

CAPÍTULO III

PROYECTO EJECUTIVO.

El constante crecimiento urbano en las localidades obliga a una meditación en cuanto a la solución del drenaje, lo que exige la interrelación en la planificación urbana con el objetivo de preservar la integridad física de las vías para garantizar el libre desenvolvimiento de la ciudadanía en época de lluvias.

La vida útil de los sistemas de drenaje urbano están muy relacionados no solo con la calidad de los materiales y la calidad de construcción, sino con la planificación y concepción de los criterios de diseño.

La recolección, encauzamiento y disposición de las aguas, tanto superficiales como subterráneas son esenciales para garantizar la estabilidad e integridad de las ciudades. Un sistema de drenaje urbano está constituida por un conjunto de obras; una parte de las cuales está dirigida a proteger la integridad de la ciudadanía, es decir cumplir una función básica y otra a garantizar el ágil desenvolvimiento del tráfico de vehículos. En función del gasto a considerar en el proyecto y un límite aceptable del tiempo de inundación admitido; dependerá el mayor o menor grado de riesgo del sistema de drenaje.

Se considera inundación al flujo o invasión de agua, por exceso de escurrimientos superficiales o por su acumulación en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial. Una inundación se produce cuando el caudal de las avenidas generadas en una cuenca supera la capacidad del cauce (desbordamiento). En general, la magnitud de una inundación provocada por procesos de origen hidrometeorológico, depende de la intensidad de las lluvias, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, de las características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas. Las causas más comunes de las inundaciones provocadas por la lluvia son: La precipitación intensa localizada, el tiempo prolongado de lluvia y la precipitación intensa distribuida.

Desde el punto de vista sanitario, las aguas negras y pluviales son desechos originados por la actividad vital de una población y por la lluvia. La función primordial de un sistema de alcantarillado pluvial es eliminar rápida y eficazmente las aguas de lluvia que tienden a acumularse en las zonas bajas de las localidades, causando daños y molestias de la población.

La ubicación de los interceptores y la determinación de sus capacidades son los problemas esenciales a resolver en un proyecto pluvial.

La ubicación de los interceptores es un problema de relativa sencillez de solución que corresponde a la planeación física del sistema, para lo cual el ingeniero proyectista dispone de la topografía de la zona o área por drenar y del conjunto de reglas prácticas, dictadas por el sentido común y la experiencia: los interceptores debe localizarse en el centro de las calles y solo en casos especiales variarse esta ubicación. Nunca deben cruzar edificaciones o manzanas. Deben ubicarse en las calles más bajas para facilitar hacia ellos el escurrimiento de las zonas más elevadas. Debe evitarse la utilización de bombeos y aprovechar íntegramente la gravedad. Se procurará que las líneas sean lo más rectas posibles, sin inflexiones o vueltas para evitar la formación de contracorrientes y se buscará siempre el camino más corto para llegar al sitio de vertido.

En contrapartida, la determinación de la capacidad de los interceptores y de los demás componentes del sistema es un problema más complejo de resolver, para lo que no existen reglas precisas a seguir. En teoría, es un problema hidráulico que requiere de mediciones y desarrollos analíticos para cada caso, en tanto no hay dos sistemas idénticos; sin embargo, la solución de una infinidad de casos ha permitido concluir que los gastos por transportar y en consecuencia los diámetros de las tuberías (capacidad del sistema) son una función de las áreas de aportación de aguas de lluvia e intensidad de la misma; de un coeficiente de escurrimiento que agrupa a distintos factores como la permeabilidad, infiltraciones, evaporación y rugosidad de los materiales y, del tiempo de retorno de las lluvias que se elija para proteger a la zona y a sus habitante de inundaciones frecuentes. Las

inundaciones se producen cuando lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los cursos de agua. Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río. Las inundaciones pueden clasificarse según su origen y según su tiempo de aparición. De acuerdo con su origen las inundaciones se clasifican en pluviales, fluviales, costeras y lacustres. Por otro lado y de acuerdo con la velocidad con la que se presenta la inundación estas pueden clasificarse en repentinas o súbitas y lentas. Las inundaciones pluviales, causadas directamente por la lluvia, y las fluviales, causadas por el desbordamiento de los ríos, son consecuencia de las precipitaciones que se producen cuando la humedad contenida en los mares, océanos y otros grandes cuerpos de agua es transportada hacia tierra por el viento; al ascender el vapor de agua y disminuir su temperatura, la humedad se precipita en forma de lluvia, nieve o granizo, El proceso puede originarse debido a ciclones naturales, vientos normales y frentes polares.

Todos estos factores de los que depende la capacidad de un sistema, han sido estudiados por diversos investigadores quienes desarrollaron, basados en proyectos específicos y experiencias concretas, distintos métodos para calcular la capacidad hidráulica de un sistema. En general, todos los métodos conocidos tienen fundamentos teóricos muy parecidos y difieren en la proporción en que relacionan los factores determinantes de la cantidad de lluvia por desalojar.

Las inundaciones lentas (pasivas) se presentan cuando el agua proviene de lluvias o del desbordamiento de una corriente de agua que cubre poco a poco las zonas cercanas a su cauce, llenando de agua las planicies y valles que rodean el río, así como las viviendas, construcciones, cultivos. Con los aguaceros fuertes y prolongados que caen sobre llanuras y planicies, el agua puede ser absorbida por el suelo a manera de una esponja. Al continuar la lluvia, esta especie de esponja natural se satura de agua, facilitando el encharcamiento y luego la inundación. En otros casos, si los aguaceros son fuertes y prolongados en las partes altas de la cuenca, los niveles del río irán aumentando lentamente hasta superar la capacidad

del cauce y producir así la inundación por desbordamiento. Así mismo, la actividad humana juega un papel esencial al producir erosión de los suelos, cuyos sedimentos al ser arrastrados por las aguas son depositados posteriormente en las partes bajas. Estas acumulaciones hacen que se disminuya la capacidad del cauce y se produzcan nuevas inundaciones y cambios en el curso.

Los sistemas de alcantarillado tienden a resolver en forma positiva el problema de alejamiento de aguas negras y pluviales, por medio de conductos o tuberías generalmente subterráneas que se encargan de recolectar las aguas de desecho y las transportan en forma segura y rápida, hasta el lugar de la disposición final. Este lugar, en un proyecto correctamente concebido, deberá ser un sitio donde sea posible someterlas a un proceso de tratamiento.

El tratamiento de las aguas residuales tiene como propósito lograr su estabilización para quitarles el poder nocivo que conllevan y poder disponer de ellas en forma segura, sin que causen peligros ni riesgos a la salud humana.

Una localidad enfrenta dos necesidades básicas en materia de alcantarillado: El desalojo de las aguas negras producidas por la población, actividades industriales y comerciales que en ella se llevan a cabo, y el desalojo de las aguas de lluvia.

Las aguas negras se producen en forma continua y aumenta en cantidad conforme la población y diversifica sus actividades socioeconómicas; producen enfermedades infecciosas, afecta la salud y el medio ambiente y por tanto, deben ser tratadas antes de ser descargadas en los ríos, lagos u otros cuerpos de agua, o de ser reutilizadas para la agricultura, riego de jardines u otras actividades.

La formulación de un proyecto de alcantarillado requiere de estudios previos, tanto de campo como de gabinete, que permitan al ingeniero proyectista concebir con mayor amplitud de criterio la solución o soluciones posibles a los problemas sanitarios de una localidad. De la cantidad y calidad de la información previa que se obtenga y de su selección y procesamiento, dependerán las características, eficiencia y costos del proyecto.

Las investigaciones de campo y estudios de gabinete previos deberán realizarse con la mayor seriedad y responsabilidad, pues de ellos depende que las distintas

fases o etapas de la formulación del proyecto se realicen con eficacia y se justifiquen técnicamente y económicamente.

Los estudios básicos previos al proyecto son: el de población o demográfico, el topográfico, el geológico y el de climatología e hidrología.

En lo que respecta al servicio de alcantarillado sanitario actualmente la localidad no cuenta con un servicio eficiente ya que sufren de inundaciones en varias zonas del municipio tanto en la cabecera municipal como en las localidades de Visitación y San Francisco Tenopalco los tramos de drenaje con que cuentan son descargados en canales al aire libre.

Las zonas más afectadas por las inundaciones son el centro de Visitación donde se ubica la iglesia y las calles aledañas principalmente.

En la localidad de San Francisco la calle Felipe Carrillo, siempre esta encharcada.

En lo que respecta al municipio Melchor Ocampo las inundaciones son por toda la cabecera municipal algunas de estas son, a la entrada del municipio Melchor Ocampo donde se ubica una gasolinera, la calle Zaragoza a la altura del campo de futbol, y toda una parte del centro del municipio.

El proyecto consiste básicamente en abastecer de un sistema de Alcantarillado Sanitario al municipio Melchor Ocampo, las localidades de Visitación y San Francisco Tenopalco de manera más eficiente y constante, además de incorporar los pequeños tramos con los que actualmente cuentan con servicio al colector principal de proyecto. En forma general, el proyecto, tiene como objetivo desarrollar el programa de acciones para mejorar el funcionamiento del sistema de drenaje y alcantarillado haciendo más eficiente su operación, de acuerdo a las características y las necesidades específicas de la población y de la localidad.

El alcance del proyecto contempla solamente el diseño del colector principal; por lo cual no se diseñará la red de alcantarillado ni subcolectores.

El diseño del colector principal se apega a las normas y lineamientos de la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM), su ubicación serán en las partes bajas, principalmente esto con la finalidad de captar todas las descargas existentes y de proyecto, en casos excepcionales donde no se cuente con una

traza urbana pero se tengan asentamientos se recolectaran las aportaciones hasta incorporarlas al punto más cercano de la red principal.

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el Municipio de Melchor Ocampo y las localidades de Visitación y Melchor Ocampo, deberá cumplir con las normas establecidas por la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) para que el afluente del proceso no cause daños al entorno.

III.1 PARTES QUE CONSTA LA RED DE ALCANTARILLADO.

Un sistema de alcantarillado, ya sea que se trate de la conducción de aguas negras, pluviales o de ambas, consta de estructuras básicas y estructuras conexas, la disposición final de las aguas, si bien no es una estructura, se considera una parte del sistema porque de su forma, ubicación y correcta ubicación depende la eficacia global del sistema. No se cumple el propósito sanitario de la red de alcantarillado, si la disposición final de las aguas es inadecuada, cuando se vierten por ejemplo, en arroyos o ríos que pasan abajo, cerca de otras poblaciones a las que causarán daños o problemas. Similar situación se presentan cuando se usan para riego o en la industria sin el tratamiento previo. Las plantas de tratamiento en estricto sentido también forman parte de los sistemas de alcantarillado, sin embargo, por sus características y complejidad de diseño y construcción, son objeto de proyectos específicos. Tomando en cuenta lo anterior, las parte o estructuras básicas de una red de alcantarillado son las que se describen a continuación:

- a) Albañales. Se denominan así a los conductos que recolectan las aportaciones de aguas residuales de una casa o edificio y las entrega a la red municipal. Estos conductos se dividen en dos partes: A la primera se le denomina albañal interior y es la que se localiza dentro del predio, casa o edificio. A la segunda parte se le denomina albañal exterior, por que se localiza del parámetro exterior de la casa o edificio al entronque con el conducto de la calle. Al conducto o albañal exterior también se le denomina descarga domiciliaria.

- b) Atarjeas. Son las tuberías de diámetro mínimo dentro de la red, que se instalan a lo largo de los ejes de las calles de una localidad y sirven para recibir las aportaciones de los albañales o descargas domiciliarias de las casas o edificios.
- c) Subcolectores. Son los conductos que reciben las aportaciones de aguas residuales provenientes de las atarjeas y por lo tanto tienen un diámetro mayor. Sirven además, como líneas auxiliares de los colectores.
- d) Colector. Es la línea o conducto principal que se localiza en las partes bajas de la localidad. Su función es capturar todas las aportaciones provenientes de subcolectores, atarjeas y descargas domiciliarias para conducir las hasta la parte final de la zona urbana donde se iniciará el emisor.
- e) Emisor. Es el conducto comprendido entre el final de la zona urbana y el sitio de vertido o en su caso, planta de tratamiento. El emisor recibe solo aportaciones de aguas residuales provenientes del colector o colectores por lo que su función es transportar la totalidad de las aguas captadas por el resto de la red de alcantarillado.
- f) Interceptor. Es un conducto abierto o cerrado que intercepta o desvía las aguas pluviales, aliviando problemas que ponen en peligro a la población.
- g) Disposición final. Una vez sometidas a tratamiento quitándoles su poder nocivo, las aguas residuales se podrán verter a corrientes naturales (arroyo, río, lago o mar) o en su caso usarlas para riego agrícola, riego de parques o jardines, o canalizarlas hacia industrias. Por otra parte, las estructuras conexas que permiten el funcionamiento de una red de alcantarillado son las que se describen en los incisos siguientes.
- h) Pozos de visita. Son estructuras parecidas a chimeneas verticales construidas de tabique o cajas de concreto reforzado que se colocan sobre las tuberías. Tienen un acceso por la superficie de la calle, suficientemente amplio para dar paso a un hombre y facilitar que pueda maniobrar en su interior. Su forma generalmente es cónica y sus funciones principales son las de proporcionar ventilación a los conductos, para evitar la acumulación

de gases producidos por las aguas residuales, y la de facilitar las maniobras para la limpieza de toda la red. Este tipo de estructura se localizan en los cruces de las calles, en cambios de pendientes o en la dirección de los ejes de las calles para seccionar un tramo demasiado largo.

- i) Caídas. Son estructuras que se utilizan para absorber un desnivel entre la unión de dos tuberías con el fin de ahorrar excavación o de disminuir una pendiente en la tubería para no rebasar las velocidad máxima permitida.
- j) Estaciones de bombeo. Se diseñan para elevar las aguas de una zona a otra de la población cuando por razones topográficas no es posible integrarlas al sistema general por gravedad.
- k) Sifón invertido y puente canal. Son estructuras que sirven para salvar el paso de una depresión fuerte.
- l) Coladeras pluviales. Son estructuras que se proyectan en un sistema combinado para inducir, en tiempos de secas, que las aguas negras se transporten por un conducto hasta la planta de tratamiento, en tiempo de lluvias, las aguas combinadas se viertan a una corriente o cuerpo de agua.

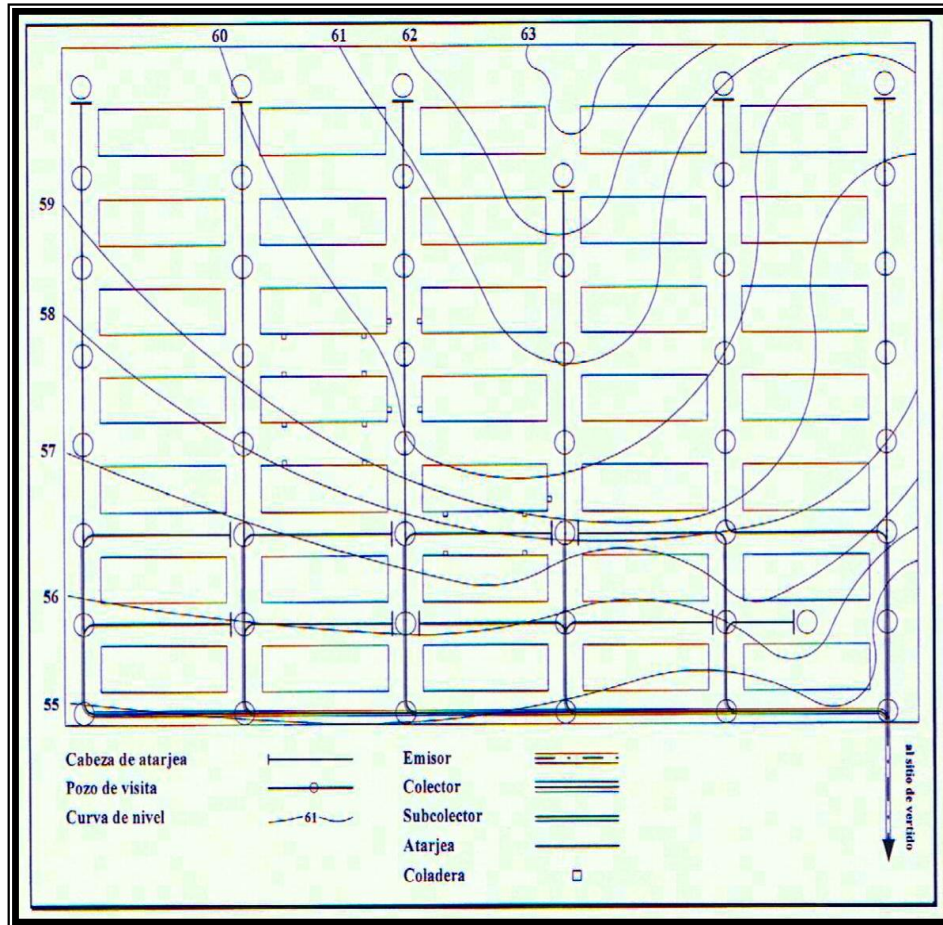
III.1.1 REQUISITOS QUE DEBE SATISFACER UNA RED DE ALCANTARILLADO.

