



UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO DE REHABILITACIÓN INTEGRAL DEL DRENAJE SANITARIO DEL SECTOR CENTRO DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Rubi Guadalupe Jacobo Meza

Asesor: I.C. Carlos César Pérez Ángeles

Uruapan, Michoacán, 08 de Diciembre del 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivos.	3
Pregunta de investigación.	4
Justificación.	4
Marco de referencia.	5

Capítulo 1.- Drenaje Urbano.

7

1.1. Concepto de Drenaje Urbano.	7
--	---

1.2. Generalidades.	8
-----------------------------	---

1.3. Sistema de alcantarillado.	9
---	---

1.4. Clasificación.	10
-----------------------------	----

1.5. Proyecto.	13
------------------------	----

1.6. Red de atarjeas.	13
-------------------------------	----

1.7. Colectores e interceptores.	18
--	----

1.7.1. Emisores.	19
1.7.2. Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores.	21
1.7.2.1. Modelo perpendicular.	22
1.7.2.2. Modelo radial.	22
1.7.2.3. Modelo de interceptores.	23
1.7.2.4. Modelo de abanico.	24
1.8. Componentes de un sistema de alcantarillado.	25
1.8.1. Tuberías.	26
1.8.1.1. Acero.	27
1.8.1.2. Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR).	29
1.8.1.2.1. Concreto reforzado con revestimiento interior (CRRRI).	33
1.8.1.2.2. Colocación de la Junta hermética.	35
1.8.1.3. Poliéster Reforzado con fibra de vidrio (PRFV).	36
1.8.1.4. Poli (cloruro de vinilo) (PVC) (pared sólida y estructurada).	38
1.8.1.5. Tuberías de fibrocemento (FC).	39
1.8.1.6. Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).	40
1.8.2. Obras accesorias.	42

1.8.2.1. Descarga domiciliaria.	42
1.8.2.2. Pozos de visita.	44
Capítulo 2.- Manejo de residuos líquidos.	46
2.1. Concepto de aguas residuales.	46
2.2. Antecedentes del tratamiento de aguas residuales.	47
2.3. Características de las aguas residuales.	50
2.4. Fuentes y clases de sólidos residuales.	51
2.4.1. Sólidos suspendidos.	54
2.5. El tratamiento y reusó de las aguas residuales en la Ley de Aguas Nacionales.	56
2.5.1. Objetivo del tratamiento de las aguas negras.	57
2.5.2. Valor de las aguas negras.	58
2.6. Abastecimiento y evacuación de aguas en las comunidades.	59
2.7. Saneamiento del abastecimiento de agua..	61
2.8. Control de la calidad del agua.	62
2.8.1. Fuente de abastecimiento.	63

2.8.2. Purificación.	64
2.8.3. Transmisión y distribución.	64
2.9. Saneamiento de la descarga de aguas residuales.	67
2.10. Gastos de diseño.	68
2.10.1. Gasto medio.	68
2.10.2. Gasto mínimo.	70
2.10.3. Gasto máximo instantáneo.	70
2.10.4. Gasto máximo extraordinario.	72
Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y micro localización.	74
3.1. Generalidades.	74
3.2. Objetivo.	76
3.3. Resumen ejecutivo.	76
3.4. Macro localización.	77
3.5. Micro localización.	82
3.6. Informe Fotográfico.	83

Capítulo 4.- Metodología.	92
4.1. Método empleado.	92
4.1.1. Método matemático.	94
4.2. Enfoque de la investigación.	95
4.2.1. Alcance de la investigación.	97
4.3. Diseño de la investigación.	98
4.4. Instrumentos de recopilación.	98
4.5. Descripción del proceso de construcción.	99
Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.	100
5.1. Recopilación de información de Infraestructura existente en dependencias de gobierno.	100
5.2. Determinación de zonas parciales de aportación.	101
5.3. Integración de propuesta de red general.	102
Conclusión	115
Bibliografía.	119
Anexos	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Desde años antepasados surgió la necesidad para el hombre de distribuir y desalojar las aguas pluviales o aguas residuales a través de redes subterráneas utilizando tuberías y alcantarillas.

En la presente investigación con el nombre “Proyecto de rehabilitación integral del drenaje sanitario del sector centro de la Ciudad de Uruapan, Michoacán.” se pretende solucionar este problema debido a que, con el paso del tiempo las tuberías se van deteriorando y una de las principales causas es ocasionado por el flujo del agua y la edad de la propia tubería. Es por eso que urge la rehabilitación de dichos drenajes en las zonas afectadas, beneficiar a los habitantes y evitar el deterioro de las capas de rodadura como pavimentos, sub-base, sub-rasante, etc. Para así mismo prolongar la vida útil de estas obras.

En México existen diversas investigaciones respecto al tema de drenaje pero resaltan más los temas de drenajes en tramos carreteros, sin embargo en la Universidad Don Vasco, existen varias tesis relacionadas con el tema, entre las cuales existe la de José Alberto Sánchez Arriaga y José Luis Arellano Naranjo, con el título de Diseño de Drenaje Pluvial en el Sector Centro- Sur en la ciudad de Uruapan, Mich. (2002), la cual tiene como objetivo establecer la línea de drenaje pluvial en la zona centro-sur, lo que lo llevo a concluir que se cumplieron los objetivos propuestos, ya que el proyecto se manejó en función de las necesidades del área en cuestión, todos los cálculos de las tuberías fueron elaborados y confirmados por un sistema de

cómputo para brindar mayor seguridad, por lo que con su tesis cumplió con sus metas establecidas desde el principio, para brindar un sistema integral y funcional para la población que habita en la zona centro-sur de la ciudad de Uruapan Michoacán.

En otro estudio realizado por Christian César Gonzáles Mejía, con el título Diseño de drenaje de la intersección de Guacamayas carretera Zihuatanejo-Lázaro Cárdenas (2008), menciona como objetivo la realización del diseño de drenaje en dicho tramo carretero; por lo que concluyo cumpliendo sus objetivos, pues demostró que se necesita la construcción de un pozo de visita en el kilómetro 108+560, el cual tendrá la función de captar toda el agua en superficie de camino por medio de una alcantarilla de polietileno de la marca ADS mexicana con un diámetro de 1.20 metros, la cual desfoga el agua captada hacia el aeropuerto de la población de Guacamayas y debe contar con un bombeo del 2% y que no es necesario la construcción de cunetas.

En la investigación por Jorge Valencia Aburto, de título Revisión de drenaje del tramo carretero denominada “La Curva del Diablo”, carretera Uruapan-Carapan del kilómetro 65+000 al 66+000, (2008), la cual tiene como objetivo realizar un eficaz análisis del sistema de drenaje para el tramo mencionado, a lo cual lo llevó a la conclusión de que los datos tomados por formas del terreno y cuestiones del proyecto se propusieron cunetas que cumplen con la cuneta tipo SCT. Además que el porcentaje de bombeo sea de 2% para que el agua se desaloje rápidamente, brindando seguridad al camino.

Planteamiento de problema.

En la Ciudad de Uruapan se tiene un gran problema con los drenajes antiguos, debido a que todo material tiene una etapa de vida útil y estas tuberías ya están muy deterioradas, por lo que es recomendable cambiar la red de drenaje en dichas zonas, por este motivo para la presente información se quiere resolver la siguiente pregunta que ayudará para la realización de este proyecto. ¿Cuál sería el proyecto idóneo de rehabilitación integral del drenaje sanitario del sector centro de la Ciudad de Uruapan, Michoacán?

Objetivos.

Objetivo general: Proponer el proyecto de rehabilitación integral del drenaje sanitario del sector centro en la Ciudad de Uruapan, Michoacán.

Objetivos particulares:

- 1) Definir qué es un drenaje.
- 2) Establecer para qué sirve un sistema de drenaje.
- 3) Calcular las dimensiones de tubería para la red de estudio.
- 4) Mencionar qué son las aguas residuales.
- 5) Señalar cómo se clasifican las aguas residuales.
- 6) Mencionar cuál es el objetivo de tratar las aguas negras.

Pregunta de investigación.

Para poder llevar a cabo el presente análisis es necesario resolver las siguientes preguntas, las cuales quedarán resueltas al final de la elaboración de este proyecto:

¿Cuál es el proyecto idóneo de rehabilitación integral del drenaje sanitario del sector centro de la ciudad de Uruapan Michoacán?

¿Qué es un drenaje?

¿Cuáles son los elementos que componen un drenaje?

¿Cuál es el diseño que se debe hacer para un sistema de drenaje?

¿Qué tuberías se recomiendan para un sistema de drenaje?

¿Cuál es el tratamiento de las aguas residuales?

¿Qué tipos de residuos hay en un drenaje?

¿Cuál es la calidad de las aguas residuales?

Justificación.

Primeramente el sistema de drenaje tiene gran importancia en la ciudad, ya que beneficia a la mayoría de la sociedad, aportando bienestar y confort a las mismas para tener una vida digna.

Este proyecto garantiza una vida útil mucho mayor a la existente, la cual ayudará a los habitantes de la zona y evitara el deterioro de las calles, teniendo un ahorro económico considerable.

Los beneficiarios serian el investigador, al resolver la duda o problema que lo llevo a iniciar la presente tesis, en especial a los habitantes de la zona centro y a la CAPASU, además de aportar los conocimientos a los estudiantes en la rama de la Ingeniería Civil sobre el tema de drenaje, para estudiar y comprender futuras investigaciones.

Marco de referencia.

La ciudad de Uruapan, que viene del nombre de la palabra purépecha Uruapani que significa florecer y fructificar, paraíso de Michoacán, fue fundada por el fraile Francis-cano Fray Juan de San Miguel alrededor de 1533. Su altura sobre el nivel del mar se considera de 1640 metros y queda situada a los 19°24'56" de latitud norte y 102°03'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

La extensión geográfica del municipio alcanza una superficie de 1286 kilómetros cuadrados y una densidad de 114 habitantes por Km². Su riqueza hídrica es que junto con el clima, se caracteriza por la particular composición geológica en las tierras de la meseta tarasca, cuya porosidad hace que las aguas se infiltren y broten en el rio Cupatitzio que ayuda para el abastecimiento de agua en la ciudad.

La flora y fauna del municipio se combina por lo intermedio zona fría y zona caliente. Su suelo es charandoso, ayuda al dominio de pinos en la zona purépecha y al cultivo de caña, pero su característica fundamental es la frondosidad de las huertas de frutos: aguacate, chirimoya, café, plátano, mamey.

El comercio que predomina en la industria del campo es conocida como la capital mundial del aguacate, además de las artesanías, producto de la habilidad de los habitantes, algunos de sus servicios es que cuenta con un aeropuerto considerado de los mejores del estado, por carretera cuenta con entradas y salidas de autobuses de pasajeros o cargas y los mejores servicios de hoteles, así como restaurantes famosos por sus comidas tradicionales.

CAPÍTULO 1

DRENAJE URBANO

En el presente capítulo se habla sobre lo que es el Drenaje Urbano, su definición y algunos de sus componentes, además se especificará el procedimiento que se llevará a cabo para la realización del drenaje. Por otra parte, se mencionarán las diferentes clasificaciones de sistemas de alcantarillado que existen así como los diámetros, tuberías, gastos necesarios, red de atarjeas, receptores, etc.

