima entre dos bancos no deberá ser mayor a 1 Km. Las cotas de los bancos de nivel deberán ajustarse al milímetro y todas las demás cotas del levantamiento pueden estar ajustadas al centímetro.

En los planos topográficos deberán localizarse los bancos de nivel con sus cotas en una lista y con las referencias necesarias para localizarlos.

En estos levantamientos topográficos deberá efectuarse un levantamiento especial de la zona o las zonas posibles de vertido de las aguas negras y pluviales y de la zona en donde pudieran localizarse las obras de tratamiento de las aguas negras si las hubiera. Para estas obras, la planimetría, como las nivelaciones deberán ser de precisión, dejando bancos de nivel convenientemente situados.

Tanto del emisor como de los colectores deberán hacerse perfiles con todos sus datos importantes; así mismo deberán levantarse todas las zanjas, alcantarillas, puentes y arroyos que haya tanto dentro de la población como en el trayecto del emisor y lugar del vertido o planta de tratamiento.

Deberán anotarse la localización y elevaciones de las tuberías de alcantarillado y agua potable que existan, con objeto de ver que en las ampliaciones o modificaciones al sistema de alcantarillado puedan utilizarse parte o en su totalidad, lo mismo se deberá anotar cuando existan conductos de redes de gas o eléctricas.

I.5 HIDROLOGIA.

Anteriormente se habló de la hidrología urbana, para comprender la concepción del crecimiento de la población y los fenómenos que en ella se originan, así mismo se mencionó como se llevó a cabo el aumento en las poblaciones.

Otro aspecto que no se debe pasar por alto y que debe tomar en cuenta el ingeniero proyectista al diseñar un sistema de alcantarillado pluvial o combinado, son los estudios hidrológicos para el área y población a beneficiar en una obra de esta naturaleza.

En forma general se ennumeran los aspectos hidrológicos que se deben tomar en cuenta:

- a) Área y pendiente de la cuenca.
- b) Precipitación.
- c) Geología y Edafología.
- d) Períodos de retorno.
- e) Expresiones para gastos de diseño.

Los aspectos anteriores exclusivamente se utilizan en la etapa de diseño, sin embargo es necesario que el ingeniero constructor conozca estos parámetros, con el fin de que cuente con elementos de juicio y así tomar decisiones o prevenciones en algún problema que no se haya considerado en el proyecto. Desde luego, los estudios a detalle de dicho problema deberán dejarse en manos del proyectista.

CAPITULO II

ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

En la expresión "aguas residuales" se comprende una combinación de líquidos de diferentes orígenes:

- Los líquidos de desague de viviendas, edificios de oficinas e instituciones, que se conocen con el nombre de aguas residuales, sanitarias o domésticas.

- Los líquidos efluentes de los establecimientos comerciales e industriales; estas aguas se denominan industriales.

- Las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que pueden ser admitidas o conducidas por las alcantarillas.

Las alcantarillas se clasifican según el tipo de aguas residuales para las cuales hayan sido proyectadas, los sistemas de alcantarillado sanitario conducen las aguas residuales domésticas y las industriales producidas por la localidad; las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia solo pueden penetrar en ellas a través de uniones defectuosas, por los bordes de las tapas de los pozos de visita o por otros lugares no previstos en el proyecto. Los sistemas de alcantarillado pluvial

se destinan a conducir las aguas superficiales y de lluvia que caen sobre el area a la que sirven; los sistemas de alcantarillado combinado recogen toda clase de agua residuales en unas conducciones únicas.

II.1 RELACION CON EL CONSUMO DE AGUA.

Las aguas residuales domésticas e industriales dependerán principalmente, como es lógico, del agua suministrada. Por consiguiente, puede considerarse una estimación de la cuantía del agua suministrada, precedida de un estudio del consumo en las condiciones presentes como futuras. La proporción de agua consumida que llegará a la red de alcantarillado debe ser deducida de cuidadosas consideraciones acerca de las condiciones locales. El agua consumida por los ferrocarriles y por las calderas de vapor en otras industrias, como la empleada en el riego de praderas y jardines no llegará a las alcantarillas. por otro lado, muchas instalaciones industriales pueden tener su abastecimiento propio pero descargarán sus efluentes en las alcantarillas. Aunque las aguas residuales pueden variar, en ciudades determinadas, se consideran del 70 al 30% del agua consumida, los proyectistas frecuentemente suponen que el caudal medio de las mismas, incluyendo una moderada tolerancia para tener en cuenta la infiltración.

II.2 INFILTRACION.

Se denomina agua de infiltración a la que penetra en las alcantarillas por las uniones defectuosas, tubos rotos, paredes de los pozos de visita, orificios de las tapas de estos pozos y desagües de sótanos inundados. Tales infiltraciones pueden no existir durante el tiempo de secas, en cuyo caso el desague total puede considerarse como suma de las aguas residuales domésticas, más las industriales; en tiempo de lluvias la infiltración se incrementará notablemente y puede aumentar con el agua pluvial de las azoteas que alcanzan las alcantarillas por los albañales, etc. Algunas alcantarillas pueden estar bajo el nivel freático y por consiguiente habrá una infiltración continua. Las alcantarillas que han sido construidas en el lecho de una corriente de agua o cerca de ella, están expuestas particularmente a tener mucha infiltración.

La cuantificación de infiltración dependerá del cuidado con que se haya construido la red de alcantarillado, la altura de la capa freática y la naturaleza del terreno, hay tipos de uniones especiales que tienden a disminuir la infiltración. en un terreno

donde varíe el nivel de aguas freáticas, tendrá que separar las uniones y así permitir que entre el agua. El terreno permeable facilita la entrada de agua infiltrada en las alcantarillas, ya que lo atravesará hasta encontrar una grieta o una unión abierta. Puesto que las condiciones de la construcción y del terreno difieren mucho, la infiltración que se produce en las redes de alcantarillado varía de un modo considerable de un caso a otro. El tamaño de la alcantarilla tiene poco efecto en las infiltraciones. Las grandes presentan más longitud de junta, se facilita la infiltración, pero estas uniones se presentan a una mayor perfección. La infiltración puede variar entre 35 y 120 M3 por kilómetro de alcantarilla por día, pero se han observado infiltraciones mayores en lugares en que aquellas están por debajo del nivel freático y son de construcción de muy baja calidad. Las especificaciones recientes para la construcción de alcantarillas limitan la infiltración a 45 lt/km por día por mm. de diámetro.

Sin embargo, a causa de que las uniones de las alcantarillas se deterioran, el ingeniero proyectista es libre en la estimación de infiltración al elaborar un proyecto. Las cifras citadas se basan en la longitud de las alcantarillas públicas y no incluyen los albañales domésticos que los unen a los edificios. Debe reconocerse que también en ellos se producirán infiltraciones, por eso su construcción debe tener una supervisión muy cuidadosa.

II.3 FLUCTUACION EN EL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES

Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo de caudal de agua residual en las alcantarillas existentes para determinar sus variaciones reales. Existen aparatos registradores que miden la profundidad del agua en el emisor de la red o en el colector principal de un distrito. En el caso de proyectar una red para una ciudad o colonia que no tuviese alcantarillado, debe hacerse una estimación de las fluctuaciones previsibles en su caudal. Esto es de mucha importancia, pues las alcantarillas deben ser lo suficientemente grandes para acomodarse al máximo caudal, de lo contrario se ocasionarían daños en los desagües bajos de las casas con flujo en contra sentido.

Como ocurre con el consumo de agua, la cantidad de aguas residuales variarán con las estaciones del año, las condiciones atmosféricas, el día de la semana y la hora del día. Las variaciones no se desvían muy considerablemente de su media, sin embargo, debido al tiempo que necesitan las aguas en su recorrido hasta el punto de aforo. Esto se traduce en la laminación de las puntas, debido a que se necesita una gran cantidad de agua para llenar las alcantarillas hasta alcanzar el máximo caudal, y porque las aportaciones máximas de varias secciones alcanzarán el

punto de aforo en distintos momentos, con lo cual el momento de producción de la punta dependerá del punto medio entre la producción de los máximos caudales en las distintas alcantarillas y de las características de la zona servida. En las zonas residenciales, el mayor consumo de agua se produce en las mañanas, por lo tanto, si las aguas se aforan cerca del inicio de la alcantarilla, la punta del caudal estará perfectamente definida y ocurre hacia las 8:00 hrs. mientras que si debe transportarse a larga distancia se atrasará. En las zonas industriales y comerciales, el agua se emplea durante todo el día de trabajo, y por consiguiente la punta es menos pronunciada. La observación de fluctuaciones en varias ciudades indica que la punta para una pequeña zona residencial, llega probablemente a ser un 225 por 100 de la media para aquel día. Para las zonas comerciales la punta puede alcanzar el 150 por 100 del promedio, y para las áreas industriales algo menos.

El caudal en el emisor final de una red de alcantarillado de una ciudad que tenga una proporción normal de actividades comerciales o industriales, tendrá una punta de un 150 % del promedio diario. En la figura 2.1 indica la mayor punta que puede preverse en el caudal de las aguas residuales de una pequeña zona residencial.

Para la estimación de caudal de aguas residuales domésticas procedentes de pequeñas áreas, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + P} \quad (2.1)$$

En donde:

M Es la relación del caudal máximo medio.

P Es la población servida en millares.

Nota: Algunos proyectistas emplean la constante 22 como numerador de la fracción.

El caudal a considerar para las aguas residuales será el máximo horario, o la punta del consumo máximo día más la máxima infiltración. Esto en relación con el suministro de agua, representará la punta de consumo del máximo día multiplicada por la proporción del agua suministrada que ha alcanzado las alcantarillas más la infiltración. Teniendo en cuenta que la previsión para incendios no entra en los cálculos del alcantarillado. El mínimo valor del caudal es útil en el proyecto

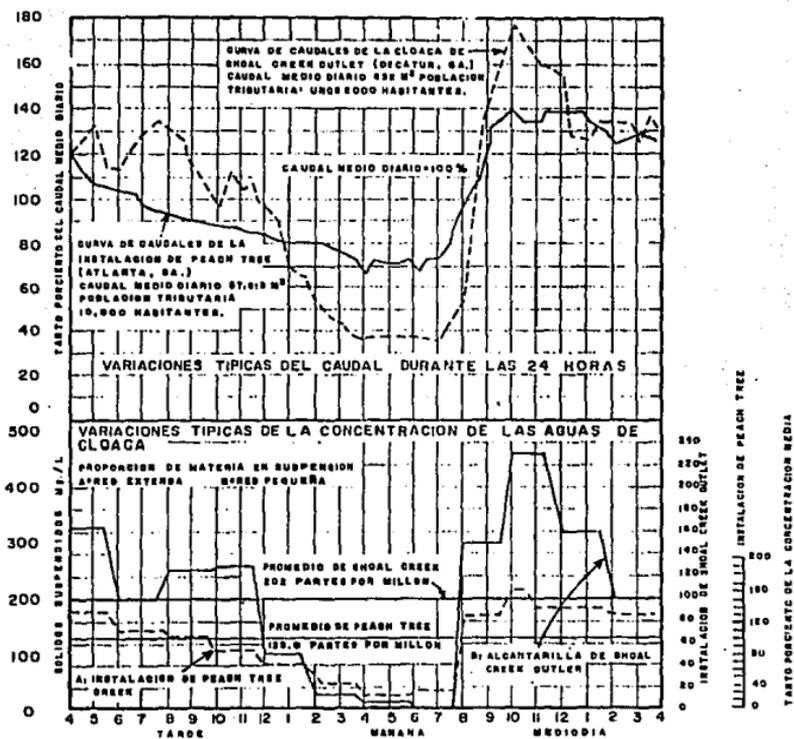


FIGURA 2.1

NOTA PARA LA FIGURA 2.1

VARIACIONES DEL CAUDAL Y CONCENTRACION
DE AGUAS RESIDUALES EN DECATUR Y
ATLANTA (EE UU).

Las muestras fueron tomadas en volúmenes iguales a intervalos de media hora. Cada conjunto de cuatro muestras individuales se mezclaron para formar una muestra compuesta para su análisis. El contenido de sólidos suspendidos indicado en la figura representa el promedio de periodos de dos horas.

Los valores promedio de 202 y 128.8 mg/l representan medidas aritméticas de muestras compuestas en volúmenes iguales.

de las instalaciones de bombeo de las aguas residuales y ocasionalmente, para investigar las velocidades en las alcantarillas durante periodos de bajo caudal. A falta de aforo, puede tomarse como mínimo caudal el 50 % del medio.

Como normas a los proyectos, algunos departamentos de sanidad oficiales especifican los siguientes requerimientos mínimos:

- Tener en cuenta la infiltración normal, pero no la de lluvia o el agua de refrigeración no contaminada (la cual no debe descargarse en las alcantarillas sanitarias).

II.4 PERIODOS DE DISEÑO Y APLICACION DE LOS DATOS DE CAUDALES.

Al igual que en los proyectos de sistemas de agua potable, el proyectista deberá prever los periodos de diseño en los proyectos de estructuras de las redes de alcantarillado y hacer el adecuado uso de los datos de caudales.

1.- PROYECTO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO. El período de diseño es indefinido, puesto que el sistema se proyecta con previsión para el máximo desarrollo del área a que sirve, las densidades máximas de población esperadas en varias zonas residenciales, industriales y comerciales junto con los regimenes máximos de caudales de agua residual por segundo y la máxima infiltración diaria.

2.- ESTACION DE BOMBEO. El periodo de diseño es generalmente de 10 años. Los caudales de partida son los medios diarios, las puntas y los mínimos, incluyendo la infiltración.

3.- ESTACION DE DEPURACION. El periodo económico es de 15 a 20 años. Los caudales que se precisan son los de punta y promedio, incluyendo ambos la infiltración.

II.5 CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El agua residual está constituida, en más del 99.9% por agua, pero el resto de sus componentes tienen una gran importancia. El agua residual doméstica fresca tiene un olor ligeramente aceitoso o, a jabbón, es turbia y contiene sólidos de naturaleza reconocible, y a menudo de gran tamaño. El agua en estado séptico tiene un pronunciado olor a ácido sulfhídrico, su color es gris obscuro y contiene sólidos suspendidos de menor tamaño, que ocasionalmente son de naturaleza reconocible.

A temperatura del orden de los 20 °C, el agua residual pasa de su condición de fresca a séptica en un tiempo variable de 2 a 6 horas, dependiendo principalmente, de la concentración de materia orgánica. Esta última va en función de la dotación de agua per cápita, la infiltración y el agua de origen industrial vertida a la red de alcantarillado. La cantidad de sólidos residuales producidos por una persona es relativamente constante, pero la cantidad de agua que cada persona utiliza es muy variable.

II.6 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE SOLIDOS.

Los sólidos presentes en el agua residual pueden estar en forma suspendida o en disolución. Los sólidos totales incluyen ambas formas y se determinan evaporando un volumen o peso determinado de muestra y pesando el residuo remanente, expresando los resultados en mg/lit.

Los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos, estos requieren para su determinación, el empleo de una filtración de la muestra. La filtración se lleva a cabo por medio de un filtro de membrana similar a los utilizados en los análisis bacteriológicos. Para determinar los sólidos suspendidos el filtro ha de secarse y pesarse previamente, y a continuación se filtra un determinado volumen de muestra, se seca y se pesa nuevamente. La diferencia de peso dividido entre el volumen de muestra utilizada, proporciona la concentración de sólidos suspendidos. Para la determinación de los sólidos disueltos, se toma un cierto volumen o peso del líquido filtrado, se evapora hasta su secado y se pesa el residuo remanente. Cuando se desea determinar las tres concentraciones de sólidos, basta realizar dos de las determinaciones y la tercera viene dada por la suma o diferencia de las otras dos.

Los sólidos volátiles con aquella fracción que se volatiliza a 550 °C. La concentración de sólidos volátiles se suele considerar como una medida aproximada del contenido de materia orgánica, o en ciertos casos de las concentraciones de sólidos biológicos tales como bacterias o protozoos. Los sólidos volátiles pueden determinarse sobre la muestra original (sólidos

volátiles totales), sobre la fracción suspendida (sólidos suspendidos volátiles) o sobre la fracción filtrada (sólidos disueltos volátiles). Se hace por incineración en una porción del residuo obtenido en los análisis de los sólidos totales. Cuando se trata de determinar los sólidos suspendidos volátiles, debe añadirse bien un filtro de vidrio, el cual dará lugar a una pequeña pérdida de peso, que habrá que corregir o un filtro de acetato de celulosa (no da lugar a cenizas). La fracción volátil se obtiene por diferencia entre el residuo remanente después del secado y después de la incineración.

Este último se denomina sólidos fijos o cenizas y constituye una medida aproximada del contenido mineral del agua residual.

II.7 CARACTERISTICAS QUIMICAS.

El agua residual contiene compuestos químicos de naturaleza orgánica e inorgánica. Los compuestos inorgánicos se encuentran presentes, asimismo, en el agua de suministro, pero su utilización en las diversas actividades tiene como consecuencia un incremento de su concentración en aquéllos. El tratamiento convencional del agua residual no está dirigido a la alteración del contenido en contaminantes inorgánicos. Cuando por determinadas circunstancias hay que mantener una calidad de agua más elevada, se emplean tratamientos terciarios, los cuales utilizan técnicas similares a las de tratamiento del agua.

Los compuestos orgánicos incluyen aquellos presentes en los residuos que se descargan a la red de alcantarillado y los productos de su degradación. Aunque por técnicas analíticas, puede llegarse a distinguir entre grasas, proteínas, carbohidratos, etc. Tal esfuerzo no vale la pena que sea realizado.

El nitrógeno y el fósforo, pueden estar presentes tanto como parte de la fracción orgánica, como de la inorgánica; la concentración de los mismos es importante desde el punto de vista de contaminación del agua, así como por ser necesario, en cantidades reducidas, para los sistemas de tratamiento biológico.

La alcalinidad de agua residual es importante porque proporciona capacidad también contra los ácidos producidos en el curso de la acción bacteriana o de los sistemas nitrificantes. Conforme aumenta el tiempo, el pH del agua residual tiene tendencia a disminuir debido a la producción de ácidos pero en el curso del tratamiento vuelve a elevarse.

La tabla 2.1 muestra los rangos de valores de las concentraciones típicas de varios constituyentes de agua residual doméstica en EE UU.

II.7.1 MICROBIOLOGIA DEL AGUA RESIDUAL Y DE SU TRATAMIENTO.

Debido a su origen, el agua residual, contiene enormes cantidades de microorganismos. Dependiendo de su edad y de la cantidad de agua de dilución, el número de bacterias presentes en el agua residual cruda suele oscilar entre 500,000 / ml a 5,000,000 / ml. los virus, protozoos, gusanos, etc., también se encuentran pero su concentración, rara vez es de suficiente entidad como para proceder a su determinación.

Las bacterias son organismos unicelulares las cuales metabolizan elementos nutritivos en estado soluble y se producen por fisión binaria. Las bacterias son capaces de solubilizar partículas de alimento situadas en la zona exterior a la célula por medio de enzimas extracelulares, y por lo tanto, pueden eliminar materia orgánica que esté presente en el agua residual en forma soluble, coloidal y como sólidos suspendidos.