Toda red de alcantarillado correctamente proyectada debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Localización adecuada de la red.
 - Seguridad en la eliminación.
 - Capacidad suficiente.
 - Resistencia adecuada.
 - Profundidad de instalación apropiada.
 - Facilidad para la limpieza e inspección.
- a) Localización adecuada. Los conductos de una red de alcantarillado deben instalarse coincidiendo con los ejes de las calles. Cuando la calle es muy ancha se localizan dos conductos, uno a cada lado próximo a

las guarniciones de las banquetas. La red deberá estar constituida por tramos rectos que encaucen las corrientes por el camino más corto hacia el lugar de vertido evitando la formación de contracorrientes.

FIGURA III.1 “PARTES DE QUE CONSTA UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO”



Los colectores deberán quedar alojados en las calles que tengan elevaciones de relleno más bajas para facilitar el escurrimiento de las zonas elevadas hacia ellos. Se procurará que los conductos de la red trabajen siempre a gravedad, evitando hasta donde sea posible el establecimiento de estaciones de bombeo que encarecen la construcción del sistema.

- b) Seguridad en la eliminación. La eliminación de las aguas negras se deben hacer en forma rápida y sin causar molestias o peligros a la comunidad.
- c) Capacidad suficiente. La red de alcantarillado debe proyectarse con suficiencia para conducir en condiciones de seguridad el volumen máximo de aguas por eliminar, a fin de que el alojamiento sea rápido y no se provoquen estancamientos y por ende, depósitos indeseables y daños.
- d) Resistencia adecuada. Los conductos deben resistir los esfuerzos a que están sujetos, tanto interior como exteriormente, procurando que los materiales utilizados para la construcción sean lo suficientemente impermeables para evitar fugas perjudiciales de aguas negras. Además, deben resistir lo mejor posible el ataque corrosivo de los gases emanados de las aguas negras.
- e) Profundidad apropiada. La profundidad de los conductos de la red, debe ser suficiente para evitar rupturas ocasionadas por el efecto de cargas vivas, además de asegurar la correcta conexión de las descargas domiciliarias y garantizar un buen funcionamiento hidráulico.
- f) Facilidades para la limpieza e inspección. Es imposible que una red de alcantarillado se conserve limpia por sí sola, ya que las materias en suspensión tienden a sedimentarse y adherirse a las paredes de los conductos, aún cuando la velocidad del agua sea superior a los límites mínimos. Por lo tanto, es necesario inspeccionarla y desazolverla periódicamente para conservar los conductos en las mejores condiciones de funcionamiento hidráulico.

III.1.2 TRAZO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO.

Por razones de economía, el trazo de una red de alcantarillado debe tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en aquellas zonas donde sea necesario el bombeo.

El trazo de una red de alcantarillado se inicia con la definición del sitio o de los sitios de vertido, a partir de los cuales puede definirse el trazo de colectores y emisores.

Una vez definido esto, se traza la red de atarjeas. En ambos casos, pueden elegirse varias configuraciones o trazos.

Se denomina configuración de un sistema de alcantarillado al trazo definido para los colectores y emisores de la red, el cual depende, principalmente, de la topografía de la zona, del trazo de las calles en la localidad, de la ubicación de los sitios de vertido y de la disposición final de las aguas.

Dependiendo de la configuración topográfica de la localidad, el trazo de las líneas principales de un sistema de alcantarillado puede tener alguna de las variantes que se muestran en las figuras contenidas en este inciso:

a) Modelo perpendicular. Se utiliza en comunidades que se ubican a lo largo de una corriente, con el terreno inclinado hacia ella, por lo que las tuberías se colocan perpendicularmente a la corriente y descarga a colectores o a la corriente.

Este modelo se utiliza para buscar la trayectoria más corta hacia los canales superficiales existentes o hacia los colectores.

b) Modelo radial. En este modelo la pendiente del terreno baja del centro del área por drenar hacia los extremos, por lo que la red de atarjeas descarga a colectores perimetrales que llevan el agua al sitio de vertido.

c) Modelo de interceptores. Se emplea para recolectar aguas pluviales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas; el agua se capta con colectores cuyo trazo es transversal a las curvas de nivel, que descargan a un interceptor o emisor que lleva el agua al sitio de vertido.

d) Modelo en abanico. Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se traza la red de atarjeas reconociendo hacia el centro del valle y mediante un colector se traslada el agua pluvial a la zona de vertido.

A continuación se presentan las figuras que ilustran los sistemas de alcantarillado:

FIGURA III.2 "MODELO PERPENDICULAR"

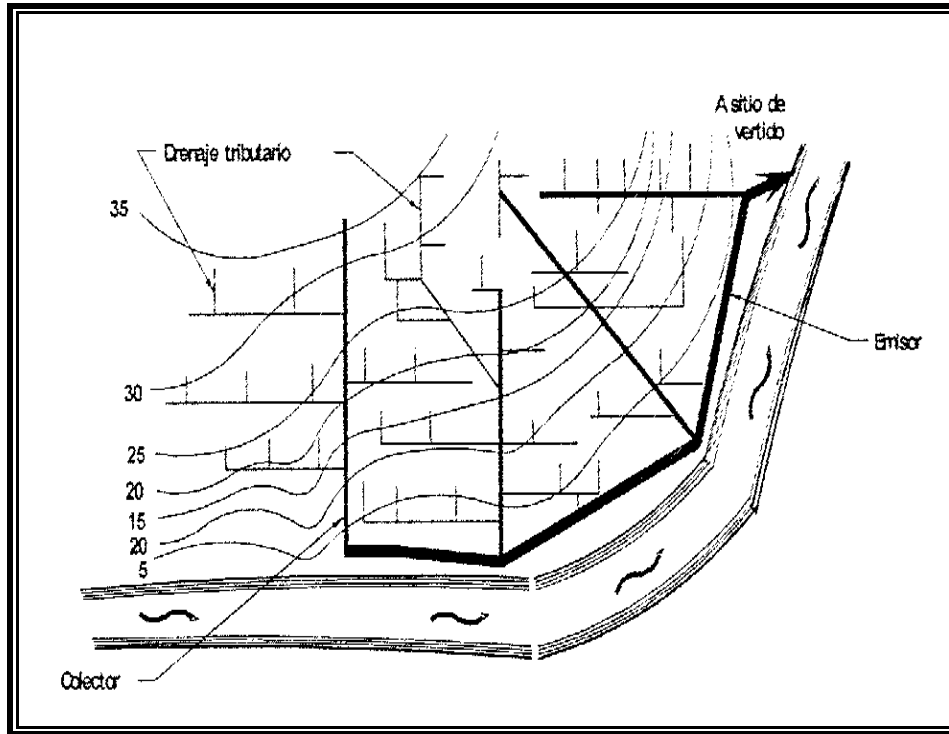


FIGURA III.3 "MODELO RADIAL"

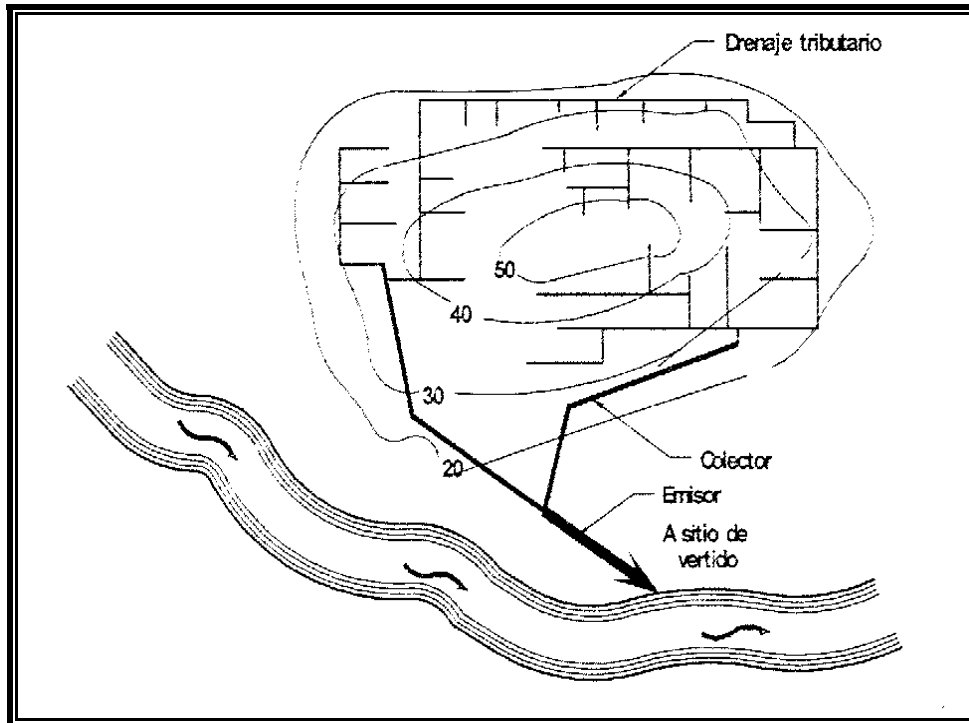


FIGURA III.4 "MODELO DE INTERCEPTORES".

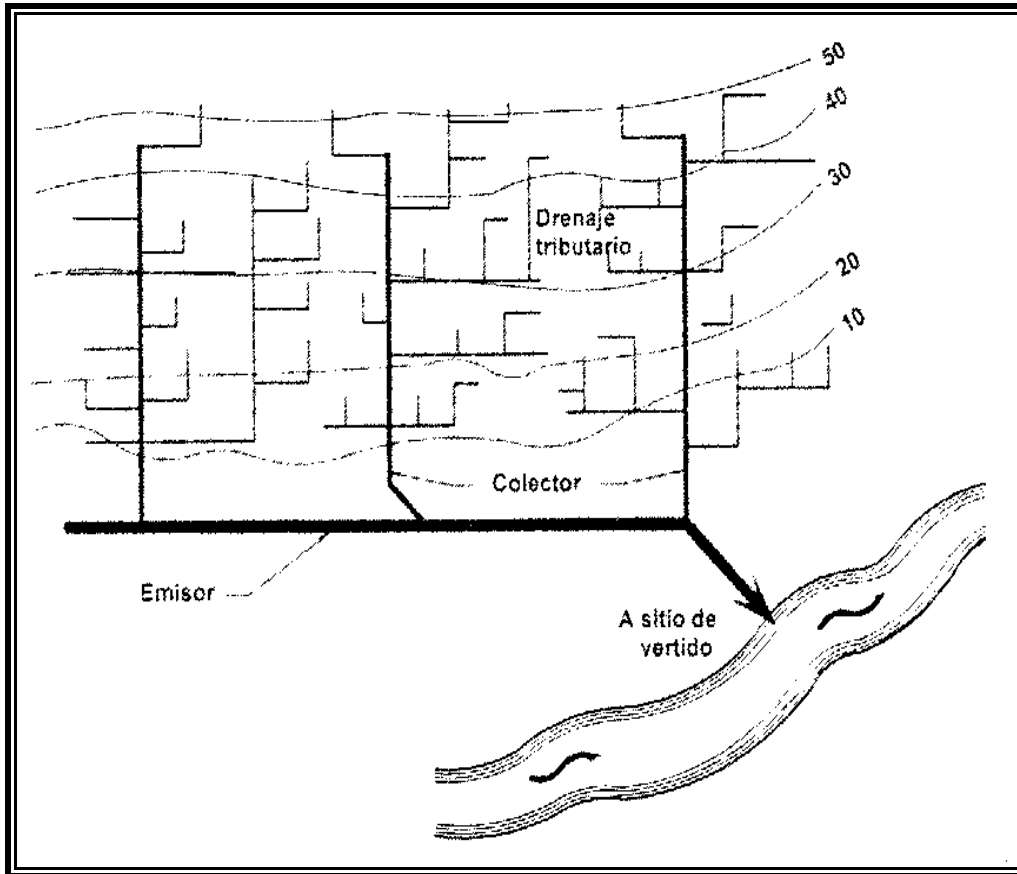
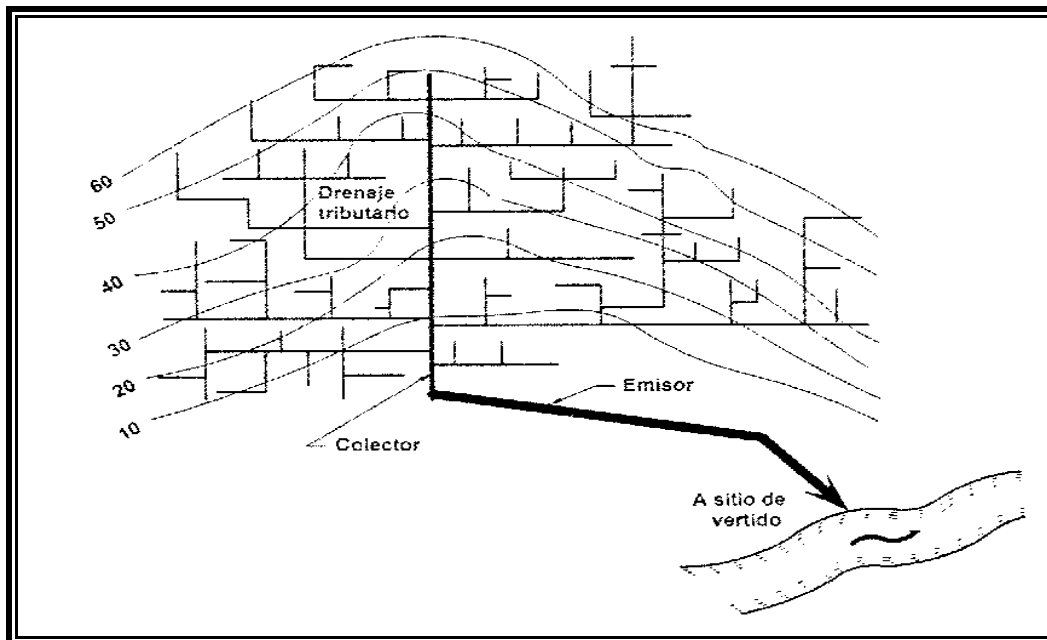


FIGURA III.5 "MODELO EN ABANICO".



Una vez que se han trazado las líneas principales del colector, subcolector y emisor, se definen las atarjeas. Su localización estará de acuerdo con la planeación general de la red y se proyectarán desde los límites de la zona por sanear hasta los colectores siguiendo el recorrido más adecuado y rápido.

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y conducir las aguas pluviales captadas en los sumideros distribuidos en la zona de proyecto hasta la red troncal de colectores. El ingreso del agua a la red es entonces paulatino y conforme avanza en su recorrido hacia los colectores se incrementa el caudal.

Una vez elegido el modelo de configuración de colectores y emisores que se considere más adecuado para la zona de estudio, el paso siguiente es trazar la red de atarjeas.

Entre los trazos de la red de atarjeas más usadas se pueden mencionar, en forma general los tipos siguientes:

- a) Trazo en bayoneta. Se denomina así al trazo que, iniciando en una cabeza de atarjea, tiene un desarrollo en zigzag o en escalera. La ventaja de utilizar este tipo consiste en reducir el número de cabezas de atarjea y permitir un mayor desarrollo de las atarjeas, incrementando el número de descargas para facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar eficientemente la capacidad de los conductos.
- b) Trazo en peine. Es el trazo que empieza la captación con una cabeza de atarjea, la cual descarga en una atarjea perpendicular común de mayor diámetro a ellas, misma que a su vez descarga a otra atarjea o colector de mayor diámetro.

Las ventajas de este sistema consisten en garantizar la aportación rápida y directa del agua pluvial de la cabeza de atarjea común de cada peine y de éstas a los colectores, propiciando que se presente rápidamente un régimen hidráulico establecido; además se tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es plana.

FIGURA III.6 "TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS EN BAYONETA".