1.1.- Concepto de drenaje urbano.

“Se pueden considerar como aquellos elementos participantes en el drenaje de las ciudades que, además de reducir el caudal circulante por la superficie, consiguen también disminuir de forma notable la cantidad de contaminantes que arrastra el agua de escorrentía”, (www.drenajeurbanosostenible.mx; 1999).

Hace pocos años, los proyectos de drenaje urbano estaban centrados especialmente en la cantidad de escorrentía a evacuar y no en la calidad del agua que era drenada en la ciudad; quiere decir que los sistemas de alcantarillado estaban diseñados con el objetivo de evitar inundaciones, sin tomar en cuenta el daño ambiental que vertía al medio y los contaminantes que llevaba consigo la escorrentía.

1.2.- Generalidades.

Primeramente, antes de realizar cualquier proyecto es fundamental tener conocimiento de los estudios y antecedentes del lugar para poder realizar cualquier trabajo, para ello en este capítulo se hablará un poco sobre los planos y estudios que se deben tomar en cuenta para la realización del sistema drenaje urbano ya sea para construcción o rehabilitación.

a) Topografía.

“Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación”. (Montes de Oca; 1981:1)

Como menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), para el diseño de atarjeas debe adecuarse a la topografía del terreno o de la localidad donde se pretende construir, tomando en cuenta los diferentes prototipos de red de atarjeas. La conducción de las tuberías deberá analizarse bajo un sistema de superficie libre, así las tuberías tendrán la pendiente necesaria para el tipo de terreno.

b) Planos.

Para la realización del proyecto, según la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), es necesario tener los planos topográficos del terreno con sus respectivas curvas de nivel, además se tendrán los planos de pavimentación y

banqueta, también será importante identificar si existe nivel freático al nivel que se desea colocar la tubería, y saber la clasificación de tipo de suelo a excavar. También se tendrá un plano de la última actualización de la red; esto ayudará para la rehabilitación o ampliación de la red ya existente, ahí se explicara el tipo de tubería con que se construirá, la longitud de los tramos y el diámetro del mismo, elevación de brocales y plantillas de entrada y salida de las tuberías de los pozos de visita, planos de agua potable, uso actual del suelo con la densidad de población correspondiente a la zona, incluyendo, zonas comerciales, zonas industriales, zonas públicas y áreas verdes, entre otros.

Es importante señalar que para la selección del material de la tubería deberá basarse en las especificaciones establecidas del material y las recomendaciones de códigos aplicables, estándares y dimensionales. “El ingeniero proyectista deberá considerar también los requerimientos de servicio, y parámetros tales como: resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, facilidad de instalación, costo de suministro e instalación, costo de operación y mantenimiento, y vida útil de la tubería”. (Arnal; 2011: 1005)

1.3.- Sistemas de alcantarillado.

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos según la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009): convencionales o no convencionales. Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido considerablemente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tubería de grandes diámetros que

permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la inseguridad en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo.

1.4.- Clasificación.

Es sumamente importante saber los diferentes tipos de sistemas de alcantarillado que hay, ya que debido a esto se tomara un modelo o prototipo con el cual se pretende construir la red de drenaje, saber las condiciones en que esta y su clasificación, por lo que evitara tener errores al momento de su ejecución.

1.- Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en:

Alcantarillado separado: es aquel en el cual se independiza la evacuación de aguas residuales y lluvia. Dentro de él se divide en dos: 1) Alcantarillado sanitario, que es un sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales y el 2) Alcantarillado pluvial, que es un sistema de evacuación de la esorrentía superficial producida por la precipitación.

3) Alcantarillado combinado: conduce simultáneamente las aguas residuales, domésticas e industriales, y las aguas de lluvia.

2.- Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de las aguas residuales.

Alcantarillado simplificado: un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero

teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y aumentar distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

b) Alcantarillado condominiales: Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.

c) Alcantarillado sin arrastre de sólidos. Conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunas secciones.

En caso que se cuente con tubería ya existente, como menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), se hace una revisión detallada de la red, seleccionando los tramos aprovechables por su buen estado de conservación y capacidad necesaria, lo que se toma en cuenta en el proyecto total de él, es que si necesita la modificación total de su tubería o reforzamiento en tramos donde se requiera.

El tipo de alcantarillado que se use depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto.

Un sistema de alcantarillado por vacío como menciona La Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), consiste en un sistema de tuberías, cerradas que trabajan con una presión negativa, vacío, que conducen las aguas de desecho a una

estación de vacío, de donde son conducidas a un colector que las llevara a una planta de tratamiento o a un vertedero.

Un sistema de alcantarillado por vacío consta de cuatro componentes principales:

- Las líneas de gravedad de las casas a la caja de válvula.
- La válvula de vacío y la línea de servicio.
- Las líneas de vacío.
- La estación de vacío.

Las líneas de gravedad que se instalan normalmente como parte de un sistema habitual por gravedad son adecuadas para uso de alcantarillado por vacío. Las líneas de gravedad de 4" ó 6" se instalan generalmente con una pendiente de 2% del edificio o lugar de construcción hasta la línea colectora, las cuales deberán contar con una línea de aire. Las líneas por gravedad deberán construirse con la tubería propuesta, las cuales descargan en un tanque de colector, donde se encuentra la caja de la válvula de vacío.

El aire a presión opera la unidad controlador/sensor a través de una válvula de tres fases que aplica vacío de la línea al operador de la válvula. Éste abre la válvula y activa un temporizador ajustable en el controlador. Después de un período de tiempo preestablecido la válvula se cierra. Una vez que las aguas negras han sido evacuadas, a través de las líneas colectoras, una cantidad preestablecida de aire es admitida para proveer la fuerza de propulsión para las aguas negras.

1.5.- Proyecto.

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

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

1.6.- Red de atarjeas.

Según la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), una atarjea es la tubería que recoge las aguas residuales de las descargas domiciliarias o vertedero exterior para entregarlas al colector por medio de un pozo de visita. La red está conformada por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas.

Partiendo de lo dicho por Babbitt (1975), las zanjas destinadas a las atarjeas deben excavarse lo más estrechas posibles, esto servirá para que puedan ser colocados perfectamente los conductos y las juntas se puedan hacer e inspeccionar

adecuadamente. Además servirá para que el relleno pueda quedar consolidado. Nunca debe apilarse el material de la excavación a menos de 60 cm del borde de la zanja, este requisito de seguridad puede afectar a la anchura de la zanja o al tipo de excavación que se pretende.

Como menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), El ingreso del agua en las tuberías es lentamente a lo largo de la red, acumulándose los caudales, a lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida que se incrementan los caudales. Así mismo se obtienen en el diseño las mayores secciones o calibre más grande en los tramos finales de la red.

La red comenzará con la descarga domiciliaria, a partir de la superficie exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm, siendo éste el mínimo recomendable, sin embargo, esta medida puede cambiar en función de las disposiciones de las autoridades locales. La tubería deberá tener por lo menos una pendiente de 1.5% y la conexión entre albañal y atarjea deberá estar perfectamente cerrada. Por lo tanto, si el diámetro del albañal varía se recomendará cambiar la pendiente de la tubería.

“El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 20 cm, y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante”. (Comisión Nacional del Agua – CONAGUA- ; 2009: 8)

La estructura peculiar de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su fiscalización y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Los pozos de visita deben estar ubicados en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro.

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

a) Trazo en Bayoneta.

Se asigna así al trazo que empezando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o escalera. Reducir el número de cabeza de atarjeas permite un mejor funcionamiento de las atarjeas con lo que los tramos adquieren un régimen hidráulico establecido. Para este tipo de trazo, en las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas usadas para el cambio de dirección de las tuberías que desembocan, son independientes y con curvatura opuesta, no debiendo tener una diferencia mayor de 0.50 m entre las dos medias cañas.

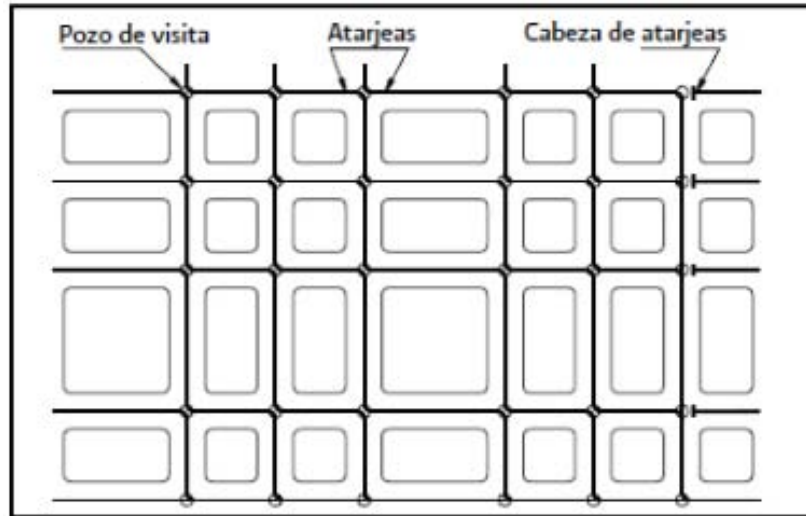


Figura 1.1 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta.

Fuente: CONAGUA; 2009:9.

b) Trazo en peine.

Se forma cuando existen varias atarjeas con misma identidad, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, desembocando su contenido en una tubería usual de mayor diámetro, perpendicular a ellas. Debido al corto desarrollo que normalmente tienen las atarjeas antes de descargar a un conducto mayor, generalmente trabajan por debajo de su capacidad.



Figura 1.2. Trazo de la red de atarjeas en peine.

Fuente: CONAGUA; 2009:9.

c) Trazo combinado.

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona, aunque cada trazo tiene sus características particulares, el trazo de bayoneta es el que mayor ventaja tiene, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de la tubería.

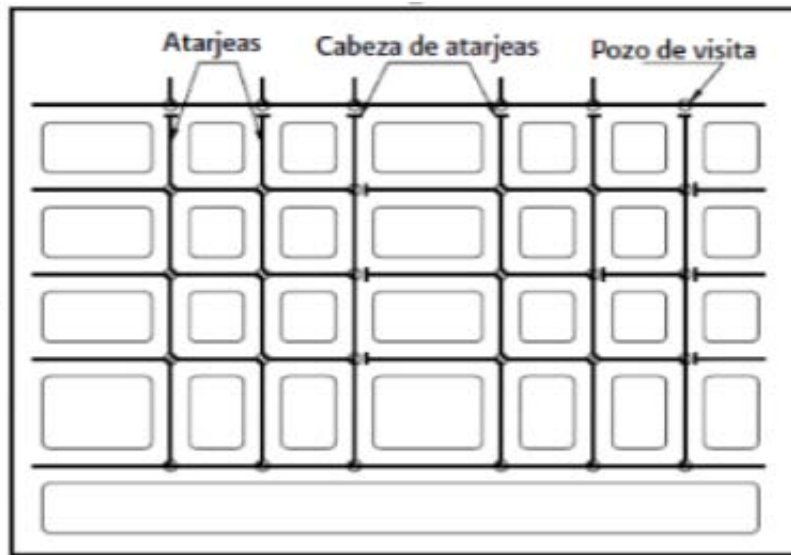


Figura 1.3. Trazo combinado en red de atarjeas.