En presencia de alimento y medio ambiente adecuado (temperatura, pH, etc.) las bacterias se reproducen de la forma que se describe en la figura 2.2, en la que las ordenadas son el número de organismos y las abscisas el tiempo. El punto correspondiente al final de la fase de

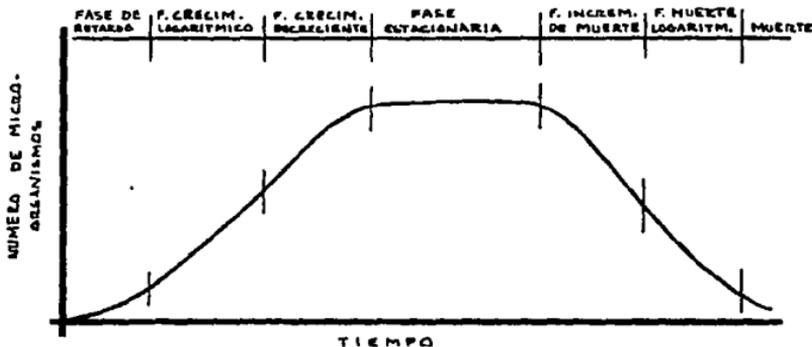


Fig. 2.2 Curva de crecimiento bacteriano basado en el número de organismos.

crecimiento logaritmico y al inicio de la fase decreciente, indica que el alimento disponible ya ha sido prácticamente consumido y que comienza a ser un factor limitante. Los ingenieros no cuentan con el número de bacterias presentes, excepto en muy raras ocasiones, pero en función de la concentración de sólidos suspendidos, puede tener una idea de número de estas. En la figura 2.3 se representa la evolución de la masa de microorganismos, mas que el número de bacterias, respecto al tiempo. Debe notarse que esta curva consta unicamente de tres fases, en lugar de siete y que el comienzo del crecimiento es inmediato, sin haber fase de retardo.

Aunque la fase de crecimiento logaritmico coincide con la tasa máxima de eliminación de substrato (alimento) tal fase no constituye una zona óptima para el funcionamiento de los sistemas de tratamiento. A fin de mantener el crecimiento logaritmico, el alimento ha de suministrarse en grandes cantidades y por consiguiente la concentración de éste en el efluente ha de ser muy pequeña. Más aún, una utilización máxima del substrato de otros nutrientes y de oxígeno, lo cual puede presentar dificultades. Finalmente, las bacterias en estado de crecimiento logaritmico disponen de una gran cantidad de energía, tienen una reducida capacidad de almacenamiento de subproductos y por lo tanto, tienen tendencia a la motilidad y a dispersarse, dificultando su eliminación por sedimentación.

Fase decreciente, es la que generalmente utilizan los sistemas de tratamiento biológico, ya que permiten suponer los problemas indicados anteriormente.

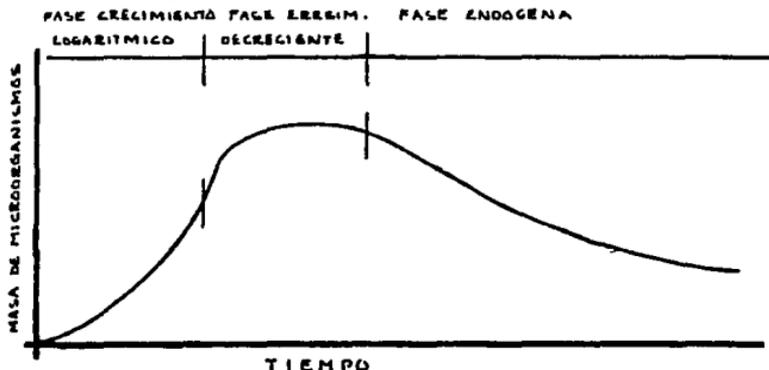


Fig. 2.3 Curva de crecimiento bacteriano basada en la masa de microorganismos.

II.7.2 PROCESOS ANAEROBICOS.

Las bacterias anaerobias oxidan la materia orgánica utilizando aceptores de electrones distintos del oxígeno. En el curso de las actividades metabólicas, producen CO_2 , H_2O , H_2S , CH_4 , NH_3 , N_2 , materia orgánica reducida y más bacterias. Una gran parte de la energía disponible aparece en forma de productos finales por lo que la producción de células es baja y los subproductos tales como el metano pueden utilizarse como fuente de energía, como se aprecia en la fig 2.4

Los productos finales de una fermentación anaeróbica tiene tendencia a producir olores y los intermedios, tales como los ácidos volátiles, pueden ser tóxicos para las bacterias, con lo que pueden poner en peligro la continuidad del proceso. La producción de un efluente estable es difícil, ya que las aguas residuales no suelen contener aceptores de electrones en cantidades suficientes como para permitir la oxidación completa.

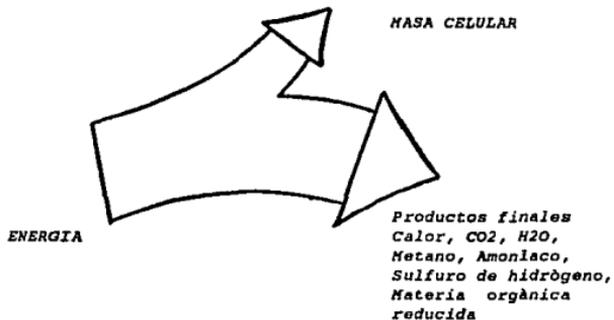


Fig.2.4 Utilización de energía en los procesos anaerobios.

II.7.3 PROCESOS AEROBICOS.

Las bacterias aerobias utilizan oxígeno libre como aceptor

de electrones. Los productos finales de la actividad aerobica son CO_2 , H_2O , SO_4^{--} , NO_3^- , NH_3 y más bacterias. La mayor parte de la energía disponible se transforma en masa celular o en calor, produciéndose un efluente estable que no sufrirá una descomposición ulterior. La distribución de la energía se muestra en la fig. 2.5. El oxígeno necesario puede suministrarse naturalmente, a partir de la atmósfera o mecánicamente, por medio de aireación con burbujas finas, a través de películas delgadas o formación de pequeñas gotas .

La oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrato puede tener lugar, o no, dependiendo del tiempo de detención, oxígeno disponible, temperatura, tipo de bacterias predominantes, y otros factores.

Además de las bacterias aerobicas o anaerobicas estrictas, existe un tercer grupo, denominado facultativo, el cual puede realizar sus procesos bajo ambas condiciones, aerobicas o anaerobicas. Los procesos biológicos que utilizan las bacterias de este último grupo, son idénticos a los de los aerobicos o anaerobicas estrictas, excepto que hay cierto número de reacciones específicas que no son capaces de realizar, tales como la reducción de CO_2 a CH_4 y la oxidación de NH_3 a NO_3^- .

MASA CELULAR

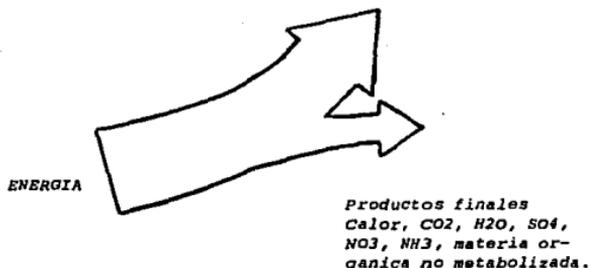


Fig 2.5 Utilización de energía en los procesos aerobicos

II.7.4 OTROS MICROORGANISMOS:

Las algas son microorganismos fotosintéticos que son capaces de producir oxígeno y materia protoplasmática a partir de compuestos químicos inorgánicos. Las algas no tienen gran importancia en la mayor parte de los procesos de tratamiento, pero juegan un papel primordial en las lagunas de estabilización, en las que existe una relación simbiótica entre ellas y las bacterias saprofitas que son capaces de oxidar la materia orgánica presente en el agua residual.

Los protozoos son organismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria. Existen muchas especies de protozoos que difieren en tamaño, forma, motilidad y substrato ha partir del cual se alimenta, pueden ser aerobios, facultativos y anaerobios. Aunque muchas especies pueden utilizar materia orgánica soluble, su concentración a de ser considerablemente mayor que la que se encuentra presente en el agua residual, por lo que su principal fuente nutritiva está constituida por las propias bacterias. Al reducirse el número de éstas, los protozoos alteran la relación alimento/microorganismos con lo que estimulan un mayor crecimiento bacteriano y aumentan la estabilización del agua residual.

Los hongos son organos multicelulares no fotosintéticas; la mayor parte de ellos son aerobios, aunque se conocen algunas especies anaerobias. Debido a que su composición celular es diferente, los hongos tienden a predominar sobre las bacterias en aquellas aguas residuales que son deficitarias en nitrógeno o tienen un bajo pH. Al tener una forma filamentosa y un tamaño relativamente grande, los hongos sedimentan mal, por lo que son difíciles de eliminar por sedimentación y por tanto, su presencia no es deseable en los procesos de tratamiento biológicos.

Los rotíferos son los animales multicelulares más simples, se alimentan de bacterias y protozoos de pequeño tamaño, dando lugar de esta manera, a una estabilización superior del agua residual. Como necesitan una concentración relativamente grande de oxígeno disuelto, su presencia es un buen indicador de un alto grado de estabilidad de los efluentes tratados. En la figura 2.6 se presenta el predominio relativo de diversos microorganismos en la estabilización del agua residual.

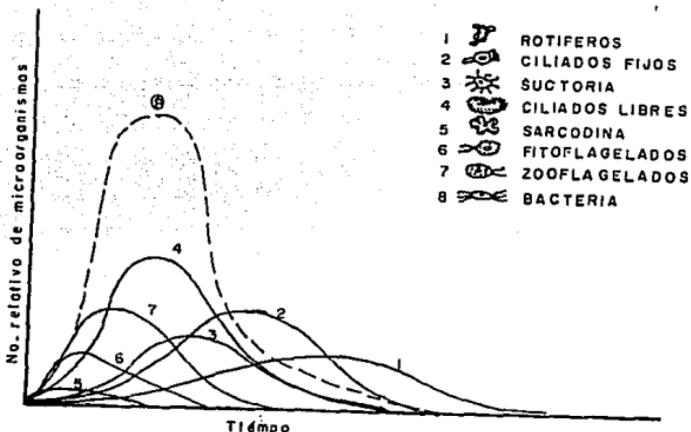


Fig. 2.6 Crecimiento relativo de microorganismos en el curso de estabilización.

II.7.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO).

Las bacterias que están en contacto con materia orgánica la utilizan como sustrato alimenticio, y en el curso de esa utilización pueden llegar a oxidarla y producir unos compuestos estables como CO_2 y agua. La cantidad de oxígeno consumido en este proceso se denomina demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y se considera como una medida del contenido de materia orgánica del agua residual.

La determinación de la DBO está normalizada y con ella se mide la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización del agua residual durante cinco días a una temperatura de 20 C. Para las aguas residuales domésticas el valor de la DBO representa, aproximadamente, las dos terceras partes de la demanda que sería ejercida si se oxidara toda la materia oxidable por vía biológica.

Para la realización de la determinación para las aguas domésticas, puede suponerse que éstas contienen un inóculo adecuado de bacterias. Cuando se trata de aguas residuales industriales relativamente poco cargadas, puede haber necesidad de añadir un inóculo.

La solubilidad del oxígeno en el agua tiene unos valores claramente delimitados, por lo que cuando hay que analizar residuos con valores altos de DBO, es preciso diluirlos convenientemente. El agua de dilución ha de prepararse cuidadosamente y debe contener una mezcla de sales que proporcionen todos los nutrientes necesarios para la actividad biológica, junto con una solución tampón de fosfato, a fin de mantener un pH neutro. El agua ha de aerearse para saturarla de oxígeno, antes de proceder a su mezcla con la muestra de agua residual.

La DBO ejercida se considera que sigue una reacción de primer orden definida por:

$$\frac{dy}{dt} = -K_1 y$$

En donde "y" es la DBO remanente en el tiempo t y K₁ es una constante. Integrando la ecuación anterior y llamando L a la DBO existente para t = 0.

$$y = L e^{-K_1 t}$$

La DBO ejercida al cabo de un tiempo t es la diferencia entre la existente en el momento inicial y la remanente, por lo que:

$$DBO = L - y = L (1 - e^{-K_1 t})$$

Los valores de K_1 y L pueden determinarse a partir de una serie de medidas de DBO. Thomas(1) encontró la similitud entre los desarrollos de las series

$$1 - e^{-K_1 t} \quad \text{y} \quad K_1 t \left[1 + \frac{(K_1 t)^2}{6} \right]^{-3}$$

Y obtuvo la siguiente fórmula aproximada:

$$DBO = L K_1 t \left[1 + \frac{(K_1 t)^2}{6} \right]^{-3}$$

que puede expresarse

$$\frac{t}{DBO} = (K_1 L)^{-1/3} - \frac{K_1 t}{6 L^{1/3}}$$

Si se representan valores de (t/DBO) para diversos valores de t , se obtiene una línea recta que intercepta al eje de abscisas para $t=0$ con el valor de $(k_1 L)^{-1/3}$ y cuya pendiente es $K_1 / 6L$.

II.7.6 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

Aunque la determinación de la DBO proporciona una buena idea de que es lo que puede ocurrir en un curso de agua, no es un análisis muy útil para el control de los procesos de tratamiento, debido a que se necesitan un mínimo de cinco días para conocer su valor. El análisis de la DQO consiste en la oxidación en medio ácido con dicromato potásico. La determinación se realiza añadiendo a la muestra acidificada una cantidad

(1) Thomas H.A., Jr: "Graphical determination of BOD curve constants", water and sewage works 97:123, 1950.

determinada de dicromato e hirviéndola a continuación durante dos horas transcurridas las cuales se deja enfriar y se mide la cantidad de nicromato remanente con sulfato amónico ferroso. Aunque no existe una correlación entre la DBO y DQO, es posible que pueda existir para una planta de tratamiento determinada. Los valores de la DQO son generalmente superiores a los de la DBO ya que en la determinación de aquella se oxidan algunos componentes como grasas y ligninas que solo se pueden biodegradar muy lentamente.

II.7.7 CARBONO ORGANICO TOTAL (COT)

La determinación del carbono orgánico total o COT, comprende la acidificación de la muestra para convertir el carbono orgánico en CO₂ que es eliminado por stripping; seguidamente se inyecta la muestra en un horno en donde se oxida en presencia de un catalizador. Se mide el CO₂ producido, por medio de análisis de infrarojos y por vía instrumental se obtiene el contenido de carbono orgánico presente originalmente.

El análisis es rápido, preciso y se correlaciona bastante bien con la DBO, el mayor inconveniente existente para que el uso de esta prueba se haga más popular, reside en el elevado costo de los equipos necesarios y en el alto grado de cualificación que se precisa para realizar la prueba.

II.7.8 POBLACION EQUIVALENTE.

Puesto que la contribución per cápita de sólidos al agua residual puede considerarse prácticamente como constante, la contribución de DBO, expresada como gramos/persona/día, debería ser asimismo relativamente uniforme. De hecho suele ser así y las contribuciones per cápita de sólidos suspendidos y DBO en Estados Unidos son, respectivamente, de 90 y 80 gramos por día. Las variaciones en las concentraciones que se muestra en la tabla 2.1 son debidas a variaciones del caudal y a la inclusión de vertidos industriales.

La población equivalente de un agua residual puede determinarse dividiendo la masa total diaria de un contaminante por la contribución per cápita correspondiente. Como ejemplo se puede citar el siguiente: Un agua residual que tenga una DBO de 300 mg/lit y un caudal de 1,000 M³ por día, contendrá una DBO de 0.3 x 10 gr. y su población equivalente será:

300,000

= 3,750 personas

80

La población equivalente ha sido ampliamente utilizada como una técnica para estimar el costo de tratamiento de efluentes industriales. Se puede estimar una población equivalente para cualquier constituyente (caudal, DBO, DQO, SS, P, N, etc.) y utilizarla para determinar la contribución proporcional y, por tanto la parte proporcional del costo del tratamiento de los efluentes industriales, en plantas municipales la estimación puede, así mismo, realizarse por comparación entre las contribuciones municipal e industrial.

Parámetro	Débil	Media	Alta
Sólidos suspendidos totales	100	200	350
Sólidos suspendidos volátiles	75	135	210
DBO	100	200	400
DQO	175	300	600
COT	100	200	400
N-amoniaco	5	10	20
N-orgánico	8	20	40
P-PO ₄	7	10	20

Tabla 2.1 Características de un agua residual doméstica típica.

C A P I T U L O I I I

TIPOS DE ALCANTARILLADO.

Antes de describir los tipos de alcantarillado expresaremos una definición; se denomina alcantarillado, a un sistema adecuado de conductos subterráneos llamados alcantarillas y que sirven para transportar las aguas negras o de lluvia, o ambas y las conducen en forma rápida y segura hasta un sitio de vertido o descarga donde no causen daño ni molestias a la localidad, que las produce ni a otra circunvecinas.

Se denominan aguas negras, a las aguas servidas de las viviendas y desechos industriales de lavado de calles, etc.

Las aguas negras las ha definido el comité de alcantarillado y eliminación de aguas negras de la Asociación Americana de salubridad pública, como una combinación de:

- A) Desechos líquidos salidos de residencias, escuelas, hospitales y edificios comerciales.

- B) Desechos líquidos de establecimientos industriales.

- C) Agua frèatica, superficial o de lluvia, que entra al alcantarillado; estos lquidos son putrecibles y su descomposici3n produce grandes cantidades de gases ofensivos y pueden contener numerosas bacterias pat3genas como que las que normalmente viven en el intestino del hombre, a las que se encuentran presentes en ciertos desechos industriales como tenerias o lavanderias.

Se denominan aguas pluviales, aquellas originadas por la lluvia y que caen dentro de la superficie en la que tenga influencia el alcantarillado y que pueden tener acceso a el.

La primera lluvia que lava las calles o el terreno, està sumamente contaminada y se le considera como agua negra, el resto de una tormenta se puede decir que es inofensiva en t3rminos generales y se considera como agua limpia.

Los sistemas de alcantarillado se proyectan y construyen, como se mencion3 en la definici3n, para eliminar de una localidad sus aguas residuales (dom3sticas e industriales) y las aguas de lluvia cuando originan inundaciones frecuentes en ciudades con topografia casi plana. En cualquier caso la eliminaci3n de las aguas residuales tienen alta prioridad.

Los tipos de alcantarillado que se pueden proyectar y construir son los siguientes:

- A) Alcantarillados sanitarios.
- B) Alcantarillados pluviales.
- C) Alcantarillados combinados.
- D) Alcantarillados separados.

A continuaci3n se da una descripci3n de cada uno de los tipos de alcantarillado:

III.1 ALCANTARILLADO SANITARIO.

Este tipo de alcantarillado se proyecta y construye para eliminar ùnicamente las aguas residuales. Una red de alcantarillado sanitario esta constituida por:

- 1.- Alcantarillas: Albañales, atarjeas, subcolectores, colectores y emisores.
- 2.- Accesorios: Pozos de visita, pozos de calda, pozos de caja, sifones y la estructura de vertido.

El sistema se complementa con instalaciones anexas como lo es una estación de bombeo y la planta de tratamiento.

El alcantarillado sanitario se construye con el fin de satisfacer las necesidades de la población, dependiendo del periodo de diseño al que se proyectó, los gastos que se emplean para determinar los diámetros de las tuberías, están en función del número de habitantes por beneficiar y de la aportación de aguas negras.

La red de alcantarillado deberá cubrir la mayoría de calles de la zona urbana.

Las consideraciones básicas para un proyecto de alcantarillado sanitario son los siguientes:

III.1.1 Datos de proyecto.

En los proyectos de obras de alcantarillado sanitario para las localidades urbanas de la República Mexicana, generalmente se establecen como básicos los siguientes datos de proyecto.