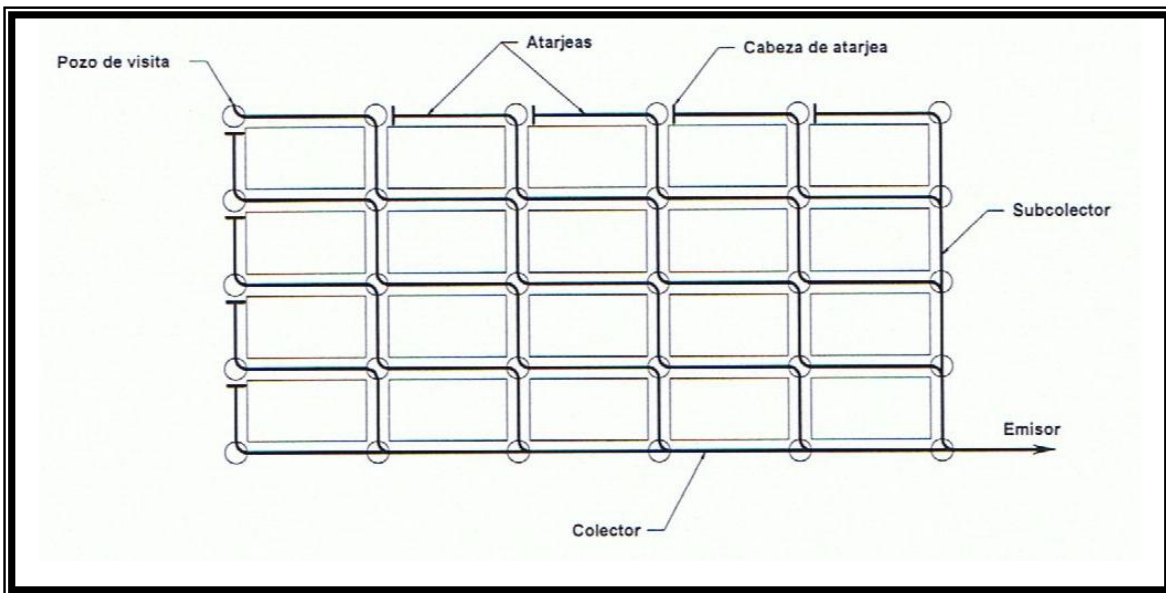
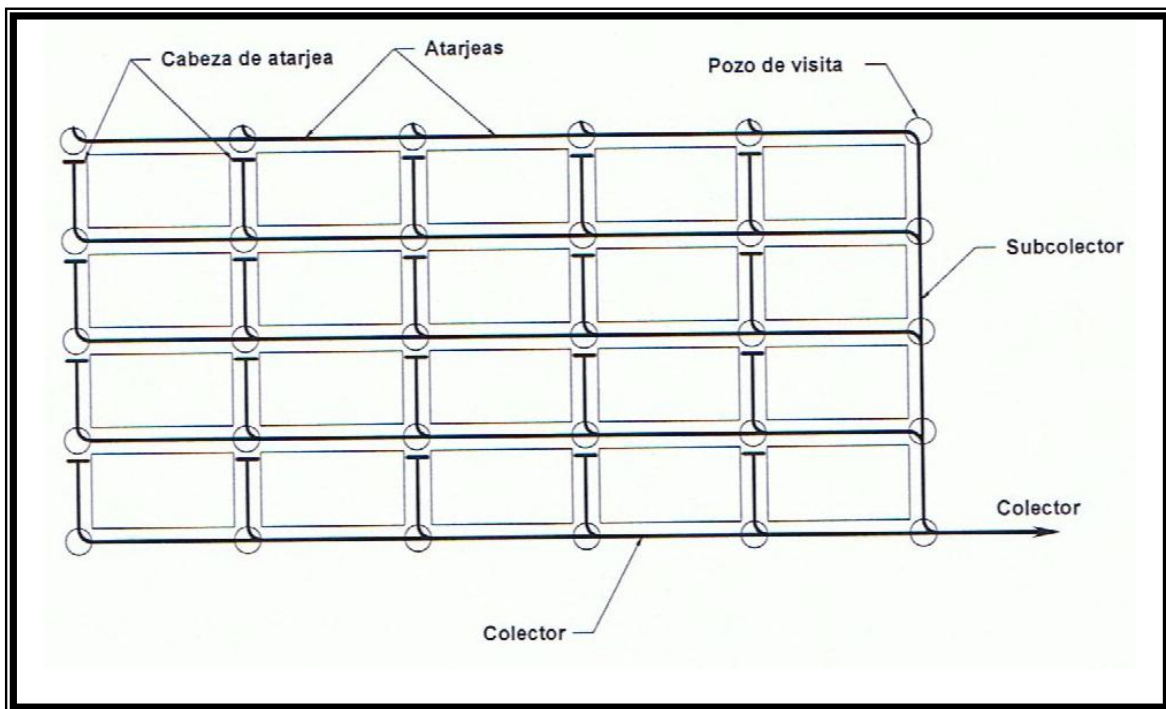


FIGURA III.7 "TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS EN PEINE".

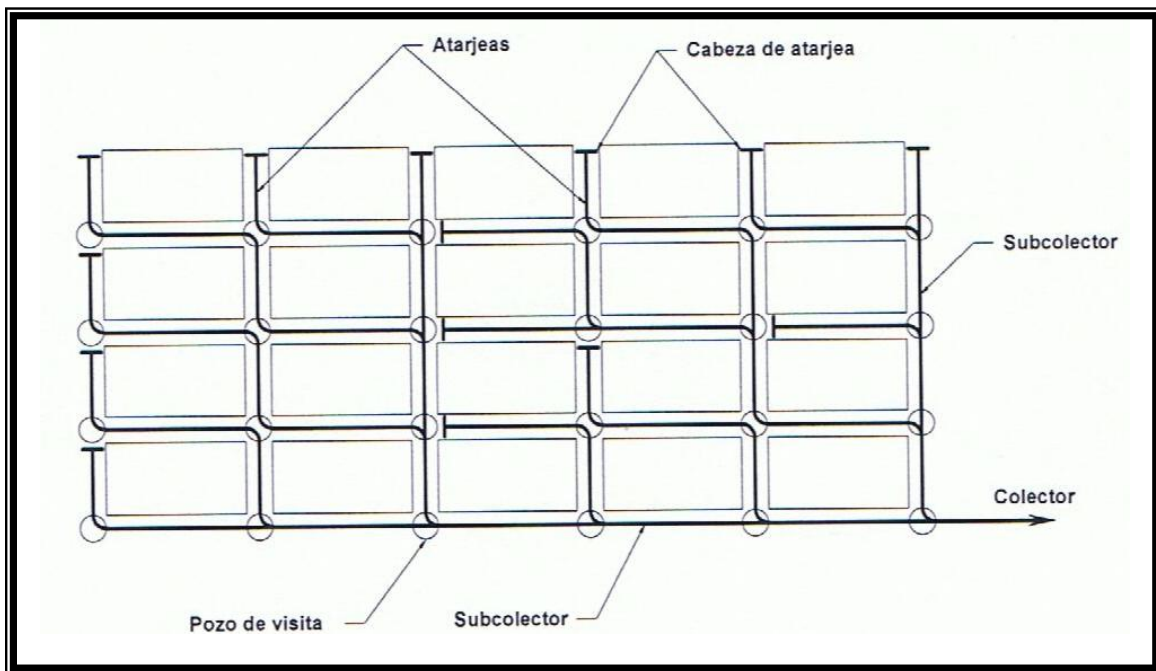


**PROYECTO EJECUTIVO DE UN COLECTOR
COMBINADO EN LA ZONA NORORIENTE
DEL ESTADO DE MEXICO**

Este sistema también tiene desventajas, entre las que se puede mencionar que debido al corto desarrollo de las atarjeas en el inicio de la red, a partir de la cabeza de atarjea, antes de descargar un conducto mayor, en la mayoría de los casos aquellas trabajan por debajo de su capacidad, ocasionando que se desaproveche parte de dicha capacidad; otra desventaja que se presenta se debe a que los tramos iniciales normalmente son poco profundos a fin de que puedan descargar al conducto perpendicular común de diámetro mayor, por lo que se requiere de gran cantidad de pozos con caída adosada para cada una de las atarjeas.

c) Trazo combinado. Es una combinación de los dos mencionados anteriormente. Se emplea de acuerdo a la topografía que se presente en el área de proyecto teniendo como objetivo el reducir los costos de construcción.

FIGURA III.8 “TRAZO DE LA RED DE UN SISTEMA COMBINADO”.



En lo que se refiere a la ubicación de sumideros o coladeras, existen varios tipos de bocas de tormenta o coladeras pluviales. De acuerdo a su diseño y ubicación en las calles, se clasifican en coladeras de: piso, banqueta, piso y banqueta, longitudinales de banqueta y transversales de piso.

La instalación de un tipo de coladera o de una combinación de ellas, depende de la pendiente longitudinal de las calles y del caudal a colectar.

Las coladeras de banqueta se instalan cuando la pendiente de la acera es menor del 2 %; cuando se tienen pendientes entre 2 y 5 % se instalan coladeras de piso y banqueta, y para las pendientes mayores del 5 % se instalan únicamente coladeras de piso.

Las coladeras de tipo longitudinal de banqueta y transversales se instalan cuando la pendiente es mayor del 5 % y también cuando los caudales por captar son lo suficientemente grandes.

Las tuberías empleadas en un sistema de alcantarillado se clasifican según el tipo de material con el que fueron construidas y serán utilizadas de acuerdo a las condiciones topográficas y geohidrológicas del terreno en la zona de proyecto. Los distintos tipos de tubería se describen a continuación.

- a) Tuberías de concreto simple. Son las más económicas y las que más comúnmente se usan en la construcción de redes de alcantarillado. Los diámetros generalmente empleados son: 15, 20, 25, 30, 38 y 45 cm.
- b) Tuberías de concreto reforzado. Se refuerzan con dos juntas entrelazadas de varilla calculadas para resistir la presión de trabajo. Los diámetros más empleados son: 61, 76, 91, 107, 122, 152, 183, 203 y 244 cm. Para diámetros superiores se construyen y se cuelan en el sitio.
- c) Tubería de barro vitrificado. Estas tuberías se construyen en diámetros pequeños (20 a 30 cm) por tener un costo más elevado en comparación con las tuberías de concreto simple. Se usan en casos donde la pendiente es muy fuerte, porque admiten mayores velocidades. Su coeficiente de rugosidad es menor que el de tuberías de concreto simple, son más resistentes a la erosión y ofrecen una buena impermeabilidad además de una tersura suficiente para un escurrimiento en las mejores condiciones.
- d) Tuberías de asbesto cemento. Esta clase de tuberías por su alto costo se usa en pocos casos, siendo uno de los principales, cuando se requiere que el agua freática no se infiltre. Esta tubería está fabricada con una pasta de

asbesto Portland, sus juntas son muy herméticas y también son empleadas en sifones para cruces de ríos y otros casos especiales.

- e) Tuberías de acero y fierro fundido. El uso de estas tuberías es muy limitado. Son tuberías que tienen el inconveniente de ser altamente corrosivas. Se usan en cruces de ríos o arroyos como puentes canal y se construyen en todos los diámetros. Sus costos son elevados.
- f) Tuberías de PoliCloruro de Vinilo (PVC). Son tuberías de policloruro de vinilo. Material plástico que pertenece al grupo de los termoplásticos, caracterizados estos por la particularidad de recuperar sus propiedades físicas cada vez que son sometidos a la acción del calor. Por su alto costo se usan en casos específicos en los alcantarillados, existiendo solamente diámetros de 15, 20, 25, 30 y 45 cm. Sus juntas son herméticas y de fácil instalación.

III.1.3 TÉCNICAS DE DISEÑO DE LOS COLECTORES PARA SISTEMAS COMBINADOS DE ALCANTARILLADO.

La principal función de un sistema combinado es recolectar por una misma tubería, las aguas negras y las aguas pluviales. El diseño del sistema se realizará con el gasto total que resulta de la suma del gasto de aguas negras más el gasto de aguas pluviales.

Es decir: $Q \text{ total} = Q \text{ máx. Aguas Negras} + Q \text{ Pluvial}$

Una vez que se han localizado y diseñado el colector de la red de alcantarillado, se procede al trazo de la red con la ayuda de la topografía. Posteriormente se trazan las áreas de toda la localidad para obtener el gasto pluvial. Una vez que se dispone de trazo y áreas se procede a obtener los datos hidráulicos haciendo uso de la correspondiente tabla de cálculo.

La tabla de cálculo de un sistema combinado es una mezcla de las tablas utilizadas para el proyecto de aguas negras y el de aguas pluviales.

Únicamente se deberá calcular las intensidades de lluvia con el nuevo tiempo de concentración y se estimará el gasto pluvial.

En la práctica se calculan varias tablas de cálculo hidráulico para el diseño del colector principal, con el objeto de conocer los diámetros resultantes. En todos los casos, el diámetro mínimo será de 30 cm.

Como en los casos pluviales y de aguas negras en un proyecto combinado todos los cálculos se formularán para cada cruce de los colectores. Así se conocerán los diámetros y pendientes con los que trabajará el sistema de alcantarillado diseñados para el proyecto objeto de análisis.

Posterior al cálculo hidráulico, se realizará el diseño geométrico del todo el sistema, tomando en cuenta las profundidades mínimas de instalación de cada tubería y, finalmente, se diseñarán las coladeras que se encargarán de introducir el agua en las tuberías.

III.2 DISEÑO DE COLECTOR PRINCIPAL.

En el desarrollo de localidades urbanas, sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y va satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía.

Como consecuencia se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales, se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar aguas negras que produce una población, incluyendo el comercio y la industria.

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

Colectores: de una tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es admisible conectar los albañales directamente a un conector; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas a los colectores.

Interceptor: es la tubería que recibe exclusivamente las aguas negras que provienen de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Emisor: es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de su tratamiento.

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se debe conocer la infraestructura existente en la localidad y asegurar que, en los cruces con la red de agua potable, la tubería del alcantarillado siempre se localice por debajo.

La mayoría de los alcantarillados en localidades medianas y grandes se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada.

Por razones de economía los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje de superficie natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo.

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

En este apartado se diseña el colector pluvial para la cuenca del municipio Melchor Ocampo, para periodo de retorno de 5 años, usando tubería circular de concreto; el diseño consiste en determinar el diámetro de tubería que se deberá utilizar en cada uno de los tramos que comprende la ruta definida del colector.

Cabe mencionar que el conducto funciona como un canal circular (no a presión) y por ello, se indican a continuación los fundamentos que se deberán utilizar para desarrollar el diseño de los canales circulares.

Cálculo hidráulico: Como ya se ha mencionado, se determinarán los diámetros de los tramos a partir de los gastos de diseño así como de las pendientes de diseño establecidas.

Los conceptos básicos de Hidráulica, útiles para el diseño y revisión de una red de alcantarillado abarcan entre otros a los siguientes: tipos de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conceptos de energía específica, pérdidas de carga por fricción y locales.

Fundamentos: Variables hidráulicas de interés.

Se entiende por variables hidráulicas de interés a aquellas características del flujo cuya determinación es básica para fines de diseño y de funcionamiento hidráulico. En su manejo se utilizará el Sistema Internacional de Unidades (SI), donde se considera a la masa como unidad básica y por consiguiente, la fuerza es unidad derivada.

Entre las variables hidráulicas más importantes se encuentran la velocidad media del flujo (velocidad, en lo sucesivo), el gasto y, el tirante del flujo con superficie libre o la presión en conductos trabajando a presión. Para su determinación puede requerirse el uso de ciertos parámetros hidráulicos básicos relativos a una sección transversal de una conducción definidos como:

Tirante (y): Se le denomina tirante a la distancia vertical medida desde el punto más bajo de la sección de la conducción hasta la superficie libre del agua (m).

En ocasiones, se le confunde con el tirante de la sección (d), el cual se mide en forma perpendicular al fondo de la conducción.

La relación entre ambos es:

$$d = y \cos \theta$$

Donde:

θ es el ángulo formado entre el fondo del canal y la horizontal. Cuando dicho ángulo es pequeño (menor a 10°), como sucede usualmente, entonces ambos tirantes pueden considerarse iguales.

Nivel del agua (h): Es el nivel de la superficie libre del agua (m) con respecto a un plano horizontal de referencia.

Área hidráulica (A): Se le llama así al área que ocupa el agua en un corte transversal normal a la dirección del flujo (m^2). Su cálculo se hace con base en la geometría del conducto.

Ancho de superficie libre (B): Es la distancia medida transversalmente al flujo a nivel de la superficie libre (m).

Perímetro mojado (P): Es la longitud del contorno de la sección transversal en la que el agua tiene contacto con las paredes y el fondo de la conducción (m).

Tirante hidráulico (Y): Se define como el cociente de dividir el área hidráulica entre el ancho de superficie libre (m):

$$Y = \frac{A}{B}$$

En algunos cálculos se prefiere al tirante hidráulico en lugar del tirante; por ejemplo, para obtener el número de Froude.

Radio hidráulico (R): Es la relación entre el área hidráulica y perímetro mojado (m):

$$R = \frac{A}{P}$$

Clasificación del flujo: La identificación del tipo de flujo en una conducción es esencial debido a que las ecuaciones de diseño solo son aplicables a ciertas condiciones del flujo o han sido desarrolladas para casos o intervalos específicos.

El flujo del agua en una conducción puede clasificarse de acuerdo con:

a) Funcionamiento del conducto. Una red de alcantarillado pluvial puede estar formada por conductos abiertos, cauces naturales y conductos cerrados. El flujo del agua en los conductos abiertos y cauces naturales solo puede darse con superficie libre (formándose una interfase agua-aire); en cambio, en los conductos cerrados el flujo del agua puede ser con superficie libre (sección transversal parcialmente llena) o a presión (sección llena).

En el diseño de una red de alcantarillado se recomienda que los conductos cerrados o tuberías trabajen con superficie libre como si fueran canales. De esta forma se aprovecha al máximo la capacidad de conducción de las tuberías, según se verá más adelante, y por otra se evita que entren en carga (o funcionen a presión), ya que esto puede provocar que el agua escape del sistema y brote en las calles ocasionando molestias y daños. Dado que es recomendable que una red

de alcantarillado funcione con superficie libre, en adelante se dará mayor énfasis a conceptos relativos al flujo con superficie libre.

b) Tiempo. Si los tirantes, velocidades y gastos del flujo, correspondientes a cualquier sección transversal de la canalización, son constantes con respecto al tiempo, el flujo se denomina permanente. En caso contrario, se le llama no permanente.

c) Distancia. Cuando en un flujo, los tirantes, las velocidades y los gastos en cualquier sección transversal a lo largo del canal son iguales, el flujo es uniforme. De otra forma, es no uniforme o variado.

Ecuaciones básicas: Las ecuaciones básicas de la Hidráulica se derivan de los principios fundamentales de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía aplicados a un volumen de control, dando origen a las ecuaciones llamadas de continuidad, cantidad de movimiento y energía, respectivamente. Dichas ecuaciones poseen formas generales que se pueden simplificar o adaptar según el tipo de flujo que se presenta o el fenómeno que se quiere analizar.