Fuente: CONAGUA; 2009:9.

1.7. Colectores e interceptores.

Según la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), son las tuberías que tienen contribución de las atarjeas de otros colectores (subcolectores) y terminan en un emisor, en la planta de tratamiento o en un sistema de reúso. Por motivos económicos, los colectores e interceptores deben ser en lo posible una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

Sub-Colector: Es la tubería que recibe las aguas negras de las atarjeas para después conectarse a un colector. Su diámetro generalmente es menor a 61cm por lo que no es necesario utilizar madrinas.

Colector: Es la 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 colector; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas a los colectores.

Interceptor: Son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de dos o más colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento.

1.7.1. Emisor.

“Son el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas residuales a la planta de tratamiento o a un sistema de reúso. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga.” (Comisión Nacional del Agua –CONAGUA-; 2009: 10)

Generalmente el escurrimiento debe ser por gravedad, a menos que se tengan casos especiales donde se necesite a presión o por bombeo, para las siguientes condiciones:

- Elevar las aguas residuales de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.
- Conducir las aguas residuales de una cuenca a otra.

- Entregar las aguas residuales a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo a condiciones específicas que así lo requieran.

a) Emisores a gravedad.

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

b) Emisores a presión.

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

En estos casos de acuerdo con la página electrónica www.siapa.mx (2014), es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor. El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga.

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

1.7.2. Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores.

Como menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), para recolectar las aguas residuales de una localidad, se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de los colectores, interceptores y emisores el cual fundamentalmente depende de:

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

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

A continuación se describen los modelos de configuración más usuales.

1.7.2.1. Modelo perpendicular.

En el caso de una comunidad paralela a una corriente, con terreno con una suave pendiente hacia ésta, la mejor forma de colectar las aguas residuales se logra colocando tuberías perpendiculares a la corriente. Adicionalmente debe analizarse la conveniencia de conectar los colectores, con un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.

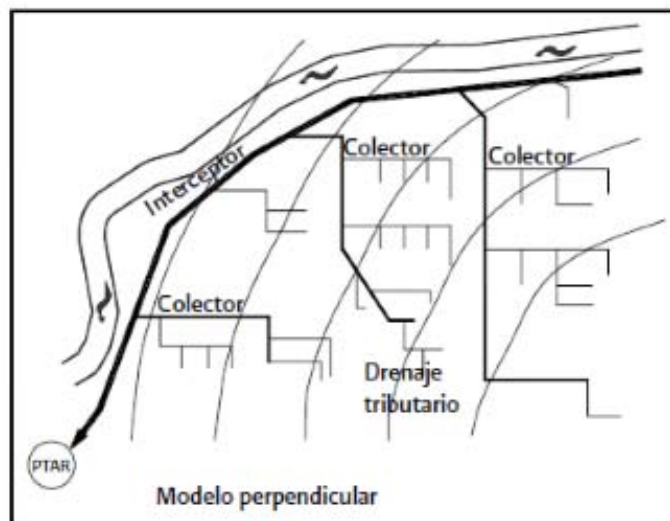


Figura 1.4. Modelo perpendicular.

Fuente: CONAGUA; 2009:11.

1.7.2.2. Modelo radial.

En este modelo las aguas residuales fluyen hacia el exterior de la localidad, en forma radial a través de colectores. Adicionalmente debe analizarse la conveniencia

de conectar los colectores, con un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.

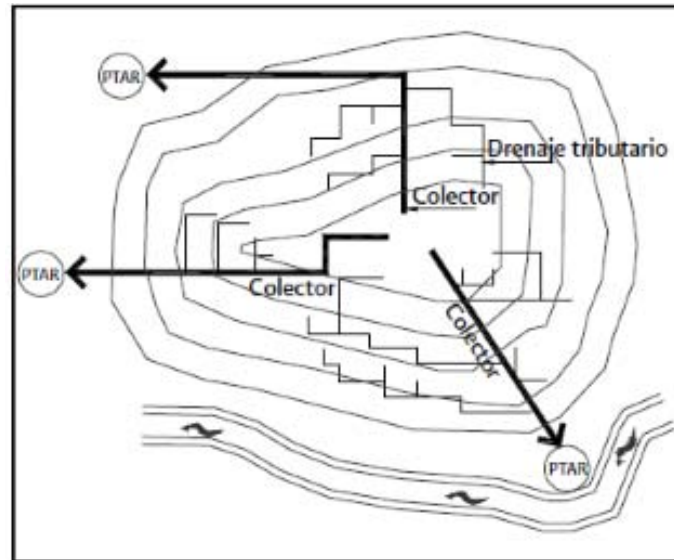


Figura 1.5. Modelo radial.

Fuente: CONAGUA; 2009:11.

1.7.2.3. Modelo de interceptores.

Este tipo de modelo se emplea para recolectar agua residuales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías principales (colectores) se conectan a una tubería mayor (interceptor) que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta un emisor o una planta de tratamiento.

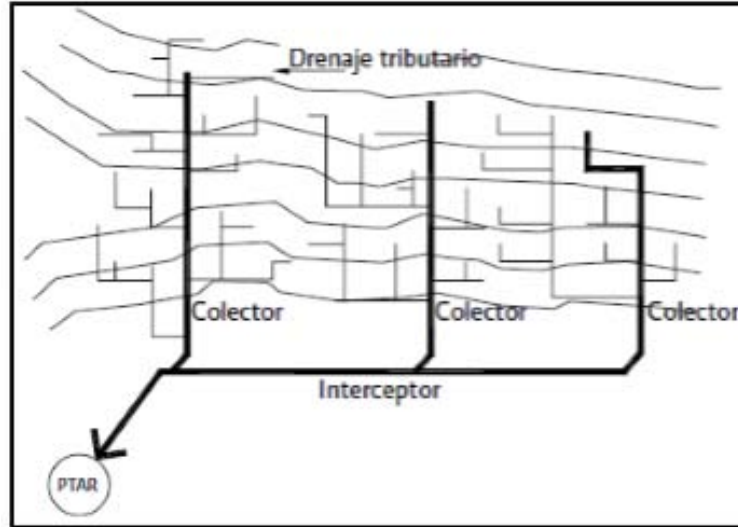


Figura 1.6. Modelo de interceptores.

Fuente: CONAGUA; 2009:11.

1.7.2.4. Modelo de abanico.

Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar las líneas convergentes hacia una tubería principal (colector) localizada en el interior de la localidad, originando una sola tubería de descarga.

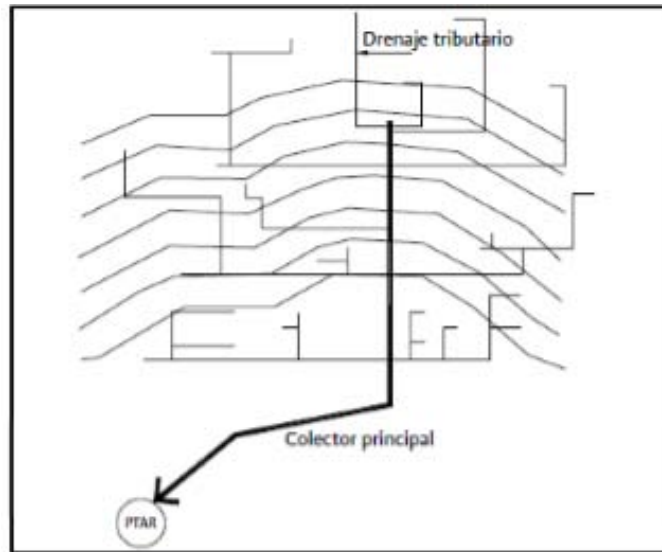


Figura 1.5. Modelo de abanico.

Fuente: CONAGUA; 2009:11.

1.8. Componentes de un sistema de alcantarillado.

A partir de lo que menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA– (2009), Una red de alcantarillado sanitario se integra de varios elementos certificados, tales como tuberías, conexiones, anillos y obras accesorias: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales.

La expectativa de vida útil de los elementos que conforman una red de alcantarillado sanitario debe ser de al menos de 30 a 50 años. Todos los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario y su instalación deben cumplir con la

norma oficial mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 Sistema de alcantarillado sanitario – Especificaciones de hermeticidad.

Cuando algunos elementos de alcantarillado sanitario carezcan de las normas mexicanas o reglamentos y especificaciones, será necesario para regular su calidad, asegurar que éstos cumplen con las especificaciones internacionales o en su defecto con las del país de origen (Art. 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización).

1.8.1. Tuberías.

La tubería de alcantarillado se compone de tubos y conexiones acoplados mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de las aguas residuales. Según La Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), en la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación.

En los sistemas de alcantarillado sanitario a presión se pueden utilizar diversos tipos de tuberías para conducción de agua potable, siempre y cuando reúnan las características para conducir aguas residuales. A continuación, se detallan las características de las tuberías de alcantarillado mencionadas y de los sistemas de unión entre tuberías de los diversos materiales utilizados.

1.8.1.1. Acero.

Como menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2012), los procedimientos para el transporte, zanjado, tendido, relleno y prueba hidrostática de tubería de acero depende de varios factores, como son: su diámetro, condiciones de operación, su localización (urbana, suburbana o rural), el terreno donde será colocada (plano, inclinado o montañoso), así como del tipo del suelo, profundidad de enterrado y relleno.

Es importante señalar que las propiedades mecánicas del suelo excavado, así como las del suelo que será usado de relleno son de gran importancia. Asimismo los principios de mecánica de suelos adecuadamente aplicados a las prácticas de excavación y relleno, conducirán a que los sistemas de tubería bajo condiciones de trabajo sean más seguros y económicos.

Para asegurar la integridad y funcionamiento continuo durante largos períodos de tiempo, de los ductos de tubería de acero enterrados en el subsuelo, es necesario además del uso de los recubrimientos que funcionan como protección pasiva, el uso de la protección catódica o activa.

Material	Tipo de tubo	Norma aplicable	Diámetros nominal (mm)	Sistema de unión	Longitud total (m)
Acero	Sin Costura	NMX-B-177 ASTM A 53/A	60 3 mm a 508 mm	Soldadura	14 5 m máx.
	Con costura recta (longitudinal)	NMX-B-177 NMX-B-184 ISO 3183 (API 5L) Grados B X42 HASTA X60 ASTM A 53/A Y B AWWA C 200	50 mm a 600 mm	Soldadura bridas coples o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica	6 15 a 12 30 m
	Costura helicoidal	NMX-B-177 NMX-B-182 ISO 3183 (API 5L) ASTM A 53/A ASTM A 134 AWWA C 200	219 mm a 3048 mm	soldadura bridas coples o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica	6 a 13 m

Tabla 1.1. Información general de la tubería de acero.

Fuente: CONAGUA; 2009: 13.