Población del último censo oficial	Hab.
Población actual estimada	Hab.
Población de proyecto	Hab.
Dotación	Lt/hab/día
Aportación (75 a 80 % de dotación)	Lt/hab/día
Sistema	Sanitario aguas negras.
Fórmulas	Harmon y Manning.
Longitud	m.
Sistema de eliminación	Gravedad
Coefficiente de seguridad	1.5
Velocidad mínima	m/s
Velocidad máxima	m/s

Gasto mínimo	l.p.s.
Gasto medio	l.p.s.
Gasto máximo instantáneo	l.p.s.
Gasto máximo extraordinario	l.p.s.

III.1.2 Población por servir o de proyecto.

Para la determinación de la población de proyecto se considera un periodo económico que puede variar de 6 a 20 años, en relación a la magnitud y características de la localidad por servir y el costo probable de las obras a ejecutar.

Para el cálculo de la población pueden ser usados los métodos que se indican en las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Sanitario en localidades Urbanas de la República Mexicana". Al efectuar la predicción de la población, se tendrá en cuenta la propuesta para el sistema de agua potable y los programas establecidos del "Plan Nacional de Desarrollo Urbano" y elaborar la gráfica correspondiente.

III.1.3 Aportación de aguas negras.

La Aportación de aguas negras sera del 75 al 80 % de la dotación que se adoptó en el sistema de agua potable y que deberá estar de acuerdo con lo indicado en el "Manual de Normas de Proyecto para obras de aprovisionamiento de Agua Potable en localidades Urbanas de la República Mexicana". En el caso de que la dotación del sistema de agua potable difiera de la indicada en dicho manual, se investigará la causa del ajuste de acuerdo con las necesidades reales de la localidad y sus posibilidades físicas, económicas, sociales y políticas.

III.1.4 Gastos de diseño.

Para el dimensionamiento y establecimiento de la clase de tuberías, estructuras, equipos y accesorios que se utilizan en las obras que integran un sistema de alcantarillado sanitario, se utilizan los gastos siguientes.

Con el Gasto Medio se diseñan las obras de tratamiento.

Con el Gasto Máximo Instantáneo, el Medio y el Mínimo, se diseñan las estaciones de bombeo y los emisores de presión.

Con el Gasto máximo Extraordinario y con el Gasto Mínimo se diseñan las tuberías de la red de alcantarillado y los emisores a gravedad.

En general, el ingeniero proyectista deberá hacer el diseño hidráulico (de dimensionamiento) para la etapa de proyecto y verificar su funcionamiento hidráulico para el gasto máximo instantáneo y gasto mínimo, obtenidos en función de la población estimada para el año que se realice el proyecto.

Los equipos para las estaciones de bombeo y el tratamiento, cuando estas se requieran deberán obedecer a un diseño modular, que permita su construcción por etapas y pueda operar en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos requeridos a través del período económico establecido para el proyecto.

III.1.5. Criterio de diseño.

De acuerdo a lo indicado en el inciso anterior, se establecen los siguientes criterios de diseño, que son recomendables principalmente para localidades urbanas medianas y pequeñas.

Vertido final

El vertido final del efluente del alcantarillado sanitario, deberá efectuarse previo tratamiento, por lo que la dimensión de la estructura de descarga se hará para el gasto medio o si se considera que la construcción de la planta de tratamiento se difiere, el diseño se hará para el gasto máximo de diseño considerado para el emisor.

Tratamiento

Una vez definido el destino final del efluente de las aguas negras, se determinará el tipo y el grado de tratamiento. El proyecto de la planta estará acorde con el Manual de Normas correspondiente. El diseño de las plantas es conveniente hacerlo modular, para permitir la construcción por etapas. Es recomendable hacer el diseño de los módulos tomando como base el gasto medio inmediato, la capacidad de proyecto se dará con el gasto medio de proyecto, debiendo tener la planta cuando menos dos módulos.

Emisor

El emisor tiene por objeto conducir el efluente de aguas negras de la red de alcantarillado, a la planta de tratamiento y de la planta de tratamiento al sitio de disposición final o vertido final.

Los emisores a gravedad se diseñan para el gasto máximo extraordinario de proyecto, en el tramo de la red a la planta de tratamiento, y para el gasto medio de proyecto en el tramo de la planta al vertido final.

En la mayoría de los casos de emisores construidos y por construir, en los tramos que no conducen aguas negras se utilizan tuberías, pudiéndose utilizar canales en las conducciones de los efluentes ya tratados.

Redes de colectores y atarjeas

El cálculo hidráulico de una red de alcantarillado sanitario se hará para el gasto máximo extraordinario y el gasto máximo de proyecto.

Las tuberías principales, subcolectores y colectores, se diseñarán con los gastos acumulados que le corresponden de acuerdo con las aportaciones de las áreas tributarias previamente determinadas. Se fijará diámetro y pendiente.

Las tuberías secundarias (atarjeas de 20 cm. de diámetro) se instalarán siguiendo la pendiente del terreno cuando esté dentro de los límites recomendados en el Manual de Normas correspondiente.

III.2 ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Este tipo de alcantarillado se proyecta y construye para eliminar únicamente las aguas de lluvia de una localidad urbana; los gastos que se emplean para determinar los diámetros de las tuberías del sistema pluvial están en función de las áreas de aportación de aguas de lluvia; de la intensidad de la lluvia, del coeficiente de escurrimiento y del tiempo de retorno de las lluvias.

La red de alcantarillado pluvial debe tener una longitud de interceptores lo más reducida que sea posible localizando los conductos estratégicamente en un mínimo número de tramos de

calles para que den servicio a grandes áreas y a las cuales concurren las aguas de lluvia, que escurren superficialmente por la mayoría de las calles.

Como se mencionó anteriormente la función principal de un alcantarillado pluvial es la de eliminar única y exclusivamente el agua de lluvia que se acumula en las zonas bajas de una localidad urbana, para que no causen daños y molestias a la población. En todos los casos, la red tendrá una longitud mucho menor que la del alcantarillado sanitario.

III.2.1 Partes Integrantes.

Las partes o elementos que integran un sistema de alcantarillado pluvial son los siguientes:

1.- Bocas de tormenta.

Las bocas de tormenta son estructuras que están constituidas por una caja que funciona como desarenador y una coladera con su estructura de soporte que permita la entrada del agua.

Las bocas de tormenta que captan el agua de lluvia se localizan a lo largo de las banquetas de calles y en forma transversal a éstas. El agua que entra por la coladera, se decanta en la caja desarenadora, pasando al albañal pluvial.

Las bocas de tormenta de acuerdo con su localización pueden tener los siguientes tipos de coladera:

1.a) Coladera de banqueta; cuyo diámetro de albañal es de 15 cm. y una capacidad aproximada de 15 l. p. s.

1.b) Coladera de piso; cuyo diámetro de albañal es de 15 cm. y para una capacidad aproximada de 25 l. p. s.

1.c) Coladera de piso y banqueta; cuyo diámetro de albañal es de 20 cm. y para una capacidad aproximada de 40 l. p. s.

1.d) Coladera longitudinal de banqueta; la cual se construye por tramos con un mínimo de tres. su capacidad aproximada es de 40 l. p. s. por tramo. para tres o cuatro tramos el diámetro de albañal es de 38 cm. y para cinco o seis tramos es de 45 cm.

1.e) Coladeras transversales; se construyen en calles de 6.00 mts. de ancho y menores, con albañal de 61 cm. de diámetro y en calles con ancho mayor, el albañal es como máximo de 76 cm. de diámetro; su capacidad aproximada es de 40 l. p. s. por tramo.

En las coladeras de banquetas, las de piso y las de piso y banqueta, las rejillas de la coladera y el brocal pueden ser de fierro fundido o de concreto.

2.- Conductos y alcantarillas.

Es necesario definir que es una alcantarilla: En vías terrestres, es un conducto circular o de otra sección; por el cual pasa el agua de un lado a otro de la vía, pudiendo ser también un pequeño puente. También se define como "conducto subterráneo destinado en las ciudades para dar paso a las aguas sucias y de lluvia".

Las alcantarillas, que se utilizan en los sistemas de alcantarillado pluvial reciben de acuerdo con su función, la denominación de albañales pluviales, interceptores y emisores pluviales. Los cuales se definen a continuación:

2.a) Albañales pluviales.

El agua de lluvia que escurre por las calles de una localidad urbana y que es captada por las bocas de tormenta, se conduce a los interceptores de la red por medio de un conducto llamado albañal pluvial, cuyo diámetro está en función de la coladera por usar como se indicó anteriormente. Generalmente se construyen utilizando tuberías de concreto sin refuerzo, para diámetros de 15 a 45 cm. y de concreto reforzado, para diámetros de 61 y 76 cm. Se pueden utilizar también tuberías de P. V. C. para diámetros de 15, 20 y 30 cm.

La localización de los albañales pluviales está supeditada a la mejor situación de las bocas de tormenta y de los interceptores.

2.b) Interceptores.

Las alcantarillas denominadas interceptores tienen funciones análogas a las de las atarjeas y colectores de un alcantarillado sanitario, recibiendo en el caso de la red pluvial, las aportaciones de los albañales pluviales. El diámetro mínimo de los interceptores es de 30 cm.

Los interceptores deberán quedar localizados en las zonas bajas de la ciudad situandolas en un reducido número de tramos de calles para que den servicio a grandes áreas. En el resto de tramos de calles (la gran mayoría) el agua de lluvia escurrirá superficialmente hasta ser captadas por las bocas de tormenta.

En los proyectos se hace su representación a ejes de calles; sin embargo, su instalación deberá hacerse en la proximidad de la guarnición en donde no se tengan servicios establecidos.

2.c) Emisor pluvial.

El emisor pluvial tiene la función de conducir el agua que aporta un interceptor o varios, al sitio del vertido. Puede estar constituido por tuberías de concreto reforzado, o un canal cubierto o a cielo abierto cuyas características geométricas dependerán del gasto y las condiciones locales de topografía, Geotécnia, etc.

En un proyecto de acuerdo con la topografía e hidrografía de la zona urbana se pueden tener varios emisores de acuerdo con los sitios de vertido más apropiados por utilizar.

3.- Accesorios.

3.a) Pozos de visita y cajas.

Se utilizan generalmente los pozos de visita comunes, especiales y de caja, similares a los que se utilizan en el alcantarillado sanitario. Su objetivo es el de permitir efectuar labores de inspección y limpieza.

3.b) Estructuras de descarga.

La estructura de descarga se construye a final del emisor y sus características estructurales y funcionales dependerán del sitio que se elija para el vertido de las aguas pluviales, que puede ser una corriente superficial, un depósito natural (lago, laguna, el mar), o directamente sobre terrenos.

III.3 ALCANTARILLADO COMBINADO.

Este tipo de alcantarillado se proyecta y construye para

eliminar conjuntamente las aguas residuales y las de lluvia; el cálculo de los diámetros de los conductos se hace con los gastos pluviales, tomando en consideración que los volúmenes de agua de lluvia son mucho mayores que los de las aguas residuales. Los gastos de lluvia se determinan aplicando los mismos métodos que para el alcantarillado pluvial.

El sistema de alcantarillado combinado tendrá la misma longitud de red que el sistema sanitario.

Las ciudades grandes han considerado a este tipo como una solución para resolver el problema sanitario en la República Mexicana, casi en todas las Capitales de estado, tienen este tipo de alcantarillado, ello se debe a varias razones entre otras, que la mayoría de ellas esta constituida en las margenes de un río, por ejemplo, Toluca en las del Río Verdiguél, Puebla en las del Río San Francisco, etc.

Entonces, lo más común era utilizar a estas corrientes como colectores y emisores naturales esto mismo obligará que el resto de las tuberías fuesen para desalojar tanto los volúmenes de aguas pluviales como negras simultaneamente.

III.4 ALCANTARILLADO SEPARADO.

Este tipo de alcantarillado debe ser el sistema más adecuado, debido a que se tiene un enorme crecimiento en las dimensiones de los conductos, lo que ha originado también un aumento en la contaminación y aunque cuantitativamente tenga el planeta el mismo volumen de agua desde la formación del mismo, cualitativamente se tiene un volumen menor y en cada segundo existen volúmenes que no son susceptibles de ser aprovechados para consumo; además de estar alterando la ecología, esto indica que se esta degradando nuestro habitat.

Todo ser orgánico para vivir tiene que contaminar, lo que es alimento para uno es veneno para otro. Estos son principios ciertos pero también es cierto que está en las manos del hombre resolver el gran problema de la contaminación.

Lo más prudente es que una ciudad importante con más de 50,000 habitantes debe tener dos redes de alcantarillado una pluvial que cubra parcialmente a la ciudad; como únicamente a los primeros escurrimientos se consideran como aguas negras, los posteriores, una vez que se han lavado las calles, son aguas blancas. El tener una red pluvial parcial tiene como ventajas de que la longitud de tuberías sería un mínimo y los vertidos serían inmediatamente, lo que evita tener emisores largos que son costosos.

La red sanitaria debe cubrir en su totalidad a la ciudad y que ésta reciba únicamente las aportaciones de aguas negras, las que serían llevadas a una planta para su depuración y de esta manera abatir la contaminación de corrientes receptoras y pensar en la reutilización del gasto efluente ya depurado.

La red pluvial como se mencionó anteriormente, cubrirá un reducido número de tramos para dar servicio a grandes áreas, estas aguas que entran a la red pluvial son conducidas al sitio de vertido sin necesidad de tratamiento, en virtud de que son aguas limpias que pueden ser aprovechadas posteriormente a la descarga.

En relación a este tipo de alcantarillado considerado erróneamente como un tipo específico, actualmente se ha llegado a la conclusión siguiente: No se puede hablar de un alcantarillado separado ya que se involucra al tipo de alcantarillado sanitario y al tipo de alcantarillado pluvial, así pues, si una población está compuesta por una red sanitaria y una red pluvial, diremos que cuenta con dos tipos de alcantarillado, uno sanitario y uno pluvial.

III.5 REQUISITOS QUE DEBEN SATISFACER LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.

A continuación se describen los requisitos indispensables para poder construir cualquiera de los sistemas de alcantarillado descritos anteriormente.

Con respecto al Alcantarillado Sanitario, se recomienda para localidades que cuentan con abastecimiento de agua potable y que la mayoría de las calles que la componen tengan un trazo más o menos definido; se ha llegado a estipular que este tipo de alcantarillado, se contruya para aquellas poblaciones que tengan un número promedio de 20,000 habitantes y que se cuente con un buen drenaje superficial, esto es, que la pendiente de los arroyos sea regular y que no haya el riesgo de inundaciones, ya que el arroyo servirá como canal para desalojar inmediatamente las aguas pluviales; sin embargo, no se puede definir exactamente el límite poblacional, en virtud de que existen localidades menores o mayores que requieran además de sistemas de agua potable, de la construcción de su sistema de alcantarillado sanitario, ya que éstos son servicios indispensables para que las comunidades rurales y urbanas, mejoren sus condiciones de salubridad y al mismo tiempo estrictamente necesarios para el desarrollo de sus actividades domésticas, comerciales e industriales.

El alcantarillado sanitario como se mencionò anteriormente, deberá conducir exclusivamente las aguas residuales e industriales de una población, cuya red general cubrirà la mayor parte de la población, siendo su diámetro mínimo especificado de 20 cm.

Otro de los requisitos de los que se consideran mas importantes, es que todo sistema de alcantarillado sanitario deberá contar con su tratamiento, antes de que las aguas sean vertidas a las corrientes receptoras con el fin de no contaminarlas y estar en posibilidades del aprovechamiento posterior; como un ejemplo representativo de la situación anterior, en el Estado de México, se puede citar que se encuentra el río más contaminado de la República Mexicana lo cual es una de las principales preocupaciones del Gobierno del Estado, aunque ya se cuenta con una planta de tratamiento, se tiene el inconveniente de que no toda el agua servida que es descargada a dicho río llega a la planta tratadora.

En relación al alcantarillado pluvial, la construcción de un sistema de este tipo se justifica hacerla principalmente para localidades urbanas grandes; es decir, Ciudades que cuenten con servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, bajo el control de organismos administrativos eficientes, que hayan logrado la autosuficiencia de estos sistemas además, se deberá contar con un alto porcentaje, por no decir el 100 %, de calles pavimentadas.

Como se menciona, este alcantarillado conducirá únicamente aguas de lluvia que escurran en la comunidad, las cuales serán llevadas a un sitio de vertido, pudiendose aprovechar posteriormente sin necesidad de ser tratadas; el diámetro mínimo especificado que se instalarà será de 30 cm.

Por lo que respecta a la construcción de este tipo de alcantarillado, se puede decir, que representa para la comunidad beneficios complementarios para garantizar las mejores condiciones de salubridad y de desarrollo urbano.

Dentro de los beneficios que se pueden obtener para la comunidad con la construcción del sistema de alcantarillado pluvial estan los siguientes:

- a) Se dà protección contra inundaciones frecuentes a las zonas más valiosas de la localidad, como son principalmente las comerciales e industriales.
- b) Se evita tener complicaciones con el tránsito

de vehiculos durante la temporada de lluvias, así como molestias a los habitantes al transitar por las calles inundadas.

- c) En ciudades con población flotante se logra evitar molestias a los turistas, con lo que se logrará incrementar su permanencia en la ciudad, resultando ésta, beneficiada económicamente.
- d) Se evita tener ensanchamientos frecuentes de agua pluvial en las zonas bajas, con acumulación notable de lodos y la posible proliferación de insectos.

Referente al alcantarillado combinado como se mencionó anteriormente, deberá conducir aguas mezcladas, es decir aguas negras y aguas de lluvia, por lo que los requisitos indispensables para este tipo de alcantarillado son, la combinación de los descritos para el alcantarillado sanitario y el alcantarillado pluvial.

En general, para todas las localidades urbanas y partes de las rurales se debe construir el alcantarillado y únicamente para ciudades con topografía casi plana que tenga zonas de alto valor principalmente comerciales e industriales, se puede justificar la construcción de un alcantarillado pluvial; por otro lado lo más prudente, es que una ciudad importante con más de 500,000 habitantes debe tener dos redes de alcantarillado. Una pluvial que cubra parcialmente la ciudad, teniendo ventajas de que la longitud de tuberías sería un mínimo y los vertidos serían inmediatamente, lo que evita tener emisores largos que son costosos; y otra sanitaria que deberá cubrir en su totalidad a la ciudad, recibiendo únicamente las aguas negras, las que serían llevadas a una planta de tratamiento para su depuración optimizando volúmenes y costos de operación en dicho tratamiento.

El sistema descrito en el último párrafo, esto es, que consta de un alcantarillado sanitario y un alcantarillado pluvial, recibe el nombre de "sistemas separados", cuyos requisitos de cada red se dieron a conocer anteriormente.

Con respecto a este sistema se propone que debería haber una legislación en el reglamento de construcción de obras públicas, para construcción de fraccionamientos, viviendas y departamentos de tal manera que este sistema funcione como tal y no que se tengan las aportaciones de las aguas servidas y las de lluvias, únicamente a la red sanitaria.

Existen algunos requisitos específicos que deben cumplir las redes de alcantarillado en general, desde el punto de vista de la construcción, operación y mantenimiento, las cuales se describen a continuación:

1.- LOCALIZACION ADECUADA: Los conductos o alcantarillas de una red se instalarán ya sea coincidiendo con los ejes de las calles o a un costado de las guarniciones según sea el caso. Cuando una calle es muy ancha se localizan los conductos próximos a las guarniciones de las banquetas.