La aplicación particular de uno o varios de los principios de conservación en un problema real permite definir una ecuación o un conjunto de ecuaciones cuya solución en un instante representa las condiciones del flujo y valúa aquellas variables de interés relativas al flujo. En el análisis del escurrimiento del agua se acostumbra manejar la ecuación de continuidad empleando unidades de flujo volumétrico o gasto $[L^3/T]$, (m^3/s) , la ecuación de cantidad de movimiento con unidades de fuerza por unidad de masa $[(ML/T^2)/M = L/T^2]$, (m/s^2) ; la ecuación de la energía en unidades de fuerza por distancia por unidad de peso $[(ML/T^2)L/(ML/T^2) = L]$, (m) .

A continuación se anotan las ecuaciones fundamentales de la Hidráulica, para analizar el escurrimiento del agua en conducciones a presión o con superficie libre, así como algunas de las formas que toman ellas en casos concretos encontrados en redes de alcantarillado.

Continuidad: El principio de conservación de masa o de continuidad establece que “La diferencia entre la cantidad de masa que ingresa a un volumen de control y

aquella que se extrae del mismo es igual al cambio en el almacenamiento dentro del propio volumen”, lo cual escrito en términos matemáticos equivale a:

$$\frac{dV}{dt} = \sum m_e - \sum m_s$$

dónde dV es un elemento diferencial de volumen y dt es un diferencial de tiempo, siendo el cociente de ambos un incremento o decremento de volumen por unidad de tiempo según el signo (positivo o negativo respectivamente).

En el miembro de la derecha, el primer término es la suma de aquella masa que entra al volumen de control y el segundo término la que sale.

La cantidad de agua en el volumen de control, así como la que entra o sale del mismo podrá cuantificarse en unidades de: masa (kg), peso (N) o de volumen (m^3) por unidad de tiempo (kg/s, N/s ó m^3/s), siendo las últimas las que dan origen al concepto de flujo volumétrico o gasto (Q), tan común en la práctica.

El gasto puede ser evaluado en una sección transversal de un flujo si se conocen la velocidad media del flujo y el área hidráulica, pues su producto es precisamente igual al gasto.

$$Q = A V$$

Donde:

Q es el gasto (m^3/s); A el área hidráulica (m^2); V la velocidad media del flujo (m/s). Otra aplicación consiste en el flujo en una tubería o en un cauce, donde pueden seleccionarse dos secciones transversales (sean éstas las secciones 1 y 2, respectivamente), separadas entre sí cierta distancia en la cual no existan aportaciones o extracciones de agua. Si se considera flujo permanente, es decir, que el gasto no varía con el tiempo, entonces la cantidad de agua por unidad de tiempo que ingresa al volumen de control será igual a aquella que lo abandona. De esta forma, expresando la ecuación de continuidad como flujo volumétrico se obtiene:

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{ó} \quad A_1 V_1 = A_2 V_2$$

Ecuación de la Energía: La energía total contenida en un fluido en movimiento es la suma de las energías correspondientes a la posición o elevación del flujo con respecto a un nivel de referencia (energía potencial), la presión estática (energía de presión) y la presión dinámica (energía cinética); lo cual expresado en términos matemáticos para un flujo con superficie libre se puede escribir como:

$$H = z + y + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

y para flujos a presión de la manera siguiente:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- H energía total o carga hidráulica (m)
- z nivel del fondo del cauce en conducciones con superficie libre o del eje de la tubería en conducciones a presión con respecto a un nivel de referencia (m), el cual equivale a la carga de posición.
- y tirante del flujo en conducciones con superficie libre (m)
- p presión manométrica (N/m²)
- γ peso volumétrico (N/m³)
- p/ γ carga de presión en conducciones a presión (m)
- V velocidad media del flujo (m/s)
- g aceleración de la gravedad (m/s²)
- α Coeficiente de Coriolis o de energía (adimensional)
- V²/2g Carga de velocidad (m)

El coeficiente de Coriolis se incluye en las ecuaciones anteriores debido a que se considera una velocidad media del flujo y no la distribución real de velocidades.

De acuerdo al principio de conservación de la energía aplicado a un flujo con superficie libre, “La energía contenida en un flujo no cambia a lo largo de la trayectoria del mismo, solo existen transformaciones entre sus componentes”.

De esta forma, al aplicar dicho principio entre dos secciones transversales de un flujo con superficie libre se obtiene la ecuación de la energía (Chaudhry, 1993):

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 h$$

Para conducciones a presión se tiene:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 h$$

donde el último término es la suma de las pérdidas por fricción y locales entre las secciones 1 y 2, las cuales se definen más adelante.

Cuando no se toman en cuenta las pérdidas de carga en las ecuaciones se tiene la ecuación de Bernoulli, la cual es igual a una constante que define un horizonte de energía, es decir, la línea de energía máxima disponible en el flujo. Es relativa y depende de la sección en la que se inicie el análisis.

Por otra parte, la línea que une los valores de las energías totales en cada sección transversal a lo largo de la conducción es conocida precisamente como línea de la energía o gradiente energético.

Si solo se considera la suma de las energías de posición y de presión, se obtiene como resultado la línea piezométrica o gradiente hidráulico, la cual equivale al perfil de la superficie del agua en conducciones a superficie libre.

La fórmula de Manning es la más empleada por su sencillez y porque se dispone de gran cantidad de datos para estimar el coeficiente de rugosidad “n”.

Además, es recomendada en el cálculo de flujos con superficie libre y en conductos cerrados con sección parcialmente llena, se define como:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2}$$

donde V es la velocidad media del flujo (m/s); n el coeficiente de rugosidad (s/m^{1/3}); R el radio hidráulico (m); S_f la pendiente de fricción (adimensional). Los factores que afectan el valor del coeficiente de rugosidad (n), son: aspereza de la superficie de conducción, presencia y tipo de vegetación, irregularidades y obstrucciones en la conducción, depósitos de materiales y erosión, tamaño y forma de conducción, material suspendido y transporte de fondo.

TABLA III.1 “VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n) DE MANNING”.

Material del conducto	Coeficiente n (s/m ^{1/3})
1) Conductos cerrados:	
1.1) Tubos de Fibrocemento	0.011 a 0.015
1.2) Enladrillados	0.013 a 0.017
1.3) Tubos de hierro colado con sello, revestidos con cemento	0.011 a 0.015
1.4) Concreto (monolítico):	
1.4.1) Formas redondeadas	0.012 a 0.014
1.4.2) Formas angulosas (rugosas)	0.015 a 0.017
1.4.3) Tubos de concreto	0.011 a 0.015
1.5) Tubos de metal corrugado (con corrugaciones de ½" x 2½")	
1.5.1) Plano.	0.022 a 0.026
1.5.2) Con plantilla pavimentada.	0.018 a 0.022
1.5.3) Revestido con asfalto.	0.011 a 0.015
1.6) Tubos con plástico	0.011 a 0.015
1.7) Tubos de arcilla vitrificada	0.011 a 0.015
2) Canales abiertos:	
2.1) Canales revestidos:	
2.1.1) Asfalto.	0.013 a 0.017
2.1.2) Enladrillados.	0.012 a 0.018
2.1.3) Concreto.	0.011 a 0.020
2.1.4) Mampostería o roca.	0.020 a 0.035
2.1.5) Cubierta vegetal.	0.030 a 0.4
2.2) Canales excavados o dragados:	
2.2.1) Tierra, recto y uniforme.	0.020 a 0.030
2.2.2) Tierra, sinuoso y bastante uniforme.	0.025 a 0.040
2.2.3) Roca.	0.030 a 0.045
2.2.4) Sin mantenimiento.	0.050 a 0.14
2.3) Canales naturales (corrientes menores con ancho superficial menor a 30 m):	
2.3.1) Con secciones regulares.	0.030 a 0.070
2.3.2) Con secciones irregulares y pequeños vasos de almacenamiento	0.04 a 0.1

La Tabla III.1 “Valores de coeficiente de rugosidad (n) de Manning”, muestra los valores del coeficiente de rugosidad (n) de Manning para diferentes materiales publicada por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers - ASCE). Se ha mencionado oportunamente que en este proyecto, se utilizará un material de PoliCloruro de Vinilo (PVC) con coeficiente de rugosidad (n) de Manning de 0.009.

Flujo con sección circular parcialmente llena: Cuando en un conducto cerrado el flujo se realiza a superficie libre, se dice que funciona parcialmente lleno. Se recomienda este tipo de funcionamiento hidráulico en redes de alcantarillado, para evitar que los conductos trabajen a presión porque el agua podría brotar de las alcantarillas hacia las calles. Se acostumbra diseñar los conductos de una red de alcantarillado para que trabajen a superficie libre, por ejemplo, entre el 80 y 90 % de su diámetro al conducir el gasto de diseño.

Por ello resulta importante el cálculo del flujo en tuberías con esta condición. En una sección circular los parámetros hidráulicos con sección parcialmente llena, tales como el área hidráulica, el perímetro mojado y el ancho de superficie libre pueden calcularse con las expresiones siguientes:

$$A = \frac{\pi r^2}{180} \text{ang} \cos\left(\frac{r-y}{r}\right) - (r-y)\sqrt{y(D-y)}$$

$$P = \frac{\pi r}{90} \text{ang} \cos\left(\frac{r-y}{r}\right)$$

$$B = 2\sqrt{y(D-y)}$$

donde A es el área hidráulica; P el perímetro mojado; B el ancho superficial; r el radio de la sección ($r = D/2$); D el diámetro; y el tirante en la sección. Para simplificar los cálculos se han obtenido relaciones entre las diferentes variables hidráulicas de interés en una tubería de sección circular, teniendo como base las calculadas a sección llena con la fórmula de Manning, con respecto a las

correspondientes a un tirante determinado. Por otra parte, también se dispone de tablas de diferentes parámetros hidráulicos.

Tomando en cuenta los diámetros comerciales de tuberías de concreto, en la Tabla III.2, “Cálculo de diseño de diámetro de tubería”, se presenta el cálculo del diseño de cada tramo de tubería. El procedimiento de diseño que se lleva a cabo para el diseño del colector principal es el que se describe a continuación:

La principal función de un sistema combinado es recolectar por una misma tubería, las aguas negras y las aguas pluviales. El diseño del sistema se realizará con el gasto total que resulta de la suma del gasto de aguas negras más el gasto de aguas pluviales. Es decir: $Q_{total} = Q_{m\acute{a}x. Aguas Negras} + Q_{Pluvial}$

Una vez que se ha localizado y diseñado el colector de la red de alcantarillado, se procede al trazo de la red con la ayuda de la topografía. Posteriormente se trazan las áreas de toda la localidad para obtener el gasto pluvial. Una vez que se dispone de trazo y áreas se procede a obtener los datos hidráulicos haciendo uso de la correspondiente tabla de cálculo.

La tabla de cálculo de un sistema combinado es una mezcla de las tablas utilizadas para el proyecto de aguas negras y el de aguas pluviales. Únicamente se deberá calcular las intensidades de lluvia con el nuevo tiempo de concentración y se estimará el gasto pluvial.

En la práctica para realizar el diseño del sistema de alcantarillado se calculan varias tablas de cálculo hidráulico para el diseño del colector principal, con el objeto de conocer los diámetros resultantes.

Como en los casos pluviales y de aguas negras en un proyecto combinado todos los cálculos se formularán para cada cruce de los colectores. Así se conocerán los diámetros y pendientes de los colectores que trabajarán en el sistema.

Posterior al cálculo hidráulico, se realizará el diseño geométrico del todo el sistema, tomando en cuenta las profundidades mínimas de instalación de cada tubería y, finalmente, se diseñarán las coladeras que se encargarán de introducir el agua en las tuberías.

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

TABLA III.2 (1/3) “CÁLCULO DE DISEÑO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA”

Diámetros comerciales: 1.37, 1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m							
DISEÑO PARA Q=1.61 m ³ /s (ojo, en relación al diámetro propuesto)							
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	1.61	1.0700	3.3615	0.5350	0.8992	0.90	0.8073
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.0018	0.01	2.4841	0.3250	2.0054	1.62	90	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo :	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		
Diámetros comerciales: 1.37, 1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m							
DISEÑO PARA Q=3.04 m ³ /s (ojo, en relación al diámetro propuesto)							
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	3.04	1.5200	4.7752	0.7600	1.8146	1.25	1.5967
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.001	0.01	3.4526	0.4624	1.8911	3.02	88	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo :	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		
Diámetros comerciales: 1.37, 1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m							
DISEÑO PARA Q=7.2 m ³ /s (ojo, en relación al diámetro propuesto)							
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	7.2	1.8300	5.7491	0.9150	2.6302	1.79	2.6132
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.0019	0.01	5.1739	0.5051	2.7645	7.22	99	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo :	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		

TABLA III.2 (2/3) “CÁLCULO DE DISEÑO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA”.

Diámetros comerciales:1.37,1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m							
DISEÑO PARA Q=7.65 m ³ /s		(ojo, en relación al diámetro propuesto)					
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	7.65	1.8300	5.7491	0.9150	2.6302	1.79	2.6159
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.0022	0.01	5.2060	0.5025	2.9645	7.75	99	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo :	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		
Diámetros comerciales:1.37,1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m							
DISEÑO PARA Q=8.7 m ³ /s		(ojo, en relación al diámetro propuesto)					
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	8.7	1.8300	5.7491	0.9150	2.6302	1.80	2.6209
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.0028	0.01	5.2792	0.4965	3.3177	8.70	100	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo :	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		
Diámetros comerciales:1.37,1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m							
DISEÑO PARA Q=9.09 m ³ /s		(ojo, en relación al diámetro propuesto)					
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	9.09	1.8300	5.7491	0.9150	2.6302	1.80	2.6209
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.003	0.01	5.2792	0.4965	3.4341	9.00	100	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo :	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		

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

TABLA III.2 (3/3) “CÁLCULO DE DISEÑO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA”.

Diámetros comerciales:1.37,1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m (ojo, en relación al diámetro propuesto)							
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	10.2	1.8300	5.7491	0.9150	2.6302	1.80	2.6209
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.0038	0.01	5.2792	0.4965	3.8650	10.13	100	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		
Diámetros comerciales:1.37,1.52, 1.67, 1.82, 1.98, 2.13, 2.28, 2.43, 2.59, 2.74, 2.89, 3.04, 3.2, 3.35 m (ojo, en relación al diámetro propuesto)							
(dato)	(dato)	(proponer)				(proponer)	
TUBO	Gasto C1	Diámetro (m)	Perímetro (m)	Radio (m)	Área total (m ²)	y (m)	Área parcial (m ²)
TRAMO 1	10.77	1.8300	5.7491	0.9150	2.6302	1.80	2.6209
Pendiente (adim)	Rugosidad (adim)	Per. Moj. (m)	Rad. Hid.	Velocidad (m/s)	Gasto calc (m ³ /s)	Relac. Llen. (%)	¿Cumple?
0.0043	0.01	5.2792	0.4965	4.1114	10.78	100	SI
	Vel mínima =	0.3 m/s	Vel máxima =	3.5 m/s		Tirante mínimo	0.01 m
(dato)	(dato)				RESULTADO A COMPARAR CON EL Q (DATO)		

En la Tabla III.3 “Diámetro de tubería por tramo”, se presenta el resumen del diámetro de tubería que se obtuvo para cada tramo.

TABLA III.3 “DIÁMETRO DE TUBERÍA POR TRAMO”

RESUMEN TR5			
Tramo	Distancia (m)	Q diseño (m ³)	Diámetro tubería (metros)
TRAMO 1	340	1.61	1.07
TRAMO 2	80	3.04	1.52
TRAMO 3	840	7.20	1.83
TRAMO 4	1760	7.65	1.83
TRAMO 5	2120	8.70	1.83
TRAMO 6	1440	8.70	1.83
TRAMO 7	880	8.70	1.83
TRAMO 8	160	9.09	1.83
TRAMO 9	200	10.20	1.83
TRAMO 10	1160	10.77	1.83

La función principal de un sistema combinado es recolectar por una misma tubería, las aguas negras y las aguas pluviales. Los sistemas de alcantarillado resulten en forma muy positiva el problema de alejamiento de aguas negras y pluviales, por medio de conductos o tuberías generalmente subterráneas que se encargan de recolectar las aguas de desecho y las transportan en forma segura y rápida hasta el lugar de disposición final.

Una localidad enfrenta dos necesidades básicas en materia de alcantarillado: El desalojo de las aguas negras producidas tanto por la población como por las actividades industriales y comerciales que en ella se llevan a cabo y desalojo de las aguas de lluvia.

Las aguas negras se producen en forma continua y aumentan en cantidad conforme a la población crece y diversifica sus actividades socioeconómicas; producen enfermedades infecciosas, afectan la salud y el medio ambiente, y por tanto, deben ser tratadas antes de ser descargadas en los ríos, lagos u otros cuerpos de agua, o de ser reutilizadas para la agricultura, riego de jardines u otras actividades. En contrapartida, las aguas de lluvia son transitorias y su frecuencia e intensidad dependen del régimen de lluvia imperante en cada localidad.

Sin embargo, en todos los casos pueden dirigirse mediante interceptores hacia lugares y usos más racionales sin pasarlas a través de costosas instalaciones de tratamiento.

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

Como en todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado, se deben plantear alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieren cada una de ellas.

Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión de cada una de las alternativas.

Una vez analizadas todas las alternativas de solución se selecciona la alternativa que asegure el funcionamiento adecuado con el costo mínimo.

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

Para elegir un sistema de alcantarillado es preciso analizar la mayor cantidad de factores que inciden en el problema a resolver, lo que permitirá justificar económicamente y técnicamente su elección.

Tomando en cuenta las necesidades de saneamiento de las poblaciones, la primera prioridad por atender será la desalojar las aguas de desecho o aguas negras y, en segundo término evitar las inundaciones, encharcamientos y molestias que causan las aguas de lluvia.