De acuerdo a la comisión Nacional del Agua -CONAGUA- (2009), es importante ciertos parámetros para el cálculo y diseño de la tubería por consiguiente se muestra la siguiente tabla:

Parámetro	Símbolo	Valor
Módulo de Elasticidad de Young	E	206 800 MPa
Relación de Poisson	ν	0.30
Momento de Inercia sección circular	I	$I = \frac{\pi}{64} (D_o^4 - D_i^4)$
Rigidez de la tubería	PS	$6.7 E I_{pared} / r^3$
Momento de inercia de la sección transversal de la pared de la tubería por unidad de longitud (b), en $cm^4/cm = cm^3$	I_{pared}	$I_{pared} = t^3 / 12$
Módulo de Sección	S	$S = \frac{\pi}{32} (D_o^3 - D_i^3)$

D_o .- Diámetro exterior de la tubería, D_i .- Diámetro interior de la tubería, π .- $\pi = 3.1416$, r.- radio promedio de la tubería, cm, t.- espesor de pared de la tubería, cm.

Tabla 1.2. Propiedades de la tubería de acero al carbono.

Fuente: CONAGUA; 2009: 13.

En la siguiente tabla se mencionan diversos requerimientos de tensión, así como su especificación de acuerdo a las Normas Mexicanas, el grado de acero, límite elástico y resistencia a la última tensión, estos datos nos ayudaran para diseñar correctamente la red de alcantarillado.

Requerimientos de tensión			
Especificación	Grado de acero	Límite elástico, Min., MPa	Resistencia a la última tensión Min., MPa
ISO 3183 (API 5L)	L245 (B)	245	415
	L290 (X42)	290	415
	L320 (X46)	320	435
	L360 (X52)	360	460
	L390 (X56)	390	490
	L415 (X60)	415	520
NMX B-177	B	241	414

Tabla 1.3. Especificaciones técnicas de la tubería de acero al carbono, soldada por resistencia eléctrica de alta frecuencia (HFW) fabricada bajo ISO 3183 (API 5L), NMX-B-177.

Fuente: CONAGUA; 2009: 18.

1.8.1.2. Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR).

Se debe revisar cuidadosamente que el tubo no esté agrietado o roto por falla de fabricación o manipulación. Según la Comisión Nacional del Agua -CONAGUA- (2007), revisar si está roto o agrietado a consecuencia de un transporte inadecuado o maniobras indebidas tanto en la descarga como en el almacén del mismo.

La tubería de concreto se compone principalmente de un aglutinante de cemento, agregados, acero y agua, a continuación se describen las características

principales de cada uno como menciona, La Comisión Nacional del Agua - CONAGUA- (2009).

a) Cemento.

El cemento Tipo RS es un tipo especial de cemento destinado para las estructuras expuestas a la severa acción del sulfato. Posee una tasa menor de evolución de resistencia que la del cemento portland normal. El tipo RS es un cemento con un contenido máximo permitido de C3A del 5 por ciento, lo que le proporciona una mejor resistencia al sulfato que el cemento tipo portland.

b) Refuerzo (armazón).

El tubo de concreto se fabrica con o sin armazón de acero conforme a los requerimientos y especificaciones aplicables del proyecto en cuestión. La mayor parte del tubo de concreto se fabrica con el refuerzo de acero. La cantidad de refuerzo de acero es sugerida en las normas NMX-C-402-ONNCEE-2004 o se determina por medio de un diseño especial. El tipo de armazón empleado depende de los procesos de producción y de la disponibilidad.

c) agregados.

Los agregados son material granular de composición mineral, tal como arena, grava o piedra triturada. Los agregados se combinan con un medio de cementación para formar el concreto. Los agregados se clasifican en términos generales en fino y grueso. El agregado fino consiste de material que varía desde un tamaño que pasa en la criba de 9.5 mm hasta un material que pasa por una criba de 150 μ m. El

agregado grueso varía desde el máximo tamaño para la arena a un límite superior variable, determinado por el grosor de la pared del tubo y por consideraciones de la producción.

d) Agua.

El agua que se añade al cemento produce una reacción química conocida como hidratación. La característica física de esta reacción es la formación de un gel en el momento en que el cemento se expone al agua. Sólo una pequeña cantidad de agua se requiere para la hidratación, pero se requiere de agua adicional para producir una mezcla funcional. Existe, sin embargo, una relación entre la cantidad de agua utilizada y la resistencia del concreto resultante. La cantidad de agua deberá estar limitada a aquella que producirá el concreto con la calidad requerida.

Material	Tipo	Norma	Diámetro nominal (cm)	Coefficiente de Manning	Sistema de unión	Longitud máxima (cm)
Concreto Simple	Junta Hermética	NMX-401-ONNCE	15	0.012	Anillo de Hule Espiga-campana	125
			20			
			25			
			30			250
			38			
			45			
Concreto Reforzado	Junta Hermética	NMX-402-ONNCE	61	0.012	Anillo de Hule Espiga-campana	250
			30			
			38			
			45		Anillo de Hule Esp. Caja	250
			61			
			76			
			91			
			107			
			122			
			152			
			183			
213						
244						
305						

Para tubería de concreto reforzado con recubrimiento interior, el coeficiente de Manning es de 0.009.

Tabla 1.4. Información general de la tubería de concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR).

Fuente: CONAGUA; 2009: 20.

A continuación en la siguiente tabla especifica algunos datos importantes sobre la tubería de concreto simple, como su diámetro, espesor y cargas de resistencia. Como menciona en la tabla estos datos aportaran información para determinar si conviene emplear la tubería de concreto simple o de concreto reforzado.

Diámetro		Espesor recomendado de pared (mm)	Carga mínima de ruptura			
Nominal (Dn) en mm	Real (Dr) (mm)		Grado 1 Resistencia mínima del concreto 27.6 MPa (280 kgf/cm ²)		Grado 2 Resistencia mínima del concreto 34.5 MPa (350 kgf/cm ²)	
			kN/m	(kgf/cm ²)	kN/m	(kgf/cm ²)
100	101	23	14.7	(1.490)	20.6	(2.100)
150	152	27	16.2	(1.640)	20.6	(2.100)
200	203	29	19.0	(1.930)	21.9	(2.235)
250	254	33	20.5	(2.080)	22.7	(2.310)
300	305	47	21.5	(2.230)	24.8	(2.530)
380	381	53	25.6	(2.600)	28.9	(2.950)
450	457	61	29.4	(2.980)	34.1	(3.480)
600	610	75	35.2	(3.570)	43.8	(4.470)

Tabla 1.5. Clasificación de la tubería de concreto simple.

Fuente: CONAGUA; 2009: 21.

En la siguiente tabla muestra la información sobre la tubería de concreto reforzado, su diámetro y sus esfuerzos, que además, ayudara a determinar si es el grado adecuado o será necesario incrementar ciertos parámetros para obtener una mejor resistencia.

Carga M para producir la primera grieta de 0.25 mm 50 N/m/mm (5.1 kgf/m/mm) Carga M para producir una ruptura: 75 N/m/mm (7.6 kgf/m/mm)															
Diámetro interno		Refuerto cm ² /m de pared de tubo Resistencia del concreto 27.6 MPa (280 kgf/cm ²)												Resistencia en kgf/m Método de los tres apoyos	
Nom (Dn) mm	Real (Dr) mm	Espesor de pared (mm)	Pared A			Espesor de pared (mm)	Pared B			Espesor de Pared (mm)	Pared C			Carga para la grieta	Carga máxima
			Jaula interior	Jaula Exterior	Refuerto elíptico		Jaula interior	Jaula exterior	Refuerto elíptico		Jaula interior	Jaula exterior	Refuerto elíptico		
300	305	44	1.5	-----	-----	51	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1 555	2 318
380	381	47	1.5	-----	-----	57	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1 943	2 896
450	457	50	1.5	-----	1.5	63	1.5	-----	1.5	-----	-----	-----	-----	2 330	3 473
610	610	63	2.8	-----	2.3	76	1.5	-----	1.5	-----	-----	-----	-----	3 111	4 636
760	762	70	3.2	-----	3.0	89	3.0	-----	2.5	-----	-----	-----	-----	3 886	5 791
910	914	76	3.0	2.1	3.2	101	2.5	1.9	2.8	120	1.48	1.48	1.69	4 661	6 946
1 070	1 067	89	3.4	2.5	3.8	114	3.2	2.5	3.6	133	2.12	1.69	2.33	5 441	8 109
1 220	1 219	101	4.4	3.4	4.0	127	3.8	3.0	4.2	146.1	2.96	2.33	3.17	6 217	9 264
1 370	1 371	114	5.3	3.2	5.9	140	4.7	2.7	5.0	158.7	3.60	2.12	4.02	6 992	10 419
1 520	1 524	127	6.4	4.7	7.0	152	5.3	4.0	5.9	171.5	4.65	3.60	5.08	7 772	11 582
1 830	1 829	152	8.7	6.4	9.5	178	7.4	5.5	8.3	196.9	6.35	4.87	6.98	9 328	13 900
2 130	2 134	-----	-----	-----	-----	203	9.7	7.2	10.3	-----	-----	-----	-----	10 218	16 218

Tabla 1.6. Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado

Fuente: CONAGUA; 2009: 21.

1.8.1.2.1. Concreto reforzado con revestimiento interior (CRRI).

La tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRRI) se fabrica bajo las mismas especificaciones a las tablas del tubo de concreto reforzado, y bajo la norma NMX-C-402-2004-ONNCCE. De acuerdo con La Comisión Nacional del – Agua –CONAGUA- (2012), este puede ser de revestimiento interior de PVC (Policloruro de vinilo) o PEAD (Polietileno de alta densidad). El espesor mínimo del revestimiento deberá ser de 1.5 mm para ambos materiales y el tubo deberá ser unido entre sus extremidades interiores con una banda de unión y soldadura por ambos extremos de la banda, ya sea por termofusión caso del PVC o extrusión para el PEAD.

El recubrimiento le da al concreto una protección adicional y permanente contra el desgaste en ambientes altamente corrosivos, además de lograr un menor coeficiente de fricción de hasta 0.009. Este revestimiento se ancla mecánicamente al concreto al momento de su fabricación mediante unas anclas adheridas a la lámina plástica y el concreto queda ahogado en dicho anclaje, cuya forma puede variar dependiendo del fabricante. Se puede especificar este recubrimiento a 360 grados o menos, pudiendo dejar al descubierto la parte interna inferior si es requerido cuando los métodos de limpieza y desazolve así se requiera.

