

63 de j



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## Aspectos Generales de los Sistemas de Alcantarillado en la Ciudad de México

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
LEONARDO GONZALEZ RODRIGUEZ

MEXICO, D. F. 1990



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.

## CAPITULO I

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

I.1 MARCO DE REFERENCIA

I.2 HISTORIA

I.3 PROBLEMATICA

I.4 OBJETIVOS

## I.1 MARCO DE REFERENCIA

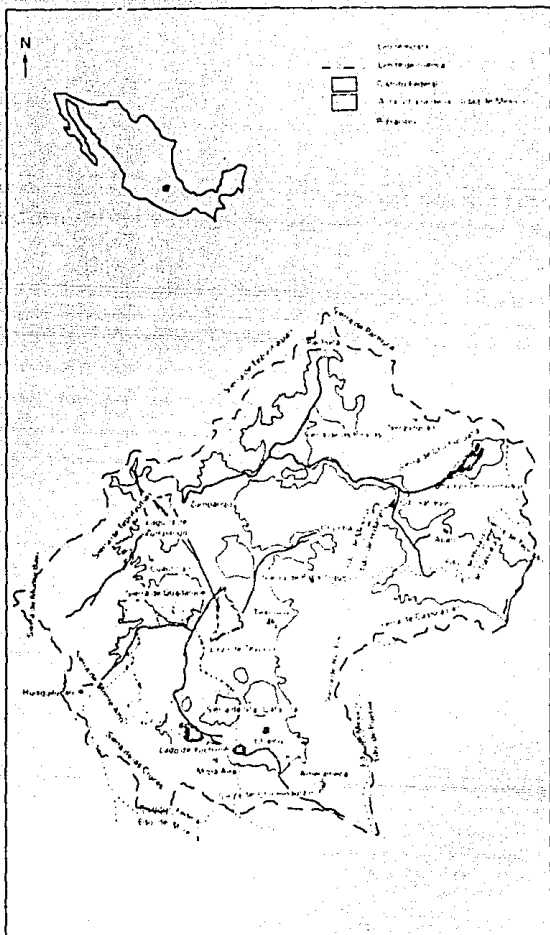
### La Cuenca del Valle de México

Es la zona de mayor importancia en la República Mexicana debido a que en ella se ubica la gran Ciudad de México, con primer rango demográfico, económico, social y político en el país, situación que hace que los problemas de la cuenca sean de gran trascendencia nacional.

Se encuentra ubicada en el borde sur de la Mesa Central (lámina I.1), con una extensión de 9,600 Km<sup>2</sup>, su forma es semejante a la de una elipse; su eje mayor, de noreste a sureste, mide unos 110 Km. y su eje menor, de este a oeste, tiene una longitud de 80 Km. Completamente rodeado por montañas, las altitudes de su planicie central oscilan entre los 2,240 y 2,390 m.s.n.m. y constituye una cuenca cerrada, ya que a través del tiempo ha sufrido variaciones en su morfología y, como consecuencia, en su funcionamiento hidrológico; debido a los procesos naturales, en especial a fenómenos volcánicos y otras ocasiones por la acción del hombre, ésto ha ocasionado, como ya se dijo anteriormente, que se convirtiera en una cuenca cerrada, ya que antiguamente el valle fue una cuenca abierta que desaguaba hacia el río Balsas; posteriormente la serranía del Ajusco cerró el paso hacia el Balsas y la salida de las aguas cambió hacia el río Lerma; por último, perdió toda salida al exterior impidiendo la salida de los escurrimientos generados dentro de la cuenca.

El Distrito Federal se asienta en la zona meridional que es la que presenta las mayores y menores elevaciones. En esta zona las lluvias son las más copiosas, por lo que en algunas partes existe vegetación abundante. Durante la época de lluvias, los arroyos que descienden de sierras y lomas ubicadas -

Lámina I.1 Las sierras y los lagos de la cuenca del valle de México



al este y oeste conducen sus aguas a la planicie central y desembocan en espacios pantanosos y en lagos, pero también afectan el área urbana del Distrito Federal.

En general las lluvias ocurren de mayo a octubre, y la época de secas abarca el resto del año. La precipitación media anual equivale a una lámina de 700 milímetros (Lámina I.2).

Las lluvias de verano, que son las más intensas, generalmente tienen su origen en fenómenos convectivos que producen tormentas intensas, concentradas espacialmente y de corta duración. En cambio, las lluvias de invierno son más extensas y de mayor duración, pero generalmente no provocan inundaciones importantes debido a su baja intensidad.

La distribución temporal de las lluvias en el Valle de México es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento o control, ya que casi la totalidad de la precipitación de un año se concentra en un número muy reducido de tormentas, lo que origina el escurrimiento de avenidas con resultados perjudiciales y peligrosos para la ciudad, el balance hidrológico presenta hoy en día la composición que se muestra en la lámina I.3.

El volumen de lluvia media anual, dividido entre el número de segundos arroja un caudal medio de  $213 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Se estima que de este caudal se evapo-transpiran  $171 \text{ m}^3/\text{seg}$ . que, por lo tanto, no son susceptibles de aprovechamiento. De los  $42 \text{ m}^3/\text{seg}$ . restantes, 23 recargan el acuífero y 19 escurren superficialmente; de estos últimos se regulan  $3 \text{ m}^3/\text{seg}$ . para su aprovechamiento y se desalojan los 16 restantes a través de los drenes del Valle para evitar inundaciones ya que, como se ha mencionado, la mayor parte del escurrimiento superficial ocurre en períodos muy cortos durante los cuales se concentran caudales muy grandes.

Lámina I. 2 Isoyetas anuales en la cuenca del valle de México

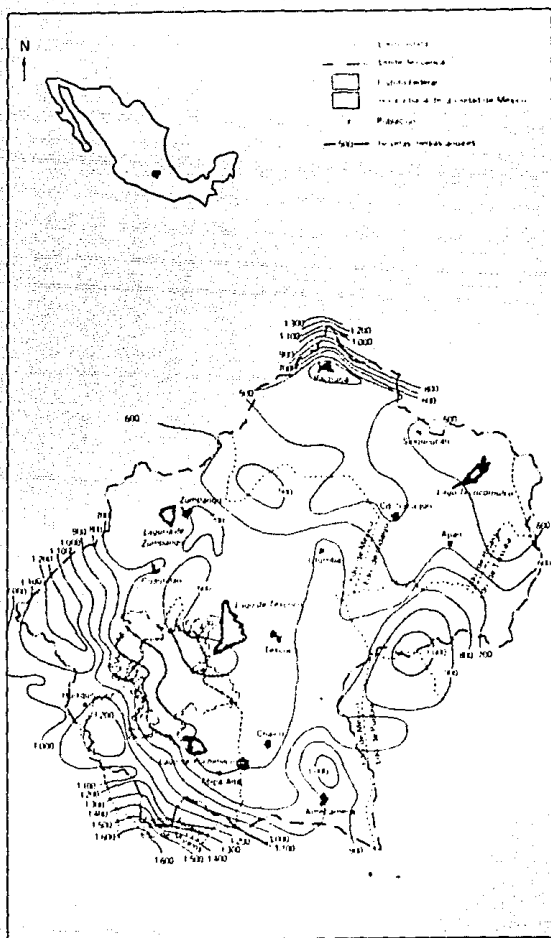


Lámina I.3 Balance hidrológico en el valle de México

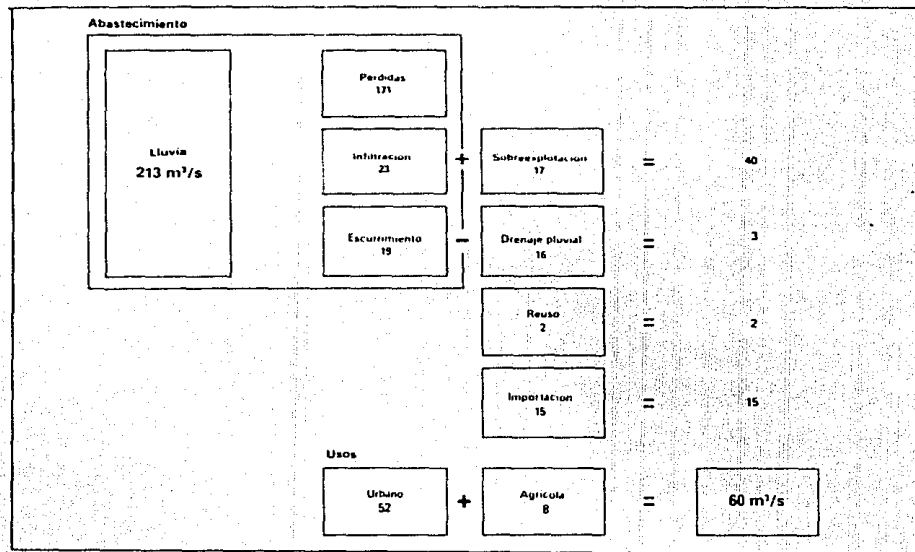
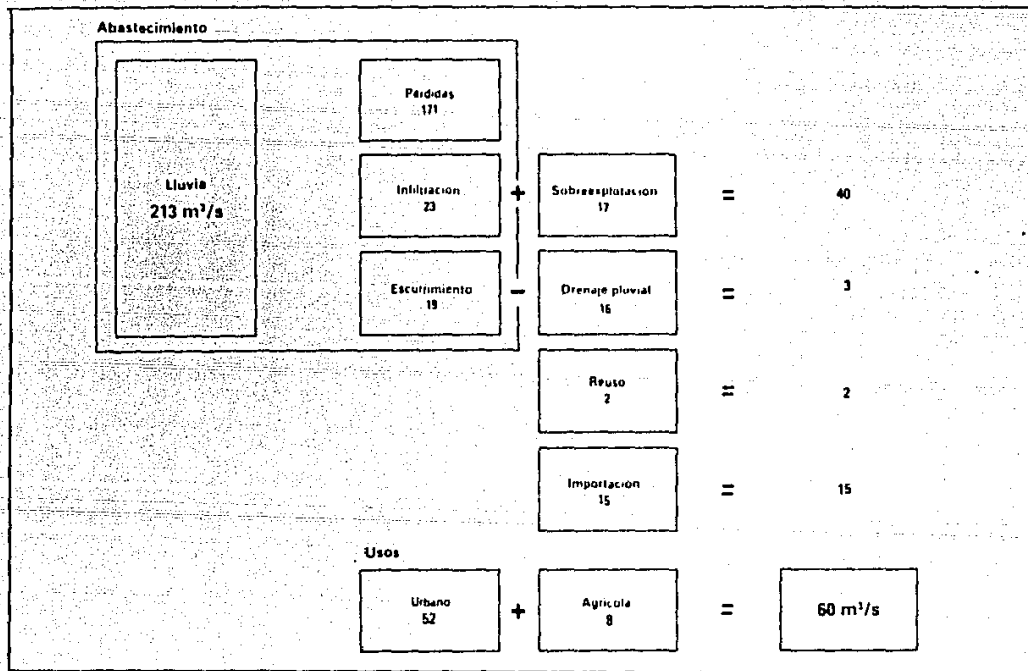




Lámina I.3 Balance hidrológico en el valle de México



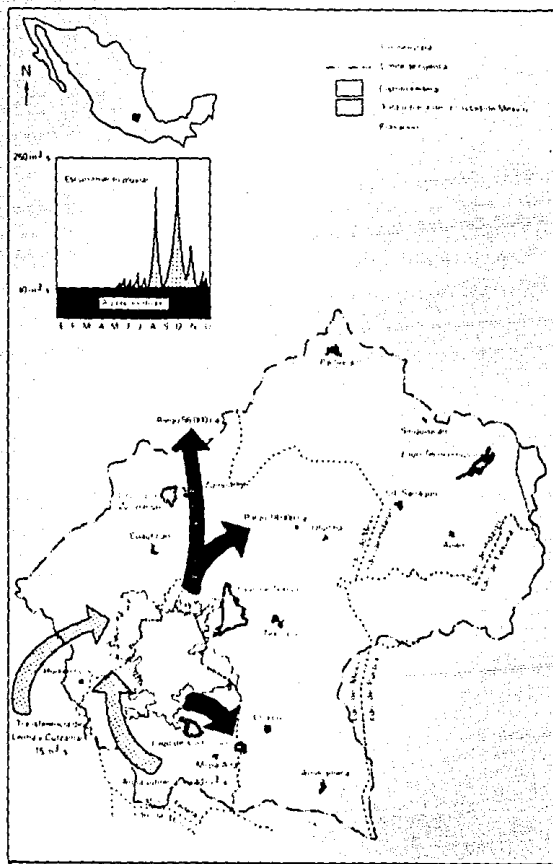
Las aguas residuales que deben desalojarse de las áreas urbanas representan un caudal prácticamente constante a lo largo del año, el cual puede conducirse mediante tuberías de diámetros relativamente pequeños y con los cauces abiertos existentes. Sin embargo los  $16 \text{ m}^3/\text{seg.}$  del escurrimiento pluvial a ser producidos por unas cuantas tormentas de corta duración dentro del año, generan escurrimientos instantáneos que han sumado hasta  $250 \text{ m}^3/\text{seg.}$  (lámina I.4), en las salidas del drenaje del área metropolitana de la Ciudad de México. Ello ha obligado a construir interceptores con grandes diámetros y obras de tanta importancia como el Sistema de Drenaje Profundo, para evacuar el agua y proteger a la ciudad de inundaciones catastróficas.

### Alcantarillado

De los servicios públicos que se prestan a los habitantes del Distrito Federal, sin duda el alcantarillado es uno de los más importantes, ya que junto con el abastecimiento del agua potable tienen la misión esencial de preservar y proteger la salud de la población.

Un sistema de alcantarillado es el conjunto de obras que sirven para recolectar las aguas negras y pluviales de una localidad y conducir las en forma rápida y segura hasta donde no causen daños y molestias, ni daños al medio circunvecino, logrando con esto un bienestar para la comunidad. Consiste en una red de conductos generalmente subterráneos, extendida en toda la localidad y a través de los cuales se evacúan las aguas negras en forma rápida y segura para llevarlas a un sitio llamado de vertido o bien a una planta de tratamiento para su purificación y posible reutilización.

Lámina I.4 Utilización y desalojo de las aguas residuales y pluviales en el valle de México



Al igual que en otras grandes urbes del mundo, los problemas de la Ciudad de México son producto de una compleja interacción de factores políticos, económicos y sociales. Sin embargo, mientras que las grandes civilizaciones del mundo nacieron generalmente en los márgenes de un río, la de los aztecas se situó sobre un lago, y este hecho marcó el inicio de una incesante lucha por y contra el agua. En esta empresa, los habitantes de la ciudad han modificado su medio ambiente físico, la mayoría - de las veces para su beneficio, pero también a costa de generar otros conflictos.

Existe en la ciudad un sistema de drenaje, instalado desde hace mucho tiempo, que actualmente es insuficiente; además el subsuelo continúa su proceso de consolidación, lo cual ocasiona hundimientos y por tanto decrece considerablemente la eficiencia del funcionamiento hidráulico del sistema de drenaje.

Por otra parte, ante la urbanización de grandes superficies, las aguas pluviales aumentan en volumen al no poder infiltrarse en el suelo por la presencia del pavimento y del concreto, lo que a su vez ocasiona que escurran más rápidamente. Asimismo, la eficiencia en la red de alcantarillado ha disminuído, como se mencionó anteriormente, a causa del hundimiento del terreno y - por interferencias con obras viales.

Por otro lado, las mayores demandas de agua al ser satisfechas, se traducen en mayores volúmenes de aguas residuales -- que es necesario disponer. Pero su desalojo está íntimamente - ligado al de las aguas de lluvia, y las obras requeridas para cubrir a toda la ciudad son costosas y demoradas. Esta situación ha ocasionado nuevos problemas: la insalubridad, la contaminación de ríos y el riesgo de contaminar los acuíferos.

## Sistemas de Alcantarillado

Un sistema de alcantarillado se caracteriza por los volúmenes y calidad del agua que, a través de él se vayan a conducir.

En la eliminación de las aguas residuales y de lluvia se tienen principalmente dos tipos de sistemas, que son: el sistema combinado y el sistema separado; en el primero, como su nombre lo indica, se eliminan tanto las aguas residuales, como las aguas de lluvia por una sola red, lo que deriva en conductos - generalmente de grandes dimensiones suficientemente amplios para el paso de los máximos gastos de aguas negras y pluviales. Por lo que respecta al sistema separado, tenemos que la eliminación de las aguas negras y de lluvia, se lleva a cabo en forma independiente, constando este sistema de una red de conductos - de capacidad suficiente para la recolección de aguas negras y - de un medio eliminatorio de las otras aguas, el cual puede ser: o bien otra red de igual longitud que la de aguas negras, o bien una red pluvial de menor longitud que llegue a reducirse a unas cuantas líneas, haciéndose parte de la evacuación por escurrimiento superficial en los pavimentos de las calles. En México el sistema de eliminación que se tiene es el de tipo combinado, la infraestructura para el desalojo de las aguas residuales es la que se utiliza también para desalojar las aguas pluviales -- que no son susceptibles de aprovecharse. Se prevee construir - en algunas zonas, sistemas separados para las aguas residuales y pluviales con el fin de incrementar el aprovechamiento de éstas últimas.

## Estructura del Sistema de Drenaje

La estructura del Sistema de Drenaje en la Ciudad de México está integrada por la red secundaria, formada por conductos

con diámetro menor de 0.60 m, la red primaria formada por conductos cuyos diámetros varían de 0.60 m a 3.00 m, los cuales constituyen la liga entre la red secundaria y el Sistema General de Desagüe; este último viene a resultar el tercer elemento del Sistema de Drenaje, y su misión esencial es la de concentrar y desalojar fuera de la cuenca, en el menor tiempo posible, los volúmenes de agua pluvial y residual. El Sistema General de Desagüe se caracteriza por sus cauces superficiales, a los que llega el agua de canales, ríos y conducción profunda, mediante colectores e interceptores.

Dicho sistema cuenta con tres grandes conductos que desalojan las aguas residuales y de lluvia fuera de la cuenca del Valle de México y son:

a) El Gran Canal del Desagüe

Esta infraestructura hidráulica tiene aproximadamente 47 Km. de longitud, y su principal objetivo es drenar la parte baja de la Ciudad de México con el auxilio de 11 plantas de bombeo distribuidas en los primeros 9 Km. de su recorrido; recibe además agua de los ríos del noroeste a través del río de los Remedios y los excedentes de la Laguna de Zumpango y del Lago de Texcoco por medio de los canales La Draga y Sales; dicho lago funciona a su vez como estructura reguladora de las aportaciones de los ríos del oriente y Churubusco, el cual constituye la obra más importante para drenar el sur y gran parte del oriente del Distrito Federal.

El Gran Canal, que ha conducido más de  $100 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , descarga sus aguas al río Salado mediante los túneles de Tequixquiac, incorporándose a la cuenca del río Tula, donde se aprovechan en riego agrícola.

## b) Emisor del Poniente

Forma parte de los elementos más importantes del Sistema General de Desagüe. En el primer tramo, que se inicia en el Vaso de Cristo hasta el Km. 12+300, el conducto es cerrado con capacidad de  $80 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ; posteriormente continúa en sección abierta con un talud aproximado de 1.5 a 1. Recibe los escurrimientos de diversos ríos del poniente y conduce las aportaciones del Interceptor del Poniente, el cual drena la zona oeste de la Ciudad de México.

La finalidad de este conducto es descargar sus aguas fuera del Valle de México, a través del Tajo de Nochistongo, hacia el río El Salto.

## c) El Emisor Central

Constituye la columna vertebral del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal; se alimenta de los Interceptores -- Centro-Poniente, Central y Oriente, atraviesa varios municipios del Estado de México y su principal finalidad es desaguar las aguas residuales y pluviales fuera de la cuenca, canalizadas por el portal de salida hacia el río El Salto, Hidalgo.

La capacidad del Emisor es de  $200 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y se localiza sobre la margen poniente del Valle de Cuautitlán; su funcionamiento hidráulico es exclusivamente por gravedad con pendiente media de 0.002 y un recorrido de 49.7 Km.

## Conservación y Mantenimiento

Frente a una demanda de servicios que crece constantemente,

acompañada de limitaciones monetarias, se ha creado una situación que ha impedido se destinen suficientes recursos al área del mantenimiento, pues éstos son encauzados a la ampliación y operación del sistema de drenaje de la ciudad de México, por lo que puede decirse que el factor más importante para los programas de mantenimiento, es el recurso monetario.

El área de mantenimiento también enfrenta el hecho de que no existe capacidad de reserva. Por ejemplo, los equipos de desazolve son menores en número que los requeridos para conservar las redes de atarjeas y colectores en condiciones adecuadas de operación; también es necesario cambiar equipos de bombeo de una planta a otra, ésto ha provocado que en cada planta se tenga una gran variedad de marcas y modelos trabajando bajo condiciones poco favorables, con la consiguiente baja en su capacidad y funcionamiento.



## I.2 HISTORIA

Los problemas del drenaje en la Ciudad de México son bien conocidos debido a la existencia de inundaciones frecuentes. Estos problemas se remontan a la época prehispánica, cuando sólo por evaporación se evacuaban las aguas del valle; desde entonces fue necesario responder con obras de gran envergadura a situaciones en las que por abundancia o escasez de agua, muchas veces alternadas, se sucedían inundaciones, epidemias, sequías y hambrunas. El sistema hidráulico actual es el producto de acciones -- realizadas durante 660 años, a partir de la fundación de México-Tenochtitlan.

### Epoca Prehispánica y Colonial

Esta primera etapa, que se extendió hasta fines del siglo - XVII, se caracterizó por las fluctuaciones en los niveles de los lagos que concentraban los escurrimientos del Valle de México.

En un principio, aunque no ocurriesen tormentas extraordinarias, bastaba que en varios años sucesivos de presentaran veranos relativamente lluviosos, para que el nivel de los lagos se elevase progresivamente a causa de que se trataba de un valle cerrado, sin desagües naturales. Los islotes y riberas de los lagos ofrecieron a los primeros asentamientos indígenas condiciones inmejorables de seguridad y supervivencia. Sin embargo, conforme se desarrolló el predominio de los aztecas, el asentamiento de Tenochtitlan se extendió hacia las superficies disponibles o hacia aquellas que se ganaban a los propios lagos. Por ello, el valor de los terrenos se elevó al acumularse la riqueza humana y material, y la fluctuación en los niveles de los lagos, comenzó a ocasionar daños cuantiosos. El problema se enfrentó mediante bordos y diques de contención; en 1450, Netzahualcoyotl, rey de Texcoco, por encargo del rey azteca Moctezuma, diseñó y

dirigió la construcción de un albaradón o dique de 16 Km. de longitud para proteger a la Gran Tenochtitlan del azote frecuente de inundaciones.

Después de la conquista de México consumada por los españoles en 1521, las autoridades coloniales siguieron el sistema de los aztecas para contener las aguas mediante diques, algunos de los cuales servían también como calzadas, y con manantiales y -- acueductos para el abastecimiento; sin embargo, las lluvias torrenciales continuaban ocasionando graves inundaciones. En 1604 ocurrieron inundaciones provocadas principalmente por los escu-- rrimientos del río Cuatitlán, las cuales ocasionaron cuantiosas muertes y daños materiales. Para resolver este problema, Enrico Martínez propuso a las autoridades la construcción de un túnel -- en la zona de Nochistongo, localizada al noreste del Valle de Mé-- xico. La obra se terminó en menos de un año y de esta manera el valle dejó de ser una cuenca cerrada al contar con su primera sa-- lida artificial. Sin embargo, poco tiempo después ocurrieron de-- rrumbes por falta de revestimiento, que inutilizaron el túnel; -- se decidió entonces sustituirlo por un gran tajo o zanja que se terminó después de 160 años de trabajo; así, a partir de 1789 se dió salida permanente a las aguas del río Cuatitlán.

Esta época se distinguió desde el punto de vista del sistema hidráulico, por la lucha contra las inundaciones y el desalo-- jo del agua pluvial. Desde entonces ya se tenían problemas en -- la disposición de las aguas residuales, aunque de menor magnitud por el tamaño reducido de la población. Por ejemplo, en la época virreinal las autoridades permitían que los drenajes de las -- casas desaguaran exclusivamente líquidos a las acequias y zanjas y el excremento se recolectaba y arrojaba fuera de la ciudad.

## El Siglo XIX

La salida de la cuenca por el tajo de Nochistongo empezó a alterar la ecología del valle e inició un nuevo proceso. En esta segunda etapa, el nivel de los lagos ya no crecía como en la primera; por el contrario, los diques crearon áreas seguras, propias para que la ciudad se extendiese por las planicies lacustres. La población y la riqueza se concentraron aún más en las orillas de los antiguos lagos; sin embargo, estas zonas resintieron cuantiosos daños al ser afectadas por inundaciones cuando los ríos que atravesaban la ciudad se salían de su cauce y ocupaban las áreas bajas.

Hacia 1856, las inundaciones eran cada vez más alarmantes, y en algunas zonas su nivel alcanzaba hasta tres metros de altura. Se decidió emprender nuevas obras de desagüe, consistentes en el Gran Canal de Desagüe y en el Túnel de Tequixquiac, el cual constituyó la segunda salida artificial del Valle de México; ambas obras se inauguraron en el año de 1900.

La construcción del Gran Canal y del Túnel de Tequixquiac propició nuevos asentamientos humanos y mayor concentración de la población y de la riqueza; estas condiciones, junto con el desarrollo industrial registrado en torno a la segunda guerra mundial, hicieron crecer las necesidades de abastecimiento de agua. Para satisfacer la demanda de una población que crecía rápidamente, el gobierno de la ciudad inició la perforación de los primeros 93 pozos profundos; lo anterior ocasionó que el hundimiento en el centro de la ciudad se incrementara a 18 cm. por año entre 1938 y 1948.

En 1947 Nabor Carrillo presentó un trabajo técnico en el que, con datos cuantitativos, dejaba claro que la Ciudad de México se hundía principalmente por el abatimiento de las presiones en el acuífero localizado debajo de ella. Este trabajo creó con

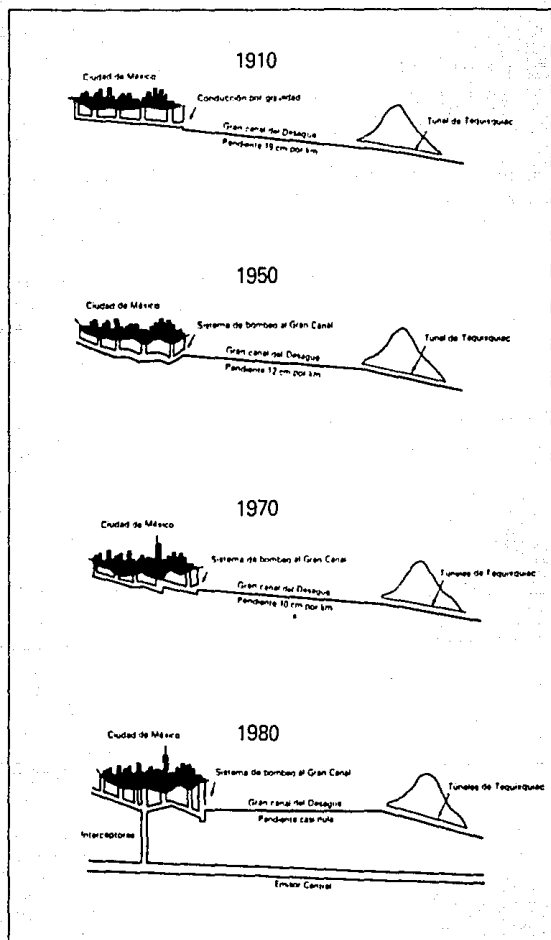
ciencia de la necesidad de no agravar el problema, sobre todo en el centro de la ciudad, y hacia 1954 se suspendieron los permisos para perforar pozos particulares.