Dependiendo de las características económicas de la población y de las condiciones topográficas, se podrá optar por un sistema separado de aguas negras, un sistema pluvial o uno combinado. Otros factores que intervienen a la elección son la necesidad y factibilidad de tratamiento de las aguas negras y las posibles exigencias de bombeos a la red. Si la configuración topográfica de la población permite el desalojo superficial de las aguas de lluvia, es recomendable optar por el sistema separado de aguas negras.

Por otra parte, si la configuración topográfica no permite el desalojo de las aguas de lluvia en forma superficial y además el potencial económico de la población no puede absorber el costo de las obras de un sistema combinado o pluvial, entonces es pertinente proyectar primero el desalojo de las aguas negras por medio de un sistema separado que las conduzca hasta un sitio adecuado y fuera de la localidad, dejando para etapas posteriores, la solución al problema pluvial.

El sistema combinado es aquel sistema de alcantarillado sanitario que sirve para captar y conducir por la misma red de conductos, tanto las aguas negras de

desecho como las aguas de lluvia, y generalmente la elección del tipo de sistema a construir, tiene que ver con el potencial económico de la población beneficiada.

III.3 DISEÑO DE LOS CRUZAMIENTOS ESPECIALES.

En la construcción de un acueducto, se entenderá por estructura de cruce, las obras que permitan vencer obstáculos tales como corrientes de agua, barrancas, carreteras, caminos y vías férreas.

Dependiendo del tipo de obstáculo a salvar lo podemos agrupar de la siguiente manera:

- Estructura de cruce con ríos, arroyos, canales y lagos.
- Estructura de cruce de carreteras y caminos.
- Estructura de cruce con vías férreas.
- Estructura de cruce con ductos.

La solución por adoptar para este tipo de cruces estará en función de la topografía del terreno, condiciones geológicas, longitud del claro por salvar, procedimiento constructivo y la presencia de agua.

El proyecto estructural deberá contar en cada caso con los elementos necesarios para su construcción y protección, tales como atraques, silletas, anclaje y lastre. En general, la línea de conducción en la zona de cruce deberá ser con tubería de acero. De acuerdo a las recomendaciones de mecánica de suelo, se efectuará el análisis y diseño tomando en consideración las cargas interna y externa en la tubería, cargas muertas, cargas vivas, cargas accidentales, empujes de agua, empujes de tierra y subpresión durante las etapas de constructivas y en operación. El cálculo y diseño deberá llevarse a cabo de acuerdo a las Normas y Recomendaciones de la Asociación Americana de Obras de Agua (American Water Works Association - AWWA), Manual para Tubería de Acero (M-11), Especificaciones del Instituto Americano de Construcciones de Acero (American Institute Of Steel Construction - AISC), Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society - AWS) y Normas del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute - ACI).

Las estructuras de cruce con ríos, arroyos y lagunas fundamentalmente son resueltas mediante la construcción de puentes, sifones invertidos, puente canal, con tubería aérea o mediante tubería hincada. Mientras que las estructuras que son utilizadas para el cruce con canales, en general son resueltas mediante la construcción de puentes, sifón invertido, puente canal y tubería aérea e hincada.

III.3.1 ESTRUCTURAS DE CRUCE.

A continuación se procede a dar la descripción de las estructuras que se diseñan para los cruzamientos especiales en los sistemas de alcantarillado; tomando en cuenta que una estructura de cruce permite el paso de la tubería por debajo o sobre los obstáculos que de otra forma impedirían la construcción de una red de alcantarillado, entre ellas se tienen:

a) Sifones invertidos.

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión de terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentran al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se soluciona con el uso de los sifones invertidos.

En el diseño se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Velocidad mínima de escurrimiento de 1.2 m/s para evitar sedimentos.
- Analizar la conveniencia de emplear varias tuberías a diferentes niveles, para que, de acuerdo a los caudales por manejar, se obtengan siempre velocidades adecuadas. La primera tubería tendrá capacidad para conducir el gasto mínimo del proyecto.
- En el caso de que el gasto requiera una sola tubería de diámetro mínimo de 20 cm, se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 60 cm/s.
- Se deben proyectar estructuras adecuadas (cajas) tanto a la entrada como a la salida del sifón, que permitan separar y encauzar los caudales de diseño asignados a cada tubería.
- Se deben colocar rejillas en una estructura adecuada, aguas arriba del sifón para detener objetos flotantes que pueden obstruir las tuberías del sifón.

b) Cruces elevados.

Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura, generalmente se logra por medio de una estructura que soporta la tubería. En este tipo de casos la solución se realiza a través de una tubería, la cual es de acero o polietileno; en tanto que la estructura por construir puede ser un puente ligero de acero, concreto o de madera, según el caso.

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

III.3.2 TIPOS DE CRUZAMIENTOS ESPECIALES.

En la construcción del sistema de alcantarillado, se entenderá por estructura de cruce, las obras que nos permiten vencer obstáculos. Dependiendo del tipo de obstáculo por salvar, los podemos agrupar de la siguiente manera:

a) Estructuras de Cruce con Ríos, Arroyos, Canales y Lagunas.

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

suelta con dimensión promedio de 60 cm pero conservando el diseño de colocar la tubería dentro del revestimiento de concreto simple o reforzado. La tubería debe de ser debidamente anclada por medio de atraques de concreto, para impedir su deslizamiento por socavación del fondo del río o arroyo. Las estructuras de cruce con ríos, arroyos, y lagunas fundamentalmente son resueltas mediante la construcción de puentes, sifones, invertidos, puente canal, con tubería aérea o tubería colocada en el fondo del cauce. Las estructuras de cruce con canales, en general son resueltas mediante la construcción de puentes, sifón invertido, puente canal, con tubería aérea o mediante tubería hincada. La solución para adoptar este tipo de cauces estará en función de la topografía del terreno, condiciones geológicas, longitud del claro por salvar, procedimiento constructivo y la presencia de agua. El proyecto estructural deberá contar en cada caso con los elementos necesarios para su construcción y protección, tales como: atraques, silletas, anclaje y lastre. En general, la línea de conducción en la zona de cruce deberá ser con tubería de acero. De acuerdo a las recomendaciones de mecánica de suelos, se efectuará el análisis y diseño tomando en consideración las cargas interna y externa de la tubería, cargas muertas, vivas, accidentales, empujes de agua, empuje de tierra y subpresión durante sus etapas constructivas y de operación.

El cálculo y diseño deberá llevarse a cabo de acuerdo a las Normas y Recomendaciones del Asociación Americana de Obras de Agua (American Water Works Association - AWWA), Manual para tubería de acero (M-11), especificaciones del Instituto Americano de Construcciones de Acero (American Institute of Steel Construction - AISC), Sociedad Americana de Soldadura (AWS), especificaciones del Instituto Americano de Construcciones de Acero (American Institute of Steel Construction - AISC) y Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society - AWS) y las Normas del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute - ACI).

b) Estructuras de Cruce con Carreteras y Caminos.

Para este tipo de cruzamientos, la práctica común es usar tubería de acero con un revestimiento de concreto. En algunos casos el revestimiento se coloca

únicamente para proteger la tubería de acero del medio que la rodea; entre otros casos, se presenta la solución en que la tubería de acero es solo una camisa de espesor mínimo y la carga exterior la absorbe el revestimiento de concreto reforzado, en forma de conducto rectangular. El tipo de cruce elegido debe contar con la aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

En base a la topografía, mecánica de suelos, densidad de tránsito y procedimiento constructivo, se definirá la solución a este tipo de cruce en carreteras y caminos, la cual puede ser con un cajón de concreto reforzado o con camisa de tubería de acero instalada en zanja o hincada.

El proyecto estructural debe contar con los elementos necesarios para su construcción tales como: Estructura protectora, muros de cabeza, atraques y silletas. En todos los casos, la tubería de conducción en la zona de cruce, será con tubería de acero. En el caso de que la estructura protectora sea colocada en zanja, se elaborará un proyecto de camino de desvío, con su trazo geométrico y señalizaciones de tránsito de acuerdo a las Normas y Especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El análisis y diseño de la estructura protectora cuando es a base de cajón de concreto armado y muros de cabeza de mampostería se efectuará de acuerdo a las Normas y Especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Especificaciones de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Caminos (American Association Of State Highway and Transportation Officials - AASHTO) y las Normas del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute - ACI), analizándolas para cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes, empujes de agua, empuje de tierra y subpresión durante sus etapas constructivas y de operación. El análisis y diseño de la estructura protectora a base de encamisado de tubería de acero deberá llevarse a cabo de acuerdo del Asociación Americana de Obras de Agua (American Water Works Association - AWWA), Manual para tubería de acero (M-11), especificaciones del Instituto Americano de Construcciones de Acero (American Institute Of Steel Construction - AISC) y Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society - AWS), tomando

en cuenta las cargas de tierra y subpresión durante sus etapas constructivas y de operación, así como aplastamiento, corrosión, manejo, transporte y por efectos de formación longitudinal en el caso de ser hincada. Para la selección del tipo de protección se usan las Normas de Petróleos Mexicanos (PEMEX).

c) Estructuras de Cruce con Vías Férreas. Para este tipo de cruzamientos, una solución factible cuando el diámetro de la tubería de alcantarillado es menor o igual a 30 cm es introducir la tubería dentro de una camisa formada por un tubo de acero hincado previamente en el terreno, el cual se diseña para absorber las cargas exteriores. Estos cruces deben de construirse de acuerdo a las especificaciones de Ferrocarriles (FFCC) quienes deben aprobar el proyecto.

La solución óptima para este tipo de cruces se debe realizar tomando como base la topografía, mecánica de suelos y procedimiento constructivo, se definirá la solución de este tipo de cruce. Dicha solución puede ser con cajón de concreto reforzado o con camisa de acero instalada en la zanja o hincada.

El proyecto estructural deberá contar con los elementos necesarios para su construcción tales como: Estructura protectora, muros de cabeza, atraques y silletas. La línea de conducción en la zona del cruce deberá ser con tubería de acero. El análisis y diseño de la estructura protectora cuando es a base de cajón de concreto armado y muros de cabeza de mampostería se efectuar de acuerdo a las Normas y Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México y las Normas del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute - ACI) analizándolas para cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes y empuje de tierras durante sus etapas constructivas y de operación.

El análisis y diseño de la estructura protectora a base de encamisado de tubería de acero deberá llevarse a cabo de acuerdo a las Normas y Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México, del Asociación Americana de Obras de Agua (American Water Works Association - AWWA), Manual para tubería de acero (M-11), especificaciones del Instituto Americano de Construcciones de Acero (American Institute Of Steel Construction - AISC) y Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society - AWS), tomando en consideración las

cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes y empuje de tierras durante sus etapas constructivas y de operación, así como aplastamiento, corrosión, manejo, transporte y por efectos de deformación longitudinal en caso de ser hincada. Para la selección del tipo de protección se usarán las Normas de Petróleos Mexicanos (PEMEX). El análisis y diseño de la estructura protectora cuando es a base de cajón de concreto armado y muros de cabeza de mampostería se efectuará de acuerdo a las especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México, y las Normas del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute - ACI) analizándolas para cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes y empuje de tierras en etapas constructivas y de operación.

d) Estructuras de Cruce con Ductos.

A continuación se presenta el procedimiento a seguir para realizar el diseño de estructuras que son utilizadas para realizar los cruces con los ductos se realizan de la siguiente manera:

El proyecto de cruce de la línea de conducción con otra tubería conductora de derivados de hidrocarburos, de aguas residuales o de agua potable, se elaborará tratando de evitar la posibilidad de afectación entre ambas tuberías.

En el proceso constructivo al descubrir la tubería instalada se tomará todo tipo de provisiones para no dañarla, soportándola con una estructura provisional a base de madera.

Cuando la línea de conducción sea de PoliCloruro de Vinilo (PVC), o de Poliestireno de alta densidad, el cruce de efectuar como línea de conducción, dejando un colchón entre ambas tuberías de un metro para diámetros menores de 60 cm y de 1.50 m para tuberías de mayor diámetro.

Para líneas de conducción de Concreto Presforzado y de Asbesto Cemento el cruce se proyectará de acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior y en caso de que el ducto conduzca aguas negras o derivados de hidrocarburos, se elaborará el proyecto de la estructura de protección necesaria para evitar la contaminación en caso de fuga.

Cuando la línea de conducción y el ducto sean de Acero, se dejarán los colchones mínimos indicados anteriormente, tomando las medidas necesarias para que el proyecto de la estructura de protección pueda evitar la contaminación en caso de fuga y también para que el proyecto de cruce prevea la posible afectación a la protección catódica.

El proyecto estructural del cruce con ductos deberá contar con los elementos necesarios para su construcción y protección; además en caso de requerirlo se deberá considerar el análisis y diseño de los atraques y silletas requeridos para alcanzar el nivel óptimo de seguridad requerido en los principales elementos que conforman el sistema de alcantarillado de una población, independientemente del tamaño de la misma; esto con la finalidad de evitar cualquier problema en el funcionamiento del sistema.

III.3.3 ATRAQUES.

Las tuberías deberán atracarse perfectamente y se deberá hacer el cálculo de la fuerza que actuará en ellas para lograr un diseño adecuado.

En una línea que trabaja a presión interna, se producen esfuerzos axiales, iguales al producto de la presión del agua por el área de la sección de la tubería. Este empuje puede alcanzar varias toneladas y se presenta en los puntos donde hay cambio de dirección (codos y tes) y en las terminales.

Los atraques tienen por objeto evitar que, por efecto de los empujes producidos por la presión, la línea se mueva y se afecten sus acoplamientos.

El tamaño y tipo de atraque por instalar depende de los esfuerzos que se produzcan, y éstos, a su vez, dependen de los siguientes factores:

- a) Diámetro de la tubería
- b) Presión máxima en la línea (presión de prueba de campo),
- c) Tipo de accesorio,
- d) Ángulo de deflexión y tipo de suelo

Para fines prácticos se sugieren las dimensiones de la tabla. Estas dimensiones han sido calculadas conservadoramente y son válidas para codos de 45 ° y 90 °, tes y terminales.

Cuando se trata de tramos con una inclinación fuerte hay necesidad de proyectar atraques intermedios de concreto con brida en la parte superior del acero, que impida el desplazamiento de la tubería cuando el agua no circule sobre el atraque inferior.

Para evitar esto se proyectan los atraques que sean necesarios, considerando el peso del tubo más el peso de la columna de agua (en este tramo).

Para el cálculo de los atraques se han despreciado los efectos de la fricción del agua sobre la tubería y de la tubería sobre el terreno.

En el diseño del atraque se tomarán las providencias necesarias para absorber los diferentes esfuerzos generados al interior y exterior de la tubería tales como: Anclajes, fricción, peso propio, etc., tomando en cuenta en el diseño de los elementos el desplazamiento, el volteo y la fatiga transmitida al terreno.

III.4 DISEÑO DE LA OBRA DE DESCARGA AL GRAN CANAL DEL DESAGÜE.

El cálculo de la estructura de descarga al Gran Canal de Desagüe tiene por objeto el análisis de la estabilidad y resistencia de la construcción de manera que bajo las acciones que aquella soporta tanto las fuerzas internas denominadas tensiones o esfuerzos como las deformaciones que se presentan han de quedar dentro de ciertos límites establecidos. Estos límites se determinan ensayando los materiales de diversas maneras tracción, compresión, fatiga, choque, etc., y observando el comportamiento de estructuras ya conocidas. La imposibilidad existente de la determinación exacta de tensiones y deformaciones se soslaya eligiendo formas estructurales y materiales de comportamiento conocido, o equiparando dichas formas siempre que se compruebe la admisibilidad de esta idealización a otras más sencillas.

La obra de descarga consiste en un muro de contención acartelado siguiendo el cauce del canal, con paredes alabeadas, la primera parte de la estructura es

conocida con el nombre de transición que tiene como función principal transmitir la energía del agua entubada a un canal a cielo abierto.

La segunda parte de la obra de descarga es la Rápida: A partir de la segunda transición se desarrolla el canal de fuga o rápida con una sección trapezoidal de 7.5 m de largo y altura variable de acuerdo a los tramos y los tirantes de agua.

La obra de descarga se divide en tres tramos en función de la pendiente de fondo a efectos de adaptar la estructura a las condiciones topográficas y geotécnicas de la ladera de margen izquierda. Los cambios de pendientes están resueltos a través de geometría adecuada a efectos de asegurar siempre presiones positivas sobre las losas de fondo y por último un salto hidráulico.

Como estructura de disipación de energía se desarrolla al final de la Rápida, esta estructura disipadora posee un ángulo de lanzamiento de 45 ° y un radio de curvatura que proyecta el chorro teórico para la creciente de diseño a una distancia que no afecte el funcionamiento actual del Gran Canal de Desagüe, los muros laterales de la estructura del salto esquí se caracterizan por poseer un dentellón.

III.4.1 MATERIALES, ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente Capítulo III “Proyecto Ejecutivo”, se trata el tema referente a los materiales, especificaciones y recomendaciones para la construcción de las obras de descarga al Gran Canal del Desagüe. Las disposiciones de este capítulo se aplican al concreto reforzado con varillas corrugadas de acero y/o malla electrosoldada, e incluyen al concreto elaborado en sitio, prefabricado y presforzado. A continuación se mencionan los materiales con lo que forman el concreto, su modo de preparación, colocación, compactación, vibrado y curado.

III.4.1.1 CONCRETO.