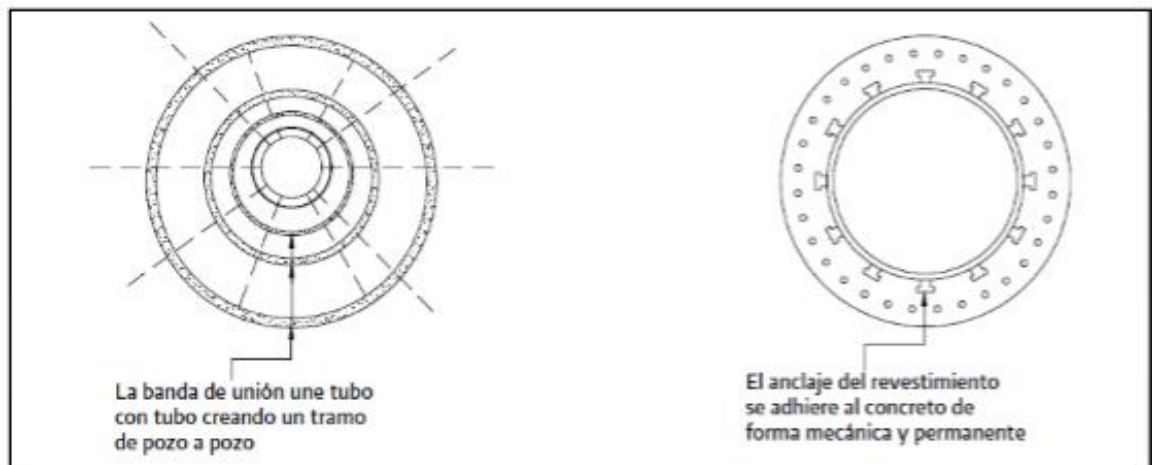


Figura 1.6. Tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRRI)

Fuente: CONAGUA; 2009: 26.

1.8.1.2.2. Colocación de la Junta hermética.

Para la preparación de las extremidades de los tubos se sigue una serie de pasos que a continuación describimos conjuntamente con la colocación de la junta hermética en la espiga para su posterior instalación.

a) Verifique que tanto espiga y campana este limpio de polvo, rebabas, terrones de arcilla o cualquier otro material extraño a la tubería.

b) Verificar con el fabricante el tipo de empaque del producto a instalar. Cuando se requiera lubricar la superficie interior de campana, espiga o empaque, con un producto recomendado por el fabricante, antes de ser instalado.

c) Limpie cuidadosamente el enchufe espiga especialmente en la zona de alojamiento de la junta, colocar la junta de hule en la espiga, y colocarla de acuerdo a la recomendación del fabricante.

d) Realizar el ajuste de la junta de hule con un desarmador u otro tipo de herramienta que facilite esta operación, en toda la circunferencia por lo menos dos veces, con el propósito de estabilizar la tensión del empaque.

e) Alinear concéntricamente la campana y espiga de los tubos que van a ser unidos, comprobar que la junta de hule hace contacto uniforme con la zona interior de la campana, en el perímetro de toda la circunferencia.

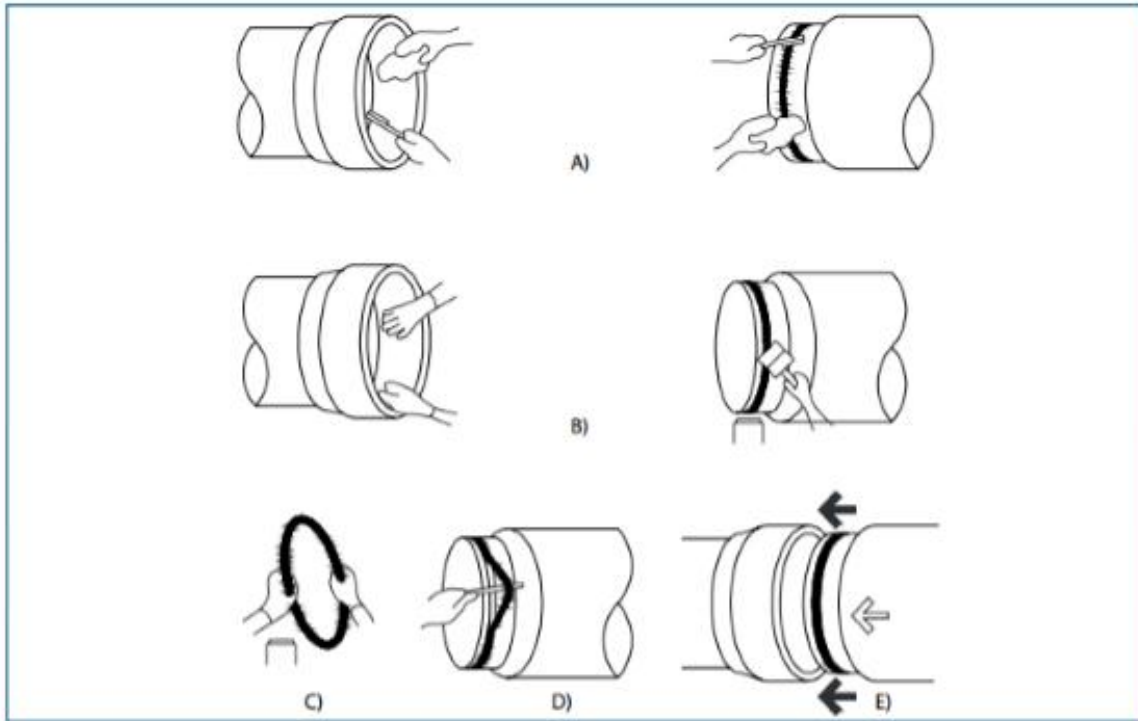


Figura 1.7. Colocación de la junta.

Fuente: CONAGUA; 2012: 65.

1.8.1.3. Poliéster Reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

“Es un material compuesto, formado por una matriz de plástico o resina reforzada con fibras de vidrio. No es inusual denominar informalmente a este material simplemente como "fibra de vidrio". Se trata de un material ligero, resistente y muy fácil de moldear, por lo que es muy usado en la elaboración de piezas de formas suaves y complejas”. (www.wikipedia.mx; 2015)

El tipo de procedimiento de instalación apropiado para los tubos PRFV según La Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2012), varía de acuerdo a la rigidez

del tubo, la profundidad de la cobertura, el ancho de la zanja, las características de los suelos nativos, las sobrecargas y los materiales de relleno. El material nativo debe confinar adecuadamente el relleno de la zona del tubo para alcanzar el soporte adecuado. Las siguientes indicaciones sobre instalación procuran asistir al constructor para lograr un adecuado acoplamiento entre los tubos.

Material	Tipo	Norma	Diámetro nominal	Sistema de unión	Longitud total
PRFV	Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio para sistemas a presión de alcantarillado e industrial	NMX-E-254/1-CNCP	DN 300 – DN 3000	Se tienen cuatro sistemas de unión: Sistema de acoplamiento (Unión mediante cople de doble empaque tipo reka), Sistemas de unión rígida (Bridas, juntas mecánicas Viking Johnson, Dresser), Sistemas de unión flexible (Juntas mecánicas Straub, Teekay, Arpol) y finalmente se tiene el sistema de unión por laminación directa.	La longitud puede ser la requerida de acuerdo al proyecto pero también se tienen medidas comerciales de 3.0 m, 6.0 m y 12.0 m
	Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio para uso en sistemas de alcantarillado a gravedad (flujo libre)	NMX-E-254/2-CNCP	DN 300 – DN 3000	Se tienen cuatro sistemas de unión: Sistema de acoplamiento (Unión mediante cople de doble empaque tipo reka), Sistemas de unión rígida (Bridas, juntas mecánicas Viking Johnson, Dresser), Sistemas de unión flexible (Juntas mecánicas Straub, Teekay, Arpol) y finalmente se tiene el sistema de unión por laminación directa.	La longitud puede ser la requerida de acuerdo al proyecto pero también se tienen medidas comerciales de 3.0 m, 6.0 m y 12.0 m

Tabla 1.7. Información general de la tubería (PRFV)

Fuente: CONAGUA; 2009: 27.

1.8.1.4. Poli (cloruro de vinilo) (PVC) (pared sólida y estructurada).

Las siglas PVC de acuerdo con la comisión Nacional del Agua -CONAGUA- (2009), significan cloruro de polivinilo y es un plástico blanco rígido que se usa en las líneas de deshechos sanitarios, tuberías de ventilación, y trampas de desagüe para aplicaciones domésticas y comerciales. Es un tubo rígido fuerte, resistente a los químicos, que se corta y mide fácilmente y que se usa a menudo para reparar secciones de tubería de hierro fundido rota.

Material	Tipo	Norma	Diámetros nominales (mm)	Sistema de unión	Long. Total (m)
PVC	Pared sólida	NMX-215/1-SCFI	110 mm a 800 mm	A) espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
				B) termofusión a tope (bajo formulación especial de PVC)	12
PVC	Pared sólida	NMX-211/1-SCFI	100 mm a 300 mm	A) espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
				B) termofusión a tope (bajo formulación especial de PVC)	12
PVC	Pared sólida	ASTM-D-3034	100 mm (4 pulgadas) a 375 mm (15 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6.1 útiles
PVC	Pared Estructurada Longitudinalmente	NMX-222/1-SCFI	160 mm a 800 mm	Espiga campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
PVC	Pared Estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa	NMX-229-SCFI	150 mm a 3050 mm	Cementada (fusión química)	6 a 10
PVC	Pared Estructurada anulamente	NTC 3722-1	110 mm a 900 mm	Casquillo con anillo de material elastomérico en la espiga	6
PVC	Pared Estructurada Perfil Abierto - Interior liso	ASTM-794	200 mm (8 pulgadas) a 375 mm (15 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles
PVC	Pared Corrugada Doble Pared - Interior liso	ASTM-794	300 mm (12 pulgadas) a 900 mm (36 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles
PVC	Pared Estructurada Perfil Cerrado - Interior liso	ASTM F1803	750 mm (30 pulgadas) a 1500 mm (60 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles

Tabla 1.7. Información general de la tubería de poli (cloruro de vinilo) (PVC)

Fuente: CONAGUA; 2009: 29.

1.8.1.5. Tuberías de fibrocemento (FC).

Las tuberías de fibrocemento presión clase “A” son durables, económicas y fácil de instalar y ofrecen los mejores resultados para su proyecto hidráulico, traducidos en los siguientes puntos: Libres de incrustaciones, rendimiento hidráulico, no se corroen, inmunes a la corrosión por electrólisis, resistente a los golpes de ariete y resistente a las cargas externas.

La tubería de fibrocemento alcantarillado clase “B” es consecuencia de las cada vez más estrictas normas ambientales en cuestión de agua residual, por lo que se fabrica para evitar la contaminación al subsuelo y mantos freáticos. Las características de la tubería satisfacen la normatividad vigente, además ofrece grandes ventajas como: Bajo costo de mantenimiento, por lo que relación costo beneficio es difícil de superar, durabilidad, se garantiza una vida útil de 40 años en condiciones de trabajo eficiente, resistencia al aplastamiento, de acuerdo a los requerimientos de ingeniería, etc.

Material	Tipo	Norma	Diámetros nominal (mm)	Sistema de unión	Longitud total (m)
Fibrocemento	Alcantarillado Clase “B”	NMX-C-039-ONNCE	Desde 150 mm. Hasta 1500 mm.	Por Cople y anillos de hule	Nominalmente 5.00 m.

Tabla 1.8. Información general de la tubería de fibrocemento (FC).

Fuente: CONAGUA; 2009: 36.

1.8.1.6. Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).

Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de pared sólida se ha utilizado en aplicaciones de agua potable desde los años 60 s, y ha ido ganando la aprobación y el crecimiento en los municipios desde entonces. Tubos de HDPE se especifica y/o aprobados en AWWA C901, AWWA C906, NSF 14, NSF 61 y ASTM D3035.

a) Juntas fusionadas por calor.