La red deberá estar constituida por tramos rectos, encauzando las corrientes por el camino más corto hacia el lugar de vertido, evitando la formación de contracorrientes.

2.- SEGURIDAD EN LA ELIMINACION: La eliminación de las aguas se debe hacer en forma rápida sin causar molestias ni peligros, para la cual se requiere lo siguiente (para sanitario y/o combinado).

a) Conductos cerrados para evitar a la vista el repugnante aspecto de las aguas y salvaguardar a la comunidad de los malos olores, producto de la putrefacción de las materias que contienen; así mismo se evita la insalubridad en la zona ya que se crean focos de infección.

b) Capacidad suficiente para eliminar en condiciones de seguridad el volumen máximo de las aguas.

c) La velocidad de escurrimiento del agua en casas normales no será menor de 0.60 m/seg. para evitar depósitos en los conductos y no mayor de 3.00 m/seg. para evitar el desgaste de las juntas de la tubería de concreto y su posible dislocación.

d) Conductos impermeables a fin de evitar contaminaciones.

e) Un sistema adecuado de ventilación que evite la acumulación de gases corrosivos y gases explosivos.

3.- RESISTENCIA ADECUADA: Los conductos deben resistir los esfuerzos a que estén sujetos tanto interior como exteriormente; además, deberán resistir lo mejor posible el ataque corrosivo de aguas negras industriales y de gases.

4.- **FACILIDADES DE INSPECCION Y LIMPIEZA:** Dado que no es posible que una red de alcantarillado se conserve limpia por si sola, aún cuando la velocidad de escurrimiento sea superior a los límites mínimos, es indispensable una inspección y desazolve periódicos para conservar los conductos en las mejores condiciones de funcionamiento hidráulico. Es obligado realizar la limpieza preventiva para evitar problemas de mayor importancia.

C A P I T U L O I V

OPERACION, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.

El conocimiento del funcionamiento de las redes de alcantarillado es indispensable no sólo para quien deba dirigir la operación, sino también para quien deba realizar el proyecto, ya que, precisamente durante el proyecto es posible tomar decisiones aptas, para prevenir muchos inconvenientes que a menudo se resuelven con aumento de los costos de mantenimiento.

Los alcantarillados pluviales, según la concepción originaria, deberían conducir únicamente aguas de lluvia, sin embargo la experiencia ha demostrado que salvo casos muy raros, se encuentra siempre en los mismos un notable caudal de aguas negras, debido principalmente a los enlazamientos irregulares de redes privadas de aguas residuales domésticas y a las inmersiones de materias sucias a través de las bocas de tormenta de las calles, de ahí que se deba tener un mantenimiento y operación eficiente en este tipo de alcantarillado.

Puede decirse que todas las obras de la ingeniería civil una vez ejecutadas, necesitan del cuidado y la reparación constante, con el objeto de mantenerlas sirviendo eficazmente cuando menos por el tiempo que técnicamente se considera como vida económica de ellas. Cuando esta conservación se lleva a cabo sistemática y organizadamente puede prolongarse en muchos casos en forma casi

indefinida la duración de dicho periodo teórico. Esta táctica es doblemente benéfica pues por una parte se obtiene un buen servicio de la obra y por la otra la erogación se distribuye en forma tal que no resulta pesada para las personas que disfrutan del servicio, como lo sería llegado el momento en que se tuviera que hacer una reposición total. Además resulta equitativo que una vez hecha la inversión inicial, los usuarios o sus representantes velen por las obras de las cuales reciben el beneficio.

Por lo que se refiere a las redes de alcantarillado, éstas requieren principalmente el evitar la nueva construcción de los conductos y para ello se hace necesario efectuar periódicamente desazolves, reponiendo al mismo tiempo los brocales y las tapas de los pozos, las rejillas de las bocas de tormenta, faltantes en la red, a causa de rupturas, robo, etc.

IMPORTANCIA DE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA.

De los servicios públicos que los Organismos Gubernamentales proporcionan a los habitantes de las diversas localidades del país, el alcantarillado es uno de los de mayor importancia. Este servicio está muy relacionado con el abastecimiento de agua potable. Tanto uno como el otro se complementan y ambos tienen la significativa misión de preservar y proteger la salud de la población.

Los grandes y complejos problemas que se viven actualmente y la agitada actividad en el desarrollo de este país son entre otros, algunos de los factores que influyen en la escasa atención que el público presta a estos servicios, ya que son rutinarios y a los cuales no les brinda ningún aprecio; sin embargo, cuando se inicia la temporada de lluvias y en las zonas que habitan o transitan, se presentan encharcamientos o inundaciones, es entonces cuando la atención pública se fija en ellos, tan importantes y al mismo tiempo tan olvidados.

Lo anterior hace reflexionar que todo sistema en operación al tener alguna deficiencia, causa mayores problemas que otro que aún no entra en servicio. Y es obvio, los usuarios se acostumbran a la comodidad y confort que los buenos servicios proporcionan. Por otra parte, hay que considerar el impacto socioeconómico y político que acusa una falla total o parcial.

Lo anterior aunado a la salud de los usuarios y a la inversión de las obras, justifican plenamente los costos por concepto de mantenimiento, pues sería censurable que obras como éstas de gran contenido social y una inversión considerable se

desaprovechen por no tener en cuenta su mantenimiento adecuado para una eficiente operación.

El dimensionamiento de los conductos de la red está en función de la velocidad media, de la pendiente hidráulica y del caudal obtenido por alguno de los métodos usados hasta la fecha.

La sección así determinada para los diversos elementos de la red, deberá conservarse completamente libre de obstrucciones y aprovechar esa capacidad útil durante el máximo periodo de operación.

Esta utilización racional y permanente de la capacidad de los conductos de la red, será el objetivo principal de los trabajos de mantenimiento del organismo operador.

Para lograrlo deberá tener presente los siguientes aspectos:

- a) Una estructura jurídica que reglamente el uso del sistema.
- b) Aplicación estricta del reglamento.
- c) Elaboración de programas permanentes para la educación sobre el uso del sistema.
- d) Aplicación de programas específicos de mantenimiento del sistema de alcantarillado.

Es importante tener presente que para que un sistema de alcantarillado se conserve en buenas condiciones, es necesario que se encuentre operando eficientemente, lo cual se logra si se cuenta con un mantenimiento adecuado.

El mantenimiento de un sistema de alcantarillado puede ser: mantenimiento preventivo, que está constituido por los trabajos y precauciones necesarias para evitar desperfectos y mantenimiento correctivo, constituido por la realización de las reparaciones precisas (después del desperfecto).

Cabe aclarar, que en poblaciones que no cuentan con muchos problemas de carácter sociopolítico y con recursos humanos y económicos bajos se puede emplear el mantenimiento correctivo, esto es, atacar los problemas cuando se presentan, en caso contrario se tendría que establecer en el programa de operación el mantenimiento preventivo.

El principal esfuerzo a realizar para la conservación de los sistemas de alcantarillado, es mantener las alcantarillas limpias y sin obstrucciones, con la finalidad de aprovechar como se mencionó anteriormente, la capacidad útil de los conductos durante el máximo periodo de operación.

Para la conservación óptima de un sistema, es necesario realizar los siguientes trabajos de mantenimiento:

1. Inspección
2. Limpieza
3. Reparación
4. Reposición de accesorio.
5. Supervisión
6. Prevención de explosiones
7. Medición de gastos.
8. Organización y administración de personal y equipo.

La mayoría de ellos, son consecuencia de la observación directa y de las quejas que los usuarios presentan ante las autoridades o responsables de la operación y mantenimiento de estos sistemas.

IV.1 INSPECCION.

Para mejorar la eficiencia en las inspecciones, así como en las demás etapas del mantenimiento, es conveniente contar con un plano actualizado de la red que facilite la rápida localización de las alcantarillas, sus accesorios y demás obras auxiliares. Actualizado, porque en las etapas de la construcción se cuenta con planos que contienen los cálculos de gabinete, y en la mayoría de las veces las obras sufren modificaciones durante los procesos de ejecución, operación y mantenimiento. Por lo tanto reviste gran importancia contar con los planos de la red actualizados con datos reales.

Posteriormente estando en operación el sistema, se deben señalar con claridad en los citados planos, las zonas en donde se

hayan presentado problemas, indicando en los informes correspondientes la fecha, clase, magnitud, duración, motivo y frecuencia del problema, daños causados, trabajo realizado, procedimientos empleados, resultados obtenidos, herramienta, maquinaria o equipo, materiales, número de personas empleadas con sus respectivas categorías, importe de costos y aquellos otros datos que se juzguen importantes.

Como consecuencia de la inspección es posible detectar cualquier anomalía que existe en la red, y con los datos obtenidos iniciar los trabajos que sean necesarios. Es de recomendarse una inspección antes de decidir cualquier otro trabajo de mantenimiento; esto produce lógicamente, una reducción en el empleo de recursos humanos y materiales, lo que convierte en ahorro para el organismo operador.

Las inspecciones se llevan a cabo generalmente en:

1. Albañales
2. Atarjeas
3. Subcolectores
4. Colectores
5. Emisor
6. Interceptores
7. Pozos de visita
8. Pozos de caja de concreto
9. Coladeras pluviales
10. Cárcamos
11. Sifones
12. Zanjas
13. Ríos
14. Plantas de bombeo
15. Zonas o lugares donde sea necesario el servicio de alcantarillado, etc.

- 6.- Interceptores
- 7.- Pozos de visita
- 8.- Pozos de caja de concreto
- 9.- Coladeras pluviales
- 10.- Cárcamos
- 11.- Sifones
- 12.- Zanjas
- 13.- Ríos
- 14.- Plantas de bombeo
- 15.- Zonas o lugares donde sea necesario el servicio de alcantarillado.

De lo expuesto anteriormente se desprende que el objetivo de las inspecciones es conocer el estado de limpieza, posibilidades de dotación o ampliación del servicio, condiciones estructurales y electromecánicas, y sobre todo el funcionamiento hidráulico de los sistemas de alcantarillado.

IV.2 LIMPIEZA

Se debe comprender que los sistemas de alcantarillado, como toda obra de ingeniería, deben conservarse en el mejor estado de funcionamiento, lo cual obliga a realizar una limpieza preventiva para evitar problemas de mayor importancia; de lo contrario se deberán llevar a cabo correcciones y eso origina una mayor erogación de los recursos. Desde luego esta pauta estará marcada por el interés que presenten las autoridades o responsables de estos servicios a la conservación de estos mismos y del presupuesto disponible para la respectiva conservación.

Las quejas que con mayor frecuencia presenta el público a las autoridades encargadas de la conservación de una red de alcantarillado se refiere a los encharcamientos e inundaciones, obstrucciones, ruptura de tuberías, reposición de accesorios y malos olores.

En la tabla 4.1 se indican las principales fuentes donde se originan azolves, así como desechos que generan y en la tabla 4.2, los gases que se acumulan en las tuberías.

T A B L A 4.1

AZOLVES QUE SE ENCUENTRAN EN LAS ALCANTARILLAS

FUENTES QUE GENERAN	TIPO DE AZOLVE
1. Casas habitación, edificios de departamentos, condominios, oficinas y comerciales	Desperdicios de comida, madera, pelotas, mangos de escoba, cucharas, canicas, trapos, envases, estropajos, huesos, algodón vidrios, etc.
2. Escuelas	Arena, papel, plásticos, etc.
3. Sanatorios y Hospitales.	Algodón, mantas, sábanas, etc.
4. Lavaderos públicos	Estropajos, grasa, trapos, arenas, papel, etc.
5. Rastros	Desperdicios de carne, estiércol, pelos, cerdas, cascos de patas, cuernos, grasas, plumas, etc.
6. Lavanderías	Desperdicios de ropa, plásticos, escobetas, bolsas, etc.
7. Hoteles y restaurantes	Desperdicios de ropa y comida, grasas, escobetas, toallas, estropajos, algodón, vidrios, etc.
8. Taquerías	Desperdicios de comida, papeles, grasas, corcholatas, etc.

- | | | |
|-----|--|--|
| 9. | <i>Bares</i> | <i>Corcholatas, botellas, papel, aserrin, vidrios, desperdicios de comida, grasas, etc.</i> |
| 10. | <i>Mercados</i> | <i>Desperdicios de fruta, verduras, legumbres, desechos de mariscos, huesos, vidrios, basura, etc.</i> |
| 11. | <i>Obradores</i> | <i>Grasas, huesos, desperdicios de carne, pelos y cerdas, aserrin, basura, etc.</i> |
| 12. | <i>Baños Públicos</i> | <i>Estropajos, jabones, toallas, etc.</i> |
| 13. | <i>Casas o edificios en construcción</i> | <i>Escombros, arena, madera, lechada de cemento, calidra, yeso, pintura, etc.</i> |
| 14. | <i>Molino de Nixtamal</i> | <i>Desperdicios de maiz, eloto, cal, etc.</i> |
| 15. | <i>Carnicerias</i> | <i>Grasas, huesos, desperdicios, de carne, aserrin, etc.</i> |
| 16. | <i>Panaderias</i> | <i>Grasa, harina, aserrin, etc.</i> |
| 17. | <i>Expendio de mariscos</i> | <i>Conchas, desperdicios de pescado etc.</i> |
| 18. | <i>Terminales de camiones</i> | <i>Gasolina, aceite, madera, estopa basura, etc.</i> |
| 19. | <i>Fábricas de aceite</i> | <i>Grasa, desperdicios de coco, cacahuates, etc.</i> |
| 20. | <i>Fábrica de jabones</i> | <i>Grasas, huesos, etc.</i> |
| 21. | <i>Pasteurizadoras</i> | <i>Desperdicios de la leche, envases, etc.</i> |

- | | |
|---|---|
| 22. Fábrica de papel, Carton y depositos. | Desperdicios de papel, madera, material cementante, etc. |
| 23. Fábricas de mosaico y azulejo. | Desperdicios de arena, lechada de cemento, etc. |
| 24. Fábrica de cemento | Desperdicios de cemento, piedra caliza, hilaza, papel, etc. |
| 25. Fábricas de pintura | Desperdicios de pintura, envases aceites, solventes, etc. |
| 26. Refinerias | Gasolinas, aceites, madera, estopas, grasas, gases, etc. |
| 27. Gasolineras | Gasolinas, aceites, madera, lodo, alambres, grasas, estopas, etc. |
| 28. Industrias textiles | Hilazas, conos de cartón, lana, carretes de madera, etc. |
| 29. Tenerias | Grasas, cuernos, ácidos, desperdicios de cuernos, etc. |
| 30. Talleres mecánicos | Aceites, estopa, gasolina, solventes, etc. |
| 31. Plantas y ollas de concreto | Desperdicios de concreto, etc. |
| 32. Talleres de electrode-
pósito, galvanizado
cromado, anodizado, ni-
quelado, etc. | Ácidos, cianuro, etc. |
| 33. Talleres de artes grá-
ficas | Desperdicios de papel, trapos, pintura, aceite, estopa, etc. |
| 34. Calles y avenidas arbo-
ladas | Raíces y hojas (pinos, pirul, fresnos, etc.), arenas y basura. |

IV.2.1 MOLESTIAS POR PROBLEMAS DE ENCHARCAMIENTO E INUNDACIONES.

Cuando se presentan lluvias intensas sobre la zona urbana se generan graves problemas de encharcamientos e inundaciones y se ocasionan molestias en gran escala; siendo las más frecuentes.

1. El desquiciamiento del tráfico.
2. Falla en la energía eléctrica.
3. Accidentes automovilísticos.
4. Retraso en el horario de entrada y salida del personal a sus labores.
5. Retraso en la transportación masiva.
6. Derrumbes de casas mal contruidas o antiguas, por la humedad y sobrepeso.
7. Pérdida de recursos materiales y de vidas humanas.
8. Enfermedades.
9. Acumulación de lodos y detritus en la vía pública y dentro de las habitaciones.
10. Movilización del personal y equipo de instituciones de protección social y cuadrillas de emergencia del cuerpo operador del sistema.
11. Deterioro del pavimento de calles y banquetas.
12. Molestias a los peatones.
13. Suspensión de algunas actividades que se desarrollan al aire libre.
14. Arrastre de basura y otros desechos.
15. Pérdidas económicas.
16. Caída de árboles.
17. Caída de instalaciones aéreas.
18. Invasión de roedores en las casas habitación.

19. Retraso de las obras en construcción.

20. Gastos infructuosos.

IV.2.2 CAUSAS QUE OCASIONAN PROBLEMAS DE ENCHARCAMIENTO E INUNDACION

Las causas principales que ocasionan los problemas de encharcamiento e inundación son las siguientes:

IV.2.2.1 EDUCACION Y CONCIENTIZACION SOCIAL PARA EL USO DEL SISTEMA.

Estas instalaciones, al igual que otras, deben ser vigiladas por los usuarios y no unicamente por el personal de los organismos operadores.

Es preciso hacer campaña permanente de educación y concientización hacia el público, para lograr una visión amplia y conciente sobre el uso de estas instalaciones, de esa manera estaremos preparados adecuadamente para comprender que cualquier procedimiento indebido por parte del usuario hacia estas obras, provocará, tarde o temprano, un problema que repercutirá en la salud del ser humano, en la comodidad y confort que nos brinda este servicio y en los costos de operación y mantenimiento.

IV.2.2.2 CONSIDERACIONES DEL PROYECTO.

La intensidad, duración y frecuencia de la lluvia, el tiempo de concentración, el área por drenar y el coeficiente de escurrimiento o impermeabilidad son factores determinantes en el caudal de las aguas pluviales en un punto de la red.

Como se sabe que la duración y frecuencia de las lluvias disminuye con su intensidad y que la extensión local de una lluvia es tanto más reducida cuando mayor es su intensidad.

El área por drenar debe estar bien definida en los cálculos y considerar si es necesario las áreas de futura ampliación.

El coeficiente de escurrimiento es un valor de difícil cuantificación en cuanto a la exactitud real, ya que depende, entre otras cosas, del tipo de terreno, de la duración de la lluvia, del grado de humedad de la superficie al presentarse la lluvia, etc.

IV.2.2.3 FUGAS DE AGUA POTABLE.

Tanto el servicio de agua potable como el de alcantarillado se complementan. Es muy común que al presentarse una fuga de agua potable, se derramen volúmenes considerables de ese vital líquido y al escurrir por la vía pública se encause a la red de alcantarillado a través de las coladeras pluviales y otros accesorios del sistema.

Al iniciar los trabajos de eliminación de una fuga de agua potable o en otro trabajo semejante, es necesario aislar el tramo, tramos o zona donde se encuentra el desperfecto. Para trabajar eficientemente se requiere que el sitio esté seco; por ese motivo, se tendrá que eliminar el agua acumulada en el tubo, en la caja o en las cajas de válvulas. Esto se logra extrayéndola de esas zonas por medio de bombas o bien cuando es posible encauzarla por medio de zanjas hacia la red de alcantarillado. No obstante cuando el volumen que se trata de eliminar es mayor que el que es posible encauzar por la red de alcantarillado se producen problemas de inundación o bien cuando las alcantarillas o accesorios se encuentran azolvados por la cantidad de material que arrastran a estas aguas o no existe este servicio.

IV.2.2.4 RUPTURA DE BORDOS EN LOS CAUCES ABIERTOS.

Cuando existen estas estructuras auxiliares en los sistemas de alcantarillado, es necesario su permanente vigilancia, sobre todo, en la época de lluvias o cuando por otro motivo, la sección trabaje a toda su capacidad.