En relación con el desalojo de las aguas residuales y pluviales, a principios de siglo, el ingeniero Roberto Gayol construyó una red de alcantarillado formada por colectores que van principalmente de poriente a oriente, siguiendo de manera aproximada la pendiente del terreno. Estos conductos, que constituyeron una importante obra de saneamiento para atender a medio millón de habitantes, descargaban sus aguas al Gran Canal; pero una de las consecuencias del crecimiento demográfico y la expansión urbana, fue que el sistema de drenaje se volviera insuficiente para una población que se había duplicado en diez años y que en 1940 era de casi dos millones de habitantes. En esa década hubo varias inundaciones graves en la parte baja de la ciudad.

Por otra parte, el asentamiento del subsuelo ocasionado por la sobreexplotación de los acuíferos, deterioró el drenaje y disminuyó su capacidad para desalojar las aguas del Valle de México, lo que motivó la ampliación del Gran Canal y la construcción del segundo Túnel de Tequixquiac. En el centro del Distrito Federal los hundimientos hicieron que el drenaje proyectado para trabajar por gravedad, requiriera de bombeo para elevar las aguas hasta el nivel del Gran Canal. De 1952 a 1966 se instalaron 29 plantas de bombeo en diversas zonas de la ciudad, lo que implicó un notable incremento en los costos de operación y mantenimiento. También se completó la red de colectores y se entubaron total o parcialmente los ríos Churubusco, Mixcoac, La Piedad y Consulado, que conducían aguas residuales a cielo abierto en condiciones insalubres. De 1960 a 1961 se construyeron el Interceptor y Emisor del Poniente, con el objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, situadas a elevaciones superiores a los 2,260 m.s.n.m.; el emisor mencionado descarga sus aguas a través del tajo de Nochistongo.

En la lámina I.5 se ilustran los problemas del asentamiento del subsuelo a los que se ha hecho referencia. El Gran Canal, - que a principios del siglo tenía una pendiente de 19 cm/Km., en la actualidad es prácticamente horizontal. En 1910, el nivel -- del lago de Texcoco, que regulaba las aguas del Gran Canal, se - encontraba a 1.90 m. por debajo del centro de la ciudad; en 1970, el hundimiento había sido tal, que el lago de Texcoco ya se en-- contraba a 5.50 m. por encima del centro de la ciudad. El desme-- surado crecimiento urbano del Distrito Federal demandaba más su-- perficie para extenderse; esto, aunado a los problemas del hundi-- miento, volvió insuficientes las capacidades del drenaje del - - Gran Canal y del Emisor del Poniente. Por ello, se hizo necesari-- o construir la primera etapa del Drenaje Profundo, terminada - en 1975, durante la cual se instalaron conductos a profundidades tales, que no son afectados por los asentamientos del terreno; -- además no requieren de bombeo, ya que con su solo desnivel trans-- portan el agua en época de lluvias y la expulsan por la cuarta - salida del Valle de México construida por el hombre.

Lámina I.5 Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje



### I.3 PROBLEMATICA

A pesar que durante más de seis siglos se han realizado esfuerzos enormes para evitar que se inunde la ciudad, a pesar de que muchas veces la lucha ha sido aún más dramática que las batallas para mitigar su sed, todavía existen múltiples lugares expuestos todos los años a encharcamientos e inundaciones. Actualmente, sólo el 74% de la población desaloja sus aguas residuales a través del alcantarillado.

Ha sido necesario construir cuatro salidas artificiales al Valle de México para evitar inundaciones catastróficas que producirían pérdidas humanas y cuantiosos daños, en una ciudad en la que el incremento demográfico y la concentración magnifican los problemas hidráulicos urbanos. El crecimiento de la ciudad y el hundimiento del terreno, han estado siempre presentes obstaculizando los esfuerzos que se realizan para desalojar las aguas residuales y pluviales. La evolución del sistema de drenaje ha estado condicionada, más que por la necesidad de disponer las aguas residuales, por la de controlar y desalojar las aguas de lluvia; es necesario combatir las inundaciones y encharcamientos que se suscitan en diversas partes del Distrito Federal; pero sobre todo, es necesario desalojar las aguas residuales para reducir los problemas de contaminación y mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes de la ciudad.

El sistema de drenaje de la Ciudad de México es de tipo combinado, lo cual significa que se utilizan los mismos conductos para desalojar tanto las aguas residuales, como las pluviales. Esta situación es la que en parte ha ocasionado que más de cuatro millones de habitantes carezcan del servicio de drenaje, porque como se mencionó anteriormente, los problemas de alcantarillado más apremiantes y que generan mayor presión política son los ocasionados por las inundaciones y no por falta de drenaje sanitario. Otra causa, es que muchas ciudades y la de México no ha -

escapado a esta situación, las personas que carecen de servicios hidráulicos presionan primero para obtener agua, y en esa dirección responde el sistema político. Si bien las condiciones de vida de los habitantes de la Ciudad de México han mejorado debido a que el 97% ya tiene agua potable, el aumento en el nivel de ese servicio sin introducir el drenaje correspondiente, ha incrementado tanto el riesgo de contaminar los acuíferos y los ríos con aguas residuales crudas, como el peligro de que los habitantes contraigan enfermedades por estar en contacto con esas aguas.

En años recientes, debido al crecimiento demográfico que ha generado un incremento del área urbana, y a los hundimientos se ha experimentado una demanda acelerada del servicio de drenaje; así mismo se han tenido mayores escurrimientos por el cambio de uso del suelo, lo cual obligó a construir obras muy importantes, como son el entubado de cauces abiertos y la ampliación del Sistema de Drenaje Profundo.

En los últimos años, las autoridades competentes han realizado obras para ampliar la cobertura del servicio de drenaje, pero el crecimiento de la mancha urbana ha provocado que solamente se mantenga el mismo porcentaje de la población servida; este hecho aunado a los azolves provocados por el arrastre del suelo y la basura, deriva en la pérdida de capacidad de conducción, por lo que se presentan problemas de encharcamientos en varias zonas de la ciudad durante la temporada de lluvias. Al respecto, también se presenta la problemática del hundimiento del subsuelo, que provoca que tanto las redes primarias, como las secundarias sufran deformaciones y dislocamientos, ésto obligó a que se construyeran grandes plantas de bombeo, incrementando los costos de operación. En años recientes, la solución a los graves problemas de inundación obligó a construir obras indispensables, lo que ha impedido destinar recursos monetarios suficientes al mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones que han per



dido su capacidad original de diseño. La mayor parte de los presupuestos se enfocaron a proporcionar el servicio de abastecimiento de agua potable al cien por ciento de la población; por tanto, el presupuesto para drenaje se destinó a construir la infraestructura primaria y continuar el programa de Drenaje Profundo y para la operación del sistema, acciones que son indispensables para resolver los problemas graves de inundación que enfrenta la ciudad en época de lluvias.

Por otro lado, los problemas del hundimiento en los últimos años se han multiplicado debido al aumento de la explotación de aguas subterráneas, derivado del incremento de la demanda de agua potable.

Con base en las nivelaciones efectuadas en 1976 y 1980, se observaron hundimientos máximos de 9 cm./año en el sureste de la ciudad; sin embargo, en el centro éstos fueron mínimos.

Estos hundimientos, principalmente en el sureste de la ciudad, a corto plazo causan graves problemas a la infraestructura de drenaje (colectores, plantas de bombeo, etc.), lo cual disminuye notablemente su capacidad hidráulica, además de que son zonas con alto riesgo de inundaciones, ya que el agua pluvial escurre a las partes más bajas de la ciudad.

Como ya se dijo, el problema del hundimiento del subsuelo en la ciudad, trae como consecuencia el que se deformen los conductos, obligando de esta manera a instalar plantas de bombeo para descargar a los drenes principales e inclusive entre los mismos colectores. Todo lo anterior ha creado una complejidad en el sistema, la cual se manifiesta en las acciones de operación.

Un aspecto importante dentro de la operación es la organización, ya que por ser el drenaje un sistema tan extenso y complejo, ha sido necesario ir adecuando la organización al crecimiento

to de la red.

La infraestructura hidráulica existente es todavía deficiente en algunas zonas, esta deficiencia se ha producido principalmente, como ya se ha remarcado constantemente, a la velocidad y distribución del crecimiento demográfico, factores ambos que no se habían controlado básicamente hasta antes de que se hicieran los esfuerzos recientes de planeación urbana y demográfica.

Este crecimiento desordenado de la urbanización, motiva que las soluciones sean cada vez más costosas y difíciles desde el punto de vista técnico. En un país donde los recursos financieros no son abundantes, sucede que cuando se realizan las obras, ya no son suficientes para la finalidad del proyecto original, lo cual hace necesario contar con programas que aprovechen al máximo los recursos financieros existentes.

Así, el hecho de que mientras no se detenga el crecimiento urbano de la Ciudad de México y sus áreas conurbadas, más grave y difícil será resolver el problema, ya que cuando se resuelve un problema local, se genera la urbanización en ese sitio por la seguridad que se le da a la población al disminuir las inundaciones.

Por otra parte, hay zonas que dependen de un sólo dren principal, lo cual hace que se sature fácilmente su capacidad, impidiendo el acceso del agua en las zonas terminales, es decir, las más críticas por cuanto a la inundación provocada. Esto genera a su vez, como se dijo anteriormente, el crecimiento desordenado y deficiente de subsistemas de colectores que con frecuencia tienen que desarrollarse en grandes extensiones antes de ingresar al dren principal.

Otro aspecto importante, son las interferencias del sistema hidráulico con el sistema urbano, en particular ocasionadas por

el hecho de que el Metro y los principales colectores del drenaje son estructuras subterráneas que están alojadas en profundidades semejantes.

## 1.4 OBJETIVOS

El Sistema de Drenaje de la Ciudad de México tiene como objetivo principal, lograr un sistema que proporcione el servicio de desagüe de aguas negras y pluviales en forma eficaz a la población, atendiendo a los requerimientos de salud pública, a las demandas del uso del suelo y que sea una protección contra inundaciones, a la vez que constituya un factor importante que norme el desarrollo de la ciudad, para tal efecto, se han identificado lineamientos de tipo estructural y no estructural; entendiéndose por lo primero acciones tendientes a incrementar la infraestructura; y por las segundas, las acciones para la conservación, operación y mantenimiento del Sistema.

## CAPITULO II

### SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

- II.1 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS NEGRAS
- II.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO
- II.3 TIPOS DE SISTEMAS
- II.4 REQUISITOS QUE DEBE SATISFACER UNA RED DE ALCANTARILLADO
- II.5 CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO

## II.1 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS NEGRAS

Los líquidos sucios que generalmente se eliminan por las redes de alcantarillado son de tres categorías:

1.- Aguas Negras o Residuales. Son aquellos líquidos producto del empleo de las aguas limpias dentro de un edificio utilizado como habitación, es decir, aguas residuales de menesteres domésticos y las derivadas de las manufacturas de artículos así como de las actividades industriales y las resultantes de los diversos servicios públicos.

Atendiendo a lo anterior, se puede hacer la siguiente clasificación: aguas negras domésticas, que son aquellas que contienen desechos domésticos, humanos y de animales caseros; las aguas negras municipales, que además de las aguas negras domésticas, contienen desechos provenientes de oficinas, comercios, restaurantes, etc. y por último, aquellas aguas que se derivan de las industrias y que reciben el nombre de aguas negras industriales.

2.- Aguas Pluviales. Corresponden a las aguas de lluvia y a las procedentes de la nieve y granizo, las cuales descienden del cielo y al escurrir sobre la tierra causan diversos daños y molestias e imponen la necesidad de una eliminación rápida de las viviendas del hombre y sus cercanías, para evitar acumulaciones y encharcamientos. A estas aguas que comunmente se les llama aguas pluviales, también suelen denominarse como aguas blancas para significar su calidad mucho menos nociva que la de las aguas negras.

3.- Aguas de Corrientes Superficiales y Subterráneas. Siendo el alcantarillado una red de conductos generalmente subterráneos, formados por unidades (tubos) de relativa corta longitud

que prácticamente no son impermeables, el agua fréatica tiene acceso a ellos, ya sea en gran parte por las juntas y a través de su propia pared permeable. Estas aguas, de acuerdo con la humedad del subsuelo, forman a veces un caudal de cierta magnitud apreciable (se les designa como infiltraciones). El agua de corrientes superficiales es la que cruza la zona urbana ya encauzada, proveniente de manantiales, arroyos, ríos y derrame de embalses.

### Calidad de las Aguas por Eliminar

Las aguas negras son las más peligrosas; llevan en su seno toda clase de materias de desecho que han derivado de los diversos usos de que provienen: orgánicas y minerales; en estado sólido como materias fecales, arcillas, arenas, residuos de la industria; en estado líquido como orinas, colorantes, etc. Las materias orgánicas pueden ser de origen animal como excretas, o de origen vegetal como detritus de plantas (hojas, tubérculos, etc.). Mucha de esta materia puede ser sólo molesta, es decir, ofensiva a la vista y al olfato o puede ser a la vez peligrosa.

Las aguas de lluvias no ofrecen la misma constitución nociva. Son aguas meteóricas que no han tenido tiempo de incorporar a su seno materias peligrosas a su paso por la atmósfera, pero que al correr en la superficie de los campos y las calles, arrastran todo lo que a su paso encuentran, y de acuerdo con la calidad de los cuerpos que incorporan a su seno, adoptan tales o cuales características.

Aguas que han escurrido en barbechos, tierras de labor, etc., llevan arcillas, arenas, presentan fuertes turbiedades, grandes cantidades de materia suspendida en estado coloidal o en solución.

En la ciudad, las primeras aguas llovedizas arrastran multitud de impurezas de las calles y llegan a constituir un líquido tan nocivo y peligroso como las propias aguas negras, pero - las subsiguientes ya no presentan igual calidad y su acervo es en su mayor parte de materia mineral, puesto que ya las superficies que recorren están relativamente limpias. Pueden considerarse de una calidad que si no es la de las aguas claras que se requieren en un abastecimiento, no son nocivas y aún pueden emplearse en algunos menesteres domésticos.

La pronta eliminación de estas aguas se impone para evitar acumulaciones en que la materia orgánica entra en putrefacción, en que forma medios favorables al desarrollo de insectos molestos y dañosos, en que perjudican las cimentaciones de los edificios y humedecen las paredes por los fenómenos de capilaridad, etc. Asimismo, tienen efectos molestos en el tránsito, en la inundación de sótanos, etc.

Las infiltraciones que se recogen en los alcantarillados - son aguas del subsuelo cargadas con muchas sales en disolución y materia orgánica existente en el mismo, con gran cantidad de bacterias, es decir, llevan incorporadas a su seno muchos de los componentes que constituyen la capa superficial del subsuelo (unos dos metros). A mayor profundidad, la calidad de las aguas mejora.



## II.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Se puede decir propiamente, que un sistema de alcantarilla do es aquel que consta de una red de conductos, generalmente -- subterráneos, extendida en toda la localidad y a través de los cuales se evacúan las aguas sucias en forma rápida y segura para llevarlas a un lugar llamado de vertido o desfogue, donde no causen daños ni molestias (Fig. II.1).

Un alcantarillado puede considerarse, hasta la fecha, como el medio más apropiado y eficaz para la eliminación de los citados desechos líquidos, de tal manera que cuando se trate de -- efectuar una labor de saneamiento relacionada con estos desechos, siempre se piensa en las instalaciones del servicio público de una red de alcantarillado.

Se debe tener presente que el trazo de una red de alcantarillado, debe amoldarse a la configuración topográfica del terreno, siendo lo más adecuado seguir las pendientes naturales -- del terreno, para lograr los escurrimientos por gravedad.

La red deberá conducir los líquidos residuales hasta el -- emisor, siguiendo el camino más corto, localizándose primeramente los colectores, cada uno de los cuales deberá servir a una -- zona completa de la localidad en una forma eficiente y segura.

El trazo de los colectores determina la localización de to da la red, la cual deberá ir de las zonas más alejadas de la localidad hasta el propio colector.

En los esquemas de la fig. II.1, se pueden apreciar los -- componentes de un sistema de alcantarillado, además de las estructuras accesorias de que esta provisto el sistema, a fin de tener un adecuado funcionamiento hidráulico en la red.

# ESQUEMA DE UNA RED DE ALCANTARILLADO

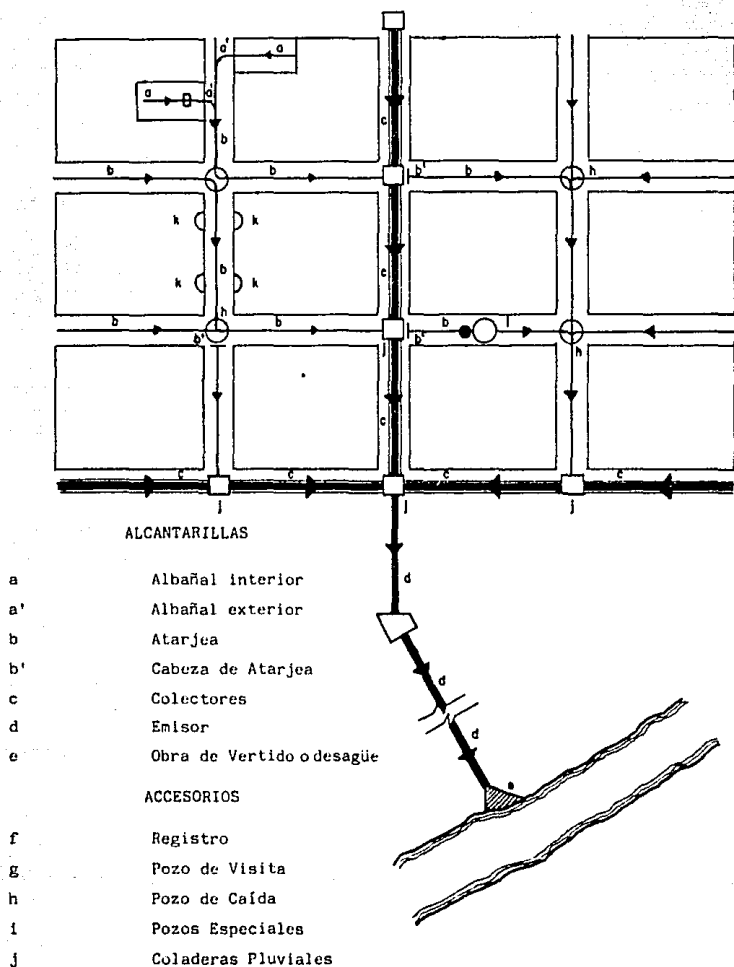


FIG. II.1

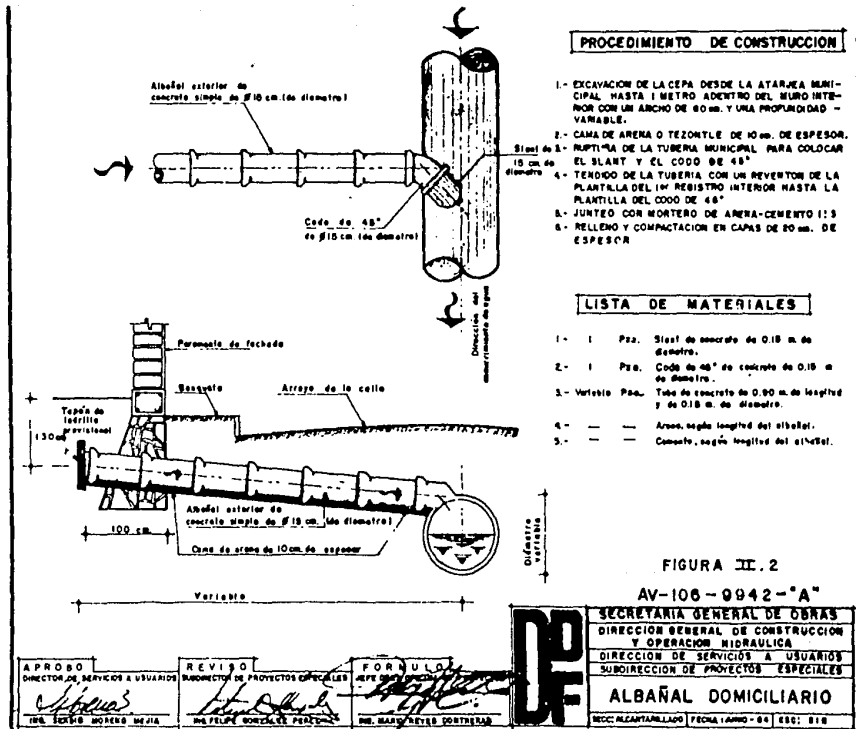
Asimismo, se puede ver el trazo típico de una red de alcantarillado, aunque en una misma localidad pueden tenerse una o varias disposiciones semejantes a las dibujadas. A continuación se describe cada uno de estos elementos.

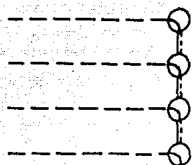
**Albañal Domiciliario.**- Es el conducto que lleva las aguas residuales desde la red de tuberías de una sola edificación, a una alcantarilla pública o a un punto de evacuación inmediata, mediante un tubo de 15 a 25 cm. de diámetro (Fig. 11.2).

**Atarjea.**- Atarjea o alcantarilla, es un tramo de red que va de pozo en pozo, conservando uniformes su sección, pendiente y dirección, y que recibe en su trayecto las aportaciones de los albañales negros y pluviales, lo mismo que de otras atarjeas. Pueden ser simples o ramificadas (Fig. 11.3); las primeras son las que reciben solamente las aportaciones de los albañales; -- las segundas son las que van formando una red y descargan a un subcolector o a un colector.

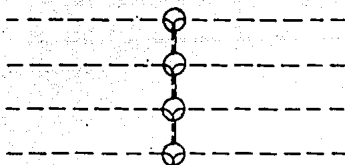
En el caso de las ramificadas, para fines de identificación se les da el nombre de atarjea principal, secundaria, ramal y subramal.

**Colector.**- Alcantarilla colectora o colector, es aquel que recibe las aportaciones de albañales, atarjeas principales y/o subcolectores. Cuando los colectores van instalados a una profundidad considerable, se estudia la conveniencia de instalar atarjeas madrinas para recibir las descargas domiciliarias y -- posteriormente descargarlas al colector. El trazo del colector es lo primero que se establece, ya que éste determina el sentido de escurrimiento y debe localizarse por las partes más bajas de la zona urbana, a fin de no profundizar excesivamente y recibir sin problemas las aportaciones de otros conductos.

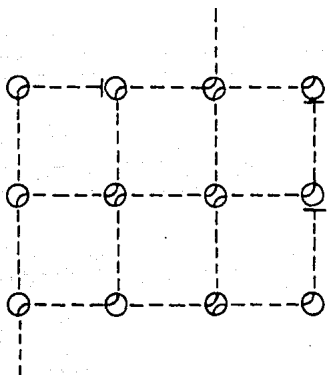




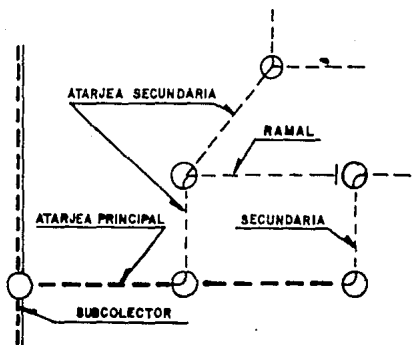
ATARJEAS EN PEINE



ATARJEAS EN DOBLE PEINE



ATARJEAS EN BAYONETA



ATARJEAS RAMIFICADAS

FIGURA II . 3

**Interceptor.-** Es el conducto que se encarga de recibir -- las aportaciones de los colectores, cortándolos en forma transversal, con objeto de recoger o interceptar el caudal de aguas residuales con una determinada cantidad de agua de lluvia o sin ella, si se trata de una red combinada.

**Emisor.-** Es la alcantarilla de mayor diámetro en el sistema; queda localizado fuera de la zona urbana, es decir, ya no recibe aportaciones de otros conductos y sólo hace el papel de conductor. Conduce las aguas residuales de toda la localidad y descarga en la obra de vertido o bien en una planta de tratamiento para su posible reutilización.

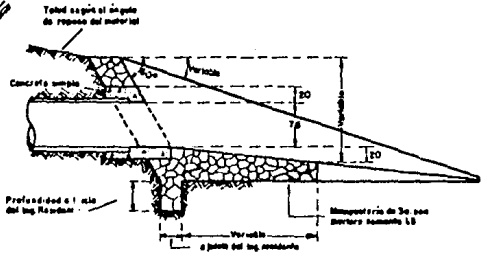
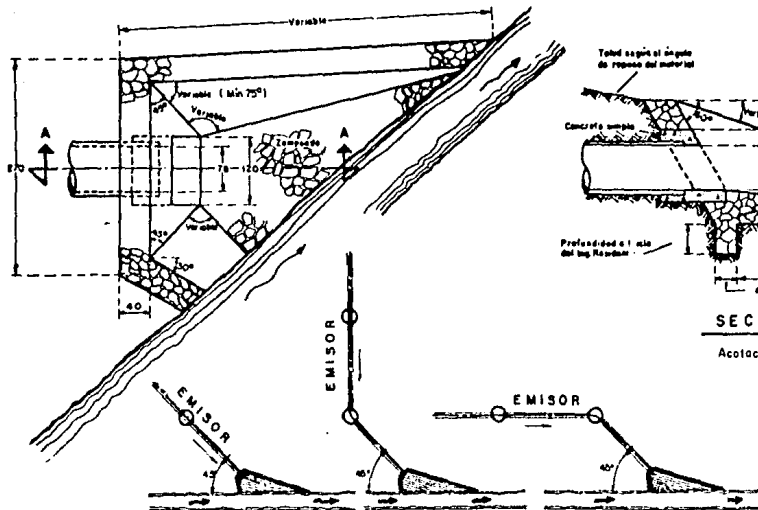
Quando el emisor está constituido por un conducto para descargar el agua negra en una corriente receptora, se utilizará una estructura que permita encauzar debidamente las aguas negras en la corriente y a un nivel que tome en cuenta el evitar azolves en el sitio de vertido y por otro lado, el remanso de las aguas negras cuando se presenten avenidas máximas en la corriente receptora. La construcción de la estructura de descarga se hará preferentemente en un tramo recto del río, debiendo tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en la sección de vertido (Ver fig. II.4).

**Vertido.-** Para la disposición final o vertido de las aguas negras, se requiere la construcción de una estructura cuyas características dependerán del lugar elegido, del gasto por entregar y de las características de desecho, las cuales deben ajustarse a lo estipulado en el "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas", de la Secretaría de Salud.

Los vertidos pueden hacerse a ríos, lagos, el mar, a pozos de absorción, a riego previo tratamiento, etc.

La elección del sitio de vertido se hará a una distancia adecuada de la localidad, situándolo respecto a la dirección de

**PLANTA**



**SECCION A-A**

Anotaciones en centímetros

**FIGURA II. 4**

SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS RURALES Y OBRAS PÚBLICAS  
 SUBSECRETARÍA DE OBRAS RURALES Y OBRAS URBANAS  
 DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
 SUBDIRECCIÓN DE PRESTADOS

**ALCANTARILLADO**  
**ESTRUCTURA DE DESCARGA ESVAJIADA**  
**TUBERIAS HASTA 76 CM DE DIAMETRO**

Caracas, el 27 de Junio de 1981  
 Ing. Julio Vargas Romero  
 Ing. J. Luis Placido M.  
 Meca, 07 Junio de 1971  
 VC 1935

**CORRIENTE SUPERFICIAL**

Proyecto  
 Ing. Antonio Milla Parro  
 Junio de 1981  
 Ing. J. Luis Placido M.

Actualizado  
 Ing. Julio Vargas Romero

Este plano anula y sustituye al V.C. 1311

los vientos dominantes, de modo que éstos no lleven a ella los malos olores.

Es importante que el lugar de vertido esté suficientemente alejado, cuando sea necesario ubicarlo en la dirección de alguna zona de probable crecimiento.