Los tubos de HDPE pueden ser unidos por termofusión al tope, que es tan fuerte o más fuerte que el tubo mismo, y es libre de fugas. Esto elimina los puntos potenciales de fuga cada 10-20 metros que se encuentra con PVC y de fibra de vidrio y las conexiones de espiga. El costo del ciclo de vida de los tubos de HDPE difiere de otros materiales de las tuberías debido a la “fuga de agua admisible” es cero en lugar de las tasas de fuga típicas de 10 a 20% de PVC y de fibra de vidrio.

Las juntas de las tuberías de HDPE fundido, están restringiendo costosas maniobras de ensamble, arrastre y ensamble con maquinaria pesada. Juntas fusionadas de tubos HDPE, simplemente no se escapan, eliminando los problemas de infiltración y exfiltración con la mala experiencia en juntas de la tubería alternativa.

b) Ventajas de la construcción.

La combinación de la flexibilidad y la unión libre de fugas permiten grandes ahorros de tiempo efectivos por su método de instalación que los tubos de PVC rígido y de fibra de vidrio no se pueden utilizar con las conexiones de campana y espiga. Estos métodos de instalación alternativos los cuales no ofrecen otros

sistemas: (Perforación Direccional Horizontal, Pipe Bursting, Sliplining, sumergidas o flotantes de tuberías, etc.) se puede ahorrar mucho tiempo y dinero en la mayoría de las aplicaciones de agua potable.

La tubería de polietileno se produce en tramos rectos de hasta 15 mts de largo y enrollado en diámetros de hasta 6". Longitudes de más de 500 mts en bobinas, están disponibles dependiendo del tamaño del diámetro a proporcionar, y obtener instalaciones de bajo costo. El polietileno es aproximadamente un octavo de la densidad del acero, que no requiere el uso de equipo pesado para su instalación.

Material	Tipo	Diámetros nominales		Diámetros interiores (mínimo)	Longitud útil	Clasificación								Manning
		[mm]	[pulg]			RSC 40		RSC 63		RSC 100		RSC 160		
				Peso (mínimo)	Rigidez (mínima)	Peso (mínimo)	Rigidez (mínima)	Peso (mínimo)	Rigidez (mínima)	Peso (mínimo)	Rigidez (mínima)	n		
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	PARED ESTRUCTURADA	750	30"	737	6.10 - 12.00	41.00	0.054	41.02	0.085	42.84	0.134	44.68	0.212	0.012
		900	36"	885		49.60	0.045	52.355	0.071	55.11	0.112	60.62	0.178	
		1050	42"	1033		54.37	0.038	61.445	0.061	68.52	0.097	82.67	0.156	
		1200	48"	1181		78.94	0.033	82.665	0.053	86.39	0.085	93.84	0.136	
		1350	54"	1328		80.44	0.029	90.12	0.048	99.80	0.076	119.16	0.122	
		1500	60"	1476		104.26	0.026	119.155	0.043	134.05	0.068	163.84	0.109	
		1680	66"	1623		149.62	0.025	158.96	0.038	168.30	0.062	186.98	0.099	
		1830	72"	1771		204.79	0.023	210.375	0.036	215.96	0.057	227.13	0.092	
		1980	78"	1919		217.92	0.021	225.89	0.033	233.86	0.053	249.80	0.084	
		2130	84"	2066		265.89	0.020	267	0.030	268.11	0.048	270.33	0.077	
		2290	90"	2214		277.37	0.018	288.395	0.029	299.42	0.046	321.47	0.074	
		2440	96"	2361		339.35	0.018	344.26	0.026	349.17	0.043	358.99	0.068	
		2740	108"	2656		436.87	0.016	452.155	0.024	467.44	0.038	498.01	0.061	
3050	120"	2952	575.89	0.014	592.065	0.022	608.24	0.034	640.59	0.055				

Tabla 1.9. Información general de la tubería de Polietileno de alta densidad (PEAD).

Fuente: CONAGUA; 2009: 40.

1.8.2. Obras accesorias.

Comúnmente son utilizadas para operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado como son: la descarga domiciliaria, pozos de visitas, etc. Además existen varias construcciones dependiendo del proyecto que se pretenda ejecutar ya sea para una ciudad, para un tramo carretero o para un puente. A continuación se muestra la descripción y características de cada una de estas estructuras que aportaran conocimiento para la realización de las mismas.

1.8.2.1 Descarga domiciliaria.

Como menciona la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- (2009), es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, del registro domiciliario a las atarjeas, llamado también “albañal exterior”. El diámetro usual del albañal es de 15 cm, siendo este el mínimo recomendable, sin embargo estas medidas pueden cambiar dependiendo de la disposición de las autoridades locales. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%. En caso de que el diámetro del albañal sea de 10 cm., se debe considerar una pendiente de 2%. Dependiendo del tipo de material de la atarjea o colector, se debe de seleccionar de preferencia el mismo material en la tubería de albañal y en las piezas especiales, así como el procedimiento de conexión correspondiente.

A continuación se describe los procesos de instalación de la tubería de PVC así como las piezas usadas en la instalación de toma domiciliaria. En este tipo de

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

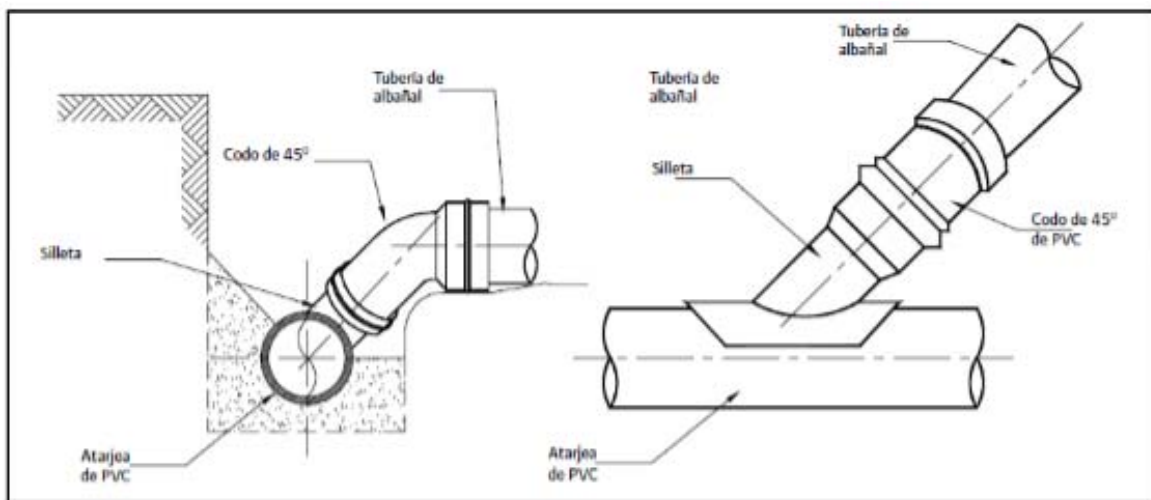


Figura 1.8 Descarga domiciliaria con tubería de PVC.

Fuente: CONAGUA; 2009: 44.

1.8.2.2. Pozos de visita.

De acuerdo a la UNAM (1993), los pozos de visita son estructuras construidas sobre las tuberías, al cual se tiene acceso al interior por la superficie de la calle, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías incidentes (de diferente material o tecnología). Su forma es cilíndrica en la parte inferior y forma de cono truncado en la parte superior, son suficientemente amplias, para que permita el paso a un hombre y permitirle maniobrar en su interior. El piso es una plataforma en la cual se han hecho canales que prolongan los conductos y guían sus corrientes. Una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes permite el accenso y descenso al personal encargado de darle mantenimiento.

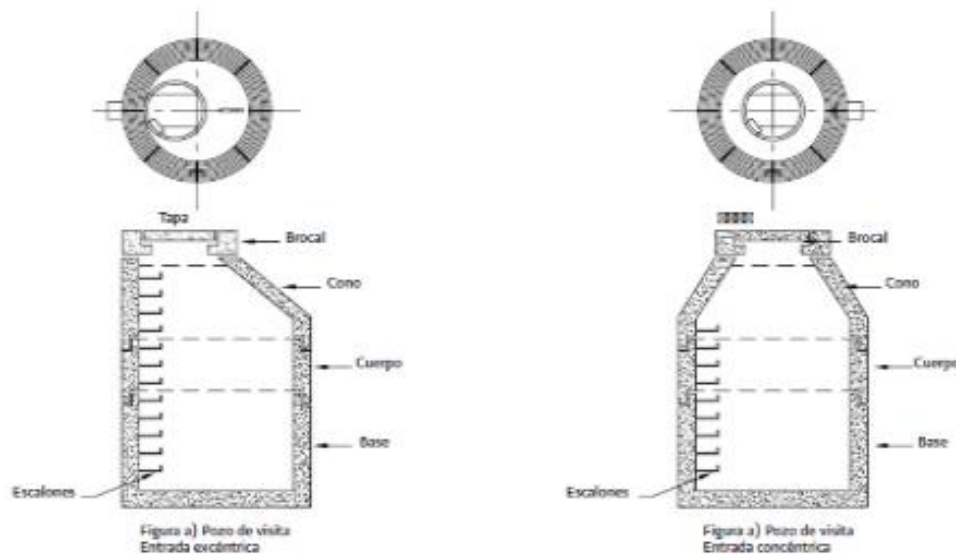


Figura 1.9 Componentes del pozo de visita

Fuente: CONAGUA; 2009: 50.

Finalmente, después de realizar y darle lectura al capítulo 1 de Drenaje Urbano, se llegó a la conclusión que es indispensable conocer cada elemento y estructura que forma parte de un sistema de drenaje, así como sus definiciones, características, piezas, y elementos que componen la misma, esto ayudara a tener un conocimiento más amplio de lo que se pretende construir y cuáles son los requisitos adecuados para ejecutar la obra, sin olvidar que siempre se deben tomar en cuenta los reglamentos y normas específicos en el estado o en la localidad donde se pretende realizar.

CAPÍTULO 2

MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS

En el presente capítulo se habla acerca de las aguas residuales, comenzando por la definición de lo que son las mismas, además se mencionará en forma general el manejo y tratamiento que se les da, así como a algunos conceptos básicos del contenido que llevan consigo las aguas residuales y disposición final de las antes mencionadas.

2.1. Concepto de aguas residuales.

“Se consideran aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios)”. De acuerdo con la página electrónica (www.cuidoelagua.mx; 2009), comúnmente las aguas residuales suelen clasificarse como:

- Aguas Residuales Municipales.- Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.
- Aguas Residuales Industriales.- Las Aguas Residuales provenientes de las descargas de Industrias de Manufactura.

Otra forma de denominar a las Aguas Residuales es en base al contenido de contaminantes que esta porta, así se conocen como:

- Aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- Aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.
- Aguas negras industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.