Los bordos son debilitados por roedores o por personas que aprovechan la buena calidad del material y lo transportan para su uso o venta. En otras ocasiones los movimientos del terreno provocan fracturas y la existencia de antiguas tomas para riego y avenidas extraordinarias provocan graves problemas.

IV.2.2.5 SECCIONAMIENTO DE CONDUCTOS.

En ocasiones durante los trabajos de instalación de la red o el mantenimiento de la misma, se hace necesaria la colocación de tapones en ciertos puntos del sistema con el fin de no interferir otras tareas y realizarlas con la mayor seguridad y rapidez. Asimismo, son convenientes para no permitir la entrada de materiales que azolven los conductos. Estos taponamientos deben de colocarse de tal manera, que en caso de una fuerte avenida sobre el conducto taponado, la distribución provisional del agua en el resto del sistema permita la evacuación de la zona, sin provocar problemas al público.

Es recomendable la vigilancia permanente en estos sitios durante los trabajos que se efectúen y el recordatorio oportuno, para el retiro del taponamiento cuando su función cesa, ya que en ocasiones, éstos continúan por olvido de los participantes en la ampliación o construcción de la obra y cuando el sistema se pone en servicio se presentan problemas y su extracción en esas condiciones acarrea serias dificultades.

IV.2.2.6 REMOCION DE TAPAS HERMETICAS.

En algunos sistemas de alcantarillado existen generalmente, conductos que trabajan a presión cuando se presentan las lluvias. Por tal motivo sus registros deben de estar acondicionados de manera que sus tapas cierren herméticamente, evitando que el agua se derrame en algún sitio y lo inunde.

En ocasiones hay necesidad de introducir por sus accesos al personal, equipo y herramientas, para realizar algunos trabajos de mantenimiento. El personal que tiene la responsabilidad de la operación, deberá estar enterado de estas tareas y vigilar que las tapas antes mencionadas sean colocadas en las mismas condiciones que estaban al inicio de los trabajos señalados.

IV.2.2.7 INCAPACIDAD DE LA RED Y ESTACIONES DE BOMBEO.

Ya se han mencionado los diversos factores que intervienen en la determinación del caudal en cada uno de los tramos de las

alcantarillas del sistema, ya sean atarjeas, albañales, colectores, interceptores o emisores.

Sin embargo, si por alguna causa, el caudal estimado es menor al que se presenta frecuentemente en la red, ésta sufrirá derrames por incapacidad; independientemente de la que origina el azolvamiento.

Semejante falla se origina en las plantas de bombeo, cuando estas se diseñan con una capacidad menor a la que aporta el sistema.

IV.2.2.8 CARENANCIA DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO PARCIAL O TOTAL.

Hay poblaciones en que desde su fundación por carecer de los recursos técnicos o económicos, no les fué posible construir el sistema de alcantarillado. Hay otras que han crecido anárquicamente, pues sus pobladores debido a la necesidad de vivienda, adquirieron sus lotes sin los servicios públicos necesarios, o por alguna invasión de las que actualmente se presentan, tienen posesión de los terrenos en forma irregular.

En estas zonas así habitadas, sus pobladores sufrirán los problemas de insalubridad, entre éstos y las grandes molestias que ocasiona el desalojo de las aguas residuales.

IV.2.2.9 MALA OPERACION DEL SISTEMA.

Cuando el sistema de alcantarillado tiene que auxiliarse de plantas de bombeo para su operación, es de primordial importancia que estas instalaciones operen con la máxima eficiencia, pues un descuido en su funcionamiento puede causar serios problemas.

De igual manera si hay instalaciones reguladoras en el sistema y el caudal que se descarga a la red no es manejado adecuadamente se pueden ocasionar sobrecargas en los conductos.

IV.2.2.10 FALLAS DE ENERGIA ELECTRICA.

Hay sistemas de alcantarillado que debido a la topografía que presenta la localidad, requiere de la instalación de plantas de bombeo, para elevar sus aguas hasta un punto determinado.

En estos casos, es recomendable que dichas instalaciones tengan una fuente de energía propia (generadora), y no confiar en la que suministra la Comisión Federal de Electricidad, debido a que es frecuente que cuando llueve falla este suministro y las aguas se almacenan en las alcantarillas y accesorios, hasta derramarse e inundar las zonas bajas de la población.

IV.2.2.11 AMPLIACION DE AREAS IMPERMEABLES.

Hay casos en que se proyectan sistemas de alcantarillado con un valor determinado en el coeficiente de escurrimiento, claro está, en función del tipo de áreas por drenar; sin embargo, estas áreas pueden sufrir un cambio en su utilización. Por ejemplo se pueden mencionar predios de gran tamaño con una pequeña superficie construida que al paso de los años y con el actual crecimiento de la población sufren subdivisiones y aumenta el número de construcciones, esto provoca un aumento del área impermeable que antes era permeable y permitía que un gran volumen de agua de lluvia se infiltrara; ahora por el contrario no se infiltra y si aumenta el caudal de aguas pluviales que ingresan a las alcantarillas.

IV.2.2.12 ENCAUZAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES A LA RED DE AGUAS NEGRAS.

En ocasiones podemos observar las redes de alcantarillado proyectadas para desalojar exclusivamente aguas negras, a las cuales se les incorporan las aguas de lluvias, ocasionando verdaderos problemas en su manejo, por no haber respetado las especificaciones de uso del sistema.

Por lo anterior es necesario que el organismo encargado de las obras, cuente con todos los datos obtenidos durante el periodo de operación, así como de las memorias de cálculo del sistema para que se pueda determinar si es factible técnica y

econòmicamente incorporar a la red en un momento dado, otros tipos y caudales de aguas.

IV.2.2.13 INCORPORACION DE OTRAS AREAS.

En los proyectos de este tipo de obras los Ingenieros Proyectistas, tomando en cuenta los datos que obtienen durante los estudios, consideran la poblaciòn actual asi como la de proyecto, al igual que el àrea por drenar en la actualidad y la de futura ampliaciòn y despuès, por los diversos procedimientos que existen, determinan el caudal que serà necesario desalojar en una determinada zona urbana. Sin embargo, puede suceder que alguien con el tiempo solicite, la autorizaciòn para fraccionar algun terreno aledaño a la citada poblaciòn y lograr la aprobaciòn a tal solicitud; èsto podria ocasionar que el nuevo caudal que se incorporara al sistema en operaciòn causara una deficiencia en èste por incapacidad, debido a que el nuevo volùmen no fue considerado en el proyecto.

IV.2.2.14 AZOLVAMIENTO EN LA RED.

Son múltiples las causas que producen el azolvamiento en las redes de alcantarillado, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- a) Ejecuciòn de obras.
- b) Zona de lomerios.
- c) Olvido de la red.
- d) Falta de personal capacitado.
- e) Falta de equipo y herramienta.
- f) Raíces en las alcantarillas.
- g) Columpios.
- h) Mala calidad en el material y mano de obra.
- i) Otras causas.

a) EJECUCION DE OBRAS.

Durante las etapas de construcción de las diversas obras que se realizan en una localidad y sobre todo las que se ejecutan sobre la vía pública, se presentan varios problemas que interfieren con el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado. Su magnitud depende principalmente de la experiencia, responsabilidad, medidas de precaución o seguridad de la empresa constructora, así como de la intervención oportuna y eficaz de los supervisores y del apoyo que estos reciban de sus superiores.

b) ZONA DE LOMERIOS.

En algunas poblaciones existen zonas de lomerios o de fuertes pendientes, que influyen de manera determinante en el movimiento del agua de lluvia sobre la superficie y dentro de los conductos. Cuando el agua escurre sobre las superficies cubiertas, el tiempo de concentración es pequeño y el caudal que se concentra es mayor que el de una área igual con poca pendiente. Igual sucede con la velocidad; a mayor pendiente mayor velocidad.

El agua al escurrir a gran velocidad en superficies no cubiertas, como sucede en la realidad, erosiona el terreno y lleva a las zonas bajas gran cantidad de agua, tierra y piedras, lo cual causa serios taponamientos en los accesorios y alcantarillas que dificultan o impiden el escurrimiento del agua a través de la red.

c) OLVIDO DE LA RED.

Por ignorancia o por falta de recursos, pero sin ser ninguna de ellas justificación saludable, la red de alcantarillado no recibe mantenimiento. Los sistemas se ponen en servicio para salvaguardar la salud de la población; sin embargo, después de la inauguración y pasa el tiempo, los días, meses, años y ni las autoridades, ni los usuarios se preocupan por su estado. Pero llega el momento en que afloran las aguas negras y los malos olores por las alcantarillas, y entonces las molestias, incomodidades y la insalubridad se hacen presentes y aparece las incógnitas, ¿qué hacer?, a quién consultar?, ¿quién realiza la reparación?, etc.

Las autoridades deben ser las primeras en entender que estas obras son vitales para la salud de la población y que la inversión que se realizó para la construcción del sistema de alcantarillado es considerable y por tanto censurable no darle el mantenimiento requerido.

d) FALTA DE PERSONAL CAPACITADO

Las actividades que se realizan diariamente en los sistemas, deben ser ejecutadas por personas que tengan los conocimientos indispensables y necesarios para realizarlas, así como la voluntad de llevarlas a cabo con gran calidad.

Si el personal disponible no está en condiciones de ejecutar los trabajos por falta de conocimientos, deberá ser adiestrado o capacitado previamente para aprovechar al máximo su disponibilidad.

De esa manera y con ayuda de otros elementos con experiencia, se estará en condiciones de ejecutar satisfactoriamente las tareas asignadas. De lo contrario no se tendrá eficiencia y lo poco que se haga se llevará mucho tiempo en perjuicio de los usuarios, que sufriran las molestias e incomodidades por el retraso. En consecuencia el costo de los trabajos se elevará y el equipo, herramienta y maquinaria sufriran deterioro prematuro por el uso incorrecto.

e) FALTA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

Tan importante es la construcción de una obra, como su conservación, en este caso lo anterior sigue teniendo validez. Lo más costoso es la construcción de la obra, teniendo el sistema operando, se deberán hacer todos los esfuerzos necesarios para conservar el servicio, pero de ninguna manera dejar en el olvido al sistema por falta de recursos.

Si en la localidad no existe mercado donde se pueda adquirir el equipo o herramientas necesarias, se deben recorrer otros y adquirirlas, o bien, gestionar su obtención ante los Gobiernos que lo dispongan, en caso de faltar los recursos económicos.

f) RAICES EN LAS ALCANTARILLAS.

La existencia de ciertos tipos de árboles que fueron plantados en la vía pública, sobre el arroyo de la calle, en las banquetas o en el interior de predios cercanos a las alcantarillas, encuentran el medio apropiado para su desarrollo por la humedad que presentan las tuberías.

A consecuencia de lo anterior y a la necesidad natural de subsistir, estas plantas introducen sus raíces por las juntas de los tubos y provocan reducción en la sección obstruyéndolos en forma total o parcial.

g) COLUMPIOS.

La extracción irracional de agua del subsuelo, para abastecer a las ciudades en pleno desarrollo, provocan hundimientos en el área urbana; la mala instalación de los conductos de alcantarillado, las fugas de agua potable, el tráfico intenso de vehículos pesados, los sismos y los drenes en los conductos colectores son entre otras, algunas de las causas de los columpios y de los desplazamientos en las redes de alcantarillado.

Las partes bajas de los columpios, por razones de gravedad serán depósitos de azolve que se consolidan y llegan a producir reducciones de la sección hidráulica, tan considerable, que lleguen a hacer insuficientes los conductos aparentemente satisfactorios.

h) MALA CALIDAD DE LA MANO DE OBRA Y MATERIALES.

Es indudable que un sistema nuevo, al iniciar su operación para que ésta sea exitosa, debió tener como base un proyecto cuidadosamente elaborado, una excelente mano de obra durante su ejecución, materiales de buena calidad, capacidad en la dirección y una estricta y honesta supervisión.

De ninguna manera debemos entender que los supervisores deben hostilizar a las compañías constructoras, sino al contrario deben coordinarse lo mejor posible pero exigiendo siempre que se cumplan las especificaciones en forma razonable y honesta.

Si no se cumplen los puntos anteriores, se tendrán graves problemas en la conservación del sistema.

Entre los errores más frecuentes relacionados con la mano de obra y materiales se pueden mencionar los siguientes:

EN ALBAÑALES DOMICILIARIOS:

- Omisión del uso de piezas especiales en su conexión.
- Descarga por bombeo.
- Instalación de preparaciones en la posible descarga domiciliaria.
- Conexión a las coladeras pluviales.
- Conexión diagonal a la red municipal.
- Interferencia del armado de las tuberías receptoras en las descargas.

EN POZOS DE VISITA.

- Construidos sin medias cañas y espolones.
- Con tubos salientes.
- Sin escalones.
- Sin aplanado.
- Con brocales descentrados.
- Omitiendo su instalación en cruceros cambios de dirección, pendiente y diámetro, así como en conexiones especiales y a una distancia de 50 a 70 m.
- deformados.
- Interferencia de otros conductos ajenos a la red de alcantarillado.

EN COLADERAS PLUVIALES.

- Las coladeras de piso o de banqueta no quedan a nivel de la rasante del pavimento o de la parte más baja, aprovechando el bombeo de la calle.
- El registro de la coladera sin arenero.
- El registro de la coladera sin plantilla.
- La conexión del albañal sin liga a la alcantarilla receptora.
- Coladeras fijas.
- Registros interferidos con otras instalaciones.
- Registro con diámetro inadecuado para introducir la herramienta o equipo de limpieza.

EN POZOS ESPECIALES SOBRE COLECTOR.

- La caja de concreto del pozo sin acceso del exterior.
- Olvido de la cimbra utilizada en el colado de la caja, así como el material de desperdicio de la construcción.
- Accesorios sin la dimensión necesaria para la entrada del personal, equipo y herramientas que se utilizan en la conservación.

ERRORES GENERALES.

- Construcción de la red sin apego a las especificaciones.
- Que no se realice el relleno con material sano y buena compactación.
- Pendiente geométrica equivocada.

- Instalar la tubería sin alineamiento.
- Descargas de diámetro mayor o diámetro menor.
- Diámetro variable entre dos pozos.
- Instalación de la tubería con la campana hacia aguas abajo.
- No poner cama.
- Dejar las conexiones con entrantes y salientes.
- Mal junteo de las tuberías.
- Debilitamiento de la atarjea al conectar albañales.

i) OTRAS CAUSAS.

Hay poblaciones donde por sus condiciones topográficas, los ríos, barrancas, zanjas, cunetas, etc., descargan sus aguas en las atarjeas, colectores o interceptores arrastrando todo lo que encuentran en su recorrido; grandes cantidades de tierra, materiales sueltos, ramas, troncos y árboles enteros, colchones, camas, animales, basura, etc.

Los grandes restaurantes vierten sus aguas residuales a muy altas temperaturas, lo que provoca fracturas en las tuberías; además, estas aguas llevan gran cantidad de grasas que se adhieren a las paredes del conducto provocando taponamientos. Con el empleo de molinos, en estos lugares, todos los desechos que se producen en las cocinas se vierten a las alcantarillas, taponandolas.

En los establos, criaderos de cerdos y granjas avícolas, el estiércol y los desechos de los alimentos se vierten a las alcantarillas.

Así podría continuarse enumerando la gran cantidad de instalaciones que se presentaron en la tabla 4.1, donde se generan volúmenes considerables de azolves, los cuales y sin lugar a dudas, provocarán deficiencias en el sistema. Estas instalaciones son ocultas, están ubicadas en el subsuelo, posiblemente ésta sea una de las razones que origina que mucha gente por ignorancia u otra causa abuse en forma desmedida de dichas instalaciones.

Todo lo anterior, indica lo apremiante que es el inicio de una gran campaña educativa y la aplicación del reglamento en vigor sobre el uso de los sistemas de alcantarillado. El público tomará conciencia y comprenderá que estas instalaciones no son depósitos apropiados para arrojar toda clase de desperdicios, sino que su función es otra, y de tanta importancia, como las de aquellas que protegen la salud y seguridad del hombre. De otra manera las autoridades o responsables de estos sistemas tienen las bases jurídicas para aplicar las sanciones correspondientes por el uso indebido de estas instalaciones.

IV.2.2.15 NIEVE O GRANIZO

Las precipitaciones pluviales, muchas veces vienen precedidas de fuertes granizadas que cubren el área urbana y más tarde, cuando el agua de lluvia se precipita y escurre, se estanca por el granizo acumulado en los accesorios de la red y en los conductos, presentándose encharcamientos de grandes magnitudes. Lo mismo sucede cuando se presenta una nevada.

Por los mismos sitios por donde el agua se introduce a la red de alcantarillado, tienen su entrada los azolves. En la vía pública las coladeras pluviales de todos los tipos existentes, en las casas habitación e industrias por los muebles sanitarios, además en algunas poblaciones por las obras de toma de las barrancas y cruces abiertos.

El agua, al escurrir sobre las calles, arrastra todo lo que encuentra a su paso. Por ello es tan importante que estas vías se encuentren limpias; de lo contrario la basura que se esparce en ellas, es arrastrada por el agua y depositada más tarde en los accesorios de la red de alcantarillado, como son principalmente las bocas de tormenta, provocando su obstrucción y anulando su funcionamiento.

IV.2.3 CAUSAS QUE PROVOCAN EL AZOLVAMIENTO EN LAS BOCAS DE TORMENTA.

El azolvamiento de las bocas de tormenta, es debido generalmente a las causas que a continuación se enumeran.

A) Las coladeras instaladas en las calles que carecen de pavimento y banquetas, se azolvan facilmente por arrastre de piedra y tierra al interior de estas; no se recomienda su instalaci3n en estos casos.

B) El pasto que se corta en las 3reas verdes, al no recolectarse obstruye facilmente las coladeras.

C) Las hojas secas de los 3rboles al caer, taponan estos accesorios.

D) El p3blico hace mal uso del alcantarillado y arroja basura y toda clase de desperdicios a las calles y avenidas (papel, bolsas de plastico, latas, envases de toda clase, materiales cementantes, etc.).

E) En las colonias en donde el servicio de limpia es deficiente los habitantes tiran su basura en la calle y finalmente se depositan en las coladeras.

F) Los veh3culos cargados con cascajo, basura, tierra, lo van tirando en su recorrido, deposit3ndose posteriormente en las coladeras.

G) No solamente el p3blico contribuye a la obstrucci3n de las coladeras, sino tambien los trabajadores del servicio de limpias, ya que muchos de ellos arrojan la basura a ellas.

H) Los edificios en construcci3n tiran cascajo, concreto, agregados, etc. al interior de las coladeras, asi como los camiones denominados "ollas" que transportan el concreto a las obras de construcci3n.

I) Se ha comprobado que en algunas zonas ocurre la p3rdida de las tapas de las coladeras de banquetas para el firme de pisos u otros usos, provocando que estas funcionen como receptoras de basura.

J) Los puestos y taquerias ambulantes arrojan todos sus desperdicios s3lidos a estos accesorios.

K) En los mercados las coladeras se azolvan muy frecuentemente por todos los desperdicios que les arrojan.

L) Las lluvias precedidas de granizo y la nieve provocan graves problemas de inundación.

M) Mercados sobre ruedas.

IV.3 REPARACIONES.

Los trabajos de reparación son aspectos importantes en la conservación de los sistemas de alcantarillado, y estos tanto como la limpieza, deben de realizarse con la mayor rapidez, para que el sistema funcione satisfactoriamente.