Si el vertido se hace al mar o a un lago, se deben evitar los daños que la polución de las aguas pueda ocasionar a las especies marinas, planctón, etc., así como la contaminación a las playas y zonas turísticas, por lo cual deberán tomarse en cuenta las normas que existen al respecto en lo relativo al contenido de las aguas negras y efectuar previamente el tratamiento que se haga necesario para no perjudicar la explotación de los recursos naturales y el turismo.

En el caso de vertido a corrientes, es importante investigar los usos que aguas abajo hagan del agua, que pueden ser abastecimiento de agua para usos domésticos, riego, etc., lo cual determina el tipo de tratamiento.

**Sifón Invertido.**- Son estructuras que en ocasiones es necesario construir para salvar accidentes topográficos o de otra índole, que impida la instalación de la tubería en condiciones normales, tales como: cruzar alguna corriente de agua, salvar algún conducto subterráneo, los cuales se encuentran al mismo nivel en que debiera instalarse esta tubería.

### Estructuras Accesorias de las Redes de Alcantarillado

**Pozos de Visita.**- Son estructuras construídas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle. Su forma es cilíndrica en la parte inferior y tronco cónica en la parte superior. Son suficientemente amplias para



darle paso a un hombre y permitirle maniobrar en su interior; el piso es una plataforma en la cual se han hecho canales llamados "medias cañas", que prolongan los conductos y encauzan sus corrientes; una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes del pozo permite el ascenso y descenso al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado; un brocal de concreto o de fierro fundido protege su desembocadura a la superficie y una tapa perforada también de concreto o fierro fundido cubre la boca.

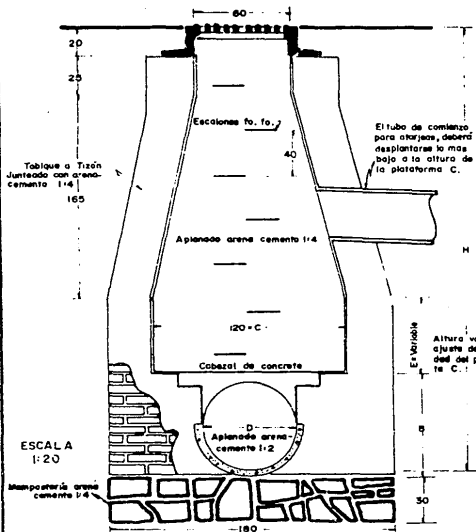
Esta obra se localiza en las intersecciones o transiciones entre alcantarillas. El cambio de una sección a otra en las conexiones y variaciones de dirección o pendiente en las tuberías se hará por medio de una transición dentro del pozo de visita o caja especial, indicándose en cada caso en el plano de proyecto las cotas de sus plantillas, tanto de llegada como de salida.

**Pozos de Visita Común.**- Se contruyen para las tuberías de 20 a 61 cm. de diámetro, y su diámetro interior debe ser de - - 1.20 m. para permitir el manejo de las barras de limpieza (Fig. II.5).

**Pozo de Visita Especial.**- Se usarán en tuberías de 76 a - 107 cm. de diámetro con base de 1.50 m. de diámetro interior. En tuberías de 122 cm. también se usarán pozos de visita especiales, pero su diámetro interior será de 2.00 m. (Fig. II.6).

**Pozos en Slant.**- Son idénticos en forma y dimensiones a los comunes y su empleo se hace necesario, atendiendo a factores económicos, en la conexión de un conducto de hasta 61 cm. de diámetro con un colector o subcolector cuyo diámetro es igual o mayor de 122 cm.

Para efectuar esta conexión, se construye la parte exterior del pozo en slant, casi tangente a la "costilla" del colec



**POZOS DE VISITA PARA PROFUNDIDADES MAYORES DE 2.50**

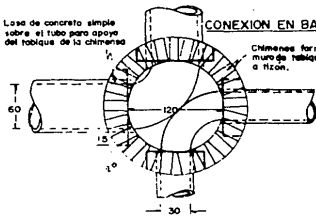
**CUADRO DE DATOS PARA CONSTRUIR LOS POZOS DE VISITA**

| H   | D   | A  | B  | E | H   | D   | A   | B  | E | H   | D   | A   | B  | E |
|-----|-----|----|----|---|-----|-----|-----|----|---|-----|-----|-----|----|---|
| 150 | 30  | 85 | 40 | - | 200 | 30  | 115 | 40 | - | 250 | 30  | 145 | 40 | - |
| 38  | 57  | 48 | -  | - | 38  | 107 | 48  | -  | - | 38  | 157 | 48  | -  | - |
| 45  | 40  | 56 | -  | - | 45  | 100 | 56  | -  | - | 45  | 150 | 56  | -  | - |
| 60  | 70  | -  | -  | - | 60  | 85  | 70  | -  | - | 60  | 139 | 70  | -  | - |
| 78  | 88  | -  | -  | - | 78  | 78  | 88  | -  | - | 78  | 117 | 88  | -  | - |
| 91  | 105 | -  | -  | - | 91  | 106 | -   | -  | - | 91  | 100 | 105 | -  | - |

| H   | D   | A   | B  | E  | H   | D   | A   | B  | E   | H   | D   | A   | B   | E   |
|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 300 | 30  | 168 | 40 | 50 | 300 | 30  | 185 | 40 | 100 | 400 | 30  | 168 | 40  | 150 |
| 38  | 186 | 48  | 42 | -  | 38  | 185 | 48  | 92 | -   | 38  | 186 | 48  | 148 | -   |
| 46  | 186 | 56  | 38 | -  | 46  | 186 | 56  | 86 | -   | 46  | 186 | 56  | 138 | -   |
| 60  | 185 | 70  | 29 | -  | 60  | 185 | 70  | 70 | -   | 60  | 185 | 70  | 120 | -   |
| 78  | 185 | 80  | -  | -  | 78  | 185 | 88  | 52 | -   | 78  | 185 | 88  | 102 | -   |
| 91  | 180 | 105 | -  | -  | 91  | 185 | 106 | 35 | -   | 91  | 185 | 106 | 86  | -   |

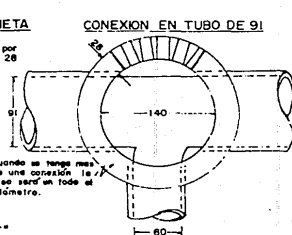
Los de concreto simple sobre el tubo para apoyo del tabique de la chimenea

**CONEXION EN BAYONETA**



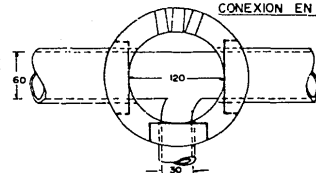
Chimenea formada por muro de tabique de 28 a tizon.

**CONEXION EN TUBO DE 91**

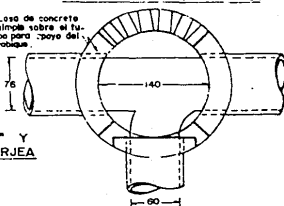


Cuando se haga más de una conexión la losa será un todo al diámetro.

**CONEXION EN "T"**

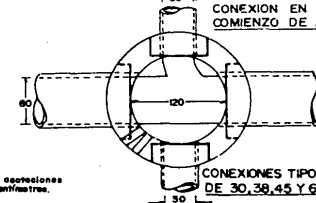


**CONEXION EN TUBO DE 76**



Losa de concreto simple sobre el tubo para apoyo del tabique

**CONEXION EN "T" Y COMIENZO DE ATARJEA**



**CONEXIONES TIPO EN TUBOS DE 30, 38, 45 Y 60 cm DE Ø.**

NOTA. Las expresiones están en centímetros.

ESCALA 1:40

**FIGURA II. 5**

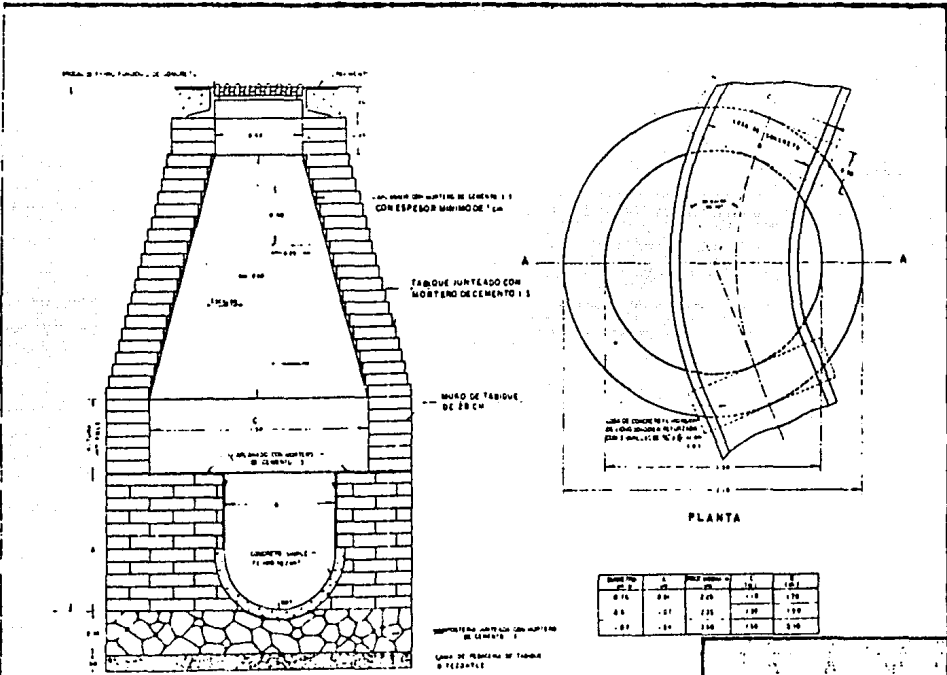
MARZO DE 1955  
FECHA: MAYO DE 1978.

DEBILU: RAUL GARCIA S.

CLAVE: AN - PV - 1 - 681.

**DP** DIRECCION GENERAL  
DE OBRAS HIDRAULICAS  
ALCANTARILLADO  
PROYECTO TIPO

POZOS DE VISITA SOBRE ATARJEAS DE 30 A 81 CM



Formulario de datos técnicos con campos para nombre, número, y especificaciones del proyecto.

ALCANTARILLADO - POTO DE VENTA ESPECIAL

FIGURA II. 8

ALCANTARILLADO - POTO DE VENTA ESPECIAL  
 DEFLEXIONES HASTA 45°  
 DIAMETROS 70 a 107 cm  
 [Firma]

tor en que se va a descargar la atarjea. La plantilla de este pozo se conecta al colector o subcolector, haciendo a éste una perforación elíptica en que se inserta y emboquilla un tramo de tubo cortado a 45° del mismo diámetro que el de la atarjea por conectar.

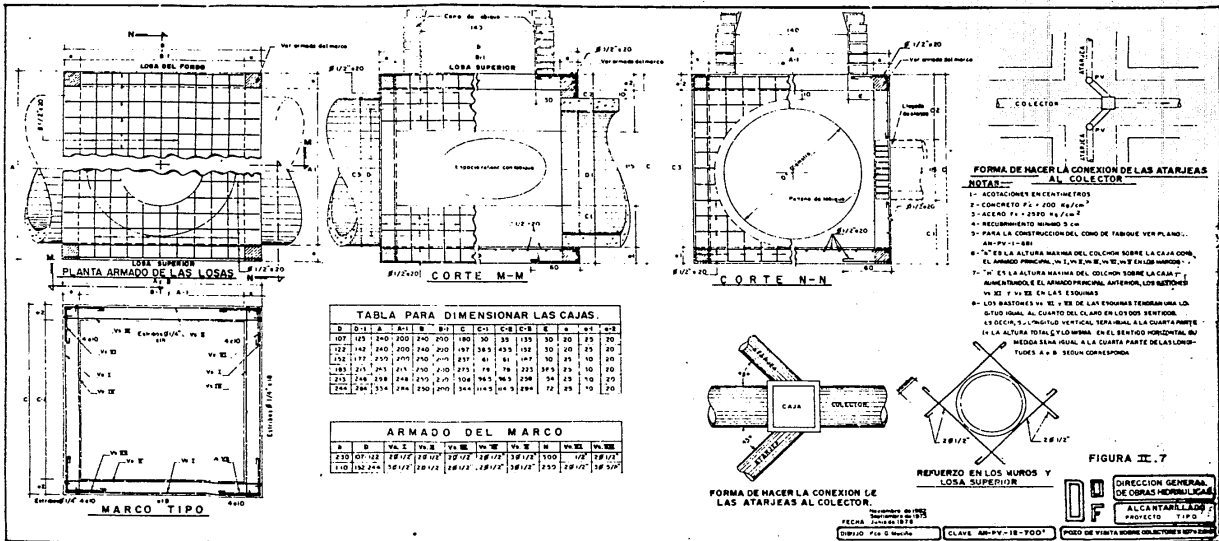
El empleo de esta clase de pozo de visita, evita la construcción de una caja de visita sobre el colector, que es mucho más costosa que el pozo Slant.

**Pozo Caja.**- A estas estructuras las constituye el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique idéntica a la de los pozos de visita (Fig. II.7); su sección -- transversal horizontal, tiene forma rectangular o la de un polígono irregular y la vertical es rectangular. Sus muros, así como el piso y el techo, son de concreto reforzado, arrancando de este último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno se corona con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido o de concreto reforzado.

Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja; a los pozos caja de sección horizontal en forma de polígono irregular se les llama pozos caja unión y a los pozos caja, a los que concurren una tubería de entrada y tienen sólo una de salida con ángulo diferente de 180°, se les llama pozos caja de deflexión.

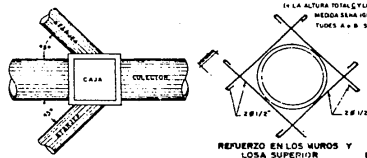
Se emplean estas estructuras en las uniones de dos o más conductos y cambios de dirección horizontal de las tuberías que funcionan como subcolectores, colectores y emisores, con diámetros de 107 cm. y mayores a los que se unan tuberías de 38 cm. y mayores.

La separación máxima entre dos de las citadas estructuras, deberá ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza.



**FORMA DE HACER LA CONEXION DE LAS ATARJEAS AL COLECTOR**

- NOTAS:**
- 1- NOTACION EN CENTIMETROS
  - 2- CONCRETO Fc = 200 Kg/cm<sup>2</sup>
  - 3- ACERO Fv = 2500 Kg/cm<sup>2</sup>
  - 4- RECUERTE MINIMO 5 cm
  - 5- PARA LA CONSTRUCCION DEL CONO DE FABRICE VER PLANO AM-PV-18-681
  - 6- "h" ES LA ALTURA MAXIMA DEL COLCHON SOBRE LA CAJA O, EL ARMADO PRINCIPAL, V. I, V. II, V. III, V. IV, V. V Y EL DIO HORIZO.
  - 7- "h'" ES LA ALTURA MAXIMA DEL COLCHON SOBRE LA CAJA O ALIMENTANDO EL ARMADO PRINCIPAL ANTERIOR, LOS ATARJEAS V. VI Y V. VII EN LAS EXIDUAS
  - 8- LOS BASTONES V. VI Y VII DE LAS EXIDUAS TENDRAN UNA LONGITUD IGUAL AL CUARTO DEL CLARO EN LOS DOS SENTIDOS. ES DECIR, 5/8 UNIDAD VERTICAL TERA IGUAL A LA CUARTA PARTE EN LA ALTURA TOTAL Y LONGITUD EN EL SENTIDO HORIZONTAL BUEN MEDIDA TAMBIEN IGUAL A LA CUARTA PARTE DE LA LONGITUDES A + B SEGUN CORRESPONDA



**FORMA DE HACER LA CONEXION LE LAS ATARJEAS AL COLECTOR.**

**REFUERZO EN LOS MUROS Y LOSA SUPERIOR**

**FIGURA II.7**

**DIRECCION GENERAL DE OBRAS MUNICIPALES**  
ALCANTARILLAS  
PROYECTO TIPO

FECHA: 20 de Mayo de 1952  
DISEÑO: Fco S. Guerra  
CLAVE: AM-PV-18-700  
FOFO DE VENTA SOBRE CONSTRUCTORA Y MPA

Se recomiendan las siguientes, de acuerdo con el diámetro:

En tramos de 20 a 60 cm. de diámetro, 125 m.; en los de 76 a 122 cm., 150 m. y en los tramos de 122 a 244 cm., 175 m. Estas separaciones podrán incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, como máximo un 10%.

Por razones de carácter topográfico o por tenerse determinadas elevaciones fijas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel. Estos se harán en las siguientes formas: Por medio de una caída, ya sea libre o entubada, utilizando en este caso una caja adosada a un pozo de visita o a un pozo caja; construyendo un pozo con caída y la cuarta constituida por una estructura de caída escalonada.

**Estaciones de Bombeo.**- Se tratará siempre de evitar la construcción de estaciones de bombeo para aguas negras, procurando que estas aguas escurran por gravedad hasta su sitio final de disposición, sin embargo, de acuerdo con las condiciones topográficas de la localidad de que se trate, habrá ocasiones en que sea obligado el bombeo.

**Plantas de Tratamiento de Aguas Negras.**- Es indispensable evitar la polución de corrientes superficiales destinadas a los diferentes usos necesarios e indispensables para el desarrollo económico de la nación, lo mismo que tratándose de lagos y de aguas marinas dedicadas a balnearios y sitios de recreo o pesca; por lo tanto, no se descargarán aguas negras crudas a ninguna corriente receptora, debiendo ser tratadas previamente.

### II.3 TIPOS DE SISTEMAS

Básicamente se tienen 2 tipos de sistemas para la eliminación de las aguas negras, que son: el sistema combinado y el sistema separado. La forma en que se eliminen las mencionadas aguas es lo que decide del sistema que deba instalarse; es decir, un sistema de alcantarillado se caracteriza por los volúmenes y calidad del agua que a su través se van a conducir.

**Sistema Combinado.**- Cuando todas las aguas de desecho y molestas de una localidad se vayan a recoger, transportar y -- alejar juntas por los mismos conductos, se tiene un sistema -- combinado, único, unitario, de una sola canalización, etc., y consiste en una red de alcantarillas suficientemente amplias, las cuales requieren tener tal capacidad que permita el paso -- rápido de la máxima cantidad de agua que por ellas se elimine, es decir, el máximo gasto de aguas negras y el máximo de aguas de lluvia. Pero, desde luego, se advierte que es suficiente -- con la estimación de este último para proporcionar la capacidad suficiente.

**Sistema Separado.**- Si se separan las aguas propiamente -- negras de las de la lluvia e independientemente se eliminan -- unas y otras, se tiene el sistema separado, divisor, dual, de doble canalización, etc. Un sistema de esta naturaleza consi -- te siempre de una red de alcantarillas por lo que toca a la -- evacuación de las aguas negras, alcantarillas establecidas en todas las calles de la zona por sanear, y las cuales tendrán -- capacidad suficiente para permitir el paso instantáneo del máxi -- mo gasto, y por lo que corresponde a las aguas pluviales, el -- medio de su recolección y alejamiento puede ser: o bien otra -- red de conductos especiales para dichas aguas paralelos a los de la red negra, o una red que abarcando la misma zona no se -- requiera establecer en todas las calles, de modo que su longi-

tud total es menor; o bien, que la red pluvial sólo se necesite en determinados sectores de la ciudad, o que sólo sea bastante establecer conductos emisores o interceptores para el alejamiento de las aguas; o aún, que no sea necesaria la instalación de ningún conducto pluvial. En los cuatro últimos casos se aprovechan las pendientes de las calles para lograr por ellas un buen escurrimiento de los líquidos llovedizos.

Las condiciones de una localidad pueden ser tales, que con venga establecer en algunos sectores una red combinada y en otros hacer una separación de las aguas; al sistema resultante que en realidad no es nuevo, suele llamársele mixto. En resumen, puede decirse que:

1) Si el sistema separado comprende una red completa para aguas pluviales, ésta tendrá la misma capacidad que la red combinada correspondiente, puesto que su cálculo se hace sólo para aguas de lluvia. Por tanto, es caso de dos redes, el sistema separado tiene una igual a la del sistema combinado y otra más pequeña para las aguas negras (Fig. II. 8).



Fig. II. 8.



En consecuencia, salvo pequeñas particularidades, el sistema separado tendrá un exceso de costo que corresponderá a la red negra. Una estimación a "grosso modo" puede establecerse para este exceso, en una tercera parte del costo de la red pluvial.

2) Si no se requiere establecer una red para aguas pluviales en todas las calles, el costo anterior disminuye y puede ser que el del sistema separado total resulte menor que el de un sistema combinado.

3) En un sistema separado, la red de agua negra nunca se puede omitir; pero la pluvial, si las pendientes de las calles permiten un buen escurrimiento superficial, puede reducirse a unas cuantas líneas interceptoras y aún omitirse totalmente -- (Fig. II. 9).

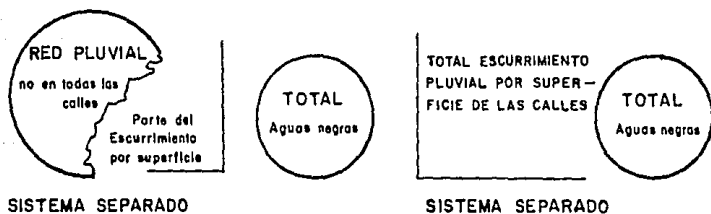


Fig. II. 9.

**Características Distintivas.** - Es preciso que en la elección del sistema por emplear se analice la mayor cantidad de factores que intervengan en el problema a resolver, para justificar dicha elección. Para considerar dichos factores, deben considerarse los siguientes puntos:

1º El sistema combinado consta de una sola red. Los conductos que la constituyen son, generalmente, de grandes dimensiones. El sistema separado consta: o bien de dos redes completas, una de alcantarillas pequeñas y la otra de igual magnitud que la combinada, o bien de una red pequeña, y otra de grandes conductos, pero de menor longitud, longitud que puede reducirse al mínimo de unas cuantas alcantarillas interceptoras, o bien, basta solamente la red negra de conductos pequeños.

2º Las aguas negras se producen durante todo el día, y aunque los gastos instantáneos tienen variaciones, éstas quedan comprendidas dentro de los límites que permiten proporcionar con justeza la capacidad de la red. Por otra parte, los gastos son relativamente pequeños.

Las aguas de lluvia producen gastos que presentan enormes variaciones y que es difícil, oneroso y a veces casi imposible controlar dentro de los tubos eliminatorios. Se producen sólo en las épocas respectivas, con régimen diverso de un lugar a otro y con intensidades que varían desde insignificantes lloviznas a aguaceros torrenciales, con duración de instantes a pertinaces lluvias de varios días.

Los máximos gastos de aguas pluviales pueden llegar a relaciones de 150 veces o más, el gasto de aguas negras en un momento dado.

3º Las aguas negras son de calidad nociva y repugnante. Por lo general, las de lluvia presentan principalmente caracteres de molestia.

Las aguas negras entran rápidamente en putrefacción, aumentando sus caracteres de peligro y daño. Las aguas negras mezcladas con las de lluvia disminuyen su calidad nociva por la "dilución", pero en cambio, forman un volumen mucho mayor.

4º Las alcantarillas se calculan para un escurrimiento - hidráulico como canal, pero como en ocasiones no se puede evitar el escurrimiento a presión, las precauciones que en la red de agua negra, para tener en cuenta este trabajo, deben ser mayores que en caso de aguas mezcladas o simplemente pluviales.

5º Las alcantarillas pluviales están sujetas a condiciones menos estrictas que las negras y combinadas; hay en ellas mayor tolerancia para el trabajo a presión; su limpieza es más fácil, menos frecuente y peligrosa, sus azolves son casi siempre de naturaleza mineral, etc.

A continuación se exponen la influencia de algunos factores sobre ambos sistemas y la factibilidad de realizar uno y otro, y las ventajas que en particular van presentando al compararlos entre sí.

Autolimpieza.- Una alcantarilla que sólo conduce aguas - negras se adapta bien para obtener buenas condiciones de velocidad y flotabilidad, por lo que existe en ellas mejor arrastre de materias sólidas y por tanto, menor oportunidad de azolves.

Como no se mezclan las aguas de lluvia con las negras, el acervo de material sólido es en su mayor parte orgánico, de baja densidad y más factible de ser arrastrado totalmente si la corriente tiene buena velocidad, la que se puede obtener por ser más fácil instalar un tubo pequeño con mejores pendientes.

Si el sistema requiere red pluvial, ésta puede tolerarse con menores pendientes y los azolves que se originan son de arenas y demás material de origen mineral, con un mínimo de cuerpos orgánicos; un mal funcionamiento hidráulico es más tolerable.

**Velocidades.**- En el sistema combinado es más difícil so tener en todo tiempo buenas velocidades en el movimiento del a agua. El escurrimiento a tubo lleno en la red negra, trabajan do como canal, con un gasto dígase de 4 veces el medio, descien de en corriente mínima a la mitad o tercera parte del mismo me dio, por lo cual la velocidad mínima de 0.30 m/seg., en este - último caso se puede asegurar con 0.60 m/seg. a tubo lleno.

No pasa lo mismo con los conductos que llevan aguas de -- lluvia, dado que el gasto mínimo es el mismo en todo tiempo -- (mitad o tercio del medio negro) y el máximo puede llegar a 100 ó 150 veces dicho medio, para sostener una velocidad de 0.30 - m/seg., en estiaje debe tenerse a tubo lleno velocidades muy - superiores a 0.60 m/seg.; como el gasto fluctúa demasiado en tiempo de lluvia, al subir el nivel máximo de aguas negras, las materias putrescibles se adhieren a las paredes y quedan allí aún después de fuertes velocidades.

**Lavado.**- La autolimpieza que se produce en las alcantarill as no es suficiente. Siempre se producen estancamientos de m aterias molestas que deben removerse con mayor o menor frecuen cia. Esta remoción se hace en ocasiones, por medio de lavado, es decir, con la introducción de agua limpia en volúmenes y con presión determinados. Lavar un conducto pequeño es más fácil que uno de mayores dimensiones; se requiere además, menor volúm en de agua y, por tanto, las operaciones resultan de menor - costo.

En cambio en el sistema combinado, durante la época de -- lluvias, se economiza el lavado, pues las aguas mismas lo verif ican; pero en tiempo de secas es más caro y el volúmen de agua que se requiere presenta dificultades en su obtención y en las obras respectivas.

**Limpieza Mecánica.**- Los medios mecánicos de extracción de azolves imponen aparatos o dispositivos menos costosos y complicados en tubos pequeños, pero las obstrucciones rebeldes son más difíciles de desalojar. No se pueden limpiar directamente por la mano del hombre. Existe mayor facilidad para que se formen obstrucciones por lo reducido de la sección.

Los tubos del sistema combinado ofrecen la ventaja de que en los conductos de gran capacidad, el hombre puede introducirse en ellos para la remoción de los azolves. Las operaciones de limpieza son más dilatadas y, por tanto, más molestas en cañales céntricos.

**Ventilación.**- En un conducto pequeño, se logra en mejor forma el tiro de gases y, por tanto, hay mejor arrastre de los olores desagradables. Las fluctuaciones de gastos permiten -- una mejor y más uniforme renovación del aire; pero, en cambio, el volúmen de éste en que se difunden los gases es pequeño.

En un conducto amplio, el mayor volúmen de aire sobre la corriente permite una difusión mayor de los gases nocivos y una parcial purificación del ambiente.

**Impermeabilidad.**- Es más fácil acercarse a ella en conductos pequeños, hechos en una fábrica y colocados después en el lugar; es también más factible obtener superficies interiores tersas. En tubos pequeños resultan las juntas de mejor impermeabilidad. En los grandes conductos es más difícil obtener estas condiciones.

**Construcción y Materiales.**- Los pequeños conductos se contruyen con menor costo, más perfección y seguridad de buenas condiciones en el taller que en el lugar. Tubos de diversas clases de concreto, pueden controlarse en forma óptima en

una fábrica. En cambio, resulta más conveniente construir los grandes conductos en el lugar, disminuyendo las condiciones de seguridad y control de los materiales. Y si se manufacturan en una fábrica, su transporte es pesado, caro y sujeto a las contingencias de más fuertes pérdidas por rotura de tubos. En cambio, el transporte de piezas de pequeña capacidad es más segura.