2.2. Antecedentes del tratamiento de aguas residuales.

Como menciona la Comisión Nacional del Agua (2007), ellos son los encargados y responsables, en coordinación con los gobiernos estatales, del desarrollo y suministro de agua, así como del desalojo de las aguas residuales de los centros urbanos del país; dentro de estos proyectos se incluyen las obras de potabilización de agua y de tratamiento de aguas residuales.

Varios de los procesos químicos, físicos y biológicos que pasan en los sistemas naturales acuáticos han sido incorporados a los sistemas de tratamiento de agua residual creados por la ingeniería, de acuerdo a Valdez (2001), en estos se controlan las variables del sistema y se maximiza la rapidez de ocurrencia de los

procesos minimizando el tiempo requerido para la purificación. Por razones estéticas y de salud pública es muy importante mantener la calidad del agua de los sistemas naturales. Dicha calidad es afectada por varios factores, entre ellos las descargas de aguas residuales y otras actividades humanas.

Para el mejor cumplimiento de estas tareas de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2007), a través de la gerencia de tratamiento de aguas, ha considerado conveniente la elaboración de una guía de carácter general para la evaluación de alternativas de tratamiento de aguas residuales de origen municipal.

Algunas consideraciones de importancia de la siguiente guía son:

1.- La escasez del recurso del agua en extensas zonas del país y el alto costo de desarrollo de nuevas fuentes de suministro de agua hacen imperativo en considerar la posibilidad de renovar y recuperar las aguas residuales tratadas para satisfacer las demandas de agua en la agricultura, la industria y los municipios y en la regeneración de fuentes de suministro, entre otros.

2.- La disponibilidad cada vez mayor de sistemas personales de cómputo y la gran cantidad de información que debe ser manejada y procesada en la evaluación técnica y económica de alternativas de tratamiento demandan el desarrollo de programas de cómputo que permitan la ejecución pronta y económica de dichas evaluaciones.

3.- Las condiciones particulares del país obligan a que las experiencias de otros países sean adecuadas a las condiciones nacionales. En la evaluación de

alternativas de tratamiento se deberá dar la debida atención, para cada caso en particular, a los siguientes factores:

- a. Concentraciones de los contaminantes de las aguas crudas. En zonas con suministros limitados de agua, las cuales se presentan en extensas regiones del país, las concentraciones de contaminantes tienden a aumentar, lo que puede hacer necesarios el empleo de pretratamientos de uso no generalizado en otro país.
- b. Disponibilidad de superficies. Cuando la disponibilidad de terrenos es amplia, es posible el empleo de sistemas de tratamiento con bajos requerimientos tecnológicos, bajos costos de operación y bajos requerimientos de mano de obra calificada, factores deseables en las pequeñas y medianas comunidades del país.
- c. Calidad de agua tratada. Los requerimientos de calidad del efluente deben ser claramente definidos al inicio de cada proyecto en particular para poder escoger la mejor solución técnica.
- d. Costos de inversión, operación y mantenimiento. La proporción que guardan los costos de capital (o costos de inversión) respecto a los costos de operación y mantenimiento deberá ser congruente, ya que en localidades con baja capacidad económica, altos costos de operación y mantenimiento pueden dar como resultado que sistemas de tratamiento técnicamente adecuados queden en desuso por falta de recursos para su funcionamiento.

- e. Mano de obra. Los requerimientos de mano de obra calificada para la operación de un sistema y su disponibilidad a nivel local deben ser congruentes.

2.3. Características de las aguas residuales.

Según Valdez (2001), es común clasificar a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En algunos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado.

El agua municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno, a lo que se refiere a un olor de mezcla de hidrocarburos que se obtiene de la destilación del petróleo natural, y su color es gris. El agua residual con mayor tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor específico o característico es similar al de los huevos podridos y el agua residual séptica es de color negro.

La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre los 10 y 20°C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones. El agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal corresponde a una amplia variedad de usos.

En la siguiente tabla 2.1 se describen los componentes más significativos de las aguas residuales, que son: sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables y microorganismos patógenos:

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos.	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables.	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos patógenos.	Desechos domésticos.	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes.	Desechos domésticos e industriales.	Pueden causar eutroficación.
Compuestos orgánicos refractarios *.	Desechos industriales.	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Sólidos inorgánicos disueltos.	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua.	Pueden interferir con el reúso del efluente.

Tabla 2.1. Contaminantes importantes de las aguas residuales.

Fuente: Valdez; 2001: 1.9.

2.4. Fuentes y clases de sólidos residuales.

Los productos finales principales del tratamiento de las aguas y aguas residuales, de acuerdo con Gordon (1994) son: 1) el agua producida o efluente de la planta de tratamiento y 2) los lodos o suspensiones de sólidos obtenidos como subproductos. El agua producida se envía a las ciudades o industrias; el efluente de la planta de tratamiento se descarga hacia las aguas receptoras o a los suelos

receptores. El agua producida y el efluente de las plantas de tratamiento son productos terminados, mientras que los lodos y suspensiones no lo son. Debido a su origen, su consistencia acuosa, volumen y putrescibilidad, la mayor parte de ellos requieren proceso antes de ser evacuados. El proceso tiende a asegurar la higiene y aceptabilidad sensorial de los lodos o suspensiones, y a reducir el volumen y peso de los materiales que van a manejar, transportar o evacuar.

El peso seco de los sólidos de desecho es el peso de los sólidos sedimentables en el momento de la separación de los sólidos o de la transferencia de fase desde el agua que los tiene en suspensión. Se encuentran incluidos: 1) los sólidos naturalmente presentes en las aguas y aguas residuales; 2) los aditivos coagulantes y precipitantes químicos, por ejemplo que convierten a los sólidos no sedimentables indeseados en sólidos sedimentables; 3) las películas biológicas desprendidas y grumos de materia orgánica biológica de desecho u otras biomasas generadas por los organismos vivientes a partir de materia orgánica nutritiva durante el tratamiento de las aguas residuales.

El mismo Gordon (1994) señala que los sólidos de desecho procedentes del agua y las aguas residuales, por ejemplo, son los siguientes:

1. Los sólidos densos, principalmente minerales sedimentados de aguas turbias de río, con o sin el beneficio de la coagulación.
2. Los sólidos floculentos, principalmente minerales y orgánicos, sedimentados de aguas superficiales coaguladas o contenidos en las aguas de lavado de los filtros de agua.

3. Los sólidos floculentos, principalmente minerales, precipitados por aireación o por productos químicos de aguas que contengan hierro o manganeso en solución.
4. Los sólidos densos principalmente minerales, removidos como suspensiones espesas después de la precipitación de aguas duras o después de la evaporación de aguas salinas.
5. Los sólidos densos, principalmente minerales, removidos como arenillas y detritus que son sólidos permanentes, que provienen de la descomposición de fuentes orgánicas (vegetales y animales, en las cámaras desarenadoras y tanques de detritus.
6. Los sólidos de tamaño considerable, principalmente orgánicos, removidos por los coladores de rejillas y tamices de las aguas residuales.
7. Los sólidos flotantes, principalmente orgánicos, removidos como espumas o natas de las aguas residuales en los tanques de flotación, desnatado o de sedimentación.
8. Los sólidos que se sedimentan, principalmente orgánicos, removidos como lodos o flujos de fondo en los tanques sedimentadores de aguas residuales.

Las descripciones de los sólidos de desecho se derivan también del proceso de tratamiento en el que se originan. Al alcanzar el fondo de las unidades de asentamiento, la mayor parte de los sólidos orgánicos y minerales forman estructuras flojas, como panales de materia floculenta entremezclada con volúmenes

relativamente grandes de agua. La evacuación satisfactoria de los lodos y suspensiones crea problemas económicos de magnitud considerable, principalmente los de transporte y almacenamiento final.

2.4.1. Sólidos suspendidos.

Para la determinación de los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos se requieren filtrar la muestra. La filtración se lleva a cabo por medio de un filtro de membrana. Para determinar los sólidos suspendidos, el filtro es secado y pesado; en seguida se filtra un volumen determinado de muestra, se le seca y se pesa otra vez. La diferencia de peso dividida por volumen determinado de muestra utilizada, proporciona la concentración de sólidos suspendidos como menciona Valdez (2001). Para la determinación de los sólidos disueltos, del líquido filtrado se toma un cierto volumen, se evapora hasta su secado y se pesa el residuo remanente.

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

Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos,

desperdicios de alimentos, papel, trapos, y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. Incluso las partículas de materiales inertes absorben sustancias orgánicas en su superficie.

Constituyente	Concentración, mg/l *		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, totales:	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables, ml/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días a 20° C (DBO ₅)	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (total como N):	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo (total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50

Tabla 2.2. Análisis típico del agua residual municipal.

Fuente: Valdez; 2001: 1.10.

2.5. El tratamiento y reuso de las aguas residuales en la Ley de Aguas Nacionales.

“La Ley de las Aguas Nacionales (LAN) es reglamentaria de los párrafos quinto y sexto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que establece la propiedad originaria de la nación sobre las tierras y aguas, expresa que el dominio de esta sobre las aguas nacionales es inalienable e imprescriptible” (Valdez; 2001: 1.26).

En materia de atribución a la Comisión Nacional del Agua, el artículo 86 de la LAN establece como tales las siguientes:

1. Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal y los servicios necesarios para preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos de acuerdo con las normas oficiales mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga.
2. Formular programas integrales de protección de los recursos hidráulicos en cuencas hidrológicas y acuíferos, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua.
3. Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal; de aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales, o en cualquier terreno

cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

4. Autorizar, en su caso, el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando provengan de fuentes móviles o plataformas fijas.
5. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que en el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto.
6. Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas y lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo, y los bienes nacionales que señala el artículo 113.
7. Ejercer las atribuciones que corresponden a la federación en materia de prevención y control de la contaminación del agua y su fiscalización y sanción en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA), salvo que corresponda a otra dependencia conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

2.5.1. Objetivo del tratamiento de las aguas negras.

Las aguas negras, según Babbitt (1975), se tratan para proteger la salud pública, para evitar perjuicios, para impedir contaminación de las aguas de bebida y

de los baños y evitar los daños correspondientes. Las aguas negras constituyen un peligro para la salud, por contener bacterias patógenas y otros organismos productores de enfermedades. Contienen también sustancias que pueden contaminar las fuentes de alimentos y de agua. No puede confiarse solamente en el tratamiento, para algunas corrientes tienen que servir a la vez como canales de drenajes y como fuente de abastecimiento de agua para servicios públicos, puede ser necesario el tratamiento para reducir la carga de las instalaciones de tratamiento de aguas negras. Como las aguas negras deficientes pueden ser molestas a la vista y al olfato, son probablemente los mayores creadores potenciales de molestias para los sentidos, y su probabilidad a este respecto es mucho mayor que su amenaza para la salud pública. No existe ninguna prueba legal satisfactoria de que esta molestia para los sentidos, especialmente su olor, sea una amenaza para la salud.

2.5.2. Valor de las aguas negras.

Las aguas negras constituyen una carga para la comunidad que las produce. Es cierto que contienen ingredientes recuperables, pero, como es en el caso de la extracción de oro del agua del mar, el proceso de recuperación cuesta más que el valor de las sustancias recuperadas. No se ha ideado ningún proceso de tratamiento de las aguas negras domésticas, para producir un caudal higiénico que resulte beneficioso. Sin embargo, como es indispensable tratar las aguas negras, puede sufragarse una parte del costo del tratamiento, mediante la recuperación de productos útiles.