Los trabajos que normalmente se realizan en la reparación de los sistemas de alcantarillado se pueden resumir en:

A) Reconstrucción de alcantarillas (albañales domiciliarios, albañales pluviales, atarjeas subcolectores, colectores y emisores).

B) Reconstrucción de accesorios y obras complementarias (coladeras pluviales, pozos de visita, pozos especiales, rejillas en captaciones, compuertas, etc.).

Dentro de las causas más comunes que provocan las reparaciones de los sistemas de alcantarillado, se pueden enumerar los siguientes:

A) Sobrecarga y vibración por el tráfico de vehículos.

B) Corrosión provocada por la descarga al sistema de gases o ácidos.

C) Sismos.

D) Mala cimentación.

E) Terrenos falsos.

F) Explosiones.

G) Mala calidad de las tuberías.

H) Cepas mal compactadas.

- I) Instalaciones de gas, luz, teléfonos, etc.
- J) Mal uso del sistema.
- K) Fugas de la red de agua potable.
- L) Desgaste natural.
- M) Construcción y conservación de áreas pavimentadas.
- N) Trabajos a presión en las alcantarillas.
- O) Reparación de otras estructuras.
- P) Uso del equipo inadecuado para el desazolve, etc.

IV.4 REPOSICION DE ACCESORIOS.

En un sistema de alcantarillado en operación, es necesario mantener sus accesorios en buen estado, es decir que sus elementos componentes estén completos.

Los trabajos de reposición mas frecuentes son los siguientes:

- A) Reposición total de coladeras pluviales, pozos de visita y otros accesorios.
- B) Reposición de tapas en los diferentes accesorios.

Las piezas especiales, tan importantes y de uso muy frecuente en los accesorios de la red, deben seleccionarse cuidadosamente en función de muchos factores, tales como su durabilidad, resistencia, economía, facil adquisición en el mercado, fabricación rápida y sencilla, etc.

Es conveniente estandarizar o uniformizar estos elementos; sobre todo los brocales de pozos de visita, coladeras pluviales, compuertas, tapas de las cajas colectoras, etc. pues debido al tráfico de vehículos o al uso simplemente sufren deterioros o roturas, que obliga a su reposición total o parcial. Por tanto, se debe disponer en bodega de piezas de reposición y resolver los

problemas con la máxima rapidez, ya que la falta de atención puede ocasionar accidentes que van desde una simple caída de peatones, hasta accidentes más severos.

El contar con varios tipos de accesorios complica su mantenimiento, ya que el simple reporte del público generalmente, no proporciona los datos completos para reparar el desperfecto, sino que hay necesidad de que personal competente se presente en el lugar a recabar datos para realizar la reparación.

IV.5 SUPERVISION.

Durante la etapa de conservación de los sistemas de alcantarillado, todo lo relacionado a la supervisión, engloba principalmente los trabajos que se enumeran anteriormente (inspección, limpieza, reparación, reposición de accesorios, prevención de explosiones, medición de gastos, organización y administración de personal y equipo), los cuales deben estar bajo la supervisión de personal capacitado que apruebe o desaprobe los trabajos que se ejecutan bajo un programa establecido; así como, tomar las decisiones adecuadas y oportunas.

Es recomendable, tener la más amplia información de este servicio, los encargados deberán solicitar la cooperación de todo el personal que labora en su sistema, del público y de otras dependencias afines, con el fin de contar con mayor número de datos verídicos y oportunos sobre anomalías que se presenten en el sistema y ordenar los trabajos que sean necesarios, para solucionar los desperfectos de manera dinámica y eficiente; sin embargo, la acción deberá ser más amplia para alcanzar la meta deseada, esto es, supervisar los trabajos ordenados, analizar los reportes correspondientes y finalmente llegar a la evaluación.

De lo expuesto anteriormente se desprende que el objetivo de las inspecciones es conocer el estado de limpieza, posibilidades de dotación o ampliación del servicio, condiciones estructurales y electromecánicas, y sobre todo el funcionamiento hidráulico de los sistemas de alcantarillado.

Las causas principales de explosiones en las redes de alcantarillado se deben a la presencia de sustancias explosivas dentro de sus conductos, originada por las descargas de aguas residuales que se realizan sin ningún control y reglamentación; así como a la falta de conciencia que sobre el uso de estos sistemas, presenta la población y, en algunos casos a la ventilación inadecuada. Cuando son cumplidos favorablemente al menos estos tres señalamientos, el problema se eliminará o reducirá en un porcentaje muy considerable.

En todos los trabajos de conservación en donde se realizan inspecciones, limpieza y reparaciones de la red, el personal está en peligro de sufrir accidentes, daños físicos, infecciones, envenenamiento con gases, asfixia, etc.

Todas estas tareas se ejecutan en la vía pública donde el tráfico de vehículos representa un peligro; ahora bien, si se observa el interior de las alcantarillas se puede encontrar que el agua residual que corre por el conducto contiene una gran cantidad de sólidos y microorganismos, ácidos y gases explosivos venenosos y corrosivos.

De lo anterior se deduce que el medio donde se desarrollan estas actividades es muy peligroso y dañino a la salud e integridad física del hombre; por tanto, es justo, humano y obligatorio proporcionar a estos trabajadores toda la protección necesaria.

Entre las precauciones que se deben tomar en consideración para no exponer al personal a estos peligros, se cuentan: La ventilación natural o artificial, la detección de gases peligrosos, el uso de equipos protectores y evitar chispas del equipo eléctrico o de las herramientas.

"Por comparación con las cuotas de seguro industrial en cuatro estados del este de los Estados Unidos, los riesgos del trabajo en los sistemas de saneamiento son de 7.5 al 62.5% mayores que los del trabajo de un equipo de maquinaria". En la tabla 4.2, se presenta un resumen de los gases que suelen encontrarse en las tuberías.

Debido a lo anterior, en varios países las autoridades han tenido una intervención oportuna, estableciendo leyes que fijan un seguro obligatorio para la cobertura de riesgos en este tipo de trabajos.

Nombre del gas	Peso específico al aire	Margen de explosiva en el aire (%)		Propiedades	Efectos fisiológicos.	Concentración de seguridad % en el aire
		Mín.	Max.			
Amoniaco	0.6	16	0	Ou	(1)	0.03
Anhidrido Carbonico	1.53	0	0	NT.C.O.T.	(2)	2 a 3
Monóxido de carbono	0.97	12.5	74.2	C.O.T.NI.To.	(2)(3)(7)	0.01
Cloro	— — —	— — —	— — —	Ou.	(1)(9)	0.0004
Etano	1.05	3.1	15.0	C.O.T.NT.		
Gasolina	3 a 4	1.3	7.0	Ou.	(4)(6)	1.0
Hidrogeno	0.07	4.0	74.2	C.O.T.NT.	(2)	
Sulfuro de hidrogeno	1.19	4.3	46.0	Od.C.To.	(5)(8)	0.002 a 0.02
Gas del alumbrado	0.7	5.0	— — —	To.	(2)	0.01
Metano	0.55	5.0	15.0	C.O.T.NT.	(2)	
Nitrogeno	0.97	0	0	C.O.T.NT.	(2)	
Bioxido de azufre				Oa.	(1)(2)	0.005

TABLA 4.2

PROPIEDADES DE ALGUNOS GASES QUE SE ENCUENTRAN
EN LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

NOTAS para la tabla 4.2:

- (1) *Irrita las vías respiratorias, los ojos y las mucosas.*
- (2) *Asfixiante.*
- (3) *Peligroso, Sutil.*
- (4) *Anestésico a 2.4%, Jaquecas, Náuseas.*
- (5) *Irritante envenenamiento sistemático, paraliza los centros respiratorios.*
- (6) *1.1 % Peligroso aun con exposición corta.*
- (7) *0.2 % Causa inconsciencia en 30 minutos.*
- (8) *Muerte en pocos minutos a 0.2 %.*
- (9) *Gas de "guerra" sumamente tóxico.*

C. *incoloro*

O. *inodoro*

Od. *Olor peculiar en pequeñas concentraciones; no en grandes concentraciones.*

Ou. *olor peculiar.*

NI. *no irritante.*

To. *toxico*

NT. *no toxico.*

T. *insipido.*

En otros, por diversas causas se ha omitido esta responsabilidad y el estado debe legislar para evitar esta incongruencia.

IV.7 MEDICION DE GASTOS.

Desde luego, que previa a la instalación del alcantarillado de una población, todos los conductos que lo constituyen, fueron dimensionados en función del gasto probable que desalojaran; sin embargo, ya en la operación es necesario conocer las aportaciones de cauces abiertos, entronques de tuberías secundarias a primarias, intercepciones, puntos de desfuegos, etc.; para poder decidir en un momento dado la operación adecuada de equipo de bombeo, compuertas u otras instalaciones semejantes y controlar los escurrimientos en diversas zonas de la población. Relacionar los escurrimientos con la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias.

IV.8 ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DEL PERSONAL Y EQUIPO.

Para todas las actividades que se realizan en los trabajos de conservación de los sistemas de alcantarillado, se debe de contar con el personal capacitado en cada una de las áreas de trabajo. Además, es recomendable e importante que el personal no solamente domine una actividad, sino varias, para que su labor sea más eficiente, trayendo consigo el máximo rendimiento.

Los recursos que se juzguen necesarios en este tipo de trabajo, dependerán de la extensión del sistema, así como de sus obras accesorias y complementarias.

De todos los datos que se obtienen diariamente de las actividades del mantenimiento realizadas en el sistema, por medio de las inspecciones u otras tareas, deberá hacerse un listado lo más completo posible, que será de gran utilidad a la hora de formular los programas de mantenimiento, evitando durante la elaboración, las abstenciones y omisiones que se originan como consecuencia de la formulación apresurada, ya que por lo regular, tales programas se generan en cortos plazos.

Y por último se puede afirmar que el proceso administrativo, máquinas e instalaciones, métodos y recursos económicos para

obtener la realización de los objetivos fijados, deben aprovecharse al máximo.

Este ciclo se compone como se menciona a continuación:

H.1 Planeación

H.2 Organización

H.3 Ejecución

H.4 Dirección

H.5 Control

PLANEACION.- Programa que contenga, fechas, áreas y trabajos que deban realizarse en la red de alcantarillado.

ORGANIZACION.- Distribución del personal en cuadrillas de trabajo, para realizar las obras de limpieza, mantenimiento y reposición de accesorios en la red, en las fechas y áreas que se señalan en la planeación.

EJECUCION.- Designar personal especial para que vigile la realización exacta y puntual de todos los trabajos que se señalan en el programa de planeación.

DIRECCION.- Contar con personal especializado para que supervise la exacta y efectiva realización de los trabajos que ejecuten, tanto la cuadrilla como el que vigile la ejecución.

CONTROL.- Llevar una bitacora en la que se describa de una manera minuciosa los trabajos realizados, para que si por alguna circunstancia no pudieran efectuarse en su totalidad, se ejecuten con la mayor premura posible y así, poder saber de manera inmediata en cualquier área el motivo de las fallas que pudieran presentarse en el funcionamiento de la red.

C A P I T U L O V

EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO.

Para mantener un sistema de alcantarillado funcionando en forma eficiente, es necesario contar con el equipo adecuado para realizar los trabajos de mantenimiento, estos equipos pueden dividirse en tres grupos:

- Equipos manuales.
- Equipos mecánicos.
- Equipos hidráulicos.

A continuación se describen los diferentes equipos, mencionando como están compuestos y cual es su funcionamiento.

V.1 EQUIPOS MANUALES.

Como su nombre lo indica se refieren al uso de herramientas y equipo en forma manual; el desazolve y limpieza de tuberías, rejillas y pozos de visita, se realizan mediante este equipo basándose exclusivamente en la destreza y la fuerza física del personal.

El equipo esta compuesto de la siguiente herramienta:

a) Varilla de acero flexible de 1.00 m. de longitud. Estas varillas tienen un cople con cuerda interior y una tuerca con cuerda exterior de gran precisión para ajustar a una varilla con la otra, como su nombre lo dice son de acero de alta resistencia flexible.

b) Llave para armar varillas. Es una llave que ayuda a realizar la unión de las varillas de acero flexible.

c) Llave para jalar varillas. Esta llave sirve para sujetar cualquier unión de varillas, para introducir las o extraerlas a la tubería.

d) Tirabuzón barra redonda o cuadrada. Estos son de acero de alta resistencia, rígidos, con dimensiones que van desde 25 mm. (1") hasta 600 mm. (24").

e) Tirabuzón navaja. Estos son de acero de alta resistencia formados por una solera helicoidal, afilada en uno de sus extremos.

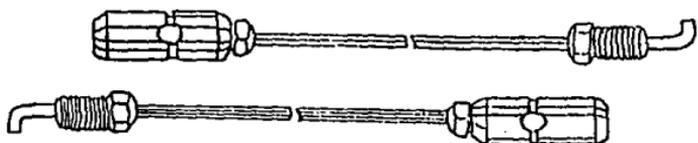
f) Punta de lanza. Este es un tipo de tirabuzón de acero de alta resistencia con una punta de tipo triangular.

g) Cucharón pata de caballo con maneral. Este cucharón es de acero y es de forma semicircular concavo, con maneral de madera o metálico.

h) Cucharón de almeja. Este cucharón es de acero con maneral metálico y palanca para accionar la almeja, es de diferentes longitudes que varían de 1.50 m. a 6.00 m.

i) Guía para varillas. Esta guía es de hule o plástico que permita curvatura e inclusive puede ser de lámina.

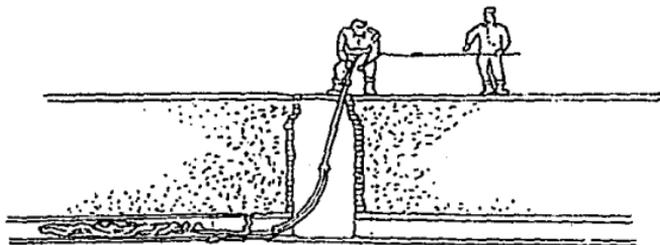
j) Recuperador de varillas. Este recuperador es de acero de alta resistencia y consiste en un tirabuzón plano en forma de espiral. este tipo de equipo es conveniente utilizarlo en la limpieza y desazolve de coladeras pluviales, pozos de visita, descargas domiciliarias y cuando existan taponamientos u obstrucciones de



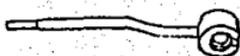
VARILLAS DE ACERO FLEXIBLE



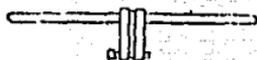
ENSAMBLE



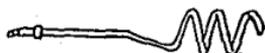
MANERA DE INTRODUCIR LAS VARILLAS AL POZO DE VISITA
Y TUBERIAS MANUALMENTE



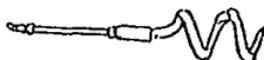
LLAVE PARA ARMAR VARILLAS



LLAVE PARA SACAR VARILLAS



TIRABUZON BARRA REDONDA



TIRABUZON BARRA CUADRADA



TIRABUZON NAVAJA



PUNTA DE LANZA



RECUPERADOR DE VARILLAS



CUCHARON PATA DE CABALLO



GUIA PARA VARILLAS



SOPORTE PARA GUIA

las tuberías, ya que son ideales para este tipo de trabajos y no cuando el azolve en los conductos sea ocasionado por arenas, gravas o grasas.

El equipo es manejado por dos personas debidamente capacitadas por el organismo operador.

En virtud de que el equipo completo es pesado, es conveniente que tanto el personal como la herramienta sean transportados por un vehículo hasta el lugar de trabajo, con el fin de optimizar el rendimiento de estos equipos; en el caso en que no se cuente con este medio de transporte, pueden usarse carretillas en las cuales se transportará la herramienta por el personal que realizará los trabajos de limpieza o desazolve.

Ya estando en el lugar de trabajo se verifica cual es el tipo de problema que se va a atacar; si este trata de azolve de coladeras pluviales o pozos de visita se recomienda usar el cucharón pata de caballo, el cual consta de un maneral largo que permite extraer dicho azolve desde el exterior del pozo de visita o coladera pluvial facilitando la limpieza, ya que es más difícil extraerlo con una pala de mano, el maneral deberá ser resistente ya que al extraer el azolve es necesario palanquearlo con mucha fuerza provocando que se llegue a romper.

Cuando sea reducido el espacio en estas estructuras que dificulten el palanqueo para extraer el azolve, se recomienda usar otro tipo de cucharón más sofisticado que el anterior llamado cucharón de almeja, que consiste en una herramienta tipo almeja accionada por una palanca, de tal manera que al accionarla abra y cierre la almeja extrayendo considerable volumen de azolve de las coladeras o pozos de visita.

En el caso de que el problema consista en un taponamiento o una obstrucción dentro de la tubería, se procede primeramente a checar el diámetro de la tubería y el tipo de taponamiento existente en ésta, que ha provocado el mal funcionamiento de la red, este taponamiento se detecta mediante un primer sondeo que se realiza con un primer tirabuzón de diámetro pequeño, después del cual se elige el tirabuzón más adecuado a introducir, como se menciona a continuación.

Se procede a armar las varillas, insertándose una a una con la llave para armar varillas, posteriormente ya colocado el tirabuzón se empieza a introducir desde el pozo de visita con el auxilio de la guía, girándolas con la llave para jalar varillas con el objeto de que se vayan introduciendo a la tubería hasta encontrar el tapón.

Quando se localiza el problema, se empiezan a jalar y empujar las varillas con la finalidad de que con el tirabuzón se agarre o atore el azolve que ha causado el taponamiento en la tubería, ya atorado se procede a jalar las varillas extrayendo el azolve hasta el pozo de visita y con el cucharón pata de caballo se saca de éste. Los movimientos descritos se realizan las veces que sean necesarios hasta observar que el agua escurra satisfactoriamente.

En las tuberías se pueden encontrar diferentes tipos de taponamientos, dependiendo de estos se seleccionará el tirabuzón a utilizar; en el caso en que se encuentren con piedras o materiales sólidos, se utilizará el tirabuzón punta de lanza con el fin de que al golpear el tapón, pueda ser roto y así retirarlo, cuando el taponamiento sea ocasionado por raíces, fibras, etc. en este caso se utilizará el tirabuzón de navajas y cuando se presente el caso de hules, trapos, etc. el tirabuzón más apropiado será el de barra redonda o cuadrada.

El inconveniente de este equipo es el de que no desazolve las redes de alcantarillado, únicamente retira las obstrucciones consistentes en taponamientos de cualquier elemento sólido que se ha formado en la tubería, que impide el paso del agua.

Un problema muy común que se presenta en la limpieza o desazolve de las tuberías es que se rompan las varillas, debido a que en algunas ocasiones las varillas se templan y al estar extrayendo un tapón bastante resistente y realizando los esfuerzos de giro y extracción estas se rompen o se desprenden, haciéndose necesaria su recuperación.

Para poder recuperarlas se vuelve a introducir el equipo de varillas con un tirabuzón llamado recuperador de varillas, que es una espiral plana y al girar las varillas, esta espiral se sujeta a cualquier unión de las varillas que se encuentran en la tubería y al engancharla se jala y se recuperan.

El desperdicio y azolve que se extrae ya sea de las tuberías, pozos de visita y coladeras pluviales, se debe depositar a uno de los costados de las calles, con el fin de que el tráfico no la desperdigue y deberá ser acarreada en forma inmediata al lugar de tiro ya que si se deja en el lugar más de uno o dos días, produce molestias a la población o puede caer nuevamente a los lugares donde fue realizada la limpieza, de ahí la importancia de retirarlo en forma inmediata.