**Colocación en el Lugar.-** El manejo de piezas chicas permite mayor rapidéz y maniobras más sencillas en la construcción. Los conductos grandes, resulta más molesto y tardado colocarlos en su lugar.

En los conductos chicos, la sección circular es la más indicada, más fácil de construir, de colocar y más económica. En los grandes conductos, conviene muchas veces cambiar la sección, y cualesquiera que ésta sea, resulta más cara y requiere cuidado especial en su colocación.

Como ventaja en el sistema combinado, se puede hacer posteriormente un acabado dentro del tubo.

**Inspección.-** Es más difícil efectuarla en pequeños conductos. Muchos de los combinados se inspeccionan directamente por el trabajador, cosa que no sucede en las más grandes alcantarillas negras.

**Molestias en la Construcción y Reparación.-** La construcción de una red negra origina menos molestias al tránsito y vecindario; puede efectuarse sin clausurar completamente las calles durante ella, es más rápida y, por tanto, las quejas inevitables por roturas de pavimentos, tierra, etc., son más tolerables.

Un sistema de grandes conductos requiere más tiempo, y las molestias y malestares son más intensos.

Cuando se trata de reposición de un tramo de alcantarilla, es más fácil y menos costosa en un conducto sólo para aguas ne gras. Pero en el sistema unitario, es más fácil reparar y - atender a composturas pequeñas por el interior en grandes conductos. Una obstrucción rebelde en un tubo estrecho, obliga generalmente a romper los pavimentos para llegar hasta la alcantarilla y reponerla, cosa que raramente acontece en un colector combinado.

**Topografía y Bombeo.**- Este es uno de los factores de gran peso en la elección del sistema.

Si la población es sensiblemente plana y no hay necesidad de tratamiento ni de bombeo, en general, es indicada la canali zación única. En caso de elección de un sistema separado para tal lugar, sería indispensable establecer las dos redes íntegras, porque con una sola quedaría incompleto el saneamiento, dejando sin resolver el problema de inundaciones y encharcamientos.

En cambio, en localidades de topografía accidentada, con pendientes fuertes en las calles, es casi imperativa la separa ción de las aguas. Se alcantarillarían los líquidos residuales y se dejarían escurrir las aguas llovedizas por los declives superficiales. El movimiento se verificaría con tal rapidez, que si se dispusieran coladeras para detener las aguas, - éstas pasarían sobre ellas, resultando inútil la instalación - subterránea pluvial. Este problema se restringiría a las partes bajas y planas, donde no tuvieran las aguas superficiales una salida natural.

**Aprovechamientos y Tratamientos.**- Las aguas de lluvia -- son motivo de molestia en una ciudad, de amenaza muchas veces por las inundaciones que suelen provocar y de amenaza a la sa lubridad; pero siendo aguas de menor peligro que las negras,

es factible y conveniente en ocasiones aprovecharlas, por ejemplo, en irrigación. En este caso, es pertinente canalizarlas sin mezclarlas con las aguas negras.

El aprovechamiento de estas últimas crudas, es decir, sin sufrir un previo tratamiento, entraña peligros a la salubridad y, por tanto, cuando se utilicen, debe ser bajo un cuidadoso control, y en este caso se manejan por separado.

Si por aprovechamiento, por no causar daños ni molestias, o por cualquier otro motivo, se requiere sujetar las aguas negras a un proceso de depuración, el sistema separado es el indicado, pues no conviene mezclar el pequeño caudal de aguas negras con las lluvias. El total de líquidos combinados requeriría instalaciones muy grandes en comparación de las que tratarían sólo las aguas negras.

La calidad de las aguas de lluvia, en caso de necesitarse su tratamiento, exigiría procesos diversos a los requeridos en los líquidos residuales. Las aportaciones negras son más o menos constantes durante el año; las lluvias se presentan sólo en determinados meses y con grandes variaciones de gasto. Una planta que funcionara para los diversos caudales de variada calidad, sería muy costosa y poco práctica.

La necesidad de un tratamiento viene a ser el único caso en que el sistema por establecer queda perfectamente determinado, que es el separado, aún cuando otras consideraciones indiquen el combinado.



## II.4 REQUISITOS QUE DEBE SATISFACER UNA RED DE ALCANTARILLADO

Para que una red de alcantarillado cumpla eficazmente su misión: recoger y eliminar en forma rápida y segura las aguas residuales de la localidad a sanear, debe satisfacer los requisitos siguientes:

1. Localización adecuada
2. Profundidad apropiada
3. Seguridad en la eliminación
4. Resistencia necesaria
5. Facilidad de inspección
6. Capacidad suficiente.

Según el sistema, estos requisitos tienen mayor o menor importancia y se realizan con más o menos economía.

1. Localización Adecuada.- Brevemente puede decirse que - las alcantarillas deben instalarse, por lo general, en el centro de las calles. Sólo en casos especiales: anchura de las mismas, pavimentos que resulte oneroso romper, el estar ocupado el centro de las vías por alguna instalación que no sea conveniente o resulte muy caro remover, etc., se varía esta localización, que debe ser preferente a la de cualquiera otra instalación subterránea. En algunos casos, esta variación impondrá el establecer dos atarjeas, una a cada lado de la calle, cerca de las banquetas.

Nunca deben quedar las alcantarillas debajo de las casas, cruzando las manzanas, es decir, el suelo arriba de la instalación debe estar libre o descubierto. La planificación del lugar indica, por tanto, la localización de todas las líneas del alcantarillado, que no es otra cosa sino la de los ejes de las calles.

También, como regla general, las alcantarillas se establecerán paralelamente al terreno, es decir, siguiendo sus pendientes y declives, puesto que el alcantarillado no es más que una red subterránea de conductos que repite en forma perfeccionada el desagüe superficial. En algunos casos se procede en forma contraria, pero éstos deben ser poco frecuentes y justificarse debidamente.

Los conductos principales o colectores, deberán quedar alojados en las calles de cotas más bajas para facilitar los escurrimientos de las zonas más altas hacia ellos.

En ocasiones, la localización de estos conductos troncales se cambia a una calle lateral menos baja, por no convenir establecer un colector en una avenida de mucho tránsito o por algún otro motivo.

En todo proyecto, se hará el estudio lo más detallado que se pueda, para, en cuanto sea posible, evitar el bombeo, es decir, estudiar con todo cuidado la topografía de la ciudad para hacer una localización de las líneas principales en forma tal, que la red trabaje por gravedad.

El movimiento del agua debe ser de las partes altas a las bajas, canalizando y concentrando los gastos hacia la salida de la ciudad y transportándolas hasta el punto de vertido, de manera que el sentido de escurrimiento en las alcantarillas está determinado por la configuración física del terreno.

Por lo anterior, se ve que la topografía del lugar donde se va a establecer una red de alcantarillado es fundamental para fijar la localización de las atarjeas, colectores, etc. Asimismo, la elección del sitio de vertido o el establecimiento de una planta de tratamiento, son determinantes en esta localización.

Se procurará, además, que las líneas colectoras sean lo más rectas posibles, evitando inflexiones y vueltas, que las corrientes sigan el camino más corto, no dando lugar a lo que se llama contracorrientes (Fig. II.10). Vuelve a repetirse : - estas indicaciones generales que guían en gran escala la elaboración de un proyecto, a veces no pueden seguirse por las condiciones especiales en que se tienen que contravenir.

**2. Profundidad Apropriada.-** La profundidad de instalación de las alcantarillas debe estimarse con mucho cuidado, dado que el costo de las excavaciones puede ser más o menos del 50% del costo total del sistema de alcantarillado, esto es, incluyendo la obra de tratamiento.

La profundidad mínima de instalación depende de dos factores:

- a) El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto, ocasionadas por cargas vivas, que en general para tuberías con diámetros hasta de 45 cm. se acepta de 90 cm., y para diámetros mayores de 1.00 a 1.50 m.
- b) Que permita la correcta conexión de las descargas domiciliarias al alcantarillado municipal, aceptando -- que ese albañal exterior tendrá como mínimo una pendiente geométrica de 1% y que el registro interior más próximo al paramento del predio, tenga una profundidad mínima de 60 cm.

Por otro lado, la profundidad máxima de instalación de los conductos es función de la topografía del lugar, puesto que los sistemas deben proyectarse en lo posible para que el escurrimiento de las aguas negras se efectúe por gravedad; para determinarla, además se deberán tomar en consideración los dos criterios siguientes:

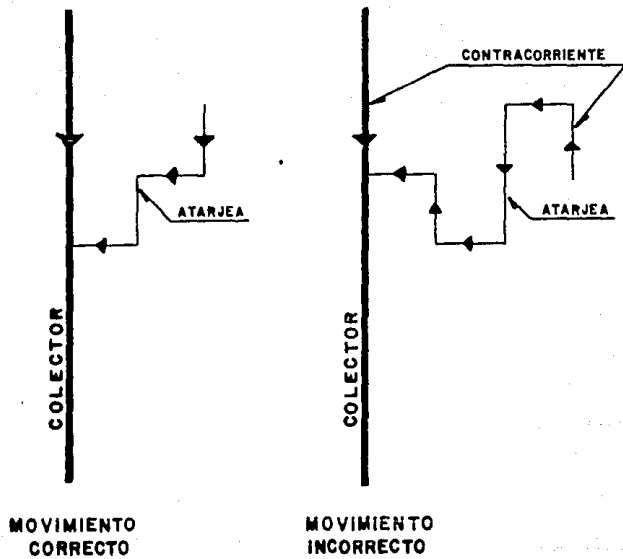


FIGURA II. 10

- Tipo, características y resistencia de las tuberías, - clase de terreno en que se instalen y clase de cama -- que les servirá de apoyo.
- Evitar que se presenten dificultades originadas por la cohesión del terreno en que se aloje el conducto y que éstas hagan necesaria, para economía en el costo de -- las excavaciones, la instalación de atarjeas laterales que descarguen al pozo de visita más cercano las aportaciones de las descargas domiciliarias.

3. Seguridad en la Eliminación.- La remoción de las aguas negras y pluviales debe hacerse sin causar peligro ni molestias, por tanto, aún cuando las aguas sucias tardan algunas horas en entrar en franca descomposición, es preciso alejarlas tan luego como se producen, para lograr lo anterior se requiere que - se cumpla lo siguiente:

- a) Velocidad adecuada
- b) Conductos cerrados
- c) Impermeabilidad
- d) Ventilación
- e) Limpieza y Lavado

a) Velocidad Adecuada.- La corriente en las atarjeas debe efectuarse de manera que no se depositen las materias que - llevan en su seno, pues las acumulaciones correspondientes entran en putrefacción y despiden gases irritantes y debido a la producción de gases, existe peligro de acumulación de mezclas explosivas; son además, obstáculos que impiden un desagüe co-- rrecto en las casas. El arrastre de las materias en suspensión se logra con una velocidad apropiada, que impida la sedimentación. La velocidad que generalmente impide la sedimentación - es de 0.60 m/seg., aunque para casos excepcionales se permite una velocidad mínima de 0.30 m/seg.

Por otro lado, un movimiento demasiado rápido es perjudicial por el desgaste y ruptura que produce en los conductos, - por lo cual también se limita la velocidad a un máximo que varía de 2.50 a 3.00 m/seg.

Como uno de los factores determinantes para la velocidad es la pendiente, se debe procurar evitar las disminuciones - bruscas de ella, pues todo descenso en la velocidad provoca sedimentación.

Debe advertirse que hablar de una velocidad límite mínima o máxima es correcto, pues corresponden a valores concretos, - pero decir pendiente mínima o máxima es impropio. Pendiente - mínima, por ejemplo, sería la capaz de producir la velocidad - mínima permisible y existen infinidad de pendientes que realizan este objetivo, dependiendo de las dimensiones de la alcantarilla, rugosidad de sus paredes, etc.

Establecidas las dimensiones de las alcantarillas de que se puede disponer, si es conveniente fijar los valores de las pendientes que proporcionen los límites de velocidad.

La pendiente está, por otra parte, supeditada a condiciones diversas: topografía del terreno, líneas principales de -- desagüe, planificación, etc., que obligan a determinadas condiciones, muchas veces adversas.

En la figura II.11 se muestran las pendientes máximas y mínimas para tuberías de una red de alcantarillado en casos normales.

Las pendientes de las tuberías deben ser tan semejantes - como sea posible, a las del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas.

# PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS

PARA TUBERIAS DE UNA RED DE ALCANTARILLADO EN CASOS NORMALES

| DIAMETRO<br>NOMINAL<br>EN CM. | CALCULADAS                              |                  |   |                  | PENDIENTE RECO-<br>MENDABLE PARA<br>PROYECTOS, EN<br>MILESIMOS |                    |
|-------------------------------|---|------------------|---|------------------|--|--------------------|
|                               | MAXIMA<br>V=3.00 m/seg.<br>a tubo lleno |                  | MINIMA<br>V=0.80 m/seg.<br>a tubo lleno |                  | MAXIMA   | MINIMA             |
|                               | PENDIENTE<br>MILESIMOS                  | GASTO<br>LT/SEG. | PENDIENTE<br>MILESIMOS                  | GASTO<br>LT/SEG. |  |                    |
| 20                            | 82.57                                   | 94.24            | 3.30                                    | 18.85            | 83   | 40<br>(ver nota 2) |
| 25                            | 61.32                                   | 147.26           | 2.45                                    | 29.45            | 61   | 25                 |
| 30                            | 48.09                                   | 212.06           | 1.92                                    | 42.41            | 48   | 20                 |
| 38                            | 35.09                                   | 340.23           | 1.40                                    | 68.05            | 35   | 15                 |
| 45                            | 28.01                                   | 477.13           | 1.12                                    | 95.43            | 28   | 12                 |
| 61                            | 18.67                                   | 876.74           | 0.75                                    | 175.35           | 19   | 08                 |
| 76                            | 13.92                                   | 1360.93          | 0.56                                    | 272.19           | 14   | 06                 |
| 91                            | 10.95                                   | 1951.16          | 0.44                                    | 390.23           | 11   | 05                 |
| 107                           | 8.82                                    | 2697.61          | 0.35                                    | 539.52           | 9  | 04                 |
| 122                           | 7.41                                    | 3506.96          | 0.30                                    | 701.39           | 7.5  | 03                 |
| 152                           | 5.53                                    | 5443.75          | 0.22                                    | 1088.75          | 5.5  | 03                 |
| 183                           | 4.31                                    | 7890.66          | 0.17                                    | 1578.13          | 4.5  | 02                 |
| 213                           | 3.52                                    | 10689.82         | 0.14                                    | 2137.96          | 3.5  | 02                 |
| 244                           | 2.94                                    | 14027.84         | 0.12                                    | 2805.57          | 3.0  | 02                 |

## NOTAS -

1- Fórmula empleada

Manning (n=0.013)

2- Para lograr un mejor funcionamiento hidráulico

se proyectarán los atarjes de 20 cm de diámetro  
con una pendiente mínima de 4 milésimos

Calculó: Ing. Julio Vargas R.  
Revisó: Ing. Lectora Rojas Y

|  |         |
|--|---------|
| SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS   |         |
| DIRECCION GENERAL DE BIENES INMUEBLES Y BENSIS URBANAS |         |
| DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y SERVICIOS URBANOS  |         |
| AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO                          |         |
| SUBDIRECCION DE PROYECTOS                              |         |
| ALCANTARILLADO   |         |
| PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS                           |         |
| Calculó:   | Revisó: |
| Fecha:   | Fecha:  |
| Materiales:  |         |
| Escala:  |         |
| Módulo: 50' x 100' de 1970                             |         |

FIGURA II. 11

b) Conductos Cerrados. - Las alcantarillas son generalmente conductos cerrados para evitar a la vista el repugnante aspecto de las aguas que conducen, resguardar a la atmósfera de los gases nocivos y evitar contaminaciones de los lugares por donde pasan.

Las zanjas, cunetas y caños descubiertos, sólo pueden tolerarse como instalaciones meramente provisionales y en barrios alejados de los centros populosos.

Otra razón muy importante para utilizar conductos cerrados es el hecho de que las aguas residuales son un foco muy importante de infección.

c) Impermeabilidad. - Las aguas negras se conducirán en forma tal que no generen contaminación, para lo cual se construyen las alcantarillas con la mayor impermeabilidad posible, eligiéndose el material más apropiado y compatible con las condiciones económicas.

El ideal sería que ni una sola gota de aguas negras saliera de las alcantarillas, lo cual sólo se lograría construyéndolas de un material perfectamente impermeable, y éste resultaría prohibitivo por su alto costo.

Las juntas entre los conductos que forman el alcantarillado son puntos de inferior resistencia, por lo cual su ejecución se hará con el mayor cuidado. Se procura, por tanto, que los conductos eliminatorios de las aguas negras trabajen como canales, especialmente cuando se trata de aguas residuales.

d) Ventilación. - Aún cuando se fijan determinados límites de velocidad de arrastre, se producen inevitables azolves y adherencias de materia putrecible que, en tanto permanecen -



en las alcantarillas, dan origen a gases malolientes, formando corrientes dentro de los tubos. Los gases son arrastrados por las aguas en movimiento e impulsados a salir por los desfogues, pero al mismo tiempo, por su densidad tienden a escaparse.

Los accesorios de la red, sirven para ventilación y por tanto, su localización y número deben decidirse con acierto para que el escape y movimiento de los gases sea el más conveniente.

Las disminuciones de velocidad son correlativas del poder de arrastre de los gases y favorecen una peligrosa tendencia de regresión hacia las tuberías de las instalaciones domiciliarias. Para impedir esa regresión de los gases, se debe disponer de sellos hidráulicos, que consisten en la imposición de pequeños volúmenes de agua al paso de los gases.

e) Lavado y Limpieza Mecánica.- El arrastre de los azolves se logra por medio de corrientes de agua, diversas a las propias de los líquidos negros, introduciendo agua limpia a presión para barrer con todas las impurezas adheridas y estancadas en las alcantarillas. La limpieza mecánica tiene la misma finalidad.

4. Resistencia Necesaria.- Las alcantarillas deben ser lo suficientemente fuertes para resistir las cargas y empujes a que están sujetas tanto interior, como exteriormente. Se consideran: la firmeza del subsuelo, las subpresiones, los empujes de las tierras laterales, las cargas sobre el conducto por la capa de la tierra que lo cubre y las presiones transmitidas por el tráfico, como fuerzas externas; el movimiento y presiones del agua conducidas y las fluctuaciones de gasto que pueden hacer trabajar la alcantarilla como canal o como tubo forzado, como fuerzas interiores.

En resumen, la resistencia es la usual a cualquier tubería subterránea de conducción de agua, procurándose que el material que se emplee, sea al mismo tiempo apropiado para absorber todas las fuerzas a que está sujeto, lo suficientemente impermeable para evitar fugas perjudiciales de aguas negras e infiltraciones de aguas del subsuelo.

5. Facilidad de Inspección y Limpieza.- No obstante todas las precauciones de seguridad para obtener un funcionamiento correcto, no se puede conservar la red de alcantarillado limpia por sí sola. Las materias en suspensión tienden a sedimentarse, aún cuando la velocidad de arrastre sea superior a los límites mínimos. Cuerpos tanto en suspensión, como flotantes se pegan al fondo y las paredes, principalmente por las fluctuaciones de gasto, produciendo adherencias que alteran el funcionamiento de la corriente y dan origen a emanaciones molestas. Las materias en solución van combinándose, provocando precipitaciones que forman azolves. Todo esto origina una reducción gradual de la sección de las alcantarillas, con las descomposiciones sépticas e infecciones consiguientes. Se requiere, por tanto, una inspección y desazolve periódicos para conservar los conductos en las mejores condiciones. Esta función de limpieza e inspección es facilitada por las estructuras que se construyen sobre las alcantarillas, o sea, las comunicaciones hacia el exterior. Así, por ejemplo, en los albañales interiores de las casas se tienen registros, que son pequeñas cajas rectangulares, por los cuales se facilita la limpieza del albañal. Se tienen también los pozos de visita, los cuales deben permitir la introducción y movimiento de los aparatos mecánicos que efectúen la remoción de los azolves, para lograr esto, los pozos de visita deben limitar tramos de alcantarillas completamente rectos y uniformes en su sección. Asimismo, el acceso en los extremos de un tramo recto, permite una mejor y más fácil inspección.

Una red de alcantarillado debe tener pozos en todos los -  
cruzamientos, cambios de dirección, pendiente y diámetros de -  
las tuberías.

6. Capacidad Suficiente.- Finalmente todas las alcanta-  
rillas deben tener capacidad suficiente para conducir en condi-  
ciones de seguridad el volúmen máximo de aguas por eliminar.  
Debe considerarse, además de las aguas negras y las de lluvia,  
el agua que se encuentra en el subsuelo en contacto con las al-  
cantarillas, ya que tienden a infiltrarse y en ocasiones esta  
aportación es considerable.

## II.5 CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO

El ingeniero es responsable del cumplimiento de los planos y especificaciones y puede autorizar las modificaciones que sean necesarias durante la construcción de las obras. Aunque los métodos y programas constructivos dependen del contratista, el ingeniero supervisor ha de ejercer un control sobre los mismos, para los problemas o demoras que sean previsibles. El replanteo de plantas y perfiles puede hacerse indistintamente por el ingeniero supervisor o por el contratista, pero el primero tiene la responsabilidad de que los trabajos estén de acuerdo con los planos. Las operaciones que comprende la construcción de una red de alcantarillado son: excavación, ademado y agotamiento de las zanjas, colocación de la tubería, relleno y compactación y construcción de las instalaciones complementarias.

**Trazos y Pendientes.**-El trazo del alcantarillado en las grandes ciudades, como es el caso de la ciudad de México, se sitúa cuidadosamente en los planos para salvar las estructuras subterráneas existentes. En las ciudades más pequeñas y en los distritos residenciales poco poblados, es necesario menos cuidado, tratando de evitar las tuberías de agua potable. Generalmente se escogerá el centro de las calles, a fin de que los albañales de las casas sean de la misma longitud para los de cada lado. Se dispone una línea de referencia en donde no pueda ser alterada o cubierta. El contratista toma entonces las medidas a partir de esta línea de referencia y fija la zanja sobre el terreno. Cuando la excavación está casi terminada, se colocan trozos de tablas atravesadas llamadas niveletas, a intervalos de 10 ó 15 metros; pueden apoyarse en soportes o fijarse mediante montones de tierra. El eje de la alcantarilla se indica en la tabla con un clavo; entonces se señalan las cotas y se coloca una marca en cada niveleta y se tiende una cuerda entre niveleta y niveleta. La posición de la alcan

tarilla en el fondo de la zanja se obtiene a partir de la cuerda, por medio de una plomada. Para dar la pendiente debida, se utiliza un escantillón de madera, el cual se apoyará sobre el lomo del tubo, en los extremos de cada uno de aquellos y -- viendo si toca el escantillón a la cuerda en el mismo punto de la escala previamente graduada.

**Clasificación de las Excavaciones.**— En los contratos, las excavaciones suelen dividirse de acuerdo a el área de trabajo en A, B y C, y dependiendo del tipo de material excavado, en I, II y III.

La zona "A" de la ciudad de México corresponde a las áreas que no están pobladas o las pobladas sin servicios municipales, en las cuales no existen instalaciones subterráneas.

La zona "B" corresponde a áreas urbanas, en las cuales no existan instalaciones que dificulten o representen un peligro para la ejecución de las obras.

La zona "C", será aquella en la que existen instalaciones de agua potable, alcantarillado, luz, teléfono o gas, las cuales dificulten o representen un peligro o retraso para la ejecución de la obra.

Se clasificará como material clase I, el de suelos arcillosos suaves con humedad, que son capaces de soportar las paredes verticales con o sin el auxilio de ademe, que puedan ser aflojados manualmente con el empleo de pala manual.

Se clasificará como material clase II, aquellos suelos arcillosos, arenosos compactos, capaces de soportar las paredes verticales sin auxilio de ademe y cuya excavación requiera el empleo de zapapico, tales como tepetate.

Por último, se clasificará como material clase III el de suelos rocosos, cuya excavación requiera el uso de cuña y marro o rompedoras mecánicas, incluso el uso de explosivos.

En general, para excavaciones en roca no se emplearán explosivos, pero si el contratista los empleare, será por su cuenta y riesgo, siempre y cuando recabe previamente la autorización del ingeniero, en cuyo caso tomará las precauciones adecuadas para evitar accidentes y daños a terceros.

**Ruptura y Reposición de Pavimentos.**- Es el trabajo consistente en romper y remover el pavimento donde hubiere necesidad de ello, de acuerdo con el proyecto previamente a la excavación de cepas para alojar tuberías de redes de alcantarillado y colectores, así como su reconstrucción a dejarlos en sus condiciones originales. Preferentemente, el corte de los pavimentos se hará con sierra mecánica.

El material producto de la demolición de pavimentos, deberá ser retirado transportándolo al banco de desperdicio que señale el proyecto o que ordene el ingeniero, salvo que éste considere que dicho material puede ser utilizado en la reconstrucción de los mismos, en cuyo caso ordenará que sea dispuesto a un lado de la cepa en forma tal, que no sufra deterioro alguno ni cause interferencias con la prosecución de los trabajos.

El pavimento reconstruido deberá ser del mismo material y características que el pavimento original. Deberá quedar al mismo nivel que aquél, evitándose la formación de topes o depresiones, por lo que la reposición se hará una vez que el relleno de las zanjas haya adquirido su máxima compactación, para que no experimente asentamientos posteriores.

**Excavación de Cepas.-** Se entenderá por excavación de cepas, la que realice el contratista de acuerdo con los planos del proyecto o las órdenes del ingeniero para alojar en ellas tuberías de redes de alcantarillado y de colectores, incluyendo las operaciones necesarias para limpiar y amacizar la plantilla y taludes de las mismas, la remoción del material producto de las excavaciones, su colocación a un lado de la cepa en forma tal, que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dichas excavaciones durante el tiempo necesario para la correcta instalación de las tuberías. Incluye igualmente, todas las operaciones que deberá hacer el contratista para aflojar el material manualmente o con la ayuda de equipo mecánico, previamente a su excavación, cuando se requiera.

**Excavación a Mano.-** La excavación a mano se restringe al mínimo en la construcción de las alcantarillas. Estas deben de trazarse de forma que permitan la utilización máxima de los equipos mecánicos, limitándose la excavación manual a los cruces con estructuras existentes.

El material producto de las excavaciones, será depositado a un lado de la cepa, dejando libre un pasillo de 50 cm. entre esta y el pie del bordo dejado por dicho material.

**Excavación a Máquina.-** La excavación a máquina es mucho más barata que a mano y debe emplearse siempre que sea posible. Se puede excavar la cepa, colocar las tuberías y efectuar el relleno en menos tiempo del que se necesitaría para hacer solamente la excavación por medios manuales. Cuando se encuentren conducciones de agua, gas y eléctricas, puede ser necesario -- realizar excavación manual en una cierta longitud. Las dimensiones de las excavaciones que formarán las cepas variarán en función de los diámetros de las tuberías que quedarán alojadas

en ellas y serán lo suficientemente anchas para facilitar los trabajos alrededor del tubo y con profundidad suficiente para que queden protegidos contra cargas pesadas y el tránsito de vehículos.

En la tabla II.1 se indican las dimensiones correspondientes a los diversos diámetros de tuberías, a discreción del ingeniero.

El fondo de las excavaciones deberá afinarse minuciosamente para que la tubería que se instale en la cepa quede a la profundidad y con la pendiente señalada en el proyecto.

Cuando se encuentre que el terreno que constituye el fondo de las excavaciones sea poco resistente o inestable, se deberá profundizar la excavación hasta encontrar material adecuado. El material indeseable será removido y reemplazado por relleno compactado al 90% Proctor o por una plantilla de arenas, tepetate o grava de tezontle firmemente apisonada hasta darle una compactación que asegure un apoyo continuo y uniforme del tubo.