El concreto está formado por una mezcla de cemento con arena y grava, amasado con agua, mezcla que fragua y adquiere solidez. La dosificación del concreto utilizado en la construcción, elaboración, puesta en obra, docilidad (determinada

valorando su consistencia), juntas, curado (fraguado en determinadas condiciones de humedad, temperatura, etc.), descimbrado, y demás características. La resistencia del concreto depende como puede suponerse principalmente de la mezcla que se haga y las condiciones de fraguado, no debiendo de ser la resistencia de proyecto inferior, en concretos en masa y armado, a 125 kg/cm². Los cementos son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidratación de sus constituyentes, los cuales dan lugar a los productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto en el aire como bajo agua.

a) Colocación del concreto: La operación más importante durante el proceso de ejecución del elemento, es el vertido y colocación del concreto. Un buen proceso de colocación debe evitar que se produzca la segregación y conseguir que la masa llene perfectamente todas las esquinas del cimbrado.

Para garantizar el cumplimiento de estos requisitos se deberán observar los siguientes puntos:

- No depositar toda la masa en un punto confiando que por sí misma irá escurriendo y llenando el cimbrado.
- Evitar un exceso de compactado de la masa; con ello se evita la segregación del árido grueso, que el caso de los concretos normales se depositaría en el fondo del cimbrado y en el caso de concretos ligeros ascendería a la superficie.
- Evitar la compactación insuficiente; con ello se evita que se formen coqueas en la masa y en la superficie de las piezas en contacto con el agua o la tierra.
- Realizar un correcto vertido del concreto en el cimbrado: El vertido del concreto en caída libre produce, inevitablemente la segregación si no se realiza desde pequeñas alturas. Para evitar estas segregaciones la dirección del vertido del concreto en el cimbrado debe ser vertical, haciendo que la masa pase por un trozo corto de tubo mantenido verticalmente. En

general el peligro de la segregación es tanto mayor cuanto más grueso sea el árido y menos continua es su granulometría.

- No arrojar el concreto con pala a gran distancia o distribución con rastrillos o hacerlo más de 1 m dentro de los cimbrados.
- El espesor de cada plancha no será superior a 50 cm ya que con espesores superiores el compactado no es eficaz.

b) Compactación del concreto: La compactación del concreto es uno de los pasos más importantes que se deben realizar en la elaboración del concreto; razón por la cual se debe hacer tomando en cuenta los puntos que se indican a continuación:

- La compactación del concreto es la operación en la cual se dota a la masa de la máxima compacidad compatible con la dosificación del concreto.
- La compactación se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de la mezcla.
- Se realizará la compactación por vibrado cuando se empleen mezclas secas y por picado para mezclas blandas.

c) Recomendaciones para el vibrado del concreto: En primer lugar se debe lograr que el concreto se distribuya adecuadamente a largo de toda la superficie que tiene contacto con la cimbra, para no queden huecos sin llenar, para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

- El vibrador de concreto más utilizado es el de aguja, cuya frecuencia varía de 3,000 a 12,000 revoluciones por minuto. Mediante el vibrado se reduce el aire contenido en el concreto sin compactar que se estima del orden del 15 al 20 % hasta un 2 al 3 % después del vibrado.
- Los vibradores se deben sumergir rápida y profundamente en la masa, cuidando de retirar la aguja con lentitud y a velocidad constante.
- La distancia entre los sucesivos puntos de inmersión debe de ser la adecuada para producir en toda la superficie de la masa una humectación brillante.
- Es preferible vibrar poco tiempo en muchos puntos.

- La duración de la vibración debe de estar comprendida entre un minuto y un minuto y medio, y la distancia entre los puntos de inmersión para realizar la vibración debe de ser próxima a los 50 cm.
- Cuando el colado se realice por planchas, el vibrador se debe introducir hasta que penetre en la capa inmediatamente inferior.
- La aguja del vibrador se procurará mantenerla en posición vertical, evitando todo corrimiento transversal del vibrador.
- No se debe introducir el vibrador a menos de 10 ó 15 cm de la pared del cimbrado, con objeto de evitar la formación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.

d) Curado del concreto: El curado del concreto es la última fase de la preparación de concreto y un paso muy importante para concluir con la preparación; la cual se hace tomando en cuenta las indicaciones que se realizan a continuación:

- Evitar la evaporación o pérdida de agua de amasado del concreto.
- El curado deberá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos colados desde el primer momento de su colocación, y prolongándose como mínimo durante los primeros siete días, evitándose así la desecación de la masa durante su fraguado y primer endurecimiento.

A continuación se presenta la memoria de cálculo para el diseño de la obra de descarga a Gran Canal de Desagüe, el cual consiste en un muro de contención acartelado que sigue el cauce del canal y que cuenta con paredes alabeadas.

III.4.1.2 MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LA OBRA DE DESCARGA A GRAN CANAL DE DESAGÜE.

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

El material con el que comúnmente se construye este tipo de estructura es el concreto armado.

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

A continuación se presenta la memoria de cálculo del diseño de la obra de descarga a Gran Canal de Desagüe, el cual consiste en un muro de contención acartelado que sigue el cauce del canal y que cuenta con paredes alabeadas.

La función principal del canal de descarga es transmitir la energía del agua entubada al canal abierto.

Los datos de diseño son los que se presentan a continuación:

Descarga máxima extraordinaria: 60.03 m³/s

Sección del canal en la obra de salida:

Base 2.30 m, que reduce la velocidad al incrementarse la sección.

La velocidad de salida está dada por:

$V = QA$, y es $V = 60 \text{ m}^3/\text{s} / 2.5475 \text{ m}^2 = 23.55 \text{ m/s}$. Se reduce a: $60 \text{ m}^3 / 2.30$

$h = 26.09/h$

Si consideramos la “h” como el tirante de inicio; con un valor de 1.85 m, la velocidad es de 14 m/s, despreciando la rugosidad del canal.

La base del canal toma entonces una carga máxima de 1.85 t/m², el peso de la losa y paredes debe ser mayor al peso del agua que se desplaza.

Considerando el volumen de muros y volumen de losa (sección del canal en los primeros 3.0 m después de la salida), los datos de diseño de la obra de descarga a Gran Canal de Desagüe, son los que se indican a continuación:

Muros $11.38 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m} \times 2 = 4.552 \text{ m}^3$

Peso de los muros $4.552 \text{ m}^3 \times 2.4 \text{ t/m}^3 = 10.92 \text{ toneladas}$

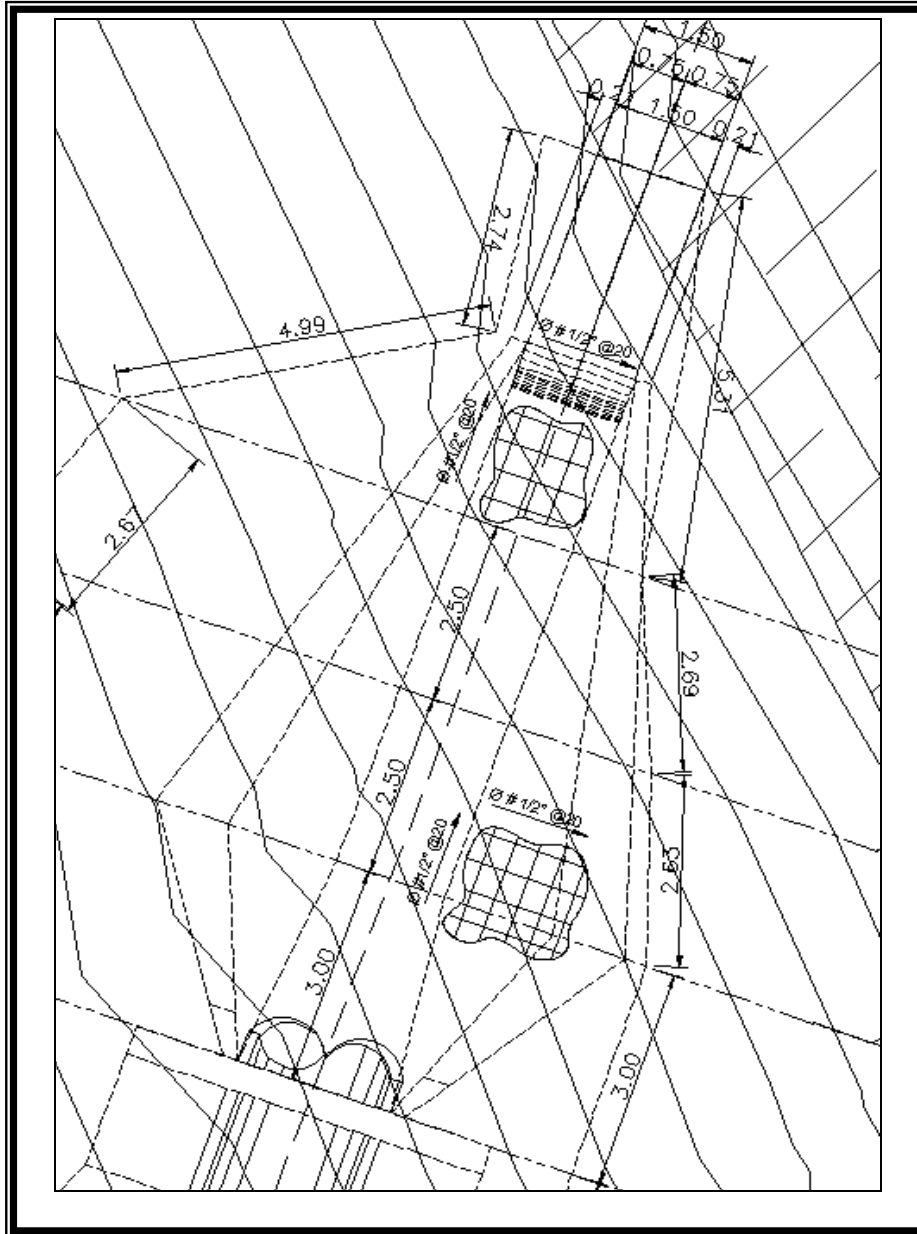
Peso de la losa $0.7 \text{ m} \times 2.3 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 = 3.7 \text{ toneladas}$

Peso total $14.62 \text{ t} / 3.0 \text{ m} = 4.87 \text{ t} > 1.85 \text{ t}$

Es decir, aun considerando que el arrastre producido por el caudal del agua ejerciera la misma fuerza de arrastre.

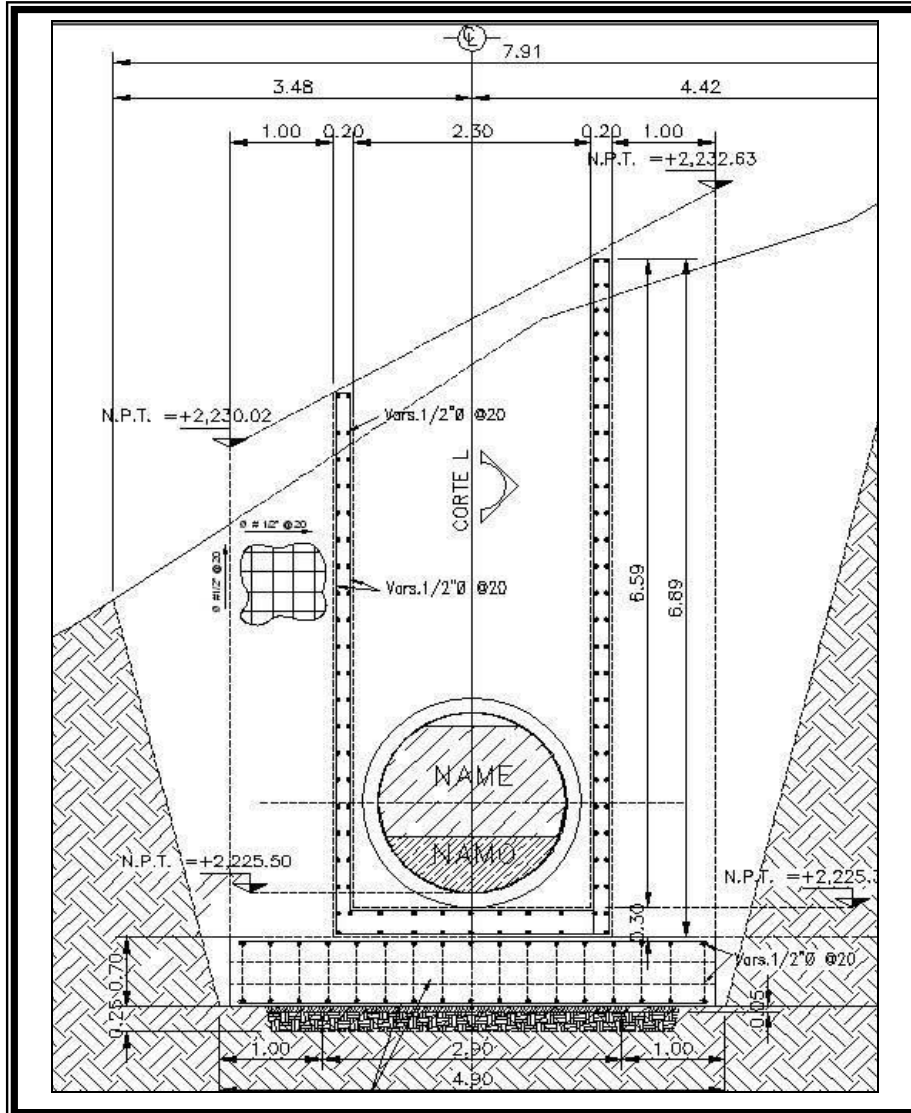
A continuación se presenta la Figura II.9 “Sección del canal de obra de salida” y Figura III.10 “Sección transversal del Canal en obra de salida”, que muestran el diseño estructural del canal en las diferentes secciones que conforman el canal de descarga.

FIGURA III.9 “SECCIÓN DEL CANAL EN LA OBRA DE SALIDA”.



La Figura III.9 “Sección del Canal en la obra de salida”, muestra el diseño de la obra de descarga a Gran Canal de Desagüe, el cual consiste en un muro de contención acartelado que sigue el cauce del canal y que cuenta con paredes alabeadas. La función principal del canal de descarga al Gran Canal de Desagüe es la de transmitir la energía del agua entubada a una sección a canal abierto.

FIGURA III.10 “SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CANAL EN OBRA DE SALIDA”



La Figura III.10 “Sección transversal del canal en obra de salida”, muestra la sección transversal del diseño de la obra de la descarga a Gran Canal de Desagüe, el cual se divide en tres tramos en función de la pendiente de fondo a efecto de adaptar la estructura a las condiciones topográficas y geotécnicas del terreno.

Como el volumen de concreto es suficiente por gravedad para la estabilidad de la obra de salida, se diseña por temperatura el acero de refuerzo tanto en muros como losa de arrastre.

Por tanto, el diseño del acero mínimo para la estructura es:

$$a_{s1} = \frac{660 x_1}{f_y (x_1 + 100)}$$

$660 \times 70 / (4,200 \times (70 + 100)) = 0.065 \times 100 = 6.47 \text{ cm}^2/\text{m}$, pero al ser una sección de más de 15 cm debe considerarse en 2 lechos y por ser superficie expuesta a la intemperie 1.5 veces más, $6.47 / 2 \times 1.5 = 4.85 \text{ cm}^2/\text{m}$, si se usa Vs#4, con una separación = 26 cm.

Por la importancia de la obra de descarga se colocan varillas #4@20 cm en ambas caras. Para los muros sucede lo mismo, ya que están con el talud que de acuerdo al estudio de mecánica de suelos el ángulo de fricción interna del terreno es de 18° , el ángulo de reposo es aproximadamente 3° más, 21° , es decir, los muros no trabajan 100 % como muros de contención, sino como revestimiento del suelo en el perfil que cubren. Por lo tanto se diseña el acero por cambios volumétricos $660 \times 20 / (4,200 \times (20 + 100)) = 0.026 \times 100 = 2.6 \text{ cm}^2/\text{m}$, con refuerzo del # 4 @ 20 cm.

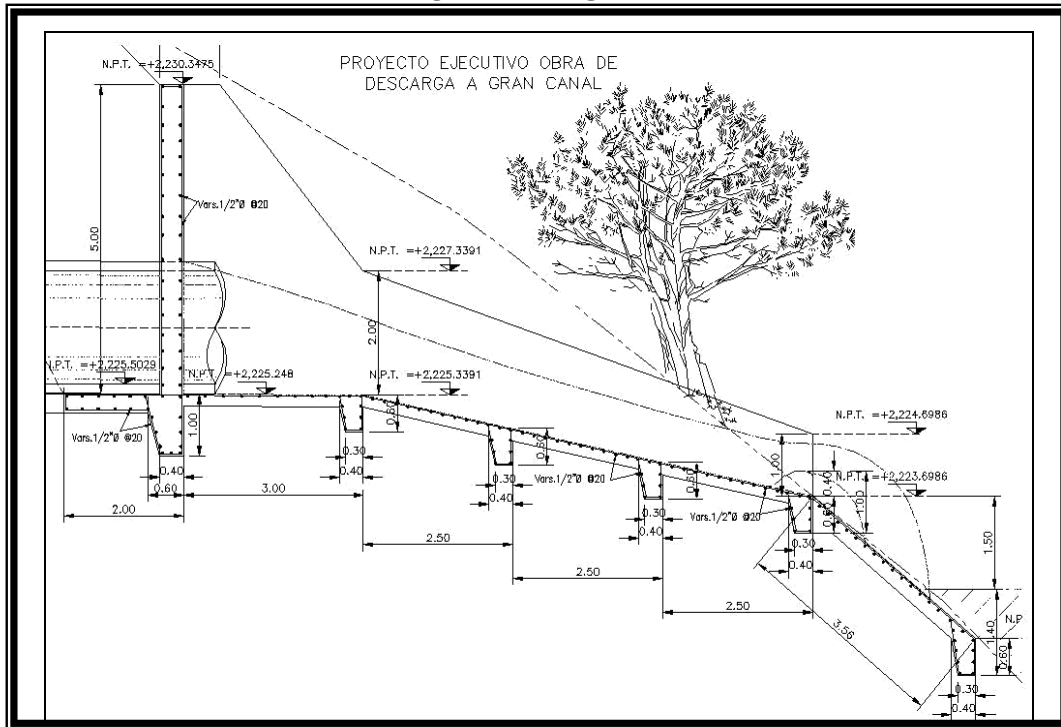
En el tramo subsecuente a la obra de salida, inicia una pendiente que incrementa la velocidad y por consiguiente el arrastre del agua sobre las paredes del canal, se empleará la aportación del empuje pasivo de contratrabes que incrementen la capacidad de deslizamiento del canal, se propusieron contratrabes con un peralte efectivo de empotramiento de 40 cm debajo del nivel lecho bajo de losa.