Un equipo adicional con el que se debe contar en este tipo de trabajos, es el de protección al personal como son: guantes, mascarillas, cascos, botas, lentes de protección, overoles,

equipo de agua, etc., ya que en algunas ocasiones es necesario descender a los pozos de visita y lógicamente estarán en contacto con materias contaminantes, gases, etc., por lo que es muy peligroso que estos no cuenten con el equipo de protección tan indispensable.

V.2 EQUIPOS MECANICOS

Los equipos mecánicos consisten básicamente en malacates, los cuales, de acuerdo a su operación se dividen en dos tipos:

V.2.a) MALACATES MANUALES.

El malacate manual es un equipo que se utiliza en el desazolve de tuberías y está compuesto por un chasis metálico montado sobre cuatro ruedas, el cual tiene un tambor que recibe la transmisión por medio de dos engranes. Para su operación se complementa con un tramo de cable acero de 1/2" de diámetro, así como de una draga tipo pescado o un bote cepillo.

El uso de este equipo es recomendado en poblaciones pequeñas, que carecen de recursos económicos y no pueden adquirir equipo costoso, además su uso es obligatorio en las poblaciones que por su urbanización y topografía, no tienen acceso otros equipos.

V.2.b) MALACATES MECANICOS.

El malacate mecánico también se usa en el desazolve de tuberías y está compuesto de un chasis de acero montado sobre dos llantas neumáticas y una rueda metálica en la parte posterior que viene siendo la directriz; además, consta de dos tambores, uno para enrollar el cable de acero de 1/2" de diámetro con el que se moverá la draga y otro para el cable de acero de 1/4" de diámetro que se utilizará en la preparación; por último consta de un motor que utiliza como combustible gasolina o diesel, y que acciona los cables dentro de la tubería.

Los equipos de malacates manuales y mecánicos deben ser manejados por cuatro personas, con el fin de que dos personas desazolven un tramo, mientras las otras auxilian en las maniobras y preparaciones, garantizando de esta manera mayor rendimiento en los trabajos.

Con respecto al traslado de los equipos, los malacates manuales se transportan hasta el frente de trabajo, en camionetas pick-up o de estacas, y los malacates mecánicos deberán ser remolcados utilizando el mismo tipo de vehículos que los anteriores.

Ya encontrándose en el lugar de trabajo, la preparación de los tramos de alcantarillado, es previa a los trabajos de dragado en el desazolve de la red, es obligado cuando la limpieza se lleva a cabo con malacate manual o mecánico y consiste en la comunicación de un pozo de visita a otro.

La preparación se puede llevar a cabo en tres formas:

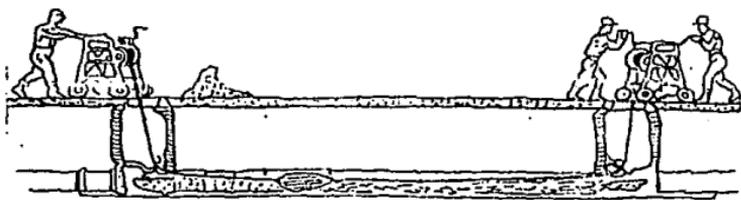
- 1.- Piola con flotador.
- 2.- Varilla flexible.
- 3.- Tramos de madera curada.

La primera forma de preparación se realiza cuando la corriente del agua en el conducto lo permite y consiste en pasar de un pozo a otro, una piola de nylon en cuyo extremo lleva un material flotante, la piola que se introduce inicialmente es del número 15, la cual al llegar al registro localizado aguas abajo de donde se inicia la operación, se le amarra otra piola de mayor resistencia que generalmente es del número 120, ésta se lleva hasta el punto inicial donde se le amarra el cable de 1/4" de diámetro, en caso de que el trabajo no se haga de inmediato se le añadira el cable de 1/2" de diámetro; una vez que el cable de acero de 1/2" ha llegado al pozo siguiente, se le conecta la draga, auxiliandose de los grilletes comúnmente llamados "perros".

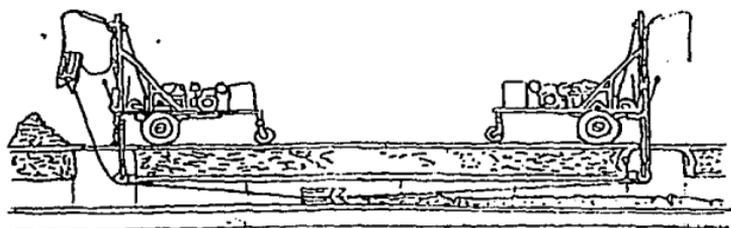
Preparación con varilla.- Otra manera de realizar la preparación de las alcantarillas, es mediante el uso de las varillas flexibles, la cual está limitada por el diámetro y por el volumen de azolve que éstas contengan.

Una vez que las varillas llegan al pozo de visita siguiente del que se introdujo, se procede como en el caso anterior.

Preparación con madera.- La última forma de preparación que se menciona, es aquella en que la piola o las varillas se substituyen por tramos de madera de un metro de longitud y una sección de 5 x 5 cm., las cuales se ensamblan por medio de tornillos.



OPERACION DE MALACATES MANUALES



OPERACION DE MALACATES MECANICOS



DRAGA TIPO PESCADO CERRADO



DRAGA TIPO PESCADO ABIERTO



CEPILLO ERIZO



LAZO PARA JALAR CABLE
DE PREPARACION.



PERROS Y ROSCADERA DE CABLE



CABLE DE ACERO Y GRILLETE
DEL CABLE A LA DRAGA.

Una vez realizada la preparaci3n por cualesquiera de las formas mencionadas, se procede a la introducci3n de la draga, la cual es autom1tica (tipo pescado), y puede ser de diferentes medidas que varian de 100 mm. (4") a 600 mm. (24") de di1metro, dependiendo de la tuber1a a limpiar.

Posteriormente a la introducci3n de la draga se puede introducir adem1s el cepillo erizo, el cual es util en la limpieza minuciosa de los tubos.

Estos equipos a diferencia del equipo manual, dejan totalmente limpios de azolve las tuber1as.

El malacate manual se utiliza generalmente en limpieza de tuber1as peque1as que varian de 20 a 38 cm. de di1metro, ya que las fuerzas de tensi3n son considerables al trabajar las dragas, por lo que esta limpieza depender1 de la fuerza f1sica del personal. No es recomendable tensar el cable de acero con alg1n veh1culo motorizado, exceptuando el malacate mec1nico, ya que se puede llegar a romper alguno de los tubos al no existir coordinaci3n en la aplicaci3n de fuerzas.

Este equipo puede retirar cualquier tipo de azolve y taponamiento existentes en las tuber1as, que pueden ser desde arenas hasta grasas.

El malacate mec1nico se emplea generalmente en limpieza de tuber1as, que varian de 20 a 61 cm de di1metro, no teniendo limitaciones para limpiar cualquier tipo de azolve que este alojado en estas, ya que las fuerzas de tensi3n, producidas en el desazolve son absorbidas con el equipo motorizado.

Es importante llevar con cada uno de estos equipos el cuchar3n pata de caballo; ya que es muy util, como se menciona anteriormente para extraer el desazolve de los pozos de visita, asimismo, es importante recordar que el desperdicio y azolve que se extrae, deber1 ser retirado del lugar lo mas r1pido posible.

Otro de los aspectos que no se deben olvidar, es que tambien este personal deber1 contar con equipo de seguridad necesario.

V.3 EQUIPOS HIDRAULICOS.

Los equipos hidr1ulicos estan basados en la inyecci3n de agua a gran presi3n dentro de las tuber1as para remover grasas,

arenas y casi cualquier tipo de azolve.

Estos equipos estan integrados generalmente. de dos partes una que inyecta el agua a presión y otra que succiona los azolves diluidos; al primero se le denomina "Sewer Jet" y al segundo "Jet Back", recibiendo en conjunto el nombre de "AQUATECH". Las partes del equipo constan de lo siguiente:

A) SEWER JET:

El equipo de inyección de agua a presión "SEWER JET", consta de un camión tanque, cuya capacidad mínima es de 1,000 Galones (4,000 litros), además de un motor de gasolina o diesel integrado al camión, con una cilindrada de 600 c.c., que hará accionar la bomba de inyección de agua, a través de una manguera reforzada, a una presión de 2,000 lb/in², con una longitud de 100 mts. o de acuerdo a las características del sistema, todo esto accionado mediante un tablero de control al alcance del operador, asimismo tiene integrado al camión el medidor de presión de aceite, amperímetro, medidor de horas de operación, nivel de almacenaje de agua, control de encendido de la bomba de agua, nivel de rotación de la dirección del carrete de la manguera, control de longitud de la manguera y un manómetro.

B) JET BACK:

El succionador de azolves "JET BACK", consta de un depósito en el cual se almacena el azolve y tiene una capacidad mínima de 500 Galones (2,000 litros); dicho azolve es succionado y depositado a este tanque por medio de una bomba de vacío, a través de mangueras y tuberías de acero de 100 mm. (4") a 150 mm. (6") de diámetro, esta bomba cuenta con un motor cuya potencia hará que el azolve sea extraído del pozo de visita en forma horizontal y/o vertical de acuerdo a las necesidades requeridas. Cabe mencionar que el equipo de AQUATECH puede estar integrado en un mismo camión, esto es, que en el mismo módulo exista el inyector de agua a presión (SEWER JET) y el succionador de azolves (JET BACK).

Estos equipos son operados por un mínimo de dos personas y un máximo de cuatro, dependiendo de las zonas en las cuales se esta realizando el desazolve y limpieza de las tuberías.

Los equipos hidráulicos se emplean para el desazolve de tuberías y pozos de visita, limpiando todo tipo de azolve, con la excepción de cualquier taponamiento que se encuentre muy rigidamente atorado dentro de las tuberías. Tal es el caso de una roca de gran tamaño u otros objetos similares.

Estos permiten succionar el azolve de aquellos registros que se encuentran completamente llenos de agua, para que posteriormente sea posible atacar el problema particular dentro de las tuberías, teniendo una gran ventaja sobre otro tipo de equipo, ya que su rendimiento llega a ser hasta de 1,500 m. de limpieza en una jornada de trabajo.

La forma en que se trabaja con el equipo de inyección de agua a presión, "Sewer Jet" se describe a continuación:

Se instala el equipo en el pozo de visita, ubicado aguas abajo del tramo a limpiar, por el se introduce la manguera mediante una guía, con el fin de que no exista fricción entre las paredes de la tubería y/o el pozo de visita, ya que se llega a gastar la capa exterior de la manguera; al accionar la bomba de agua, transmitirá una fuerza de impulso a la punta de la manguera en donde estará instalada alguna de las puntillas que consta este equipo, las cuales pueden ser las siguientes:

Punta de lanza.

Punta de bombero.

Punta de aspersión.

Punta de tormenta.

Punta de orificio a 15 , 35 y 45

Las puntillas serán empleadas dependiendo del tipo de azolve y diámetro de la tubería, es decir, punta de lanza se utilizará cuando existen sólidos que requieren ser disgregados; la punta de bombero, cuando la tubería no se encuentra totalmente azolvada y permite el acceso a la punta, en virtud de que el agua sale en forma de chorro; la punta de orificio a 15 , 35 y 45 para limpiar las paredes de las tuberías y se usarán los tres tipos, dependiendo de los diferentes diámetros de las tuberías, esto es mientras mayor es el diámetro se usará la de mayor ángulo en los orificios; la punta de tormenta es semejante a la anterior solo que se utiliza para tuberías de mayor diámetro y por último la punta de aspersión se utiliza para la limpieza de pavimentos después de haber ocurrido alguna inundación con el fin de remover lodos y grasas.

Es necesario que el organismo operador tenga ubicadas garsas en puntos estratégicos de la población, con el fin de que el llenado del tanque del camión sea lo más rápido posible y no interrumpir por mucho tiempo los trabajos de limpieza que se

estén realizando, de lo contrario el rendimiento y eficiencia de estos equipos bajaran considerablemente.

Por lo que respecta al equipo de succión "Jet Back", este se encarga de absorber todos los azolves diluidos por el agua a presión, en cada uno de los pozos de visita, para que estos no sean causas de nuevos taponamientos aguas abajo de la red o que puedan producir azolvamientos mayores en los lugares de vertido.

Una vez lleno el tanque de azolves, es remolcado hasta el lugar de tiro, en donde será vaciado para volver nuevamente al lugar de trabajo.

Una desventaja que se puede encontrar en estos equipos es de que no pueden entrar a cualquier lugar, ya que la longitud total puede variar entre 6.00 y 12.00 mts., además de su peso propio, por lo que es recomendable para zonas urbanas.

Con relación al personal que maneja estos equipos deberán estar capacitados, en virtud de que son muy costosos y un mal uso de ellos crearía muchos problemas de carácter económico para el organismo operador.

Otro detalle muy importante, es que también el personal debe contar con el equipo de seguridad necesario para la ejecución de los trabajos.

**V.4 SELECCION DEL EQUIPO EN BASE A SU
FUNCIONAMIENTO APLICACIONES, RENDIMIENTO Y
COSTO DE MANTENIMIENTO.**

Como ya se mencionò en el subcapitulo anterior sobre funcionamiento y aplicaciones de los equipos existentes para desazolve y limpieza de los sistemas de alcantarillado, resta ahora seleccionar en forma efectiva y òptima el equipo adecuado.

Los factores que deben considerarse y que influyen en la selecciòn del equipo de limpieza son los siguientes:

- a) Costo y eficiencia del equipo.
- b) Magnitud de la red.
- c) Volumen y tipo de azolve.
- d) Aspecto econòmico.
- e) Disponibilidad de agua.
- f) Sistema de alcantarillado.
- g) Mano de obra disponible.
- h) Accesos a la red.
- i) Disponibilidad del equipo, materiales y herramienta.
- j) Urbanizaciòn.
- k) Topografia.
- l) Costo de la mano de obra.
- m) Stock de refacciones y capacitaciòn por parte del concesionario o distribuidor al personal operador.
- n) Decisiones polìticas.

Los aspectos anteriores, son elementos cualitativos que permiten, en forma subjetiva, definir el equipo adecuado para las necesidades de mantenimiento que requiera, sin embargo es necesario y conveniente aplicar aspectos cuantitativos para lograr obtener mayores elementos de juicio que permitan a los encargados del mantenimiento y operaciòn de los sistemas de alcantarillado, llegar a seleccionar los equipos mäs adecuados.

Por lo tanto, se analizarán ahora los costos directos de cada uno de los equipos con el fin de conjuntar tanto los aspectos cualitativos como los cuantitativos, que se obtendrán a continuación.

V.4.a COSTOS DIRECTOS DE EQUIPOS.

1.- GASTOS FIJOS.

Son aquellos que gravan el costo horario del equipo independientemente de que este se encuentre operando o inactivo; para su análisis se desglosa en los siguientes conceptos.

- Interes sobre capital.

Este concepto considera la rentabilidad que se deja de obtener con el capital invertido en la adquisición del equipo, por lo tanto se toma una tasa de interes anual del 31 % ya que es el que se aplica en la fecha en que se realizó el estudio.

$$I = \frac{Va \times i}{Ha}$$

Donde: I = Interes sobre capital.
Va = Valor de adquisición del equipo.
i = Tasa de interes anual.
Ha = Horas normales promedio anuales.

Ahora bien, si se consideran 300 días hábiles al año y con un turno diario de trabajo, de ocho horas, entonces:

$$I = \frac{Va \times i}{2,400}$$

- Depreciación.

Este cargo podría calcularse como el valor de adquisición menos el valor de rescate entre la vida económica de la maquinaria; acostumbrándose calcular el valor de rescate como el 10 % del valor de adquisición, aunque parece preferible apearse a lo dispuesto en el artículo 27 de la ley de impuesto sobre la

renta, el cual permite la depreciación del equipo en cinco años generalizando su vida útil y cancelar sin asignar valor de rescate, así se puede llegar a la expresión:

$$D = \frac{Va}{Vf}$$

Donde: D = Depreciación.
Va = Valor de adquisición.
Vf = Vida fiscal del equipo (generalmente cinco años).

Como cinco años equivalen a 12,000 horas de operación normal, entonses:

$$D = \frac{Va}{12,000}$$

Este será el cargo horario por depreciación

- Reparaciones y mantenimiento

Se considerará como una práctica comunmente aceptada, las reparaciones y el mantenimiento como un porcentaje del cargo por depreciación, proponiéndose como un valor razonable en vista del tiempo de trabajo previsto para el equipo, un 90 % del cargo ya mencionado, entonses:

$$R = Q \times D$$

Donde: R = Reparaciones mayores y menores.
Q = Coeficiente que representa un porcentaje en forma decimal.
D = Cargo por depreciación.

- seguros

Este cargo es necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la máquina durante su vida útil por los posibles accidentes que ésta sufra y se determina como:

$$S = \frac{Cs}{Ha}$$

Donde: S = Seguro.
Cs = Costo anual.
Ha = Horas normales de operación anual

Entonces:

$$S = \frac{Cs}{2,400}$$

- Almacenaje y gastos anuales

Aquí van incluidos todos aquellos gastos que generan su almacenamiento en tiempo inactivo, impuestos y gastos tales como tenencia, permiso, placas, etc., por lo tanto:

$$A = \frac{Ga}{Ha}$$

Donde: A = Almacenaje y gastos anuales (cargo).
Ga = Gastos anuales necesarios.
Ha = Horas de operación normal al año.

Entonces:

$$A = \frac{Ga}{2,400}$$

2.- GASTOS DE OPERACION.

Son aquellos gastos que genera el equipo cuando se encuentra en actividad, además de los gastos de operación para su análisis, se desglosan en:

- Combustibles:

$$E = C \times Pc$$

Donde: E = Costo de combustible por hora.
C = Consumo horario de combustible
Pc = Precio del combustible.

- Lubricantes

$$L = A \times Pl$$

Donde: L = Costo de lubricantes por hora.
A = Consumo horario de lubricantes.
Pl = Precio de los lubricantes.

- Llantas

$$LI = \frac{V \quad Ll}{H \quad Ll}$$

Donde: Ll = Cargo horario por llantas
VLI = Valor de las llantas.
HLI = Horas de vida de las llantas.

- Operación

$$O = \frac{So}{H}$$

Donde: O = Costo horario de operación
So = Salario por turno del operador.
H = Horas normales de trabajo por turno.

Entonces:

$$O = \frac{So}{8}$$

A continuación se analizarán los costos horarios del equipo que es utilizado en la limpieza de los sistemas de alcantarillado.

EQUIPOS EN ESTUDIO:

Camioneta Pick-up, marca FORD F-200, Motor 8 cilindros, 302 P.C., 141 H.P., gasolina.

COSTOS FIJOS:

- Intereses sobre capital.

$$I = \frac{45,263.00 \times 0.31}{2,400} = 5.85 \text{ /hr.}$$

- Depreciación.

$$D = \frac{45,263.00}{12,000} = 3.77 \text{ /hr.}$$

- Reparaciones y mantenimiento.

$$R = 0.90 \times 3.77 = 3.39 \text{ /hr.}$$

- Seguros.

$$S = \frac{2,624.00}{2,400} = 1.09 \text{ /hr.}$$

- Almacenamiento y gastos anuales.

$$A = \frac{3,240.00}{2,400} = 1.35 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE CARGOS FIJOS N \$ 15.45 /HR.