Ademe en Excavaciones.- Cuando el tipo de material sea tal, que no permita que las paredes de la excavación se sostengan por sí mismas con el talud señalado en el proyecto, el ingeniero ordenará la colocación de ademe.

La calidad de la madera empleada en los ademes, forros y puntales, será de segunda clase y sin nudos y en general, serán como a continuación se indica:

- a) Forro.- Quedará formado por tabloncillos de 5 X 12 X 300 cm. (2" X 5" X 10"), colocados en forma vertical con las separaciones que señale o apruebe el Ingeniero, usualmente a cada 33 cm. de centro a centro.



| DIAMETRO DE LA<br>TUBERÍA<br>(m.) | ANCHO DE LA CEPÁ<br>(m.) | PROFUNDIDAD<br>(m.) |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 0.20                              | 0.60                     | 1.50                |
| 0.30                              | 0.75                     | 1.50 a 2.50         |
| 0.38                              | 0.90                     | 2.00 a 3.00         |
| 0.45                              | 1.00                     | 2.50 a 3.50         |
| 0.60                              | 1.20                     | 2.50 a 3.50         |
| 0.76                              | 1.50                     | 2.50 a 3.50         |
| 0.91                              | 1.75                     | 2.50 a 3.50         |
| 1.07                              | 1.90                     | 2.50 a 3.50         |
| 1.22                              | 2.00                     | 2.50 a 4.00         |
| 1.52                              | 2.50                     | 4.00 a 6.00         |
| 1.83                              | 2.80                     | 4.00 a 8.00         |
| 2.13                              | 3.20                     | 4.50 a 8.00         |
| 2.44                              | 3.60                     | 5.00 a 9.00         |
| 3.15 (*)                          | 4.70                     | 5.00 a 7.00         |
| 3.50 (*)                          | 5.30                     | 6.00 a 8.00         |

(\*) En estos diámetros serán coladas en sitio.

TABLA II.1

| DIAMETRO DEL TUBO            | ESPESOR DE LA CAMA |
|------------------------------|--------------------|
| de 30 a 60 centímetros       | 0.10 m             |
| de 76 a 120 centímetros      | 0.20 m             |
| de 152 a 183 centímetros     | 0.20 m             |
| de 244 a 300 centímetros     | 0.40 m             |
| de 350 a 500 centímetros (+) | 0.40 a 0.60 m      |

(+) Para 315 cm y mayores, coladas en sitio, será el espesor fijado en los planos del proyecto

TABLA II.2

- b) Largueros.- Serán piezas cuadradas de madera de 15 X 15 cm. (6" X 6") como mínimo y 3 metros de longitud, que se colocarán longitudinalmente a la cepa y con los espaciamientos que señale o autorice el ingeniero. Se usan también de 10 X 10 cm. (4" X 4"), dependiendo del ancho de la cepa.
- c) Puntales.- Serán piezas cuadradas de madera con sección mínima de 15 X 15 cm. (6" X 6") y máxima de - 25 X 25 cm., colocados transversalmente a la cepa para troquelar el forro por medio de cuñas, contrarrestando el empuje de las paredes verticales de la excavación.

Los ademes que hayan sido colocados, no serán retirados - hasta que los rellenos se encuentren a una altura mínima de un metro por encima del lomo superior del tubo. Se dejará ademe perdido, solamente en los casos en que así lo ordene el ingeniero, cuando se ponga en peligro con su retiro alguna estructura cercana.

La excavación propiamente dicha, será realizada en la forma siguiente:

- a) El pavimento y la base de grava removidos, ya sea con herramienta manual o con equipo mecánico, serán retirados y transportados a los tiraderos municipales o bancos de desperdicio que señale el ingeniero.
- b) La excavación de 0 a 2 m. de profundidad, se realizará a mano, teniendo cuidado de no dañar tuberías o instalaciones existentes, las cuales en caso de existir, se deberán recibir sobre puentes de madera o viguetas de acero colocadas expofeso, las que tendrán capacidad adecuada para su función, a satisfacción del ingeniero.

- c) La excavación de 2 a 4 m. de profundidad, en caso de ser ejecutada a mano, se hará depositando el material excavado en una tarima de madera situada al nivel 2 m. de profundidad, del cual se traspaleará hasta fuera de la cepa, depositándolo a un lado de la misma. En profundidades mayores la excavación se hará mediante traspaleos, empleando tarimas a niveles intermedios de profundidad.
- d) Cuando la excavación a profundidades mayores de 2 m. se ejecute con máquina, las paredes verticales de la cepa serán afinadas a mano, depositando su producto en el fondo de la excavación para que la máquina excavadora lo extraiga. Se emplearán también tarimas de madera a niveles de profundidad prácticos para facilitar el traspaleo.

Todas las excavaciones de cepas en materiales rocosos serán realizadas con pico, cuña, barretas, marro o rompedoras mecánicas. No se autorizará el uso de explosivos en zonas urbanas, y en los casos en que el contratista los usare, lo hará por su cuenta y riesgo, previa autorización del ingeniero, - siendo el propio contratista el responsable de cualquier daño que ocasionare con los explosivos.

Todo el material producto de excavaciones en roca, será transportado fuera de la obra y depositado en el banco de desperdicio o tiradero municipal que ordene el ingeniero

**Cama.**- Por cama se entenderá la capa de tezontle que se colocará en el fondo de las cepas para formar una plantilla de apoyo al lomo inferior de los tubos. El material para formar la cama será grava y gravilla de tezontle, con tamaño máximo de 2.5 cm. (1") y mínimo de 0.6 cm. ( $\frac{1}{2}$ "). Esta cama se colocará a todo lo ancho en el fondo de la excavación.

El espesor de la cama variará de acuerdo con el diámetro del tubo, como se muestra en la tabla II.2. La cama de tezontle será compactada por medio de pisón, hasta lograr el rebote de éste.

**Bombeo.**- En los suelos saturados que causen inundación a la cepa, será necesario extraer el agua para poder afinar el fondo de la excavación, colocar la cama de tezontle e instalar la tubería en seco, trabajos que se ejecutarán por medio de -- bombeo.

Para coleccionar el agua en sitios estratégicamente elegidos, se construirán cárcamos excavados lateralmente a la cepa y con su fondo más profundo que el de ésta, donde se instalará una - bomba centrífuga autocebante para bombear el agua coleccionada, a fin de que en todo tiempo, el fondo de la cepa esté seco, ya - que no se permitirá la instalación de ninguna tubería en agua.

En los colectores con diámetros de 1.52 a 3.50 m., se colocará al fondo y en el centro de la cepa, entre el terreno ex puesto y la cama de tezontle, un tubo de concreto perforado -- con diámetro de 10 a 15 cm., dependiendo de la cantidad de agua que se observe, el cual descargará al fondo de cada cárcamo pa ra que de éste sea desalojada el agua de la excavación.

Toda el agua bombeada de las cepas, deberá desalojarse lo más distante de las mismas, o bien, descargarla a alguna atar jea vecina, para que no regrese a la excavación.

**Instalación de Tubería de Concreto.**- Se entenderá por -- instalación de tubería de concreto para alcantarillado o colec tor, el conjunto de operaciones que tendrá que hacer el contra lista para colocar en forma definitiva a las líneas y niveles señalados en el proyecto las tuberías de concreto simple o reforzado, ya sean de macho y campana o de espiga, que se requie

ran para las redes de alcantarillado y los colectores.

La colocación de la tubería de concreto se hará de tal manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor de 5 mm. en la alineación y nivel que señale el proyecto, cuando se trate de tubería hasta de 60 cm. de diámetro (24"); o de 10 mm., cuando se trate de tuberías de mayor diámetro. Cada pieza deberá tener un apoyo completo en toda su longitud sobre la cama de tezontle, para lo cual, abajo de las campanas se deberá retirar parte del material. No se permitirá colocar las tuberías sobre piedras, calzas de madera o cualquier otro soporte.

La instalación de la tubería de concreto se hará con las campanas siempre hacia la parte más alta, iniciando su colocación de aguas abajo hacia aguas arriba y prosiguiendo en el mismo sentido.

Corresponderá al ingeniero dar los niveles mediante nivelatas. El contratista tenderá un cordón entre niveles y con un escantillón de madera se apoyará sobre el lomo del tubo para verificar su pendiente. Previamente a la inserción de cada tubo, se colocará en la parte inferior de la campana una mezcla de arena-cemento en proporción 1:4, donde apoyará la espiga del tubo por presentar.

Para la instalación de tubería de concreto junteada con mortero de cemento, una vez colocado un tubo en su lugar se procederá a limpiar cuidadosamente sus juntas y extremos, quitándole la tierra y materiales extraños mediante un cepillo de alambre, procediendo igualmente en la junta del tubo por colocar. Una vez realizada esta limpieza, se humedecerán los extremos de los tubos que formarán la junta y se llenará la semicircunferencia inferior de la campana o caja para espiga del tubo ya colocado y la semicircunferencia superior exterior del macho o espiga del tubo por colocarse con mortero, cemento-are

na en proporción 1:4, formando una capa de espesor suficiente para llenar la junta; a continuación, se enchufarán los tubos forzándolos para que el mortero sobrante escurra fuera de ella. Se limpiará el mortero excedente y se rellenarán los huecos -- que hubiere en las juntas con el mismo mortero, en cantidad suficiente para formar un bordo que la cubra exteriormente. Las superficies interiores de los tubos en contacto, deberán quedar exactamente rasantes; finalmente se colocará en el borde de la campana con el tubo insertado, una capa de mortero cemento-arena en proporción 1:4 achaflanándolo para sellar la junta, formando un ángulo de 45° con el canto de la campana.

Colocados y alineados varios tubos, se acostillarán a lo largo en su parte media y hasta la altura del tubo con material producto de la excavación, con objeto de que no se muevan, dejando libres las campanas.

Donde se vayan a construir pozos de visita, los tubos que darán separados 80 centímetros, cuidando de que la tubería no esté obstruída, tapando sus extremos mediante tabiques.

**Pruebas de Impermeabilidad.**- La impermeabilidad de los tubos de concreto y de sus juntas será probada por el contratista en presencia del ingeniero y según lo determine éste, en alguna de las formas siguientes:

1) Prueba hidrostática accidental.- Esta prueba consistirá en dar a la parte más baja de la tubería una carga de agua que no excederá de un tirante de 2 m. Previamente se anclarán los tubos colocando relleno producto de la excavación en la parte central de los mismos y dejando libres las campanas o juntas. Si el junteo se encuentra defectuoso y acusa fugas, el contratista procederá a su reparación. Se repetirá esta prueba cuantas veces sea necesario hasta que se eliminen todas las fugas, a satisfacción del ingeniero.

Esta prueba hidrostática accidental, se hará solamente en los casos siguientes:

- Cuando el ingeniero tenga sospechas fundadas de que existen defectos en el junteo de las tuberías.
- Cuando el ingeniero, por cualquier causa reciba un tramo de tubería provisionalmente, comprendido entre dos pozos de visita.

2) Prueba hidrostática sistemática.- Esta prueba se hará en todos los casos en que no se haga la prueba accidental. Consiste en vaciar en el pozo de visita de aguas arriba de un tramo el contenido de agua de un camión tanque de  $6 \text{ m}^3$  de capacidad, utilizando para ello una manguera de 15 cm. de diámetro y dejando correr libremente el agua a través del tramo de tubería por probarse. En el pozo de visita de agua abajo, el contratista instalará una bomba para impedir mediante bombeo, que se forme un tirante de agua que pueda deslavar las últimas juntas que aún estén frescas. Mediante esta prueba se comprobará si la parte inferior de las juntas se junteo correctamente con el mortero de cemento-arena; en caso contrario, las juntas presentarán fugas por su parte inferior. Esta prueba deberá hacerse antes de rellenar la cepa y si el junteo acusare defectos.

Albañales de Servicio Domiciliario.- En los sitios de la tubería que señale el proyecto u ordene el ingeniero para la inserción de las descargas domiciliarias o para las de las conexiones pluviales, se instalarán "yes" con uno de sus brazos de 15 a 25 cm. de diámetro, inclinadas hacia arriba  $45^\circ$  aproximadamente. Esta instalación se hará en las líneas y niveles señalados en el proyecto.

La inserción se hará con la "ye" citada y un codo de  $25^\circ$  de 15 a 25 cm. de diámetro, según el caso.

Si no se usaren "yes" de fábrica, previa autorización del ingeniero, el contratista la sustituirá por medio de una acometida "slant", que conectará al tubo de alcantarillado. El contratista instalará las conexiones domiciliarias a partir del paramento exterior de los edificios, en los sitios que señalen los planos de proyecto u ordene el ingeniero y las terminará conectándolas a la inserción correspondiente en el alcantarillado. El extremo libre lo tapaná con ladrillo y mortero pobre de cemento o lo conectará a la salida del albañal del predio, si éste existiera.

Las conexiones domiciliarias formarán con la tubería del alcantarillado un ángulo de 90° en planta. Los codos y el tubo para la conexión, serán de 15 a 20 cm.

La pendiente mínima que en general se admitirá para las tuberías de los albañales será de uno por ciento, y el colchón sobre el lomo superior del tubo en cualquier lugar de su longitud será como mínimo de 90 cm.

Antes de construir las conexiones de albañales domiciliarios, el ingeniero se cerciorará de la profundidad de salida del albañal del predio y de las condiciones de la pendiente existente en el interior del mismo, a fin de que cuando se construya el albañal en el interior del predio, no quede falto de pendiente o sin un colchon de relleno adecuado.

**Relleno de Cepas.-** Por relleno de excavaciones de cepas se entenderá el conjunto de trabajo y operaciones que deberá hacer el contratista para rellenar hasta el nivel original del terreno las excavaciones de cepas que hubiere realizado para alojar tuberías de líneas o redes de drenaje.

Todas las cepas deberán rellenarse a mano desde el nivel de la plantilla, hasta la mitad del tubo, empleando para ello



el propio material de la excavación, arcilla, arena u otros materiales aprobados por el Ingeniero, los cuales serán colocados en capas de 20 cms. de espesor y compactadas con pisón. De la mitad del tubo hasta 30 cms. arriba del lomo del mismo, la cepa deberá rellenarse a mano cuidadosamente para evitar daños o movimientos a la tubería. Este relleno podrá hacerse con material producto de la misma excavación, arena u otro material aprobado por el Ingeniero, y el cual deberá limpiarse de basura, escombrías y piedras.

Cuando el proyecto o el Ingeniero así lo estipulen, el relleno de las excavaciones deberá ser ejecutado en tal forma, que cumpla con las especificaciones de la técnica "Proctor" de compactación, en cuyo caso el Ingeniero ordenará el espesor de las capas, el contenido de humedad, el material, grado de compactación, procedimiento, etc., para lograr la compactación especificada.

Los rellenos que se hagan en cepas ubicadas en terrenos de fuerte pendiente, se terminarán en su capa superficial empleando material que contenga piedras suficientemente grandes para evitar el deslave del terreno motivado por el escurrimiento de las aguas pluviales, durante el período comprendido entre la terminación del relleno de la cepa y la reposición del pavimento correspondiente.

**Construcción de Pozos de Visita.**- Pozos de visita son las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso a las tuberías de alcantarillado o de colectores y para facilitar su limpieza.

Estas estructuras serán construídas en los lugares que señale el proyecto y de acuerdo con los planos, líneas y niveles del mismo. Deberán existir en todos los cruceros, cambios de -

dirección, pendientes y diámetros, así como en conexiones especiales.

La construcción de la cimentación de los pozos de visita deberá hacerse previamente a la colocación de la tubería de alcantarillado, para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos de éstas, causándoles movimientos.

Los pozos serán de mampostería común de tabique rojo recocido de 0.28 m. de espesor juntado con mortero de cemento-arena 1:4. Los tabiques deberán ser mojados previamente a su colocación y colocados a tizón en hiladas horizontales, con juntas de espesor no mayor de 1.5 cm. Cada hilada horizontal deberá quedar desplazada con respecto a la anterior, en tal forma que no queden coincidentes las juntas verticales de los tabiques que la formen (cuatrapeado). Su desplante será sobre mampostería de piedra braza, sobre tubo trabe de concreto.

Al construirse las bases de los pozos de visita, se harán en ellas los canales llamados "medias cañas", cuyas dimensiones serán de acuerdo con el diámetro de la tubería que concurre al pozo.

Las banquetas del pozo que forman las medias cañas, serán en cualquier caso, de tabique o de piedra. Los pozos se aplanarán interiormente con mortero de cemento arena, en proporción 1:4 y espesor mínimo de 1 cm., pulido con mortero 1:4. Cuando se trate de evitar la entrada de aguas freáticas o pluviales, el aplanado se hará también exteriormente, es decir, en este caso se aplanarán las dos caras del pozo.

**Acarreos.**- El contratista acarreará al banco de desperdicio más cercano, o aquel que señale el Ingeniero, el material que no sea utilizado en el relleno de cepas, ya sea por exceso de volumen, por su mala calidad o por cualquier otra circunstancia que lo ordene el Ingeniero.

## CAPITULO III

### ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DRENAJE EN LA CIUDAD DE MEXICO

- III.1 RED SECUNDARIA
- III.2 RED PRIMARIA
- III.3 SISTEMA GENERAL DE DESAGUE
- III.4 EXCAVACION EN LUMBRERAS Y TUNELES

### III.1 RED SECUNDARIA

La red secundaria en la Ciudad de México la forman aquellos conductos con diámetros menores de 0.60 m. y consiste en un sistema de atarjeas que se encarga de recolectar las aguas negras y pluviales para conducir las hasta la red primaria, a fin de evacuarlas de la localidad en forma rápida y segura hasta donde no causen daños ni molestias a la comunidad.

Como se dijo antes, se trata de un alcantarillado combinado, imposible de ampliar a los lugares que no cuenten con el servicio, mientras no existan colectores a donde descarguen y componentes del Sistema General de Desagüe que desalojen las aguas negras fuera del Valle de México. De cualquier manera, es urgente disponer las aguas residuales para evitar la insalubridad y el riesgo de contaminar corrientes, aguas superficiales y acuíferos.

Actualmente se cuenta con 13,250 Km. de red secundaria y se estima en 74% la población beneficiada con el servicio de drenaje. Existen algunas zonas, como es el caso de la zona oriente sur, ubicada al oriente del río Churubusco, que se caracteriza por estar completamente plana y tener poca infraestructura de drenaje, por lo que los nuevos desarrollos urbanos carecen de servicio; otras zonas que se ubican fuera del Sistema de Drenaje del D.F., se limitan a construir sistemas de alcantarillado, descargándolos en fosas sépticas o a pozos de absorción con el consiguiente peligro de contaminación del acuífero; inclusive existen colonias en las cuales los habitantes arrojan las aguas de desecho a la vía pública.

Se tiene el caso especial de la zona sur de la ciudad, en lo que se refiere al suministro del servicio de drenaje, pues al encontrarse en una zona de basalto es mucho más difícil alojar las tuberías de alcantarillado; ahí, los habitantes tienen

fosas sépticas o pozos de absorción e inclusive aprovechan las grietas que existen en el basalto fracturado para descargar las aguas residuales. En algunas otras zonas estas aguas son descargadas a barrancas y cauces, tal es el caso de la zona norte, provocando con esto la contaminación del medio ambiente y efectos de insalubridad.

En la zona poniente existe un gran déficit de servicio de drenaje, principalmente en las zonas altas, debido a que no existe red primaria. Las colonias y pueblos que tienen sistema de alcantarillado descargan sus aguas residuales y pluviales a las barrancas.

El principal problema que presenta el sistema secundario para su buen funcionamiento es el taponamiento de coladeras pluviales, por la basura de la calle, desperdicios que muchos usuarios arrojan por los albañales de sus casas, y acarreo del material producto de la erosión de los suelos que provocan azolvamientos en las zonas donde las atarjeas tienen poca pendiente.

Por otro lado existen problemas de incapacidad de algunos tramos debido a bloqueos parciales o totales. La falta de limpieza de las tuberías se debe principalmente a los pocos recursos monetarios, humanos y materiales, pues los disponibles se destinan a programas constantes en zonas donde el azolvamiento provoca problemas graves de encharcamiento, ya que las tuberías han sufrido deformaciones en sus pendientes por efecto de los hundimientos que ha provocado la consolidación del subsuelo.

Otros factores que evitan programas eficaces de desazolve son:

- a) La gran cantidad de azolve que afecta los rendimientos, ya que el aumento de material en las tuberías, al no realizar trabajo de limpieza constantes, incrementa el tiempo necesario para removerlo.

- b) Cuando el azolve permanece en las tuberías varios años, tiende a endurecerse y presenta dificultades para removerlo.
- c) En las zonas con servicio de alcantarillado, normalmente la densidad de tránsito de vehículos es muy acentuada; esto requiere de mayor tiempo en el movimiento de equipos y en ocasiones de trabajos nocturnos.

La cantidad de azolve existente en la red de alcantarillado varía en cada tramo; no obstante, de acuerdo con la experiencia en levantamientos topográficos y en los mismos trabajos de desazolve, el nivel de éste en los tubos alcanza en promedio - el 25% de los diámetros, ásto significa un notable decremento - en la capacidad de conducción.

### III.2 RED PRIMARIA

La red primaria constituye la liga entre la red secundaria y el Sistema General de Desagüe; actualmente se poseen 1,845 Km. aproximadamente de tubería con características de diámetro que varían de 0.60 m. a 3.00 m. Esta red se ha desarrollado con base en el diseño realizado por el Ing. Roberto Gayol; sobre el sistema original se ha superpuesto en la parte Centro-Poniente de la ciudad un segundo sistema que escurre de Sur a Norte, y que descarga en varios puntos sobre los conductos instalados de Poniente a Oriente. En la parte Sur de la ciudad, la red no tiene un sentido tan claramente definido, aún cuando la tendencia es similar a la del resto de la red.

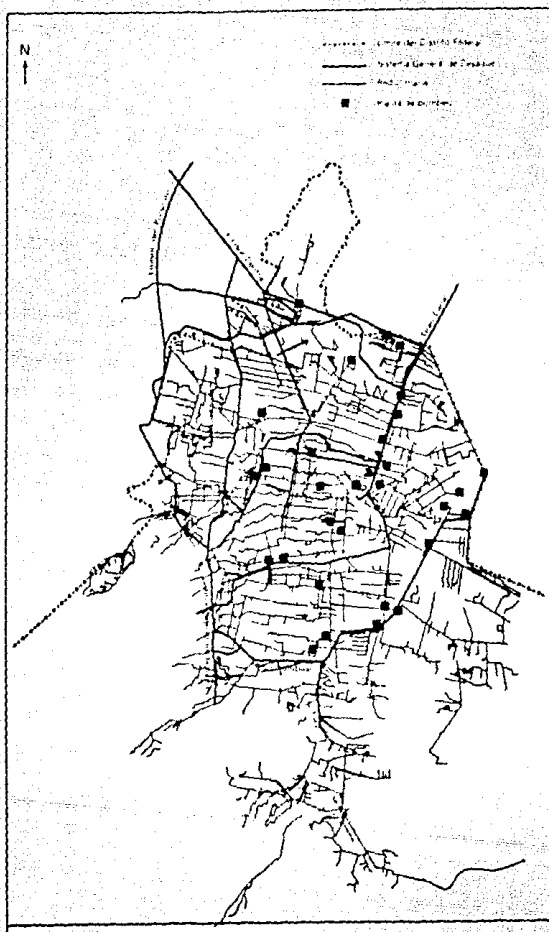
Dentro del trayecto de la red existen cambios de pendiente y en algunas calles alojan varias a la vez, en otras rodean interrumpiendo la ruta original para permitir obras viales; así mismo, tienen tramos en contrapendiente, conexiones múltiples y estructuras tipo sifón invertido.

La infraestructura que se encuentra integrada a la red primaria son las plantas de bombeo de aguas negras, tanques de tormenta y otras obras auxiliares como lagos y lagunas para regulación (lámina III.1).

#### Plantas de Bombeo

En el período de 1900 a 1950, la red de drenaje funcionó tal como se había proyectado para trabajar por gravedad, pero el problema del hundimiento diferencial del suelo, causado por el bombeo para la extracción de agua subterránea para el abastecimiento de la ciudad, ocasionaron deformaciones en las plantillas de las tuberías, razón por la cual fue necesario instalar equipos de bombeo para elevar el agua a los ductos cuya descarga quedó a un nivel más superior.

Lámina III.1 Red primaria de drenaje





Las plantas de bombeo son elementos indispensables para el sistema de drenaje; operan todo el año para desalojar las aguas residuales y durante la época de lluvias para desalojar las aguas pluviales de las zonas bajas. Aún después de que se termine el drenaje profundo, dichas plantas seguirán operando en el estiaje para desalojar las aguas residuales, y en época de lluvias para dar mayor flexibilidad a la operación del desagüe general.

Existen 51 plantas de bombeo que alimentan al Gran Canal y a los ríos entubados: Churubusco, Consulado y la Piedad; además se cuenta con otras plantas ubicadas entre los colectores, y todas ellas suman una capacidad instalada de  $447 \text{ m}^3/\text{seg}$ . También se ha recurrido a pequeños equipos para desaguar 82 pasos a desnivel, con una capacidad de  $8 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Aunque este último valor representa menos del 2% de la capacidad total, el número tan grande de equipos y su dispersión hacen muy compleja su operación en época de lluvias.

### Estructuras de Regulación

Los escurrimientos producidos por lluvias intensas tiene picos grandes de corta duración, fenómeno que se acentúa al urbanizarse el terreno. Por ello ha sido necesario construir estructuras que permitan almacenar el agua durante el tiempo crítico de una tormenta, para después desalojar caudales menores por la red de colectores.

Dentro de la misma ciudad se han construido tanques de tormenta, que reducen la incidencia de encharcamientos e inundaciones. Se cuenta con 12 tanques que tienen en conjunto una capacidad de  $130\ 000 \text{ m}^3$ . Finalmente las lagunas artificiales son otro elemento útil para regular los escurrimientos, en 1985 se terminó en Iztapalapa la construcción de la primera laguna de control del Distrito Federal, con una capacidad de  $130\ 000 \text{ m}^3$ .

La descarga de las aguas sanitarias y pluviales se efectuará a la laguna de regulación, que como ya se dijo, tiene una capacidad de 130 000 m<sup>3</sup>, conservadoramente. Esta laguna de regulación se localiza a un costado de los basureros de Santa Cruz Meyehualco.

En el futuro, las estructuras de regulación más atractivas serán las lagunas artificiales y algunas presas pequeñas, pero es indispensable que en los planes de desarrollo urbano se reserven exclusivamente para ese fin, los lugares identificados como propicios para ello. En cambio, con el avance logrado en el drenaje profundo, se ha podido prescindir de algunos tanques de tormenta y es posible que se clausuren otros.

### Problemática de la Red Primaria

Debido al acelerado crecimiento urbano que sigue teniendo lugar y al hundimiento del subsuelo, ya característico de la ciudad, se han ocasionado problemas de insuficiencia en la red de drenaje existente. En efecto, las áreas servidas por los colectores primarios se han incrementado, y los movimientos del subsuelo se han traducido en una disminución de las pendientes hidráulicas y por tanto, su capacidad de conducción.

La configuración de la red es compleja, porque ha tenido que responder al crecimiento anárquico de la ciudad. Esa complejidad se ha agravado recientemente por el hecho de que otra infraestructura urbana, el metro, se construye a las mismas profundidades en donde se ubican los principales colectores (entre 4 y 8 m. de profundidad). Las interferencias se han resuelto mediante sifones, los cuales disminuyen la eficiencia en la operación de la red primaria. La única solución al problema, es sustituir dichos colectores por otros nuevos, que se instalen entre los 12 y 18 m. de profundidad. El problema se torna más

agudo mientras más líneas del metro se construyan en la misma zona, porque la red primaria tiene que instalarse a profundidades cada vez mayores.

Otro problema identificado con la red primaria, es la acumulación de azolve en los colectores, el cual es resultado del acarreo de materiales, producto de la erosión de los suelos, -- así como de la basura y desperdicios arrojados por los usuarios.