El empuje pasivo se define como:

$$E_p = \frac{\gamma * h^2}{2} \text{tg}^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$E_p = 1.4 \text{ t/m}^3 \times 0.4^2 / 2 \text{tg}^2(36^\circ) = 0.112 \times 0.527 = 0.059 \text{ t/m}$, en 2.3 m = $0.135 / 2.50 \text{ m}$ de espaciamiento = 54 kg/m en el cauce. La Figura III.11 “Sección longitudinal del canal en obra de salida”, muestra la sección longitudinal de la estructura del canal en obra de salida, la cual consta de tres secciones: Transición, Rápida y Disipación. En el tramo de descarga se observa que la pendiente se incrementa y por consecuencia también crece la velocidad:

FIGURA III.11 “SECCION LONGITUDINAL DEL CANAL
EN OBRA DE SALIDA”



$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

R = radio hidráulico = A/pm = 1.67 m/3.58 m = 0.47

(Considera solo la parte del canal que conduce agua, se desprecian las paredes sobre el terreno).

S = 21.87 %

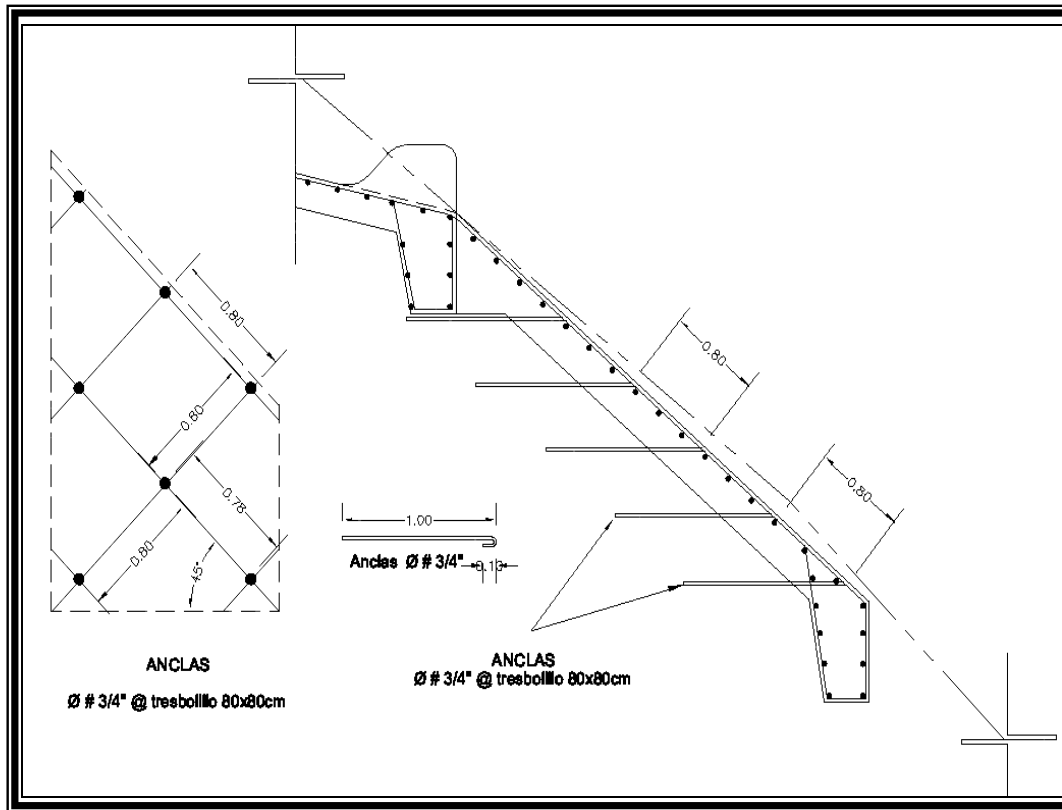
n = 0.014

V = 20.19 m/s

La carga específica de energía en el fondo del canal $H_e = 0.75 + 20.19^2/2g$
= 21.53 m

La Figura III.12 “Diseño de anclaje para la parte baja de la salida de la descarga del canal de desagüe”, muestra el diseño del anclaje para la parte baja de la salida de la descarga en la losa, para eliminar la socavación del terreno natural.

FIGURA III.12 “DISEÑO DE ANCLAJE PARA LA PARTE BAJA DE LA SALIDA DE LA DESCARGA DEL CANAL DEL DESAGÜE”.



El diseño del anclaje tiene una gran relevancia para la estructura de descarga, ya que garantiza que la estructura trabajará de forma segura bajo las condiciones más críticas de diseño.

Para evitar la succión de este elemento como resultado del paso del agua del Gran Canal de Desagüe por el mismo, se recomienda el anclaje de la losa al terreno natural por medio de varillas de $\frac{3}{4}$ " a cada 80 cm en ambos sentidos y colocadas a tres bolillo, hincadas al terreno natural por medios mecánicos hasta una profundidad no menor a un metro.

Con esta medida se evitará de buena manera la acción que ejercerán las corrientes de agua en tiempo de lluvias, cuando los niveles máximos extraordinarios se presenten, se procederá a revisar el detalle del diseño y el plano correspondiente.

III.5 TABLA DE CÁLCULO HIDRAÚLICO.

Con los datos básicos, el resultado del estudio hidrológico y las formula descritas en el subcapítulo III.2 “Diseño del colector principal”, se procedió a realizar una hoja de cálculo hidráulico de alcantarillado combinado, con la finalidad de definir el diámetro y profundidades del colector, la cual se integro con los siguientes datos:

Población de proyecto:	57,725 habitantes.
Área a drenar:	1,071.6 ha.
Densidad de población:	53.87 hab/ha.
Dotación de agua potable:	185 l/hab/día.
Aportación de aguas negras:	138.75 l/hab/día.
Periodo de retorno:	22 minutos.
Coefficiente de Manning:	0.013 (concreto).
Sitio de vertido actual:	Canal General.
Sitio de vertido a futuro:	Túnel Emisor Oriente.
Fórmula de Intensidad:	

$$I = 238.636 \frac{Tr^{0.287}}{D^{0.562}}$$

Donde:	I = Intensidad (mm/hr).
	Tr = Periodo de retorno (años).
	D = Duración de la lluvia (minutos).

Fórmula de Burkli-Ziegler: $Q = 0.002778 * C * I * A^{3/4} * S^{1/4}$

Donde:	Q = Gasto pluvial (m ³ /s).
	C = Coeficiente de escurrimiento.
	I = Intensidad (mm/hr).
	A = Área de la cuenca (ha).
	S = Pendiente del terreno (milésimas).

A continuación se presenta la Tabla III.3 “Cálculo hidráulico del colector combinado” del Municipio Melchor Ocampo.

TABLA III.3 (1/6) "TABLA DE CALCULO HIDRAÚLICO".

TRAMO DE	A	LONGITUD (m)	CADENA- MIENTO POZO INICIAL	AREAS		POBLA- CIÓN (hab)	TIEMPO DE CONCEN- TRACIÓN (mm/hr)	INTEN- SIDAD (mm/hr)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO		GASTO (m ³ /s)		
				PROPIA (ha)	ACUMU. (ha)				PROPIO	PROMEDIO	PLUVIAL	SANITARIO	COMBI- MADO
1	2	130.3	0+000.000	37.60	37.60	2,025	22.0	66.67	0.18	0.18	0.996	0.003	0.999
2	3	132.1	0+130.269		37.60	2,025	24.1	63.33	0.18	0.18	0.996	0.003	0.999
3	4	94.9	0+262.327	23.60	61.20	3,297	25.6	61.20	0.18	0.18	1.318	0.005	1.323
4	5	69.5	0+357.180		61.20	3,297	26.7	59.76	0.18	0.18	1.318	0.005	1.323
5	6	9.3	0+426.642	126.90	188.10	10,133	26.8	59.64	0.13	0.15	2.422	0.016	2.438
6	7	102.0	0+435.941		188.10	10,133	27.9	58.32	0.15	0.15	2.422	0.016	2.438
7	8	25.9	0+537.980		188.10	10,133	28.2	58.00	0.15	0.15	2.422	0.016	2.438
8	9	59.2	0+563.909		188.10	10,133	28.8	57.28	0.15	0.15	2.422	0.016	2.438
9	10	10.8	0+623.121		188.10	10,133	28.9	57.15	0.15	0.15	2.422	0.016	2.438
10	11	84.8	0+633.895		188.10	10,133	29.8	56.17	0.15	0.15	2.422	0.016	2.438
11	12	171.5	0+718.735		188.10	10,133	31.7	54.32	0.15	0.15	2.422	0.016	2.438
12	13	87.2	0+890.253	280.30	468.40	25,232	32.7	53.38	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
13	14	93.1	0+977.481		468.40	25,232	33.7	52.42	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
14	15	114.0	1+070.585		468.40	25,232	35.1	51.30	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
15	16	112.7	1+184.623		468.40	25,232	36.4	50.26	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
16	17	93.6	1+297.329		468.40	25,232	37.4	49.44	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
17	18	23.2	1+390.881		468.40	25,232	37.7	49.24	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
18	19	73.6	1+414.037		468.40	25,232	38.6	48.63	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
19	20	14.8	1+487.645		468.40	25,232	38.7	48.51	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
20	21	127.7	1+502.462		468.40	25,232	40.2	47.50	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
21	22	140.1	1+630.129		468.40	25,232	41.8	46.46	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
22	23	139.7	1+770.197		468.40	25,232	43.4	45.49	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
23	24	60.1	1+909.945		468.40	25,232	44.1	45.08	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
24	25	100.1	1+970.053		468.40	25,232	45.3	44.43	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
25	26	120.0	2+070.122		468.40	25,232	46.7	43.69	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
26	27	110.7	2+190.079		468.40	25,232	47.9	43.03	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
27	28	11.9	2+300.815		468.40	25,232	48.1	42.96	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
28	29	191.6	2+312.729		468.40	25,232	50.3	41.89	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
29	30	97.8	2+504.290		468.40	25,232	51.4	41.37	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
30	31	22.3	2+602.116		468.40	25,232	51.7	41.25	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
31	32	102.6	2+624.463		468.40	25,232	52.9	40.73	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
32	33	54.8	2+727.019		468.40	25,232	53.5	40.46	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
33	34	52.5	2+781.819		468.40	25,232	54.1	40.20	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
34	35	65.0	2+834.312		468.40	25,232	54.9	39.89	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404
35	36	39.4	2+899.333		468.40	25,232	55.3	39.71	0.15	0.15	4.363	0.041	4.404

TABLA III.3 (2/6) "TABLA DE CALCULO HIDRAÚLICO".

TRAMO DE	A	GASTO (m³/s)		DÍA- METRO (m)	PENDIENTES (MILESIMAS)		ELEVACIONES (m)		PROFUN- DIDAD (m)	TUBO LLENO		CONDICION REAL		
		REGULA- RIZADO	EN TRANSITO		TERRENO	TUBERÍA	TERRENO	PLANTILLA		VEL (m/s)	GASTO (m³/s)	TIRANTE (m)	VEL (m/s)	GASTO (m³/s)
1	2	0.085	0.915	1.22	-1.43	0.90	2,241.64	2,238.52	3.12	1.05	1.222	0.839	1.4	1.180
2	3	0.159	0.841	1.22	-4.57	0.90	2,241.82	2,238.40	3.42	1.05	1.222	0.839	1.4	1.180
3	4	0.222	1.101	1.22	2.09	0.90	2,242.43	2,238.28	4.14	1.05	1.222	1.220	1.2	1.445
4	5	0.263	1.060	1.22	1.41	0.90	2,242.23	2,238.20	4.03	1.05	1.222	1.220	1.2	1.445
5	6	0.261	2.177	1.52	-4.09	1.50	2,242.13	2,238.13	3.99	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
6	7	0.346	2.092	1.52	3.44	1.50	2,242.17	2,238.12	4.05	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
7	8	0.357	2.081	1.52	0.69	1.50	2,241.82	2,237.97	3.85	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
8	9	0.402	2.036	1.52	2.01	1.50	2,241.80	2,237.93	3.87	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
9	10	0.404	2.034	1.52	7.70	1.50	2,241.68	2,237.84	3.84	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
10	11	0.470	1.968	1.52	-3.51	1.50	2,241.60	2,237.82	3.77	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
11	12	0.592	1.846	1.52	-4.40	1.50	2,241.89	2,237.70	4.20	1.56	2.836	1.081	2.1	2.865
12	13	0.689	3.715	1.83	-4.01	1.00	2,242.65	2,237.44	5.21	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
13	14	0.798	3.605	1.83	1.82	1.00	2,243.00	2,237.35	5.65	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
14	15	0.928	3.475	1.83	2.39	1.00	2,242.83	2,237.26	5.57	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
15	16	1.043	3.360	1.83	5.19	1.00	2,242.56	2,237.14	5.41	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
16	17	1.127	3.276	1.83	3.25	1.00	2,241.97	2,237.03	4.94	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
17	18	1.127	3.277	1.83	11.66	1.00	2,241.67	2,236.94	4.73	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
18	19	1.209	3.195	1.83	2.30	1.00	2,241.40	2,236.91	4.48	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
19	20	1.203	3.201	1.83	5.74	1.00	2,241.23	2,236.84	4.39	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
20	21	1.349	3.054	1.83	2.96	1.00	2,241.14	2,236.83	4.32	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
21	22	1.466	2.938	1.83	0.09	1.00	2,240.77	2,236.70	4.07	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
22	23	1.569	2.834	1.83	2.17	1.00	2,240.75	2,236.56	4.19	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
23	24	1.581	2.822	1.83	-1.31	1.00	2,240.45	2,236.42	4.03	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
24	25	1.664	2.739	1.83	0.88	1.00	2,240.53	2,236.36	4.17	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
25	26	1.750	2.654	1.83	0.83	1.00	2,240.44	2,236.26	4.18	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
26	27	1.814	2.590	1.83	-2.65	1.00	2,240.34	2,236.14	4.20	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
27	28	1.782	2.622	1.83	13.51	1.00	2,240.63	2,236.03	4.60	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
28	29	1.964	2.440	1.83	0.49	1.00	2,240.47	2,236.02	4.46	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
29	30	1.977	2.427	1.83	-0.47	1.00	2,240.38	2,235.82	4.55	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
30	31	1.958	2.446	1.83	-9.22	1.00	2,240.43	2,235.73	4.70	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
31	32	2.042	2.361	1.83	2.15	1.00	2,240.63	2,235.70	4.93	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
32	33	2.050	2.354	1.83	-1.64	1.00	2,240.41	2,235.60	4.81	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
33	34	2.074	2.330	1.83	2.15	1.00	2,240.50	2,235.55	4.95	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
34	35	2.110	2.294	1.83	2.34	1.00	2,240.39	2,235.49	4.89	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
35	36	2.117	2.286	1.83	0.03	1.00	2,240.24	2,235.43	4.81	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489

TABLA III.3 (3/6) "TABLA DE CALCULO HIDRAÚLICO".