COSTOS DE OPERACION:

- **Combustible.**

$$E = 14 \times 1.21 = 16.94 \text{ /hr.}$$

- **Lubricantes.**

$$L = 0.1 \times 6.20 = 0.62 \text{ /hr.}$$

- **Llantas.**

$$Ll = \frac{820.00}{3,450} = 0.24 \text{ /hr.}$$

- **Operación.**

$$O = \frac{24.06}{8} = 3.01 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL COSTOS DE OPERACION N \$ 20.81 /HR.

TOTAL COSTO HORARIO DIRECTO N \$ 36.26 /HR.

----- OO -----

EQUIPO AQUATECH SJ SERIE 1500 E , CAMION DEL SEWER JET
Y JET BACK, Motor 8 cilindros a gasolina.

COSTOS FIJOS.

- Intereses sobre capital.

$$I = \frac{596,814.90 \times 0.31}{2,400} = 77.09 \text{ /hr.}$$

- Depreciación.

$$D = \frac{596,814.90}{12,000} = 49.73 \text{ /hr.}$$

- Reparaciones y mantenimiento.

$$R = 0.90 \times 49.73 = 44.76 \text{ /hr.}$$

- Seguros.

$$S = \frac{21,480.12}{2,400} = 8.95 \text{ /hr.}$$

- Almacenamiento y gastos anuales.

$$A = \frac{9,546.72}{2,400} = 3.97 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE COSTOS FIJOS N \$ 184.50 /hr.

COSTOS DE OPERACION.

- Combustible.

$$E = 20 \times 1.21 = 24.20 \text{ /hr.}$$

- Lubricantes.

$$L = 0.08 \times 6.20 = 0.50 \text{ /hr.}$$

- Llantas.

$$Ll = \frac{6,750.00}{5,000} = 1.35 \text{ /hr.}$$

- Operación.

(1) O . Operador del camión.

$$O = \frac{29.70}{8} = 3.71 \text{ /hr.}$$

(2) O . Operadores del equipo.

$$O = \frac{34.42}{8} \times 3 = 12.91 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE COSTOS DE OPERACION 42.67 /HR.

TOTAL COSTO HORARIO DIRECTO. 227.17 /HR.

----- OO -----

EQUIPO DE MALACATE MECANICO MARCA SRECO, Motor de 30 H.P.a gasolina, incluye accesorios para su operación. (Juego de dos malacates).

COSTOS FIJOS.

- Intereses sobre capital.

$$I = \frac{28,509.00 \times 0.31}{2,400} = 3.68 \text{ /hr.}$$

- Depreciación.

$$D = \frac{28,509.00}{12,000} = 2.37 \text{ /hr.}$$

- Reparaciones y mantenimiento.

$$R = 0.90 \times 2.37 = 2.13 \text{ /hr.}$$

- Seguros.

$$S = \frac{1,710.54}{2,400} = 0.71 \text{ /hr.}$$

- Almacenamiento y gastos anuales.

$$A = \frac{712.75}{2,400} = 0.30 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE COSTOS FIJOS N \$ 9.19 /HR.

COSTOS DE OPERACION.

- Combustible.

$$E = 10 \times 1.21 = 12.10 \text{ /hr.}$$

- Lubricantes

$$L = 0.05 \times 6.20 = 0.31 \text{ /hr.}$$

- Llantas.

$$Ll = \frac{690.00}{5,000} = 0.14 \text{ /hr.}$$

- Operación.

$$O = \frac{34.42}{8} \times 4 = 17.21 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL COSTOS DE OPERACION N \$ 29.76 /HR.

TOTAL COSTO HORARIO DIRECTO N \$ 38.95 /HR.

***** OO *****

EQUIPO DE MALACATE MANUAL MARCA SRECO, incluye accesorios para su operación. (Juego de dos malacates).

COSTOS FIJOS.

- Intereses sobre capital.

$$I = \frac{8,619.00 \times 0.31}{2,400} = 1.11 \text{ /hr.}$$

- Depreciación.

$$D = \frac{8,619.00}{12,000} = 0.72 \text{ /hr.}$$

- Reparaciones y mantenimiento.

$$R = 0.90 \times 0.72 = 0.65 \text{ /hr.}$$

- Seguros.

$$S = \frac{517.14}{2,400} = 0.22 \text{ /hr.}$$

- Almacenamiento y gastos anuales.

$$A = \frac{215.47}{2,400} = 0.09 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL COSTO DE OPERACION. N \$ 2.79 /HR.

COSTOS DE OPERACION.

- Operaciòn.

$$O = \frac{34.42}{8} \times 4 = 17.21 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE HORAS DE OPERACION N \$ 17.21 /HR.

TOTAL COSTO HORARIO DIRECTO N \$ 20.00 /HR.

***** OO *****

EQUIPO MANUAL DE VARILLAS Y ACCESORIOS MARCA SRECO, incluye accesorios necesarios para limpieza.

COSTOS FIJOS.

- Intereses sobre capital.

$$I = \frac{7,691.00 \times 0.31}{2,400} = 0.99 \text{ /hr.}$$

- Depreciación.

$$D = \frac{7,691.00}{12,000} = 0.64 \text{ /hr.}$$

- Reparaciones y mantenimiento.

$$R = 0.90 \times 0.64 = 0.58 \text{ /hr.}$$

- Almacenamiento y gastos anuales.

$$A = \frac{198.90}{2,400} = 0.08 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE COSTOS FIJOS N \$ 2.29 /HR.

COSTOS DE OPERACION.

- Operación. (operadores de equipo)

$$O = \frac{24.06}{8} \times 2 = 6.02 \text{ /hr.}$$

SUB-TOTAL DE COSTOS DE OPERACION N \$ 6.02 /HR.

TOTAL COSTO HORARIO DIRECTO N \$ 8.31 /HR.

R E S U M E N

TIPO DE EQUIPO	COSTO HORARIO N \$
Camioneta Pick-Up Ford F-200	36.26
AQUATECH SJ SERIE 1500 E	227.17
Malacates Mecanicos SRECO 30 h.p.	38.95
Malacates Manuales SRECO	20.00
Equipo de varillas y accesorios SRECO	8.31

Ahora pués, se determinaran los costos por metro lineal de mantenimiento y/o limpieza de los diferentes equipos considerando, por un lado, el costo horario como la suma del costo-horario real del equipo mas el costo horario de la parte de transporte (camioneta) que es necesario para su operación y por otro lado el rendimiento promedio por jornada que el equipo es capaz de desarrollar.

* **EQUIPO MANUAL**

varillas

Costo horario = Costo horario de varillas +
+ 0.5 Costo horario camioneta.

Costo horario = 8.31 + (0.5) (36.26)

Costo horario = 26.44

Costo por Jornada = Costo horario x No. de
horas por jornada.

Costo por jornada = 26.44 x 8

Costo por jornada = 211.52

Rendimiento por jornada promedio = 80.00 m.

Costo por metro lineal de limpieza =

Costo por jornada	211.52

Rendimiento por jornada	80

COSTO / M. L. N \$ 2.64

* **EQUIPO MECANICO**

Malacates manuales marca SRECO

Costo horario = 20.00 + (0.75) (36.26)

Costo horario = 47.20

Costo por jornada = 47.20 (8) = 377.56

Rendimiento por jornada = 150.00 m.

Costo por metro lineal de limpieza = $\frac{377.56}{150}$

COSTO / M. L. N \$ 2.52

Malacate mecánico marca SRECO

Costo horario = 38.95 + (0.75) (36.26)

Costo horario = 66.15

Costo por jornada = 66.15 (8) = 529.16

Rendimiento promedio por jornada = 250.00 m.

Costo por metro lineal de limpieza = $\frac{529.16}{250}$

COSTO / M. L. N \$ 2.12

* EQUIPO HIDRAULICO.

Equipo AQUATECH SJ 1500 E

Costo horario = 227.17

Costo por jornada = (227.17) (8) = 1,817.36

Rendimiento por jornada promedio = 750.00 m.

Costo por metro lineal de limpieza = $\frac{1,817.36}{750}$

COSTO / M. L. N \$ 2.42

Una vez definidos estos factores en la tabla 5.1 se resume una comparación entre los equipos en nto a diferentes conceptos que influyen en la operación de éstos, con el fin de seleccionar el más adecuado a las características a las que estará sujeto en el lugar de trabajo.

Es necesario aclarar que para el manejo de los conceptos que

T A B L A 5.1

CONCEPTO	E Q U I P O				OBSERV.
	MANUAL	M E C A N I C O		HIDRAULICO	
		M. MANUAL	M. MECANICO		
- ASPECTOS CUANTITATIVOS.					
Costo de adquisición	7,691.00	8,619.00	28,509.00	596,814.00	Se refiere a costo actual del equipo en el mercado pagado de contado.
Rendimiento por jornada	80.00	150.00	250.00	750.00	Se refiere a la long. promedio de tubería que pueden desahogar o limpiar en una jornada de trabajo.
Costo horario de operación.	26.44	47.20	66.15	227.17	
Costo por metro lineal de limpieza	2.64	2.52	2.12	2.42	Se refiere al precio por metro lineal promedio de limpieza.

T A B L A 5.1 (Cont.)

CONCEPTO	EQUIPOS				OBSERVACIONES
	MAN.	N.MAN.	M.REC.	HIDR.	
- ASPECTOS CUALITATIVOS					
Zona rural	*	*	*		Son los equipos que deben usarse en poblaciones pequeñas que no cuentan con infraestructura definida.
Zona urbana	*	*	*	*	Esto es, cuando a los equipos que pueden usarse en poblaciones que cuentan con una infraestructura desarrollada.
Disponibilidad de agua.				*	Se refiere, a los equipos que para su operación es necesario contar con agua.
Sistemas de alcantarillado sanitario y combinado.	*	*	*	*	Se refiere a los equipos que se pueden aplicar en estos tipos de alcantarillado.
Sistemas de alcantarillado Pluvial.			*	*	Equipos que pueden aplicarse en este tipo de alcantarillado.
Topografía plana.	*	*	*	*	Equipos que deben usarse en lugares donde los terrenos sean planos y por lo tanto con poca pendiente.
Topografía accidentada	*	*	*	*	Equipos que se pueden usar en lugares donde los terrenos cuentan con pendientes medianas y grandes.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

T A B L A 5.1 (Cont.)

CONCEPTO	EQUIPOS				OBSERVACIONES
	MAN.	M.MAN.	M.NEC.	HIDR.	
Hano de obra especializada			*	*	Equipos que para su operación requiere personal adiestrado y especializado en su manejo.
Disponibilidad de herramientas.			*	*	Equipos que para su operación es necesario contar con refacciones y servicios para su mantenimiento.
Transportación al lugar de trabajo.	*	*	*	*	Camioneta pick-up Propio. Medio de transporte con que se debe contar para trasladar el equipo al lugar de trabajo.

T A B L A 5.2

LONGITUD REQUERIDA PARA MANTENIMIENTO Y/O LIMPIEZA (KM)	NUMERO DE DIAS PARA REALIZAR EL TRABAJO			
	E. MANUAL	EQUIPO MECANICO		E. HIDRAULICO
		HAL. MANUAL	HAL. MECANICO	
5.00	63	33	20	7
10.00	125	67	40	13
15.00	188	100	60	20
20.00	250	133	80	27
24.00	300	160	96	32
25.00	313	167	100	33
30.00	375	200	120	40
40.00	500	267	160	53
45.00	563	300	180	60
50.00	625	333	200	67
60.00	750	400	240	80
70.00	875	467	280	93
75.00	938	500	300	100
80.00	1000	533	320	107
90.00	1125	600	360	120
100.00	1250	667	400	133
120.00	1500	800	480	160
140.00	1750	933	560	187
160.00	2000	1067	640	213
180.00	2250	1200	720	240
200.00	2500	1333	800	267
225.00	2813	1500	900	300
250.00	3125	1667	1000	333
300.00	3750	2000	1200	400
375.00	4688	2500	1500	500
400.00	5000	2667	1600	533
500.00	6250	3333	2000	667
1000.00	12500	6667	4000	1333
1125.00	14063	7500	4500	1500

aparecen en la tabla 5.1 se pueden tener restricciones de los siguientes tipos: Políticas, Sociales, Económicas y Técnicas.

Por otro lado y sabiendo que un sistema de alcantarillado por lo menos se debe limpiar una vez al año, generalmente antes de la temporada de lluvias, en la tabla 5.2 se presenta un análisis de comparación entre diferentes longitudes requeridas para limpieza y mantenimiento y el número de días en que cada equipo se tarda en realizar el trabajo (es importante no olvidar que para el caso de este trabajo de tesis un año representa 300 días laborables).

Como se puede observar en la tabla V.2 se puede deducir que: para sistemas con una longitud de 24 Km. o menor, se recomienda la adquisición de un "equipo manual", ya que cada año de trabajo se limpiarán las redes existentes. Para sistemas con una longitud entre 24 y 45 Km. se recomienda el "malacate manual", para aquellos que tengan entre 45 y 80 Km. se recomienda el "malacate mecánico" y para aquellos que tengan una longitud de 80 a 225 Km. o más el recomendable es el "equipo hidráulico".

Sin embargo, no necesariamente se tendrá que utilizar un solo equipo para el mantenimiento y/o limpieza. Así pues, si el sistema en cuestión tiene una longitud de 300 Km. se puede adquirir un equipo hidráulico (225 Km. por año) y un malacate mecánico (75 Km. por año) u otra solución sería adquirir cuatro malacates mecánicos; lo anterior dependerá de las posibilidades financieras y operacionales óptimas que se obtengan con un análisis detallado del organismo operador.

Estos análisis financieros y operacionales no se realizan en este trabajo en virtud de que se deben considerar aspectos tales como el desarrollo, reglamentos y conformación del organismo, grados de sencibilidad, grados de marginalidad, ingresos por servicio., que se considera que puede desarrollarse en un compendio de esta naturaleza con el fin de que se complemente a más detalle este capítulo.

CONCLUSIONES

De acuerdo al contenido de este trabajo, se puede decir que cumple con los objetivos fijados, en cuanto a presentar un trabajo que ayudará no solo al Ingeniero Civil, por las recomendaciones de los factores que hay que tomar en cuenta al realizar un proyecto, teniendo en cuenta las "Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado" de la SEDUE y sistemas de alcantarillado ya construidos o en base a experiencias obtenidas, sino también a los encargados de la operación, conservación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, ayudarlos a conocer algunas herramientas, para la realización de las tareas de mantenimiento de los sistemas, así como elementos de juicio para tomar decisiones adecuadas en cualesquiera de las partes referidas, por lo que se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

- En este trabajo se describen en una forma práctica las características físicas y químicas del agua residual, describiendo sus componentes y que tan agresivas son antes de proporcionarles un tratamiento, por lo que es muy recomendable la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales como ejemplo las lagunas de oxidación, que son las que con mayor frecuencia se utilizan, por su efectividad y mínimo costo de operación y mantenimiento, comparadas con plantas que utilizan algunos reactivos para su depuración. Con esto se protege en gran parte los ecosistemas, ya que las aguas pueden ser vertidas a canales o presas de riego o cuando son vertidas a los ríos es mínima la contaminación.

- Se dan a conocer los tipos de alcantarillado existentes y las partes que la componen, esto en una forma clasificada para que no solo el Ingeniero Civil que está familiarizado con esta rama de la construcción y proyectos sea el que lo entienda, sino todos los integrantes de los Organismos Operadores, Departamentos, Comisiones; así como Ayuntamientos, en donde sus integrantes son diferentes profesionistas.

- En este trabajo se pueden observar los grandes inconvenientes y problemas que causaría dejar en el olvido los sistemas de alcantarillado, ya que siendo de tal importancia estas obras y las erogaciones tan fuertes que se realizan al construirlas, es censurable que no se les de un buen mantenimiento y una buena operación, ya que como sucede en nuestro medio, que se construyen y luego nos olvidamos de ello, creyendo que por sí solas se mantendrán en buen estado de operación y limpieza. Por tal motivo ponemos a disposición de los Organismos encargados, la información de algunos de los diferentes equipos que hay en el mercado, dependiendo de las

diversas características de sus sistemas para llevar a cabo el mantenimiento y limpieza de las redes de alcantarillado, considerando en este trabajo tuberías de un máximo de 0.91 mts de diámetro.

- Otro aspecto muy importante que se ha olvidado por completo, en virtud de que se piensa que un ingeniero debe manejar únicamente las cuestiones técnicas, es la administración, ya que ella amplía el horizonte de conocimientos al considerar desde aspectos de planeación de los recursos hasta el control de los mismos, haciéndonos ver dentro de ese proceso los elementos materiales, sociales, financieros, etc. que existen en toda empresa tanto pública como privada. Por lo que es indispensable que todo ingeniero, aplique y conozca tanto los aspectos técnicos como administrativos, que muy raras veces se conjuntan para lograr con éxito, una formación completa del profesionista en todos los aspectos.

- Con lo descrito anteriormente también se trata de que todos tomemos conciencia de la importancia que tiene una red de alcantarillado y que exige conservación y mantenimiento dada la importancia de su servicio, de la salubridad que exige el desarrollo de la humanidad y sus condiciones de vida y también no descuidar la conservación de los ecosistemas mediante la construcción de dispositivos de tratamiento de agua residual.

Recomendaciones importantes que se desprenden de la realización de este trabajo.

1.- Que este trabajo quede a disposición de los interesados en él, y que sirva de apoyo no solo para los profesionistas que estén dedicados a esta área de la ingeniería civil, sino también para los organismos gubernamentales que se dedican a la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y/o pluvial.

2.- Con respecto a la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, es necesario elaborar programas eficientes de mantenimiento, con el fin de no tener fuertes erogaciones de recursos, asimismo llevar a cabo aparte del análisis presentado, para seleccionar el equipo adecuado, análisis financieros y operacionales tomando en consideración aspectos de organización de la empresa.

3.- Es importante hacer el comentario de que regularmente las empresas prestadoras de estos servicios, son de beneficio social, sin embargo no por eso únicamente van a erogar recursos, por el contrario dichos análisis mencionados en el párrafo anterior deberán considerar que al prestar este servicio, por lo menos no

se tengan pérdidas de los recursos como viene sucediendo actualmente en nuestro país.

4.- Con respecto al uso de tuberías de asbesto-cemento, las autoridades médicas han detectado problemas pulmonares, que han causado la muerte de varias personas que han manejado tanto la fabricación como la instalación de este tipo de tuberías, debido a las partículas que despiden y son inhalados por el personal, por lo que es recomendable emplear el equipo de seguridad adecuado (mascarillas, lentes, etc.) cuando se trabaje en dicha fabricación o instalación.

B I B L I O G R A F I A

- E. Linsley y José P. B. Franzini. INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS. México. Ed. LINUSA. 1970
- Thomas G. Aylesworth. LA CRISIS DEL AMBIENTE. México. Ed. Fondo de Cultura Económica. 1974.
- Ernest W. Steel, Terence J. McGhee. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO. Barcelona. Ed. Gustavo Gili S.A. 1981.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. MANUAL DE DISEÑO HIDRAULICO DE OBRAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO. México. 1983.
- Adolfo Martínez Aznar. MANUAL PRACTICO PARA LA INSTALACION DE UNA DISTRIBUCION DE AGUA. Bilbao. Ed. URMO. 1966.
- David Keith H. Todd. GROUND WATER HYDROLOGY. New York. Ed. John Wiley. 1959.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. CARTILLA DE SANEAMIENTO. México. 1971.
- S.A.H.O.P. ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS PARA LA CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO. México. 1985.
- Russell L. Ackoff. UN CONCEPTO DE PLANEACION DE EMPRESAS. México. Ed. LINUSA. 1980.
- S.R.H. INSTRUCTIVO DE CONTROL DE OBRAS. México. 1972.