### III.3 SISTEMA GENERAL DE DESAGUE

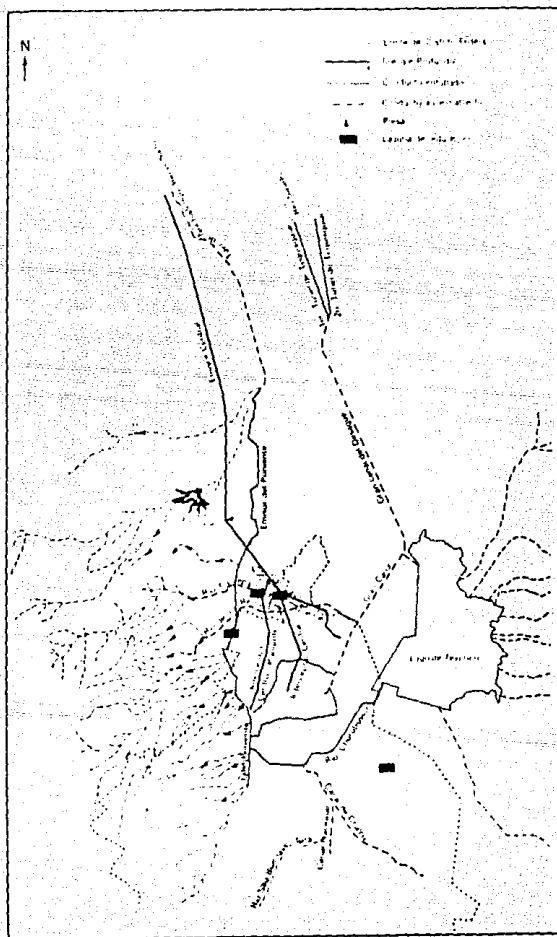
Los grandes conductos que forman el Sistema General de Desagüe, tienen como función concentrar y desalojar fuera de la cuenca, en el menor tiempo posible, los volúmenes de agua pluvial y residual a través del Tajo de Nochistongo, de los túneles de Tequixquiac y del portal de salida del Drenaje Profundo. En la figura III.1 se muestran los elementos que forman el sistema y a continuación se describe cada uno de ellos.

**Gran Canal del Desagüe.**- Construido en el período de 1856 a 1900, conduce las aguas residuales de Sur a Norte de la ciudad de México. Este conducto a cielo abierto tiene una longitud de 47 Km. aproximadamente, con secciones variables, la pendiente media de la plantilla es casi nula y existen varios tramos en contrapendiente en su parte inicial, ocasionados por los hundimientos diferenciales del suelo, lo que hace que el canal trabaje con gradiente hidráulico.

Desagua por bombeo la parte baja de la ciudad, que es prácticamente la mayor de la zona urbana del Distrito Federal. En su origen fue construido para un gasto de  $5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y en ocasiones trabajó peligrosamente con gastos hasta de  $170 \text{ m}^3/\text{seg.}$  - propiciados por la construcción y sobreelevación de los bordos marginales. En sus márgenes tiene instaladas 11 plantas de bombeo con capacidad de  $212 \text{ m}^3/\text{seg.}$  (tabla III.1)

**Colector Río Churubusco.**- Este río se empezó a entubar en 1962; los últimos 5.4 de un total de 18.4 Km. se concluyeron en 1980 y se inicia en la confluencia del colector Río Mixcoac y el Interceptor del Poniente, a la altura de la Avenida Molinos, cerca de Anillo Periférico; cruza la ciudad en dirección Oriente y luego se desvía al Norte para descargar al Lago de Texcoco, por medio de la planta de bombeo "Lago", con una capacidad ins-

FIGURA III.1 Sistema general de desague



SISTEMA GRAN CANAL

| NOMBRE DE LA PLANTA | UBICACION                           | CAPACIDAD<br>m <sup>3</sup> /seg. | UNIDADES<br>DE BOMBEO |
|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1                   | ALARCON E IMPRENTA                  | 31.5                              | 15                    |
| 1A                  | ALARCON E IMPRENTA                  | 29.4                              | 14                    |
| 2                   | AV. IZTACCIHUATL Y OCEANIA          | 49.6                              | 27                    |
| 3                   | CALLE CHILERA Y ALBAÑILES           | 3.7                               | 4                     |
| 4A                  | BALBOA Y AV. EMILIANO ZAPATA        | 8                                 | 5                     |
| 5                   | AV. GRAN CANAL Y AV. RIO CONSULADO  | 9.5                               | 7                     |
| 5A                  | AV. GRAN CANAL Y AV. RIO CONSULADO  | 22                                | 11                    |
| 6                   | CALLE 94 Y ORIENTE 101              | 19                                | 12                    |
| 6A                  | AV. GRAN CANAL Y TALISMAN           | 12                                | 6                     |
| 7                   | AV. GRAN CANAL Y SN. JUAN DE ARAGON | 18                                | 12                    |
| 8                   | CALLE 314 Y 331                     | 9                                 | 6                     |
| TOTAL               |                                     | 211.7                             |                       |
|                     |                                     | =====                             |                       |

TABLA III.1 SISTEMA GRAN CANAL

talada de 30 m<sup>3</sup>/seg. Esta planta permite vaciar el cajón antes de una tormenta y así aprovechar su capacidad de regulación de 400 000 m<sup>3</sup>. En el Lago de Texcoco, los escurrimientos se regulan y posteriormente se envían al Gran Canal del Desagüe.

Parte de la zona Sur se desagua con el colector Canal de - Miramontes, que se encuentra totalmente entubado y recoge los - escurrimientos de la zona de Tlalpan, Xochimilco, Colectores 26, 18, Acoxta, Calzada del Hueso y Villa Coapa. Igualmente se encuentran en la zona los canales Nacional y de Chalco, que desaguan gran parte de Tláhuac y Tulyehualco. Por último, el Río - San Buenaventura, que descarga al Canal Nacional, es otro de los conductos importantes del Sistema General en el área del Sur.

**Sistema de Presas del Poniente.**- Comprende las estructuras que se localizan desde el río Eslava, hasta el río Tepozotlán - (fig. III.2). La primera de ellas, presa Anzaldo, recibe las aportaciones de los ríos Eslava, Magdalena y de los arroyos Texcalatlaco, Coyotes y San Jerónimo, para regular los volúmenes - de agua y descargarlos al Interceptor del Poniente o al Río Churubusco. Más al norte, se ubican las presas Las Flores, Tequilazco, La Mina, Pilares y Tarango, que regulan los ríos Barranca, El Moral, Tequilazco, Pilares y Barranca del Muerto, respectivamente, descargando también a las estructuras antes mencionadas.

A partir del río Mixcoac hacia el norte, existe un conjunto de presas y túneles de interconexión denominado Desviación Combinada, que permite interceptar los escurrimientos de los ríos Mixcoac, Becerra, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín y el Tornillo en las presas del mismo nombre y los conduce por medio del canal del Tornillo hasta el río Hcndo, que a su vez, descarga en el Vaso de Cristo. Los escurrimientos que no se alcanzan a regular, se captan en represas situadas antes del interceptor del Poniente, donde se regulan y descargan al Interceptor o a los ríos Churubusco, Piedad y San Joaquín.

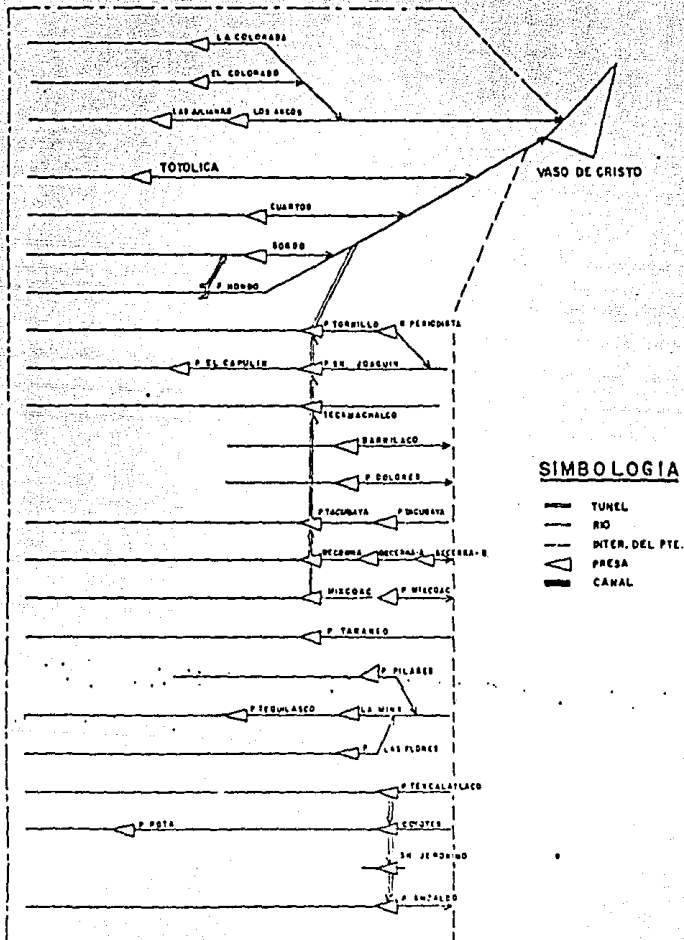


FIG. 2 SISTEMA DE PRESAS DEL PONIENTE



Al Norte del río Tacubaya escurre el río Dolores, que descarga en la presa del mismo nombre donde regula sus gastos para descargarlos al Interceptor del Poniente o al río San Joaquín. Igual sucede con el río Barranca Barrilaco, que descarga sus escurrimientos en la presa Barrilaco.

El río Hondo recibe además de las descargas del sistema de la Desviación Combinada, las aportaciones de su cuenca propia que se regulan periódicamente en las presas El Sordo, Los Cuartos y Totolica. El río Chico de los Remedios tiene dentro de su cuenca las presas Julianas, Los Arcos, El Colorado y La Colorada, - que regulan los volúmenes generados en ella para conducirlos al Vaso de Cristo donde llegan también las descargas del Canal Río Hondo. Del Vaso de Cristo se derivan los volúmenes hacia el Lago de Texcoco a través del río de los Remedios, o al río Cuautitlán, a través del Interceptor del Poniente.

Los ríos Tlalnepantla y San Javier se regulan en las presas Madín, San Juan y Las Ruinas y posteriormente descargan al Interceptor del Poniente.

El Sistema de Presas del Poniente termina con las presas - Guadalupe y Concepción, situadas sobre los ríos Cuautitlán y Tepezotlán para descargar por el Canal de Santo Tomás, o la Laguna de Zumpango y continúan hasta el Tajo de Nochistongo que es el desagüe artificial del Valle de México.

**Colector de La Piedad.-** Este colector se localiza en la zona central de la ciudad con sentido Poniente a Oriente y el cual, recibe derrames del Interceptor del Poniente y en su recorrido capta diversos colectores de la red primaria de drenaje mediante plantas de bombeo, para descargar al colector Iztaccíhuatl, el cual llega a la planta de bombeo N° 2 del Gran Canal del Desagüe. Las plantas localizadas a lo largo del río son: Nicolás San Juan y Tonalá, la primera recibe la descarga del co

lector del mismo nombre; la de Tonalá capta los escurrimientos de los colectores Tonalá y 12.

**Colector Río Consulado.-** Desde 1965 se entubó el río, que actualmente desagua una parte importante del Noroeste del Distrito Federal, descargando sus aportaciones al Interceptor Central y al Gran Canal del Desagüe con ayuda de la planta de bombeo N° 5, durante su recorrido, de Poniente a Oriente, recibe las aportaciones de tres plantas de bombeo: San Cosme, Politécnico y la Raza.

**Río Los Remedios, San Javier y Tlalnepantla.-** Estos cauces aún a cielo abierto forman parte del Sistema General de Desagüe, el río de Los Remedios tiene una interacción muy compleja con el sistema del poniente de la cuenca del Valle de México, ya que todas las captaciones de dicha zona llegan en forma parcial o total al Vaso de Cristo mediante el sistema de conducción Interceptor del Poniente-Canal Tornillo-río Hondo.

Dicha complejidad en el poniente de la cuenca, se debe a las condiciones de interconexión y transferencia de agua entre vasos.

Los ríos Tlalnepantla y San Javier no escapan completamente a la interacción con el sistema del poniente, ya que el Vaso de Cristo descarga parte de sus volúmenes de agua en el río de Los Remedios y parte al Interceptor del Poniente.

Este último puede recibir los caudales de los ríos Tlalnepantla y San Javier, o dejarlos pasar al de Los Remedios.

**Canales Nacional y Chalco.-** Estos dos canales se localizan en el Sureste de la ciudad de México y son de gran importan

cia por su área drenada.

El canal de Chalco se inicia en el pueblo de Tláhuac y se incorpora al Canal Nacional, cerca de la confluencia de éste -- con la calzada de la Virgen. Su función es la de conducir las aguas residuales y pluviales de la zona de los pueblos de Tláhuac-Tulyehualco, hacia el canal Nacional. Sus acciones son irregulares y su pendiente casi nula, en algunos tramos ha desa parecido dicho canal.

El canal Nacional se inicia en los canales de Xochimilco y termina en la confluencia con el río Churubusco. Inicialmente conducía aguas negras del río Churubusco hacia los canales de Xochimilco, después de haberles dado un tratamiento en la planta de Xochimilco, que se localiza cerca del río Churubusco. Ac tualmente es utilizado para regular las avenidas provenientes del río San Buenaventura.

**Dren General del Valle.**- Es uno de los más importantes de la cuenca del Valle de México, ya que recibe casi la totalidad de aguas residuales del oriente de la cuenca; se inicia en la co rriente Tlalpizahua, el cual absorbe los escurrimientos provenientes de los drenes La Compañía, Ameca y Lago de Texcoco, des cargándolos al Gran Canal del Desagüe a la altura del colector La Draga.

El problema del Dren General del Valle de México es que no posee una pendiente uniforme, pues sus hundimientos no han sido en la misma proporción que en la zona ocupada de la ciudad de México.

**Sistema de Canales de Xochimilco.**- Este sistema de canales se localiza en el Sur de la ciudad de México y se encuentra delimitado al Norte por el canal Nacional, al Sur por la Sierra -

del Ajusco, al Oeste por el río San Buenaventura y al Este por el canal de Chalco.

El área que antiguamente ocupaba el lago de Xochimilco, se ha reducido a canales que circundan las Chinampas, terrenos de cultivo y la superficie urbana. El desecho de materiales sólidos y las descargas de aguas negras han producido azolvamiento y principalmente crecimiento del lirio acuático.

Actualmente el almacenamiento útil de los canales del lago de Xochimilco es de 11 millones de m<sup>3</sup> aproximadamente, alimentados por los arroyos de San Gregorio, San Lucas, Santiago, San Buenaventura y la planta de tratamiento de aguas negras del Cerro de la Estrella.

Lago de Texcoco.- Al Nororiente de la ciudad de México, se encuentra localizado el lago de Texcoco con una superficie de 170 Km<sup>2</sup> aproximadamente.

Debido a las obras de desagüe del Valle realizados en diferentes ocasiones a partir de la época colonial, se ha ido secando paulatinamente.

Esta región semidesértica se ocupa parcialmente con aguas negras bombeadas del río Churubusco y con los escurrimientos --provenientes de los ríos del Oriente, desde el río de la Compañía hasta el río Teotihuacán, en la temporada de lluvias. Su principal función es servir como estructura de regulación de los volúmenes vertidos por los cauces anteriormente descritos, para posteriormente verterlos aguas abajo del Gran Canal de Desagüe, en el Km. 17, a través del canal de la Draga.

A consecuencia del hundimiento de la ciudad, el fondo del lago se encuentra a 4 m. aproximadamente arriba del nivel del área urbana. Los bordos Poniente y Xochiaca, con altura varia-

ble entre 1.0 y 1.5 m., protegen la ciudad y zonas vecinas de inundaciones. La capacidad actual para este objetivo es de 165 millones de m<sup>3</sup>.

La naturaleza del suelo hace peligrosa la operación de este vaso de regulación, además, por limitaciones del Gran Canal del Desagüe (100 m<sup>3</sup>/seg.), en años de precipitación abundante - el vaciado se ejecuta en cuestión de 2 ó 3 meses, constituyendo esa masa de agua una grave amenaza para la parte hundida de la ciudad de México.

Al secarse gran parte del lago de Texcoco después de la apertura del Tajo de Nochistongo y de los túneles de Tequixquiac, se ha convertido en una de las fuentes importantes de tolvaneras en el Valle.

La explosión demográfica provocará que, dentro de poco, sea inevitable la ocupación de la superficie del lago de Texcoco, - hecho que ya ha ocurrido al Sur del bordo Xochiaca.

**Vaso de Cristo.**- El Vaso de Cristo se encuentra al Poniente de la ciudad de México, se puede considerar como un vaso de almacenamiento natural; limita al Norte con el río de Los Remedios, al Sur y Este con el Interceptor del Poniente, al oeste - con Ciudad Satélite; posee un área aproximada de 1.1 Km<sup>2</sup> y una capacidad de almacenamiento de 3.8 millones de m<sup>3</sup>. La finalidad principal de este vaso es regular las aportaciones de la parte poniente de la ciudad de México, por medio del río Hondo, el cual a su vez recibe las aportaciones de el canal del Tornillo con los escurrimientos de los ríos Mixcoac, río Tacubaya, río Tecamachalco, río San Joaquín y el río Tornillo, también desagua en el río Hondo el Interceptor del Poniente, al cual aportan -- los ríos Magdalena, San Jerónimo, Barranca Coyotes, San Angel, Tequilazco, Barranca del Muerto y río Mixcoac.

Una vez regulada la aportación en el Vaso de Cristo, ésta es drenada por el río de Los Remedios al Gran Canal del Desagüe, el cual la conduce hasta los Túneles de Tequixquiac que desagua en el río Salado; cuando las avenidas son máximas, entonces el Vaso de Cristo desagua en el Interceptor Poniente, el cual conduce las aguas residuales y pluviales hasta el Tajo de Nochistongo, después de satisfacer las demandas de riego.

El Vaso de Cristo se ha ido azolvando debido a la aportación de las aguas residuales de la zona alta del Poniente, y a que al descargar en el Interceptor del Poniente no se evita el azolve.

### El Drenaje Profundo

A raíz de los problemas de drenaje en la ciudad de México, se planteó la conveniencia de construir una nueva solución a base de interceptores, que condujo después a definir el del Poniente, el Central, el del Oriente y el Emisor Central.

En 1939, después de estudiar diferentes alternativas, en el proyecto aprobado se contemplaba un sistema de dos interceptores profundos y un Emisor Central, que con el Interceptor del Poniente pudiesen drenar la cuenca por gravedad y evitar los riesgos de inundaciones.

En 1967, el D.D.F. inició la primera etapa del Drenaje Profundo al excavar el Emisor Central, con 49,792 m. de longitud; el Interceptor Central con 7,885m. y el Interceptor Oriente con 10,286 m. Para lograr esta gran obra, se tuvo que enfrentar la construcción de lumbreras y túneles diseminados en el Norte del Distrito Federal y en las entidades de México e Hidalgo, lo que obligó a los constructores a utilizar la tecnología disponible y experimentar técnicas concebidas para otros suelos o rocas.

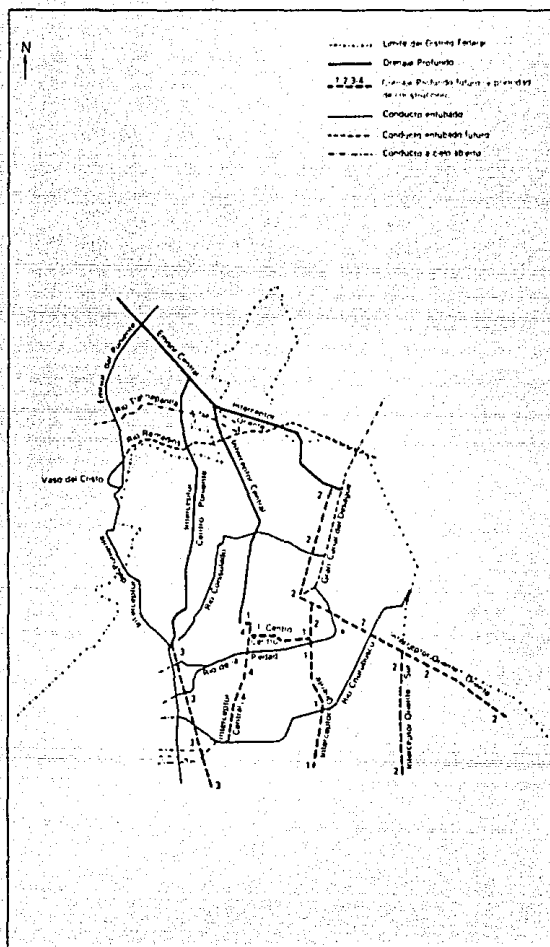
Se presentaron fallas, pero también se idearon nuevas técnicas de construcción, como fueron las lumbreras flotadas y la perforación de túneles con escudo y aire comprimido en suelos de la llamada zona de transición, para los túneles del Interceptor Central.

A partir de 1975, año en que se concluyó su primera etapa, el Drenaje Profundo es el componente más importante del Sistema General de Desagüe. Prácticamente no es afectado por los asentamientos del terreno y como ya se mencionó opera por gravedad sin necesidad de bombeo, razones por las cuales constituye una obra durable y económica a largo plazo, aún cuando requiere de cuantiosas inversiones.

La segunda etapa, iniciada en 1977 incluye la prolongación de 5.5 Km. del Interceptor Central y el nuevo Interceptor Centro-Poniente, con 16.5 Km., que fueron programados para terminarse en 1982, lo que implicará contar con una longitud total de 90 Km.

De acuerdo con los problemas específicos de cada zona de drenaje urbano, se ha definido para el futuro la secuencia de construcción más favorable, mostrada en la lamina III.2. En primer término, conviene prolongar en un pequeño tramo el Interceptor Central, continuar por el Centro-Centro y excavar posteriormente el último tramo del Interceptor Oriente; de esta manera se aliviará principalmente a los ríos Churubusco y La Piedad, así como al canal Nacional. En segundo término, es conveniente prolongar el Interceptor Oriente en un tramo paralelo al Gran Canal y completar más tarde sus ramales Oriente-Oriente y Oriente-Sur, para aliviar de esta manera las zonas Sur y Sur-Oriente. Por último, se ampliaría el Interceptor Centro-Poniente hasta la altura de la Ciudad Universitaria y se prolongaría el Interceptor Central hasta el Río Churubusco.

### Lámina III. 2. Desarrollo futuro del drenaje profundo





## Interceptor y Emisor del Poniente

Constituye una de las obras más importantes del sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, ya que su principal función es la de recibir y desalojar los escurrimientos de la zona alta del Poniente de la Cuenca.

El área de la cuenca captada por este interceptor es de aproximadamente 267 Km<sup>2</sup>. Su longitud es de 16.5 Km., de los cuales 13.5 corresponden al túnel de 4 m. de diámetro y los 3 Km. restantes canal a cielo abierto, su pendiente media es de 0.0005 y posee una capacidad de conducción de 25 m<sup>3</sup>/seg. Se inicia en el Jardín del Arte de San Angel y continúa su trazo hacia el norte en una forma paralela al Periférico, hasta descargar al Vaso de Cristo por medio del río Hondo.

Este interceptor, cada año debe ser desazolado, debido a que los escurrimientos que absorbe tienen gran cantidad de azolve.

Las estructuras que contiene el interceptor en todo su trayecto son: 27 lumbreras, 14 cajas de captación y 2 rampas hidráulicas.

El emisor del Poniente, es uno de los elementos más importantes del Sistema de Desagüe de la ciudad de México, ya que absorbe escurrimientos de varios ríos del Poniente de la cuenca y conduce las aportaciones del Interceptor del Poniente.

Tiene su inicio en el Vaso de Cristo, con la característica de conducto cerrado hasta el kilómetro 12 + 300 y posee una capacidad de conducción de 80 m<sup>3</sup>/seg.; posteriormente continúa en sección abierta con un talud 1.5:1.

La finalidad principal de este conducto, es la de descargar las aguas residuales y pluviales fuera del Valle de México, a través del Tajo de Nochistongo, hacia el río el Salto.

### Interceptor Centro Poniente

Este nuevo interceptor de 4 m. de diámetro, tiene como finalidad aliviar a los interceptores Poniente y Central, al reducir el área de captación de este último y mejorar el drenaje de la parte alta de los colectores 15 y 11; así mismo, permite captar los escurrimientos provenientes de una parte del área perteneciente al Estado de México, debido fundamentalmente al hecho de que esta estructura descargaría directamente en la lumbrera 1 del Emisor Central.

Por otra parte, esta estructura se ha concebido además, para proporcionar un alivio al Interceptor Poniente y permite con ello mayor flexibilidad en el manejo de las aportaciones provenientes del Poniente de la ciudad. El trazo de este interceptor se inicia en la lumbrera 1 del Emisor Central, continúa al Sur por la calle Villahermosa, hasta la calle de Turmalina con pendiente de 0.00017, de Turmalina hasta F.F.C.C. por Av. Ceylán, Av. Granjas y Av. Cuitláhuac, Calzada Mariano Escobedo, Calles Newton, Taine, Calzada Gandhi, Calzada Chivatito y Calzada Molino del Rey, para unirse al Interceptor Poniente cerca del Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad, en el Bosque de Chapultepec.

El tramo que opera en la actualidad este interceptor, es de la lumbrera N° 1 del Emisor Central, hasta la lumbrera N° 14 de dicho interceptor; tiene 16.40 Km. de longitud. Se tiene el túnel terminado hasta la interconexión en el Interceptor Poniente.

La porción que se encuentra ya operando del Interceptor -- Centro-Poniente, resolvió en forma definitiva el drenaje de la zona Nor-Poniente, principalmente las zonas industriales de Azcapotzalco y Vallejo. Se ampliará la longitud de operación del Interceptor Centro-Poniente, de tal manera que se captarán varios colectores y el Interceptor del Poniente. Así, este último podrá recibir mayores aportaciones de la zona Sur-Poniente y será posible disminuir las descargas al río Churubusco. El Interceptor Centro-Poniente aliviará a los ríos Tlalnepantla y de Los Remedios, con lo cual estos ríos descargarán al Interceptor Central sólo en casos de emergencia y así se mejorará el drenaje de las zonas sur y oriente.

### Interceptor Central

En la actualidad, este interceptor cuenta con 16.115 Km. - aproximadamente del túnel, con un diámetro de 5 m. y se capacidad de conducción es de 90 m<sup>3</sup>/seg., operando desde la lumbrera N° 4-A hasta la confluencia con el Emisor Central, en la lumbrera N° "0".

Este interceptor drena parte de las zonas norte y centro - del Distrito Federal por medio de las descargas controladas que recibe de los colectores río Consulado, Humboldt, 11, 15, captaciones Mayobamba, Héroes y 5 de Mayo.

Con la operación de este interceptor, se ampliará el alivio de la zona centro del Distrito Federal. El Interceptor Central recibe además, las descargas controladas provenientes de los -- ríos de Los Remedios, Tlalnepantla y San Javier.

Las estructuras que posee este interceptor para su operación, actualmente son de 7 lumbreras, entroncándose con la lumbrera N° "0" del Emisor Central.

## Interceptor Oriente

El interceptor Oriente se inicia en la obra de Toma del -- Gran Canal, en el Km. 6 + 985 del propio canal; de este sitio, continúa hasta la lumbrera "8-C", la cual se encuentra ubicada en el cruce de la Avenida Oriente 157 con la calle 72-A de la - colonia Salvador Díaz Mirón; de aquí continúa hasta la lumbrera "8-A", con pendiente de 0.0005. Esta lumbrera se localiza entre la calle General M. Carrera y Av. Ferrocarril Hidalgo, tiene profundidad de 40.52 m. y un diámetro de 6.0 m.

De la lumbrera "8-A", continúa el interceptor hacia la lumbrera "8-B", y la pendiente es de 0.0005. Esta lumbrera está - ubicada en el cruce de la calle Chalchihuitl y la calle Tlaco-- pan (Delegación Gustavo A. Madero), con profundidad de 55.24 m. y diámetro de 6.0 m.