TRAMO	DE	A	LONGITUD (m)	CADENA- MIENTO POZO INICIAL	AREAS		POBLA- CIÓN (hab)	TIEMPO DE CONCEN- TRACIÓN (mm/hr)	INTEN- SIDAD (mm/hr)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO		GASTO (m³/s)		
					PROPIA (ha)	ACUMU. (ha)				PROPIO	PROMEDIO	PLUVIAL	SANITARIO	COMBI- NADO
36		37	41.9	2+938.766		468.40	25,232	55.8	39.52		0.15	4.363	0.041	4.404
37		38	94.4	2+980.663	32.40	500.80	26,977	56.9	39.09	0.14	0.15	4.363	0.043	4.407
38		39	44.1	3+075.035		500.80	26,977	57.4	38.89		0.15	4.363	0.043	4.407
39		40	163.7	3+119.158		500.80	26,977	59.3	38.19		0.15	4.363	0.043	4.407
40		41	70.3	3+282.808		500.80	26,977	60.1	37.90		0.15	4.363	0.043	4.407
41		42	81.8	3+353.076		500.80	26,977	61.0	37.57		0.15	4.363	0.043	4.407
42		43	147.5	3+434.905		500.80	26,977	62.7	36.99		0.15	4.363	0.043	4.407
43		44	75.0	3+582.424		500.80	26,977	63.6	36.71		0.15	4.363	0.043	4.407
44		45	20.6	3+657.441		500.80	26,977	63.8	36.63		0.15	4.363	0.043	4.407
45		46	87.0	3+678.001		500.80	26,977	64.8	36.31		0.15	4.363	0.043	4.407
46		47	172.7	3+765.008		500.80	26,977	66.8	35.70		0.15	4.363	0.043	4.407
47		48	188.7	3+937.746		500.80	26,977	69.0	35.06		0.15	4.363	0.043	4.407
48		49	16.8	4+126.478		500.80	26,977	69.2	35.01		0.15	4.363	0.043	4.407
49		50	141.5	4+143.325		500.80	26,977	70.8	34.55		0.15	4.363	0.043	4.407
50		51	52.9	4+284.828		500.80	26,977	71.5	34.39		0.15	4.363	0.043	4.407
51		52	89.9	4+337.732	159.30	660.10	35,558	72.5	34.11	0.15	0.15	4.363	0.057	4.420
52		53	158.3	4+427.679		660.10	35,558	74.3	33.64		0.15	4.363	0.057	4.420
53		54	175.6	4+585.963		660.10	35,558	76.3	33.13		0.15	4.363	0.057	4.420
54		55	86.3	4+761.539		660.10	35,558	77.3	32.89		0.15	4.363	0.057	4.420
55		56	122.8	4+847.872		660.10	35,558	78.8	32.56		0.15	4.363	0.057	4.420
56		57	71.8	4+970.708		660.10	35,558	79.6	32.37		0.15	4.363	0.057	4.420
57		58	119.6	5+042.516		660.10	35,558	81.0	32.05		0.15	4.363	0.057	4.420
58		59	40.2	5+162.118		660.10	35,558	81.4	31.95		0.15	4.363	0.057	4.420
59		60	155.2	5+202.362		660.10	35,558	83.2	31.56		0.15	4.363	0.057	4.420
60		61	164.5	5+357.557		660.10	35,558	85.1	31.17		0.15	4.363	0.057	4.420
61		62	146.0	5+522.049		660.10	35,558	86.8	30.82		0.15	4.363	0.057	4.420
62		63	13.1	5+668.045		660.10	35,558	87.0	30.79		0.15	4.363	0.057	4.420
63		64	137.9	5+681.186		660.10	35,558	88.5	30.48		0.15	4.363	0.057	4.420
64		65	128.5	5+819.113		660.10	35,558	90.0	30.20		0.15	4.363	0.057	4.420
65		66	24.1	5+947.589		660.10	35,558	90.3	30.15		0.15	4.363	0.057	4.420
66		67	18.9	5+971.718	42.20	702.30	37,832	90.5	30.10	0.16	0.15	4.363	0.061	4.424
67		68	158.7	5+990.577		702.30	37,832	92.4	29.77		0.15	4.363	0.061	4.424
68		69	10.3	6+149.232		702.30	37,832	92.5	29.75		0.15	4.363	0.061	4.424
69		70	48.8	6+159.495		702.30	37,832	93.0	29.65		0.15	4.363	0.061	4.424
70		71	59.2	6+208.317		702.30	37,832	93.7	29.52		0.15	4.363	0.061	4.424

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

TABLA III.3 (4/6) "TABLA DE CALCULO HIDRAÚLICO".

TRAMO DE	A	GASTO (m³/s)		DÍA- METRO (m)	PENDIENTES (MILESIMAS)		ELEVACIONES (m)		PROFUN- DIDAD (m)	TUBO LLENO		CONDICION REAL		
		REGULA- RIZADO	EN TRANSITO		TERRENO	TUBERÍA	TERRENO	PLANTILLA		VEL (m/s)	GASTO (m³/s)	TIRANTE (m)	VEL (m/s)	GASTO (m³/s)
36		2.137	2.266	1.83	-0.43	1.00	2,240.24	2,235.39	4.84	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
37		2.201	2.206	1.83	-2.42	1.00	2,240.25	2,235.35	4.90	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
38		2.199	2.208	1.83	3.26	1.00	2,240.48	2,235.25	5.23	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
39		2.317	2.090	1.83	-1.07	1.00	2,240.34	2,235.21	5.13	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
40		2.305	2.101	1.83	-0.38	1.00	2,240.51	2,235.05	5.47	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
41		2.342	2.065	1.83	2.20	1.00	2,240.54	2,234.98	5.56	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
42		2.424	1.983	1.83	-6.40	1.00	2,240.36	2,234.89	5.47	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
43		2.420	1.986	1.83	6.33	1.00	2,241.30	2,234.75	6.56	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
44		2.405	2.001	1.83	4.38	1.00	2,240.83	2,234.67	6.16	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
45		2.462	1.944	1.83	3.15	1.00	2,240.74	2,234.65	6.09	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
46		2.555	1.852	1.83	2.26	1.00	2,240.46	2,234.56	5.90	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
47		2.620	1.786	1.83	0.24	1.00	2,240.07	2,234.39	5.68	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
48		2.555	1.852	1.83	0.42	1.00	2,240.03	2,234.20	5.83	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
49		2.647	1.760	1.83	5.16	1.00	2,240.02	2,234.19	5.84	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
50		2.626	1.781	1.83	5.90	1.00	2,239.29	2,234.04	5.25	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
51		2.666	1.754	1.83	-0.37	1.00	2,238.98	2,233.99	4.99	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
52		2.736	1.684	1.83	-2.04	1.00	2,239.01	2,233.90	5.11	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
53		2.788	1.633	1.83	0.94	1.00	2,239.34	2,233.74	5.59	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
54		2.773	1.647	1.83	5.46	1.00	2,239.17	2,233.57	5.60	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
55		2.817	1.603	1.83	1.87	1.00	2,238.70	2,233.48	5.22	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
56		2.814	1.607	1.83	1.82	1.00	2,238.47	2,233.36	5.11	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
57		2.859	1.561	1.83	2.15	1.00	2,238.34	2,233.29	5.05	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
58		2.838	1.583	1.83	2.24	1.00	2,238.08	2,233.17	4.91	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
59		2.915	1.505	1.83	1.31	1.00	2,237.99	2,233.13	4.86	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
60		2.953	1.468	1.83	-0.39	1.00	2,237.79	2,232.97	4.82	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
61		2.974	1.446	1.83	1.66	1.00	2,237.85	2,232.81	5.04	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
62		2.927	1.493	1.83	7.99	1.00	2,237.61	2,232.66	4.95	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
63		3.000	1.420	1.83	-5.21	1.00	2,237.50	2,232.65	4.86	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
64		3.020	1.400	1.83	-3.82	1.00	2,238.22	2,232.51	5.71	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
65		2.986	1.434	1.83	-7.67	1.00	2,238.71	2,232.38	6.33	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
66		2.988	1.436	1.83	-3.34	1.00	2,238.90	2,232.36	6.54	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
67		3.067	1.357	1.83	-5.19	1.00	2,238.96	2,232.34	6.62	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
68		3.015	1.409	1.83	-22.02	1.00	2,239.79	2,232.18	7.61	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
69		3.037	1.387	1.83	7.27	1.00	2,240.01	2,232.17	7.84	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
70		3.051	1.373	1.83	3.28	1.00	2,239.66	2,232.12	7.54	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489

TABLA III.3 (5/6) "TABLA DE CALCULO HIDRAULICO".

TRAMO	LONGITUD (m)	CADENA- MIENTO POZO INICIAL	AREAS		POBLA- CIÓN (hab)	TIEMPO DE CONCEN- TRACIÓN	INTEN- SIDAD (mm/hr)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO		GASTO (m³/s)		
			PROPIA (ha)	ACUMU. (ha)				PROPIO	PROMEDIO	PLUVIAL	SANITARIO	COMBI- NADO
71	158.3	6+267.545		702.30	37,832	95.5	29.20		0.15	4.363	0.061	4.424
72	160.0	6+425.871		702.30	37,832	97.4	28.89		0.15	4.363	0.061	4.424
73	119.7	6+585.834		702.30	37,832	98.8	28.66		0.15	4.363	0.061	4.424
74	110.1	6+705.555		702.30	37,832	100.0	28.46		0.15	4.363	0.061	4.424
75	85.8	6+815.693		702.30	37,832	101.0	28.30		0.15	4.363	0.061	4.424
76	104.0	6+901.456	83.80	786.10	42,346	102.2	28.12	0.16	0.15	4.363	0.068	4.431
77	101.5	7+005.460		786.10	42,346	103.4	27.94		0.15	4.363	0.068	4.431
78	99.4	7+106.960	182.40	968.50	52,171	104.6	27.76	0.17	0.15	4.363	0.084	4.447
79	139.3	7+206.356		968.50	52,171	106.2	27.53		0.15	4.363	0.084	4.447
80	123.7	7+345.635		968.50	52,171	107.6	27.32		0.15	4.363	0.084	4.447
81	136.5	7+469.287		968.50	52,171	109.2	27.10		0.15	4.363	0.084	4.447
82	127.2	7+605.826		968.50	52,171	110.6	26.90		0.15	4.363	0.084	4.447
83	149.0	7+733.007		968.50	52,171	112.4	26.66		0.15	4.363	0.084	4.447
84	43.6	7+881.981		968.50	52,171	112.7	26.61		0.15	4.363	0.084	4.447
85	79.8	7+925.590	54.40	1022.90	55,102	113.4	26.52	0.19	0.16	4.363	0.088	4.452
86	165.7	8+005.387		1022.90	55,102	114.8	26.34		0.16	4.363	0.088	4.452
87	133.7	8+171.074		1022.90	55,102	115.9	26.20		0.16	4.363	0.088	4.452
88	140.0	8+304.789		1022.90	55,102	117.1	26.05		0.16	4.363	0.088	4.452
89	147.5	8+444.781	48.70	1071.60	57,725	118.4	25.89	0.13	0.15	4.363	0.093	4.456
90	8.8	8+592.254		1071.60	57,725	118.5	25.88		0.15	4.363	0.093	4.456
91	22.8	8+601.094		1071.60	57,725	118.6	25.86		0.15	4.363	0.093	4.456
92	178.2	8+623.896		1071.60	57,725	120.2	25.68		0.15	4.363	0.093	4.456
93	179.7	8+802.134		1071.60	57,725	121.7	25.49		0.15	4.363	0.093	4.456
94	179.4	8+981.841		1071.60	57,725	123.2	25.32		0.15	4.363	0.093	4.456
95	179.6	9+161.285		1071.60	57,725	124.7	25.14		0.15	4.363	0.093	4.456
96	179.6	9+340.869		1071.60	57,725	126.3	24.97		0.15	4.363	0.093	4.456
97	179.8	9+520.480		1071.60	57,725	127.8	24.80		0.15	4.363	0.093	4.456
98	108.4	9+700.237		1071.60	57,725	128.7	24.70		0.15	4.363	0.093	4.456
99	80.0	9+808.671		1071.60	57,725	129.4	24.63		0.15	4.363	0.093	4.456
100	131.0	9+888.671		1071.60	57,725	130.5	24.51		0.15	4.363	0.093	4.456
101	139.9	10+019.713		1071.60	57,725	131.7	24.39		0.15	4.363	0.093	4.456
102	102.8	10+159.579		1071.60	57,725	132.5	24.30		0.15	4.363	0.093	4.456
103	14.1	10+262.384		1071.60	57,725	132.6	24.29		0.15	4.363	0.093	4.456
104	28.8	10+276.496		1071.60	57,725	132.7	24.28		0.15	4.363	0.093	4.456
105	20.5	10+305.335		1071.60	57,725	132.8	24.27		0.15	4.363	0.093	4.456
DES		10+325.792										

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

TABLA III.3 (6/6) "TABLA DE CALCULO HIDRAULICO".

TRAMO	GASTO (m³/s)		DIÁ- METRO (m)	PENDIENTES (MILESIMAS)		ELEVACIONES (m)		PROFUN- DIDAD (m)	TUBO LLENO		CONDICION REAL		
	REGULA- RIZADO	EN TRANSITO		TERRENO	TUBERÍA	TERRENO	PLANTILLA		VEL (m/s)	GASTO (m³/s)	TIRANTE (m)	VEL (m/s)	GASTO (m³/s)
71	3.113	1.311	1.83	0.58	1.00	2,239.46	2,232.06	7.40	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
72	3.139	1.285	1.83	2.63	1.00	2,239.37	2,231.90	7.47	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
73	3.143	1.281	1.83	6.75	1.00	2,238.95	2,231.74	7.21	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
74	3.156	1.268	1.83	1.35	1.00	2,238.14	2,231.62	6.52	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
75	3.160	1.264	1.83	3.40	1.00	2,237.99	2,231.51	6.48	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
76	3.181	1.250	1.83	0.65	1.00	2,237.70	2,231.43	6.27	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
77	3.194	1.237	1.83	2.67	1.00	2,237.63	2,231.32	6.31	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
78	3.207	1.240	1.83	-0.99	1.00	2,237.36	2,231.22	6.14	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
79	3.240	1.207	1.83	1.79	1.00	2,237.46	2,231.12	6.34	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
80	3.251	1.196	1.83	-0.19	1.00	2,237.21	2,230.98	6.23	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
81	3.272	1.175	1.83	-1.10	1.00	2,237.23	2,230.86	6.37	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
82	3.285	1.162	1.83	-0.37	1.00	2,237.38	2,230.72	6.66	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
83	3.310	1.137	1.83	-2.06	1.00	2,237.43	2,230.60	6.84	1.44	3.799	1.830	1.7	4.489
84	3.276	1.171	1.83	1.15	1.85	2,237.74	2,230.45	7.29	1.96	5.167	1.302	2.6	5.219
85	3.294	1.158	1.83	2.91	1.85	2,237.69	2,230.37	7.32	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
86	3.332	1.119	1.83	1.85	1.85	2,237.46	2,230.22	7.24	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
87	3.342	1.110	1.83	-0.58	1.85	2,237.15	2,229.91	7.24	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
88	3.360	1.092	1.83	-0.39	1.85	2,237.23	2,229.86	7.56	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
89	3.379	1.077	1.83	-4.37	1.85	2,237.28	2,229.41	7.88	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
90	3.351	1.105	1.83	28.96	1.85	2,237.93	2,229.13	8.79	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
91	3.357	1.099	1.83	16.84	1.85	2,237.67	2,229.12	8.55	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
92	3.409	1.047	1.83	1.87	1.85	2,237.29	2,229.07	8.21	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
93	3.430	1.026	1.83	3.86	1.85	2,236.95	2,228.74	8.21	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
94	3.449	1.007	1.83	0.79	1.85	2,236.26	2,228.41	7.85	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
95	3.469	0.987	1.83	5.96	1.85	2,236.12	2,228.08	8.04	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
96	3.488	0.968	1.83	2.77	1.85	2,235.05	2,227.75	7.30	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
97	3.506	0.950	1.83	3.84	1.85	2,234.55	2,227.42	7.14	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
98	3.503	0.953	1.83	3.91	1.85	2,233.86	2,227.08	6.78	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
99	3.505	0.951	1.83	0.23	1.85	2,233.44	2,226.88	6.55	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
100	3.528	0.928	1.83	-4.49	1.85	2,233.42	2,226.73	6.68	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
101	3.544	0.912	1.83	-0.81	1.85	2,234.01	2,226.49	7.52	1.96	5.167	1.309	2.6	5.256
102	3.545	0.911	1.83	2.15	1.95	2,234.12	2,226.23	7.89	2.02	5.305	1.280	2.7	5.243
103	3.528	0.928	1.83	-39.40	9.15	2,233.90	2,225.90	7.87	4.37	11.493	0.788	4.8	5.227
104	3.531	0.925	1.83	7.00	9.15	2,234.46	2,225.90	8.55	4.37	11.493	0.788	4.8	5.227
105	3.532	0.924	1.83	-23.17	3.67	2,234.25	2,225.64	8.61	2.77	7.273	1.034	3.4	5.261
DES						2,234.73	2,225.56	9.16					

En el Capítulo IV “Procedimiento Constructivo”, se presenta el procedimiento constructivo recomendado para la instalación de la tubería del proyecto del Colector Combinado del sistema de alcantarillado que se pretende desarrollar en el Municipio Melchor Ocampo, Estado de México.

En este apartado, primeramente se describen los componentes principales del sistema de alcantarillado ya sea sanitario, pluvial o combinado, con la finalidad de dar una introducción de los elementos que integran los sistemas. Posteriormente se describirá el procedimiento constructivo a seguir para la ejecución de la obra, tomando en cuenta que en cualquier construcción siempre se presentan imprevistos. Y por último se enunciarán los pasos o procedimientos a seguir para la operación y mantenimiento de estas obras.

El procedimiento constructivo del emisor se realiza en las siguientes etapas: Trazo y excavación de las cepas, Conformación de cunetas y cárcamos de bombeo, Fabricación de la cama de arena, Colocación de la tubería, Construcción de pozos y cajas de visita, Construcción del acostillamiento, Conformación del suelo de relleno y Cruzamientos especiales.

Los componentes de un sistema de alcantarillado se agrupan según la función para la que son empleados. Así un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, se integra de las siguientes partes: Estructuras de captación, estructuras de conducción, estructuras de conexión y mantenimiento, estructura de vertido, estructuras de cruce, instalaciones complementarias, y estructura de disposición final.

Es importante concluir mencionando que en toda obra, se deberá estar abierto a nuevas tecnologías que nos faciliten los diversos procedimientos de las mismas, por lo que toda la información antes descrita puede ser complementada, previa justificación, con diferentes alternativas de construcción ya probadas y con resultados satisfactorios.