De la lumbrera "8-B", el túnel entronca con la línea que - une las lumbreras 11 y 12, que es sensiblemente paralela al río Los Remedios. La profundidad de la lumbrera 12 es de 48.40 m. y su diámetro es de 6.0 m.

De la lumbrera 12, el interceptor cruza la lumbrera 13 y - se sigue hasta entroncar con la lumbrera "O" del Emisor Central. La lumbrera 12 se encuentra localizada en San Juan Ixhuatepec y la lumbrera 13 en Cuauhtepac. La profundidad de la lumbrera 13 es de 48.15 m. y diámetro de 6.0 m.

La longitud total del Interceptor Oriente es de 10 286.642 m., con un diámetro de 5.0 m., y transporta un gasto de 110 - - m<sup>3</sup>/seg.

## Emisor Central

Constituye la columna vertebral del Sistema de Drenaje Profundo de la ciudad de México, ya que es una de las más importantes estructuras evacuadoras de las aguas residuales y pluviales de la ciudad de México.

Este emisor está constituido por 25 lumbreras dentro de su recorrido, y se encuentra en profundidades que varían de 48.3 m. (lumbrera "0") hasta 216 m. (lumbrera 16). Así su profundidad media es de 127 m., la longitud de su trazo es aproximadamente de 49.7 Km. (desde la lumbrera "0" hasta el portal de salida), la pendiente promedio es de 0.0002, diámetro de 6.5 m. y una capacidad de conducción de 200 m<sup>3</sup>/seg.

El Emisor Central se inicia en la lumbrera "0", la cual se encuentra ubicada en Cuauhtepac de la Delegación Gustavo A. Madero.

El tramo comprendido de la lumbrera "0" a la "1", pasa por abajo del cerro Tenayo y continúa con la misma dirección hasta llegar a la lumbrera 2, la cual está ubicada en Barrientos, - - Tlalnepantla, Estado de México. La lumbrera 3 se localiza cerca del Castillo de Barrientos, a un lado del camino de Circunvalación en el Estado de México y el tramo comprendido entre ésta y la lumbrera 4, atraviesa la autopista México-Querétaro, así como el parteaguas de la Sierra de Guadalupe que separa la subcuenca de la ciudad de México de la del río Cuautitlán.

La lumbrera 5 se encuentra en la orilla de la carretera al Lago de Guadalupe y desde esta lumbrera hasta la lumbrera 13 -- (21093 m.), el trazo del emisor va paralelo a la autopista México-Querétaro, al Poniente de la misma, exceptuando el tramo entre las lumbreras 8 y 10 que tiene un desvío hacia el poniente, en el cual se localiza la lumbrera 9.

La lumbrera "14-A", que sigue a la 13, está ubicada a orillas de la presa Cuevecillas y al poniente de la autopista México-Querétaro. El tramo comprendido entre la lumbrera "14-A" y la 14, atraviesa la autopista a la altura del puente Jorobas.

De la lumbrera 14 sigue el Emisor Central hasta llegar a la 15, la cual se localiza a un lado del Cerro Sincoque. Entre las lumbreras 15 y 16 se cruza la línea del parteaguas, que divide la cuenca del Valle de México de la del río Pánuco.

De la lumbrera 16, el Emisor Central sigue con el mismo alineamiento hasta la 17 y ésta hasta la lumbrera 21 y Portal de Salida, el trazo sufre una pequeña deflexión hacia el Poniente hasta desembocar a la obra de derivación, para un futuro aprovechamiento o descarga en el cauce del río El Salto, afluente del río Tula, que aguas abajo, se regulariza en la Presa Endó para su aprovechamiento en irrigación; finalmente el río Tula confluye al río Moctezuma, afluente del río Pánuco, el cual descarga en el Golfo de México.

De la lumbrera "0" a la 16 inclusive, el trazo del Emisor Central se localiza en el Estado de México y desde las inmediaciones de la lumbrera 16 hasta el Portal de Salida, en el Estado de Hidalgo, localizándose el límite de dichos Estados en el tramo comprendido entre las lumbreras 16 y 17.

A principios del año de 1988, se concluyó la construcción de tres mil metros de túnel: 1,280 metros desde la lumbrera 4-A del Interceptor Central, entre Dr. Vértiz y Obrero Mundial, a la lumbrera 1 del Interceptor Centro-Centro, entre Dr. Durán y Dr. Vértiz y 1,720 metros de la lumbrera 1 a la lumbrera 2 del mismo interceptor.

### III.4 EXCAVACION EN LUMBRERAS Y TUNELES

La excavación del túnel para desalojar las aguas negras y pluviales de la zona urbana de la ciudad de México se llevó a cabo en 68 Km. de longitud, a través de los cuales se presentaron los más diversos materiales en cuanto a su origen y su resistencia; los factores que más influyeron en el proyecto de los sistemas constructivos fueron fundamentalmente las condiciones geológicas e hidrológicas de los sitios por los cuales atravesaría, así como sus dimensiones.

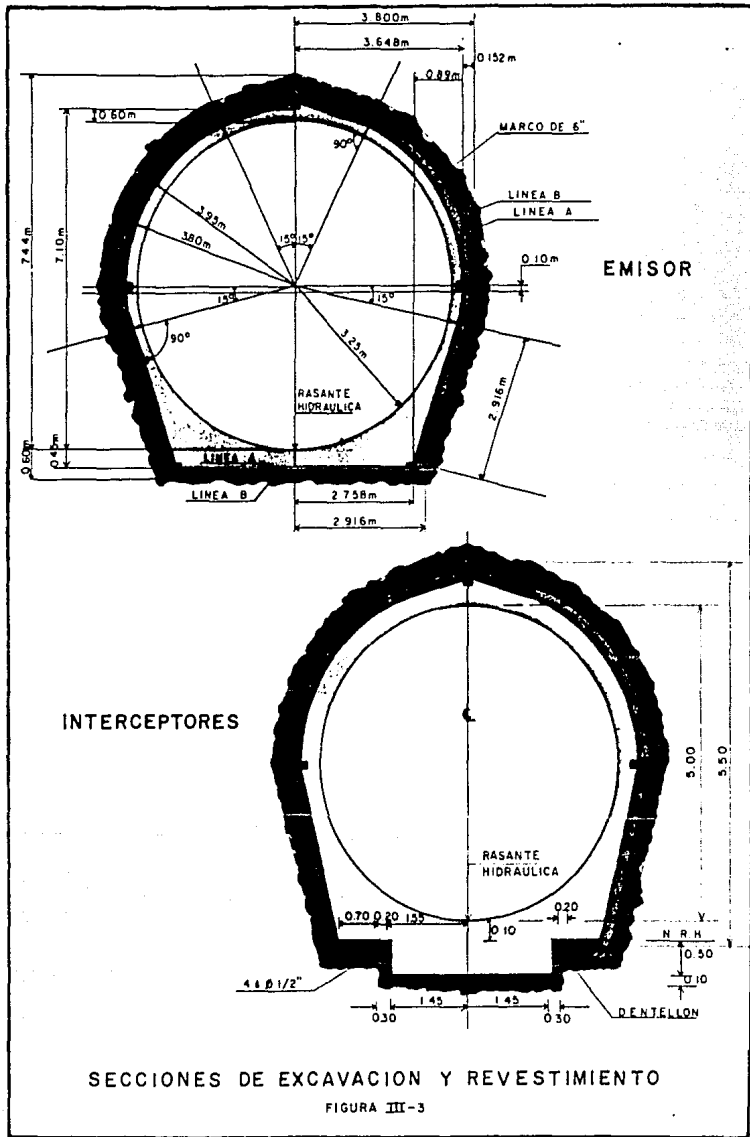
La zona donde se encontraron rocas sólidas fue la más extensa de la obra, en estos tramos se llevó a cabo el proceso constructivo siguiendo las operaciones siguientes:

1. Excavación
2. Ademado Provisional
3. Rezaga
4. Protección con ademe provisional  
sellado, drenaje y ventilación del túnel.

Las lumbreras se utilizaron para realizar las excavaciones del túnel por varios frentes de ataque. Estas se excavaron empleando diferentes procedimientos constructivos, tanto en suelos como en rocas.

La sección de excavación en el Emisor Central y en los Interceptores Central y Oriente, se muestran en la figura III.3.

Dadas las diferentes calidades del material encontrado, desde roca sólida con poco fisuramiento hasta suelos limosos y arenas sueltas, la combinación de las operaciones en el tunelaje varió de acuerdo a las necesidades constructivas, a las herramientas de trabajo, al equipo y a los medios de rezaga. Las opera-





ciones que se requirieron, pueden agruparse de acuerdo al tipo o método constructivo empleado en las siguientes:

1. Excavación en el frente total con ademe de concreto -- lanzado o marcos metálicos.
2. Excavación a media sección.
3. Excavación a media sección y con el túnel piloto o túneles piloto.
4. Excavación con ranura y media sección.
5. Excavación con escudos.

#### A.- EXCAVACION EN LUMBRERAS

Los túneles de que consta el Sistema de Drenaje Profundo - fueron construidos a partir de las lumbreras, que son pozos circulares excavados desde la superficie, con diámetros entre 6 y 9 m. excavados unos en suelos y otros en rocas.

a) Lumbreras excavadas en suelos.- Por las características de resistencia encontradas en los sondeos de muestreo efectuados previamente a la construcción de las lumbreras, el problema fundamental de la construcción era la falla de fondo. Es to motivó el empleo de los siguientes métodos de construcción:

1. Procedimiento de construcción por flotación.
2. Procedimiento de construcción mediante muros colados in situ.

b) Lumbreras excavadas en roca.- La excavación de lumbreras en roca de acuerdo con el método empleado se divide en 2 ti pos:

1. Lumbreras excavadas en tobas sin el uso de explosivos.
2. Lumbreras excavadas en rocas con uso de explosivos.

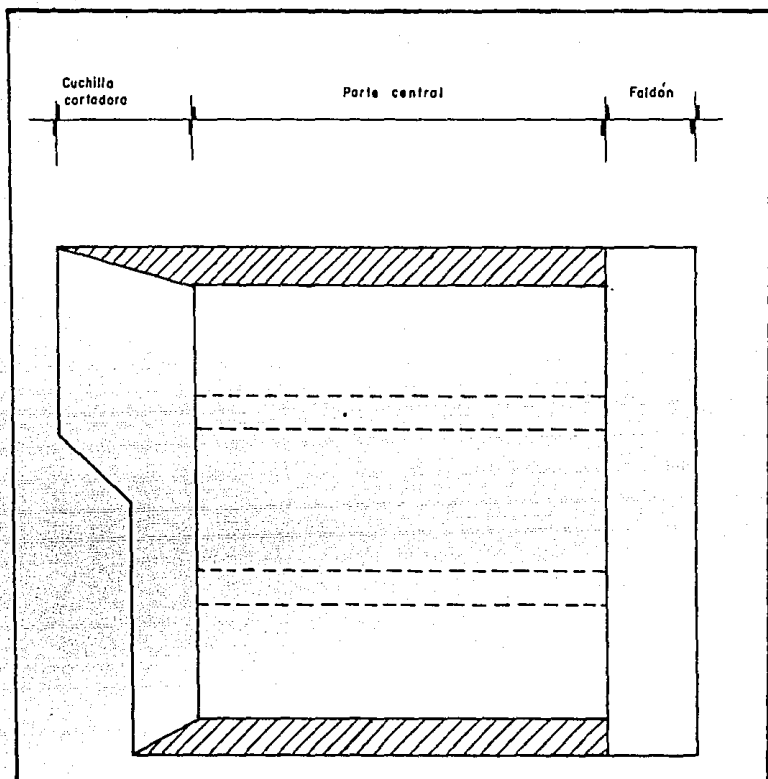
## B.- EXCAVACION EN TUNELES

### a) Túneles excavados en suelos

1. Excavación con escudo.- El objeto de un escudo es prevenir las deformaciones del terreno hacia el túnel mediante una coraza de metal, al mismo tiempo que se colocan las dovelas que sirven como ademe provisional del túnel. El escudo es un cilindro de metal rígido, que para fines de diseño puede dividirse en tres partes:

1º La cachucha frontal que es el borde de excavación del escudo, formado por una placa de acero con soldadura de carburo de tungsteno en su extremo y en forma de flecha. Tal como se muestra en la figura III.4, esta parte es ligeramente de mayor diámetro que el resto del escudo, de tal manera que proporciona una disminución de la resistencia al deslizamiento entre el escudo y el terreno. Una segunda función de la cachucha fue proporcionar a los trabajadores que excavan el frente, una protección contra pequeñas caídas del terreno en el frente, y además proporcionar un cierto soporte al propio frente de excavación.

2º La parte intermedia se destinó a alojar los elementos de empuje, tanto de las plataformas delanteras como los gatos para el avance del escudo. También alojaba el compartimiento de mandos del sistema hidráulico que acciona el escudo, proporcionando un lugar para las maniobras de erección de las dovelas que forman el revestimiento provisional, y finalmente alojaba las guías para dirigir el escudo mediante el sistema de rayo laser.



DIVISION DEL ESCUDO PARA DISEÑO

Figura III.4

3º El faldón del escudo, el que fue diseñado para la erección de las dovelas dentro de la coraza de metal. En el caso de los escudos utilizados en la excavación del túnel, la longitud de este faldón fue de 1.75 m. aproximadamente. En las figuras III.5 y III.6 se muestran las dimensiones del escudo empleado en la construcción de los interceptores, así como las dimensiones y características de las dovelas que forman el ademe provisional del túnel en los tramos excavados con este método.

### Proceso de Excavación

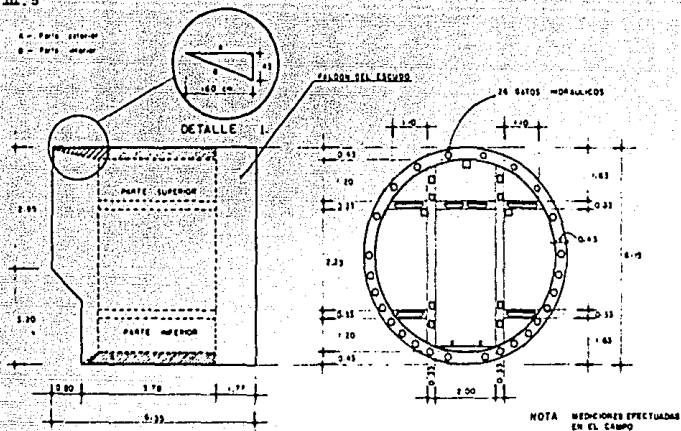
Durante el proceso de excavación con escudo se efectuaron las siguientes actividades:

1.- Empuje de los gatos para el avance del escudo. Una vez rezagado el producto de la excavación y limpio el frente, se procedió a empujar el escudo accionando los gatos hidráulicos, los cuales se apoyan en el anillo de dovelas colocado en el propio faldón del escudo. El avance en cada ciclo fue de 75 cm., con objeto de tener el espacio suficiente para la colocación de un anillo de dovelas.

2.- Bajar la mampara. Una vez avanzada la excavación con el escudo, la mampara posterior se bajó colocando un pequeño tramo de vía, con objeto de que la rezagadora penetrara hasta el frente de la excavación por el interior del escudo; al mismo tiempo, se efectuó la inyección de gravilla entre las dovelas y el terreno inmediatamente detrás del faldón del escudo, esto con el objeto de lograr el contacto entre el propio terreno y la dovela.

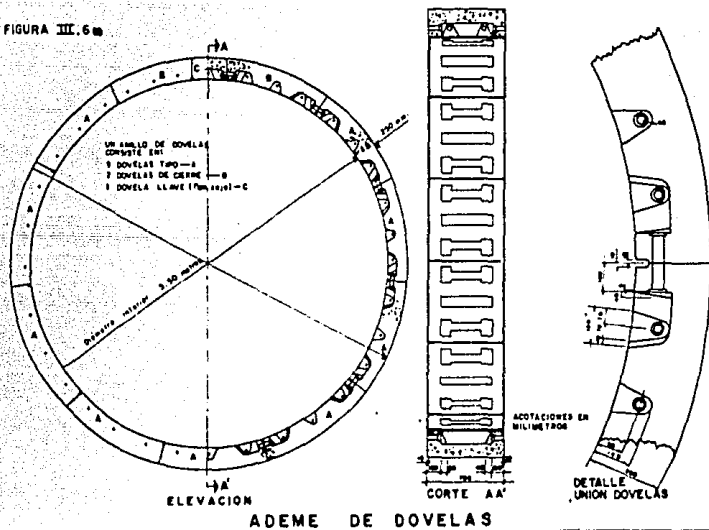
3.- Excavar la ranura perimetral para el siguiente avance del escudo. Esta excavación se realizó por medio de pistolas neumáticas manuales. El objeto de esta ranura fue disminuir la

FIGURA III. 5



DIMENSIONES DEL ESCUDO DEL INTERCEPTOR CENTRAL

FIGURA III. 6



resistencia del terreno a la penetración del escudo; esta excavación se efectuó en el perímetro del túnel.

4.- Colocación de un anillo de dovelas que forma el revestimiento provisional de la excavación.

5.- Excavación del frente. La excavación del frente del escudo se efectuó en tres partes iniciando la excavación por la parte superior, mientras se bajaba la mampara; se continuaba en el segundo y tercer tercio.

6.- Ademe del frente con madera. Al terminar la excavación de cada una de las tres secciones del frente, éste se ademó antes de proceder a la excavación de la sección inmediata inferior, troquelando el ademe con los gatos frontales que el escudo lleva en su parte delantera.

7.- Rezaga de la excavación. Una vez bajada la mampara, la rezagadora entraba al frente del escudo y transportaba el material hacia las vagonetas, las cuales eran arrastradas con locomotora hasta la lumbrera.

8.- Subir la mampara. Terminada la excavación y la rezaga, se subió la mampara iniciando un nuevo ciclo de trabajo, empujando el escudo hacia el frente apoyándolo en el último anillo de dovelas colocado.

9.- Inyección entre dovelas y terreno. Seis metros atrás del faldón del escudo, se procedió a efectuar una inyección de contacto entre el revestimiento de dovelas y el terreno, a base de cemento, llenando el espacio que ocupaba parcialmente la inyección de gravilla.

10.- Abatimiento de los niveles piezométricos desde superficie. Para evitar problemas de arrastre de material hacia la

excavación, provocados por flujo de agua y presiones hidrostáticas, en ciertos sitios se efectuó un abatimiento de los niveles piezométricos desde la superficie mediante pozos de bombeo.

2.- **Excavación con aire comprimido.**- El empleo del aire comprimido consiste fundamentalmente en lo siguiente:

Se coloca una mampara o un tapón en una sección del túnel mediante una placa de acero, de tal forma que no exista comunicación de un lado hacia el otro, sellando además el terreno con inyecciones para garantizar el aislamiento. En un lado del tapón, o sea el lado de la lumbrera, el aire tiene la presión atmosférica; del otro lado se empieza a inyectar aire, así, la sección del túnel entre el frente de excavación y el tapón queda sujeto a una presión de aire superior a la atmosférica.

El objeto de formar una cámara presurizada es, principalmente, estabilizar el frente de la excavación. Para el caso de las arenas saturadas, el flujo de aire comprimido del frente de la excavación hacia el terreno, provoca tensiones capilares que evitan que la arena y el agua fluyan hacia el interior del túnel; en el caso de las arcillas de baja resistencia, se tiene una presión que contrarresta la presión del terreno, evitando así que la arcilla falle por extrusión y penetre hacia el túnel.

#### b) Túneles excavados en rocas

De acuerdo con el método constructivo empleado, se divide en los tres tipos siguientes:

- 1.- Excavación a sección completa
- 2.- Excavación a media sección
- 3.- Túnel Piloto.

## CAPITULO IV

### CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

IV.1 OPERACION Y MANTENIMIENTO

IV.2 RED SECUNDARIA Y RED PRIMARIA

IV.3 EQUIPOS DE BOMBEO

IV.4 DRENAJE PROFUNDO



## IV.1 OPERACION Y MANTENIMIENTO

### Operación

La operación de las instalaciones constituye un aspecto medular dentro de la organización del sistema hidráulico del Distrito Federal. Los esfuerzos realizados para planear, diseñar y construir dichas instalaciones, son percibidos finalmente por el usuario en términos de la eficacia y eficiencia que se logren mediante la operación de las mismas.

El crecimiento acelerado y desordenado de la ciudad, el hundimiento del terreno y las interferencias con otras instalaciones subterráneas, han conducido al desarrollo de un sistema de drenaje que se ha adaptado a las condiciones particulares de cada zona del Distrito Federal, formándose así subsistemas que funcionan por bombeo o por gravedad. Por ello, la operación del sistema de drenaje es una tarea técnicamente difícil en condiciones normales, y se complica aún más durante las emergencias que se producen año con año.

La operación del sistema de drenaje requiere de una labor continua durante todo el año. Entre épocas de lluvia, es necesario desazolvar conductos y almacenamientos en condiciones -- particularmente difíciles, debido a que los equipos disponibles no responden eficientemente al caso particular del Distrito Federal.

La gran diversidad de instalaciones y equipos demanda una más alta especialización de los recursos humanos, siempre escasos, así como un mayor número de herramientas adecuadas, no siempre disponibles. Esta diversidad implica también mayores dificultades para estandarizar la operación de los equipos. No obstante, se han establecido una serie de reglas para manejar obras de toma y plantas de bombeo durante los períodos críticos.

Con base en lo anterior, la tarea del área de operación puede definirse como la de operar las instalaciones del sistema hidráulico y atenuar o eliminar los efectos negativos causados por la vulnerabilidad de dicho sistema.

### Mantenimiento

Como ya se ha mencionado anteriormente, se ha creado una situación de competencia entre la ampliación y la operación del sistema hidráulico, debido más que nada a la creciente demanda de servicios y a la limitación de los recursos económicos, debiéndose agregar que el mantenimiento es un tercer elemento -- que compite, sin éxito, por estos mismos recursos.

El área de operación presionada por la atención diaria -- que requiere el sistema, se muestra renuente a detener el funcionamiento de sus equipos para que se le proporcione mantenimiento. Esta situación es entendible, pero tiene consecuencias negativas.

En resumen, el mantenimiento insuficiente ocasiona bajas eficiencias en la operación y acentúa los riesgos de fallas; así mismo, incrementa los costos de producción porque aumenta el empleo de algunos insumos como la energía eléctrica, o porque acentúa la inversión necesaria para rehabilitar las instalaciones desatendidas durante mucho tiempo.

El mantenimiento es una acción silenciosa, es decir, sólo se advierte cuando no se efectúa en forma adecuada y/o se presentan fallas en el sistema.

## IV.2 RED SECUNDARIA Y RED PRIMARIA

### Conservación de las Alcantarillas

El principal esfuerzo a realizar para la conservación de las alcantarillas es mantenerlas limpias y sin obstrucciones. Aún cuando un sistema de saneamiento está bajo tierra, no puede descuidarse en lo que se refiere a su conservación, pues no podrá conservarse por sí mismo. Puede sufrir corrosiones, erosiones, atascamientos y otras alteraciones. La inversión de capital que supone la construcción de un sistema de saneamiento, justifica desde un punto de vista financiero los gastos de una conservación preventiva. Entre los trabajos que hay que llevar a cabo para la conservación de las obras de saneamiento y particularmente en la de un sistema de atarjeas, figuran la inspección, las mediciones de los gastos, la limpieza, el lanzamiento de agua a presión, las reparaciones, la supervisión de las descargas domiciliarias, la prevención de explosiones, etc.

Una buena conservación requiere el apropiado conocimiento de la localización de las alcantarillas y una competente brigada de operarios que se halle debidamente equipada y en servicio permanente. Asimismo, se necesita mantener al día los planos de las redes de alcantarillado. Estos planos deben mostrar la localización exacta de los pozos de visita, de las direcciones de la corriente, de las pendientes, de los albañales, etc.

### Desobstrucción de las Alcantarillas

Una obstrucción es aquella condición que impide parcial o totalmente el flujo de las aguas residuales por las alcantarillas. Las obstrucciones pueden originarlas objetos grandes que han penetrado en las alcantarillas, a través de las colade

ras, arena o arenisca, grasa u otros materiales. La limpieza pide la elección de la herramienta apropiada. En muchos casos la obstrucción puede eliminarse forzando una varilla que empuje una herramienta a través de la obstrucción y dejando luego que la propia velocidad de las aguas residuales liberadas limpie la tubería. Los grandes objetos pueden hacer necesaria la excavación y la abertura de la conducción.

### Limpieza de las Alcantarillas

La limpieza es una medida de precaución que se aplica a algunas conducciones, en las que la experiencia indica que se pueden producir obstrucciones, o en las que la inspección sugiere la conveniencia de la misma. Se emplea mucho el lavado con agua a presión, pero es posible que se precisen cepillos, rastrillos o cucharas para la eliminación de grasa u otros materiales.

El lavado con agua a presión es muy útil en cuanto a que aumenta temporalmente la velocidad del flujo y también la altura del agua; condiciones ambas, que aumentan el poder de arrastre de los mismos. Para este fin se utilizan las unidades de alta presión llamadas VACTOR, las cuales son capaces de remover arena, piedras, botellas, latas grasas, lodo y cualquier tipo de desperdicios, tanto del drenaje sanitarios, como del pluvial, usando para este efecto descargas de agua a presión en forma de chorro, a través de una boquilla con la que se puede regular el ángulo de dirección del agua y que tiene efecto percutor para desbaratar obstrucciones en forma de tapón. La bomba de agua de alta presión es accionada hidráulicamente por medio de un motor de combustión interna. Cuenta además con un depósito hermético, donde almacena los desperdicios succionados, el cual tiene una capacidad de  $12.25 \text{ m}^3$  ( $16 \text{ yd}^3$ ).

En las atarjeas demasiado pequeñas, para que se pueda penetrar en ellas, se limpian introduciendo varillas o arrastran do instrumentos adecuados a través de la atarjea. La varilla común para limpia de atarjeas, representada en la figura IV.1, puede ser de madera o de metal ligero, de 90 a 120 cm. de longitud, en cuyo extremo hay un empalme que no se puede desprender dentro de la atarjea, pero que se desengancha fácilmente en los registros. Se introducen secciones de varilla en la atarjea, haciéndolas avanzar hasta que encuentran la obstrucción y la desplazan. También se usan mucho varillas flexibles o cintas de acero, ésta última constituida por una varilla -- flexible aplastada de 3 mm. de espesor y de 2.5 a 5 cm. de anchura. La varilla, en cuyo extremo de avance se coloca una herramienta de limpia, se fuerza a lo largo de la atarjea. Al mismo tiempo se le puede retorcer por medio de un motor de gasolina o eléctrico. Puede evitar la necesidad de bajar al registro, manejándola en la forma que se muestra en la figura -- IV.2. Tal procedimiento puede permitir la limpia desde un registro que esté lleno de aguas negras.

Se pasan rejas u otros instrumentos cortantes a lo largo de las atarjeas, para aflojar los bancos de lodo y detritus, - cortar las raíces y desalojar las obstrucciones. Uno de éstos tipos de arado, consiste en una especie de cucharón que marcha en sentido contrario al de la corriente de aguas negras. Cuando se llena se le da la vuelta y se vacía. En la figura IV.3 se muestra el modo de funcionamiento de este cucharón. En la figura IV.4 se muestra una serie de instrumentos para la limpia de las atarjeas y en la figura IV.5 se muestra un limpia-- dor de atarjeas de turbina consistente en una serie de hojas cortantes, que se hacen girar por medio de un motor hidráulico.

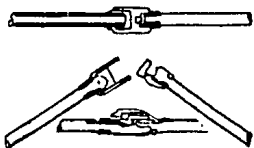


FIG. IV. 1 Varillas para atarjeas

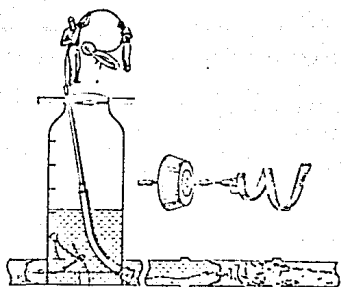


FIG. IV. 2 Varilla o cinta flexible para atarjeas.

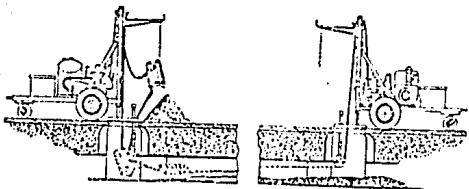


FIG IV. 3 Método del cable y malacate para la limpia de atarjeas

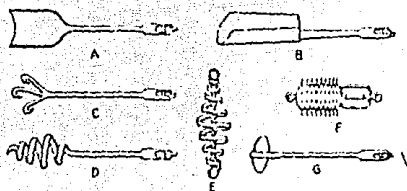


Fig. IX. 4 Herramientas para la limpieza de alcantarillas. A, cuchara para el corte de obstrucciones. B, cuchara para eliminar arena y materiales sueltos. C y D, garcho y espiral para sacar papeles y trapos. E, cortador de raíces. F, cepillo de alambres para desengrasar. G, rasqueta.

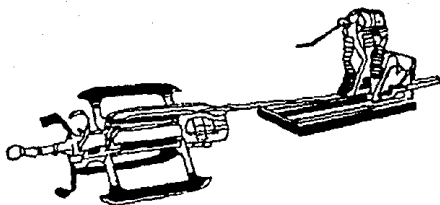


Fig. IX. 5 Maquina de turbina para atarjeas, combinada con gato.

## Riesgos Durante los Trabajos de Mantenimiento

Los riesgos en los trabajos de conservación de las alcantarillas comprenden: daños mecánicos, infecciones, envenenamiento por gas, y asfixia. Los gases pueden hallarse en las atarjeas, en los registros, en los pozos de visita y en otros lugares mal ventilados. El agotamiento del oxígeno, como resultado de los procesos orgánicos en recintos cerrados o mal ventilados, puede ocasionar una cantidad insuficiente de oxígeno para sostener la vida humana.

Las precauciones que hay que tomar para evitar la exposición a la presencia de gases peligrosos o a la ausencia de oxígeno comprenden: la ventilación de los espacios cerrados, induciendo corrientes de aire, relleno y vaciado del espacio con aguas negras o agua dulce, o el desplazamiento del gas, por algún medio, sustituyéndolo con aire respirable; evitar las chispas eléctricas; uso de caretas contra gas y análisis de la atmósfera antes de penetrar en ella.

## Inspección

Las atarjeas se inspeccionan para comprobar si hay obstrucciones, para observar el funcionamiento de los mecanismos y su estado de servicio, para examinar las condiciones en que se encuentra la estructura, para medir el gasto de aguas negras y para otros fines. Debe prestarse una atención periódica a aquellas atarjeas que se teme que puedan tener problemas, mientras que las atarjeas que ofrecen menor inquietud pueden recibir menor atención.



## Objetivo de los Trabajos de Desazolve

El objetivo principal de los trabajos de desazolve es evitar problemas de obstrucción en diferentes puntos de la red de drenaje.

### Actividades

Dependiendo del tipo de personal, maquinaria y equipo, se clasifican en tres las actividades que se desarrollan:

#### a) Limpieza de Coladeras

Los trabajos que se realizan son:

1. Se localiza el área por limpiar
2. Se traslada el equipo y personal
3. Se hace una inspección para localizar el frente de trabajo
4. Se determina el número de personal por cada actividad:
  - Limpieza de coladeras o rejillas. Extracción de los sólidos depositados en el arenero de la coladera con cucharones y se sondea la conducción hasta la atarjea.
  - Limpieza de pozos de visita. Con cucharones se extraen los sólidos. Con varillas se sondea entre pozo y pozo. Se deposita el azolve y basura en un volteo para traslado a los tiraderos oficiales.
  - Reconstrucción de albañales y coladeras.
  - Reposición de tapas.
  - Reconstrucción de accesorios.

## b) Limpieza de Atarjeas

Los trabajos que se realizan son:

1. Definir el área de trabajo
2. Trasladar el equipo (vactor)
3. Localizar frente de trabajo
4. Instalar equipo
5. Efectuar los trabajos de limpieza
6. Inyectar agua a presión y succionar sólidos y líquidos. Se trabaja en sentido contrario al flujo.
  - Los sólidos y líquidos se depositan en el vehículo.
  - Cuando se llena el camión se descargan los líquidos a la misma red y los sólidos se quedan en la caja.
  - Se repite la operación hasta acabarse el agua o se llena la caja de sólidos. En caso de acabarse el agua, deberá de llenarse nuevamente el tanque con agua que puede ser suministrada por una pipa, o bien, trasladarse hasta donde exista una garza.
  - Una vez llena la caja de sólidos, se retira la unidad a los tiraderos oficiales, en donde se deposita el azolve.

## c) Limpieza de Colectores

Los trabajos que se realizan son:

1. Definir el área de trabajo
2. Traslado de equipo (malacates mecánicos)
3. Definir frente de trabajo
4. Poner en contacto dos pozos de visita (mediante una

piola delgada y una muñeca). En algunos casos, cuando las condiciones no permiten trabajar con la piola, se hace la preparación con tramos de madera (tramos de un metro de largo por 1.5 pulgadas de grueso, unidos con tornillos), o bien, se pueden utilizar varillas de acero flexible.

5. Cambiar por otra piola más gruesa
6. Instalar malacates
7. Meter cable de acero de 1/4 de pulgada
8. Cambiar por el cable de acero de 1/2 pulgada
9. Se realiza la limpieza. Se trabaja en sentido contrario al flujo
10. Se extrae el azolve
11. Depositar en una carretilla o en el piso
12. Se deposita en un volteo o en un vector dependiendo del material extraído. Si en muy aguado se usa vector
13. Se traslada a los tiraderos oficiales.

### IV.3 EQUIPOS DE BOMBEO

Los equipos de bombeo son necesarios en drenaje, para elevar las aguas negras de un colector que por causas de asentamientos diferenciales del suelo, han quedado por abajo del conducto de descarga.

Una estación de bombeo para aguas negras, consiste generalmente en un cárcamo de captación y una o más bombas y un mecanismo de control apropiado para arrancar y parar las bombas (Lámina IV.1).

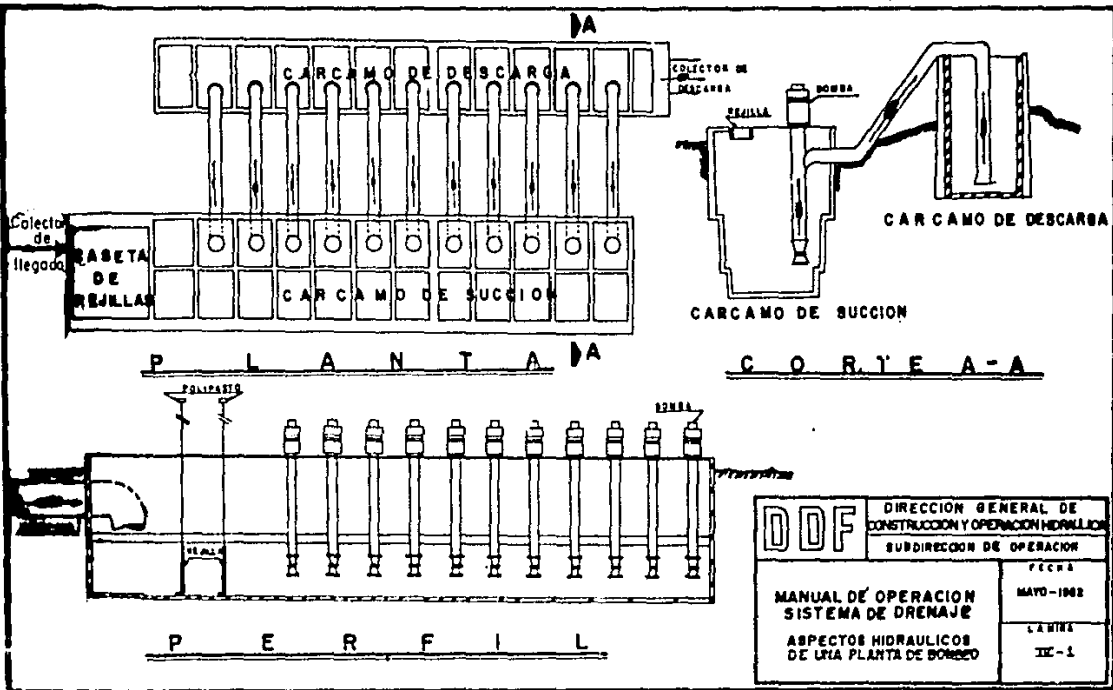
El cárcamo consiste en un tanque cuya finalidad es almacenar las aguas residuales de los colectores que descargan en él. Sus dimensiones dependen de la profundidad a que se encuentren los colectores, de las necesidades de almacenamiento y de los volúmenes de agua que reciba.

Una característica importante de un bombeo de aguas negras, es operar sin obstrucciones, ya que normalmente éstas dificultan el bombeo.

Para evitar el paso de objetos flotantes, se utiliza un sistema de rejillas accionadas con un pequeño motor polipasto, para efectuar su limpieza.

La potencia de las bombas deberá ser suficiente para vencer la carga dinámica, la cual se define como la suma algebraica de:

- a) La carga estática, es decir, la distancia vertical del eje de la bomba al nivel que se va a elevar el agua.
- b) La carga de succión o distancia vertical del nivel de la fuente de agua que se bombea, al eje de la bomba.



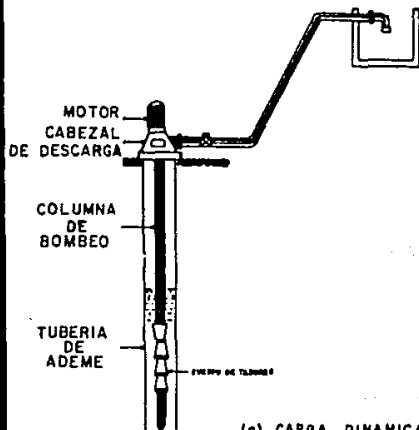
- c) Las pérdidas de carga por fricción en las líneas de - descarga y de succión.
- d) La carga de velocidad para mantener el flujo (Lámina IV.2).

Los operadores de la planta están obligados a marcar o res-  
petar los niveles de seguridad en el cárcamo, que son el mínimo  
de succión y el mínimo de sumergencia. El primero se marca cuan-  
do se presenta el momento oportuno de accionar la bomba. El mí-  
vel mínimo de sumergencia indica hasta dónde puede bajar el agua  
para evitar que la bomba aspire cierta cantidad de aire, ya que  
de lo contrario se produciría cavitación.

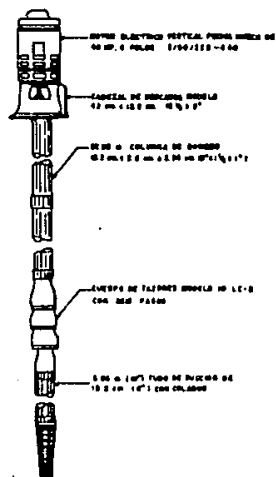
En los pasos a desnivel existen equipos de bombeo localiza-  
dos en puntos estratégicos que permiten desalojar el agua en  
los diferentes túneles del paso. Cada bomba tiene diferente ca-  
pacidad y puede ser accionada por un motor eléctrico, bajo con-  
diciones normales de operación o por un motor de combustión in-  
terna en casos de falla de suministro de energía eléctrica.

La operación y mantenimiento del sistema de bombeo se rea-  
liza en dos fases: en época de estiaje y en temporada de llu-  
vias. En la primera se tienen solamente control en todos los  
puntos de la red, y se realizan trabajos de revisión y repara-  
ción de los elementos dañados. En la fase de lluvia, cuando se  
generan avenidas que pueden ser conducidas a través de la red,  
las actividades se concentran en la detección de tormentas y ma-  
nejo de los escurrimientos, mediante los elementos del sistema  
(obras de toma, obras de captación, plantas de bombeo, etc.)

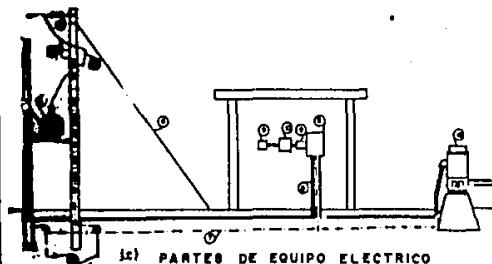
Durante estas dos fases, el objetivo de la operación del -  
sistema, es manejar apropiadamente los volúmenes de agua resi-  
dual desechada por la población y los excedentes de agua genera-  
dos durante la temporada de lluvias, para protegerla contra posi



(a) CARGA DINAMICA TOTAL



(b) BOMBA TURBINA VERTICAL



|  |   |           |
|--|---|-----------|
| <b>DDF</b>   | DIRECCION GENERAL DE<br>CONSTRUCCION Y OPERACION MECANICA |           |
|  | SUBDIRECCION DE OPERACION                                 |           |
| <b>MANUAL DE OPERACION<br/>SISTEMA DE DRENAJE<br/>EQUIPO DE BOMBEO</b> |   | FECHA     |
|  |   | MAYO-1982 |
|  |   | LAMINA    |
|  |   | IX-2      |

bles inundaciones. Las estrategias de operación, son bombear en cada planta el volumen máximo posible dentro de los límites de seguridad establecidos.

A fin de lograr que las bombas se utilicen uniformemente y evitar que unas trabajen continuamente mientras que otras no lo hacen, actualmente el operador de las plantas lleva un registro de tiempos con base en el cual selecciona las bombas que deben ponerse en funcionamiento. En general, una vez establecidos el gasto y el nivel de operación, el operador decide cuántas y cuáles unidades de bombeo pone a funcionar, tomando en cuenta el nivel mínimo de operación de cada una de ellas, bitácora de tiempos y bombas de reparación.

Mediante dos personas que controlan la operación, el de la subestación y el que se encarga de operar las bombas, siguen como instrucción operar según el nivel de agua que se tenga. En caso de que haya regla de nivel, se sigue como medida operativa que cada 25 cm., suba o baje el nivel, se encienda o apague respectivamente una unidad y a partir de éstos, llevar la operación.

Para operar los equipos de bombeo de los pasos a desnivel, se encuentran asignados dos operadores por paso o varios pasos, los cuales utilizan su criterio, experiencia e instrucciones de sus superiores para operarlas. La estrategia de operación depende básicamente del nivel de agua en el colector, el cual, al absorber más caudal del debido, crea problemas en dicho paso, y si estos niveles de agua se detectan peligrosos, se hace necesario el cierre del tránsito de vehículos; posteriormente se empieza a abatir al máximo el nivel del agua en el cárcamo de bombeo.

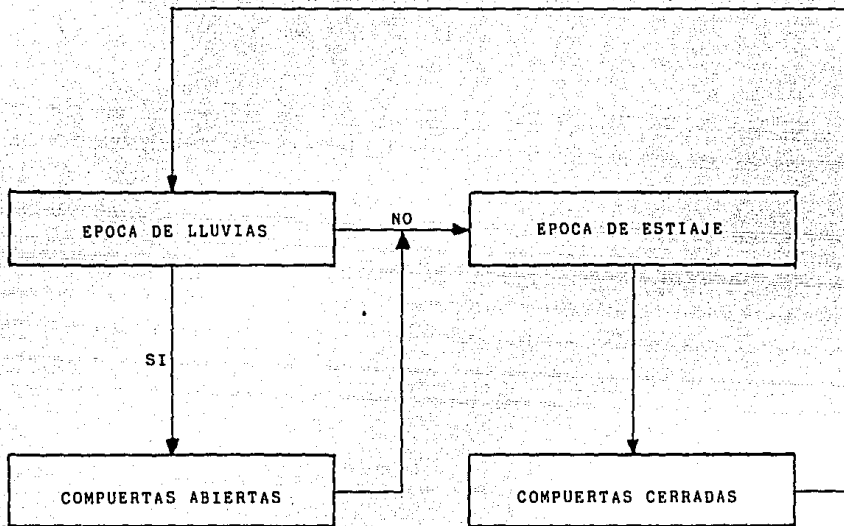


#### IV. DRENAJE PROFUNDO

En general, se puede decir que durante la fase de mantenimiento, las compuertas de las tomas permanecen cerradas, el programa de mantenimiento se pone en marcha, se hacen las lecturas de nivel frente a la obra de toma con periodicidad y se recoge diariamente la gráfica que registra el limnógrafo correspondiente. Durante la operación y en ausencia de lluvias intensas o prolongadas, las acciones difieren de las de las fases de mantenimiento únicamente en que las lecturas de nivel se efectúan con mayor frecuencia.

Si las lluvias son intensas o prolongadas, en las obras de toma se abren algunas compuertas para descargar gastos controlados. Una vez conocido el gasto requerido y el nivel del canal o río, se calcula la abertura de las compuertas. Para cada compuerta la abertura se corrige dependiendo de los cambios de nivel de agua frente a la obra de toma correspondiente; una vez que la situación se normaliza, las compuertas se vuelven a cerrar. En este caso, también se toman lecturas de nivel y se recogen las hojas de lectura con niveles de operaciones realizadas.

Las captaciones se operan en la temporada de estiaje completamente cerradas y en época de lluvias totalmente abiertas, salvo casos en los que se necesite mantenimiento. A continuación se presenta el diagrama de decisión en las obras de toma - San Javier y Cuatepec.



OBRAS DE TOMA SAN JAVIER Y CUAUTEPEC

**Mantenimiento Preventivo.-** Son aquellas actividades que se llevan a cabo mediante programas para "componer las cosas antes de que fallen".

**Mantenimiento Correctivo.-** Son aquellas reparaciones que se efectúan cuando falla el equipo.

Hay dos acciones que derivan de la última en situaciones de mayor gravedad que, aún cuando no corresponden al mantenimiento propiamente, son resultado de la falta del mismo. Así, cuando las instalaciones se encuentran muy deterioradas, al grado de que se requieran reparaciones mayores a fin de que funcionen adecuadamente y cumplan su cometido, la actividad se denomina REHABILITACION. Si el equipo está en condiciones inservibles o llega al final de su vida útil, se requiere la reposición.

A partir de 1952, año en que se instalaron las primeras plantas de bombeo, los costos de operación y mantenimiento del sistema de drenaje se incrementaron notablemente. En el transcurso del tiempo, debido principalmente a los hundimientos del subsuelo de la ciudad, lo cual origina que se deformen los conductos, se han tenido que incrementar las instalaciones de bombeo para descargar a los drenes principales e inclusive entre los mismos colectores. Por otro lado, al dedicarse pocos recursos monetarios para cumplir los programas de mantenimiento, los equipos e instalaciones han tenido que trabajar en condiciones poco favorables, lo que trae como consecuencia que no tengan un rendimiento óptimo.

Aunado a lo anterior, nunca se ha tenido una reserva de equipos para sustituir a los que se van descomponiendo, por lo que es necesario a veces, cambiar equipos de una planta a otra. Bajo estas condiciones se provoca que, en una misma planta, se tenga una gran diversidad de marcas y modelos, situación que ha

creado una complejidad en el sistema que se manifiesta en las acciones de operación y mantenimiento.

En los últimos años, para resolver en parte el problema, se han realizado acciones con las cuales se pretende iniciar de inmediato los programas del mantenimiento correctivo correspondiente y posteriormente continuar con el preventivo.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

Y

### RECOMENDACIONES

La creciente explosión demográfica y el constante hundimiento del subsuelo han sido, hasta ahora, los principales obstáculos que se han hecho presentes, dificultando los esfuerzos que se hacen para tratar de aliviar los encharcamientos e inundaciones que se generan en el Distrito Federal.

Aún después de haberse construído cuatro salidas artificiales al Valle de México, las cuales ayudan a evitar inundaciones catastróficas, con las consecuentes pérdidas humanas y materiales, todavía son titánicos los esfuerzos que se realizan para desalojar las aguas pluviales y residuales de la ciudad.

El drenaje de la Ciudad de México, requerirá aún de grandes obras que no sean afectadas de manera importante por el hundimiento del terreno, pero sobre todo, para atender a aquellos que carecen de drenes y elevar el nivel de servicio al 95% de la población, pues, actualmente casi cuatro millones de habitantes carecen del servicio de alcantarillado. Esto se debe en gran parte, a que el sistema de drenaje del Distrito Federal es de tipo combinado, pues los problemas más urgentes de resolver son los ocasionados por las inundaciones y no por falta de drenaje sanitario.

Por otro lado, el aumento en el nivel de servicio de agua potable, sin introducir el drenaje correspondiente, ha provocado el peligro de contaminar el acuífero y los ríos con aguas residuales crudas. Es indispensable que, como parte inseparable del abastecimiento de agua, proveer los medios necesarios para la disposición de las aguas residuales.

Los cauces naturales a cielo abierto que forman el Sistema General de Desagüe y que conducen principalmente aguas pluviales, en su mayoría, están contaminados por aguas residuales y basura, provocando con esto graves problemas de insalubridad.

La situación se agrava, por la gran cantidad de azolve que invade los cauces y por el aumento en los caudales. Por estas razones, las cuencas deberán sanearse para eliminar focos de infección; sin embargo, como en varios de los cauces es imposible lograr esto, será necesario entubarlos.

El Drenaje Profundo, constituye la columna vertebral del sistema de drenaje y de su desarrollo y terminación depende en buena parte la infraestructura de drenaje que se requiera construir en cada zona. Mientras más se retrase su terminación, habrá que recurrir con mayor frecuencia a soluciones que deberán llevarse a la práctica, en el corto y mediano plazo en diferentes rumbos de la ciudad. Una vez concluido, dará una gran flexibilidad al desalojo de las aguas pluviales, ya que aliviará los principales conductos del Sistema General de Desagüe, así como la red primaria de colectores. Obviamente, el éxito del funcionamiento de un sistema de drenaje de tal magnitud y complejidad, dependerá de su correcta operación, ya que seguirá descargando por el Emisor Central, cuya capacidad continuará siendo de  $200 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Es importante, insisto, en la atención que requiere la operación y el mantenimiento de las instalaciones, ya que, en la actualidad, su obsolescencia y la de los equipos instalados en ellas demandan trabajos continuos y efectivos. No obstante, se presentan situaciones que retrasan y obstaculizan las actividades operativas, debido a que muchos de los equipos con que cuentan las plantas de bombeo de aguas negras, deberían haber sido sustituidas hace mucho tiempo. Sin embargo, la mayor parte continúa en operación y con rendimiento poco aceptable.

La situación actual del sistema de drenaje, aún cuando no es crítica, presenta todavía bastantes aspectos que requieren atención, y si no se aceleran los trabajos de las obras faltantes para los próximos años, surgirán graves problemas.

De lo anterior se deduce que, para lograr resolver estos problemas de insuficiencia y/o carencia, se deberán observar - los siguientes lineamientos que por grado de importancia y - factibilidad son:

- 1.1 Las acciones prioritarias que se lleven a cabo, deberán estar orientadas a mejorar la capacidad de conducción mediante el desazolve de redes, empleando la tecnología más adecuada. Aunado a esto, deberán incrementarse los programas de mantenimiento correctivo para rehabilitar las instalaciones que han carecido de mantenimiento preventivo.
- 1.2 Evitar la construcción de líneas primarias en las zonas carentes de servicio y que no tienen un dren principal con capacidad suficiente para recibir las descargas, y promover que los asentamientos humanos - se ubiquen en las áreas que cuentan con servicio.
  - 2.1 Regular los volúmenes de escurrimiento en la medida posible, para reducir las descargas al sistema de drenaje.
  - 2.2 Construir sistemas de drenaje separado en las nuevas zonas urbanas, donde existen posibilidades de aprovechar el agua residual y pluvial, o conveniencias topográficas para el desagüe pluvial. Para ello, será necesario iniciar de inmediato los programas de saneamiento de cuencas.
  - 2.3 Se deberán implantar las nuevas tecnologías estudiadas para el suministro del servicio de alcantarillado, en aquellas zonas que por su posición geográfica resulta difícil proporcionar el servicio mediante - sistemas convencionales.



2.4 Se deberán llevar a cabo las acciones necesarias para entubar los cauces abiertos en áreas urbanizadas, a fin de evitar problemas de insalubridad y mejorar las condiciones estéticas de las áreas que cruzan.

3.1 Iniciar la construcción de drenes principales faltantes y acelerar el ritmo de construcción de las obras actuales, puesto que la infraestructura empieza a ser insuficiente.

3.2 Se deberán estudiar nuevas tecnologías para la revisión del funcionamiento del sistema, así como para el diseño de nuevas obras.

4.1 Conformar un sistema que propicie la flexibilidad de operación, aprovechando el sistema de Drenaje Profundo, la regulación de tanques, lagos y conducciones, así como las estructuras de bombeo.

5.1 Iniciar de inmediato el levantamiento de la red secundaria para definir con más precisión las áreas tributarias de los subsistemas de colectores.

5.2 Construir colectores semiprofundos para evitar encharcamientos por pérdida de eficiencia en las instalaciones, en virtud de las interferencias con otros servicios urbanos.

Por todo lo anterior, se concluye que es urgente lograr una mayor congruencia entre el crecimiento urbano y el desarrollo del sistema de drenaje. Deben de tomarse medidas para reducir la anarquía en el crecimiento de la ciudad. En este sentido, hay que considerar que en varias partes que no están com-

pletamente urbanizadas, pero en las cuales existe infraestructura de drenaje cercana, los colectores ya trabajan saturados en la época de lluvias y no admiten cuadales adicionales. Por lo tanto, si bien es importante reglamentar el uso del suelo, es más urgente definir las áreas a las que se les podrá dar el servicio, conforme se complete la infraestructura de drenaje. Por lo pronto, ya es indispensable disminuir la urbanización de las partes altas de las zonas poniente, sur y norte, que actualmente atraen población. También urge desalentar los asentamientos humanos en cauces, barrancas y vasos de presas, y -- los terrenos propicios para la construcción de presas y lagunas de regulación, deben reservarse exclusivamente para estos fines.

Mientras más pueda reducirse el caos con que crece la ciudad, menos desorbitada será la demanda del servicio de drenaje.

Mientras más pueda reducirse la sobreexplotación de los acuíferos, más durables serán las soluciones que se apliquen a los problemas de drenaje. Asimismo, no debe olvidarse que la demanda de nueva infraestructura también se reducirá si se cuida la existente.

Finalmente, conviene recalcar que son muchos los millones de pesos que hacen falta para desazolvar la red y muchos también los millones que hacen falta para rehabilitar conductos, estructuras e instalaciones electromecánicas; muchos los recursos que hay que destinar al mantenimiento preventivo; muy grande el esfuerzo de organización y de ingeniería para lograr todo lo anterior; pero es todavía mayor el costo de no hacerlo.

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

PLAN MAESTRO DE DRENAJE, VOL. I Y II

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica  
México, D.G.C.O.H. 1982.

EL SISTEMA HIDRAULICO DEL DISTRITO FEDERAL

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica  
México, D.G.C.O.H. 1982.

HIDRAULICA DEL ALCANTARILLADO

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura  
I. P. N. 1984.

NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN  
LOCALIDADES URBANAS DEL DISTRITO FEDERAL

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas

SANEAMIENTO AMBIENTAL

Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria 1982.

ESPECIFICACIONES GENERALES Y TECNICAS DE CONSTRUCCION

Construcción de Redes de Alcantarillado y Emisores D.G.C.O.H.

MEMORIAS DE LAS OBRAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO DEL DIS-  
TRITO FEDERAL

Dirección General de Obras Hidráulicas del D.F. 1975.

MANUAL DE OPERACION DEL SISTEMA DE DRENAJE, VOL. IV

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica  
México, D.G.C.O.H. 1984.

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Steel, E.W. y Terene J. Mcghee  
Barcelona, Gustavo Gili, 1981.