Las aguas negras naturales o las aguas resultantes de su tratamiento, se han usado para los siguientes fines: para riego; para enfriamiento de los evaporadores en las instalaciones productoras de energía; para diversos fines en las instalaciones industriales, como por ejemplo para apagar coque que es un combustible sólido formado por la destilación de carbono calentado a temperaturas de 500 a 1100°C, en las fábricas de acero; para la reposición del agua subterránea; para lavado y limpia; y para otros fines. Entre las recuperaciones que pueden obtenerse de las aguas negras como el lodo, por su valor como fertilizante y su contenido de calor; la grasa; la arena, como material para carreteras, caminos y rellenos; y el gas combustible procedente de la digestión del lodo. Se está usando satisfactoriamente el lodo desecado activado, como alimento para vacas y gallinas.

2.6. Abastecimiento y evacuación de aguas en las comunidades.

“Las ciudades reciben agua para muchos fines: 1) para usos potables y culinarios; 2) para lavado y baños; 3) para limpieza de ventanas, paredes y pisos; 4) para calefacción y acondicionamiento de aire; 5) para riego de prados y jardines; 6) para riego y lavado de calles; 7) para llenado de piscinas y estanques de vadeo; 8) para exhibición en fuentes y cascadas; 9) para generar energía hidráulica y de vapor; 10) para emplearla en numerosos y variados procesos industriales; 11) para protección de la vida y la propiedad contra incendios y 12) para eliminar desechos caseros perjudiciales y potencialmente peligrosos (aguas negras) y aguas residuales industriales.” (Gordon; 1990:13)

Las obras hidráulicas captan el agua de las fuentes naturales de suministro, la purifican, si es necesario y la entregan al consumidor. Las obras de aguas residuales colectan el agua de desecho de la comunidad aproximadamente 70% de agua suministrada junto con las cantidades variables de aguas superficiales y subterráneas. Las aguas negras continúan descargándose a sistemas de drenado destinados también a la remoción del escurrimiento superficial procedente de tormentas de lluvia y de nieve o hielos fundidos. Esto recibe el nombre de drenaje combinado, sin embargo, en la mayoría de los lugares nuevos, las aguas negras, así como las de escurrimiento se envían de nuevo a cada uno de sus sistemas propios separados del alcantarillado de aguas negras y de drenajes para tormentas con objeto de evitar contaminación de las corrientes de agua por derrames ocasionales de mezclas de aguas negras y pluviales. Esto se llama drenaje separado. Las aguas residuales captadas se tratan y se descargan, normalmente, a un canal de drenado natural y raramente a tierra.

La interdependencia entre el suministro de aguas y la evacuación de las residuales es más pronunciada conforme avanza la urbanización regional y la economía general y sanitaria. El nexo entre el abastecimiento de aguas y las evacuaciones de las residuales, es el sistema de tuberías de abastecimiento de agua y eliminación de las residuales de los hogares, establecimientos comerciales e industrias. La recolección de basuras solidas es, a menudo una empresa independiente. Son excepciones las trituraciones de los desperdicios y su descarga a los drenajes y la operación de incineradores de desperdicios en combinación con las plantas de tratamiento de aguas negras.

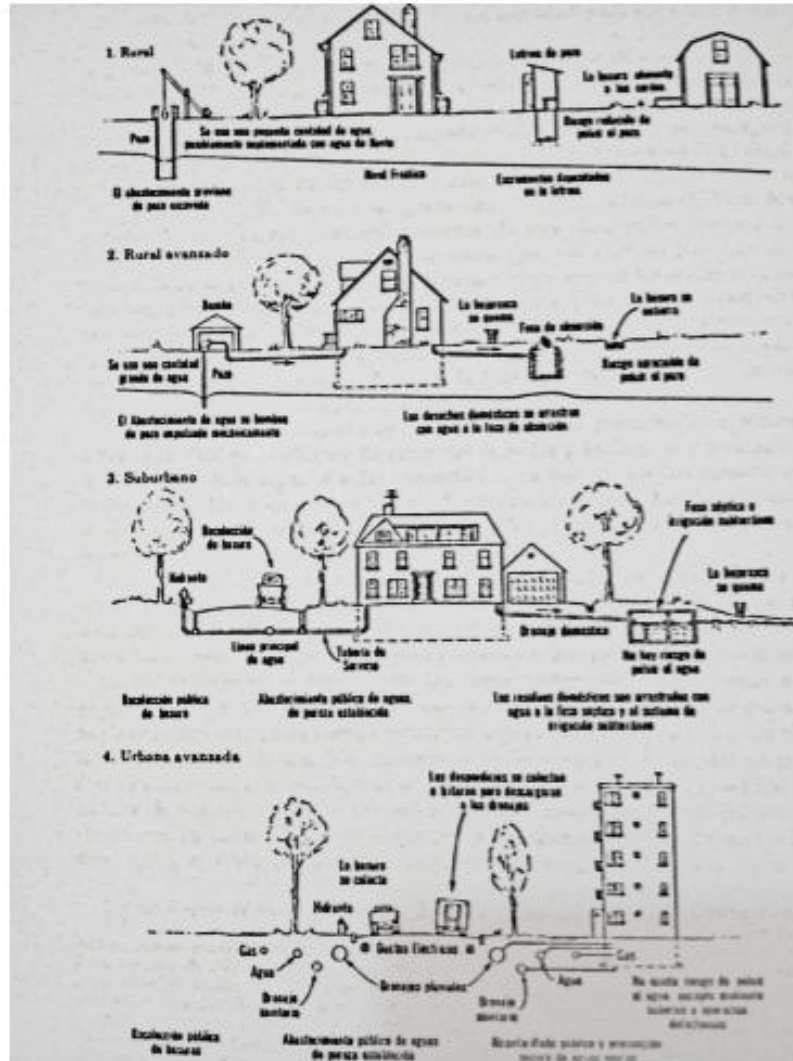


Figura 2.1 Abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales en comunidades rurales y urbanas.

Fuente: Gordon; 1990: 14.

2.7. Saneamiento del abastecimiento de agua.

Para llenar los requerimientos modernos de calidad de acuerdo con Gordon (1990), los abastecimientos deben ser saludables y de buen sabor, atributos que van

entrelazados. Si el agua no atrae a los sentidos de la vista, gusto y olfato, si disgusta al consumidor la gente evitará y beberá cantidades insuficientes para satisfacer las necesidades fisiológicas, o bien recurrirá a aguas agradables a los sentidos, pero posiblemente impotables.

Para ser saludable, el agua debe estar libre de organismos causantes de enfermedades, sustancias venenosas y cantidades excesivas de materia mineral y orgánica. Para tener un sabor agradable, debe carecer en especial de color, turbidez, sabor y olor; poseer una temperatura moderada en verano e invierno y estar bien aireada.

2.8. Control de la calidad del agua.

El control de la calidad del agua interviene en todas las fases de la administración técnica de las obras hidráulicas. Se inicia con la preparación, supervisión y mantenimiento de las áreas de captación de las fuentes abastecedoras; continúa a través de los ductos, plantas de purificación y sistemas de distribución; y alcanza hasta los accesorios domésticos y equipos de manufactura a los que se suministra el agua. Cada sección de las obras tiene sus problemas de control propios. Por ello para todas ellas, el precio de la seguridad es una vigilancia permanente según Gordon (1990).

2.8.1. Fuente de abastecimiento.

Un agua limpia, por naturaleza, proviene exclusivamente de una fuente o una cuenca limpia como menciona Gordon (1990). Por consiguiente, los dirigentes de las obras hidráulicas deben conocer profundamente el área de captación de su abastecimiento, así como si existen corrientes y lagos extensos u obras subterráneas de suministro, con alcance de la cuenca, hasta distancias considerables de la fuente. Las cuencas deberán visitarse en todas las estaciones del año y bajo las condiciones de clima durante verano e invierno durante sequias y avenidas.

Solamente en esta forma pueden descubrirse y conjugarse los peligros ocultos e inciertos a la calidad del agua. Puede hacerse mucho mediante el saneamiento del área de captación, drenaje de pantanos, prevención de la erosión del suelo, reforestación y desforestación, prácticas agrícolas apropiadas, uso metodizado de insecticidas, preparación conveniente de los lugares para deposito antes de llenarlos, control de las plantas acuáticas y el plancton (algas), así como los cambios en las profundidades de la aspiración. Otras facetas del problema son la regulación y supervisión de actividades recreativas como acampar, comer en el campo, nadar, remar y pescar así como la explotación forestal y de hielo. Puede constituir una gran responsabilidad la protección de la fuente de abastecimiento durante la construcción, adiciones y reparaciones.

2.8.2. Purificación.

Las plantas modernas de purificación pueden construirse en gran variedad para satisfacer las necesidades y deseos de la comunidad. Independientemente de la calidad del agua cruda, pueden producirse efluentes con la seguridad, claridad y composición química deseadas mediante métodos adecuados de tratamiento. Sin embargo los ingenieros deben recordar siempre que el hombre es fundamentalmente afín al agua que ha sido destilada por el sol. Como aún existen incertidumbres sobre los posibles efectos adversos de los poluyentes, será una medida sabia buscar agua naturalmente limpia, siempre que sea practicable, y mantenerla limpia para el consumo humano. Las consideraciones económicas deberán ser secundarias a los requerimientos higiénicos y estéticos.

Todas las aguas superficiales y muchas de las subterráneas deberán desinfectarse, aun cuando parezcan ser limpias y presumiblemente seguras, ya sea en su estado natural o después de su tratamiento. Sin embargo, esta obligación no implica el suministro de una solución diluida de desinfectante al consumidor, hasta en la última llave del sistema de distribución.

2.8.3. Transmisión y distribución.

Las estructuras de mampostería y metal que transportan el agua a las comunidades y consumidores pueden ser atacadas por el agua que conducen y, a su vez, cambiar su calidad. Acordemente, será de la responsabilidad y autoridad de los diseñadores ajusta los materiales empleados a la calidad del agua transportada y

responsabilidad y autoridad de los operadores, ajustar la calidad del agua conducida a los materiales empleados. Un tratamiento adecuado suspenderá la corrosión de los metales y la desintegración del cemento y el concreto.

Ningún ducto deberá ponerse en servicio al instalarse o después de haberse reparado o expuesto a contaminación por una disminución anormal en la presión del sistema hasta que se haya desinfectado meticulosamente. De igual importancia higiénica son 1) el control y eliminación de interconexiones entre el suministro público y abastecimientos privados o inseguros por alguna otra razón y 2) la prevención en los sistemas de tubería, de contraflujo o paso, por formación de sifones, de aguas poluidas de los accesorios sanitarios u otras partes del sistema de drenaje a las tuberías de agua limpia de los edificios. Para este fin, los abastecedores de agua deberán tener el derecho de regular e inspeccionar las tuberías en las propiedades privadas o de cooperar con otras autoridades debidamente facultadas para hacerlo.

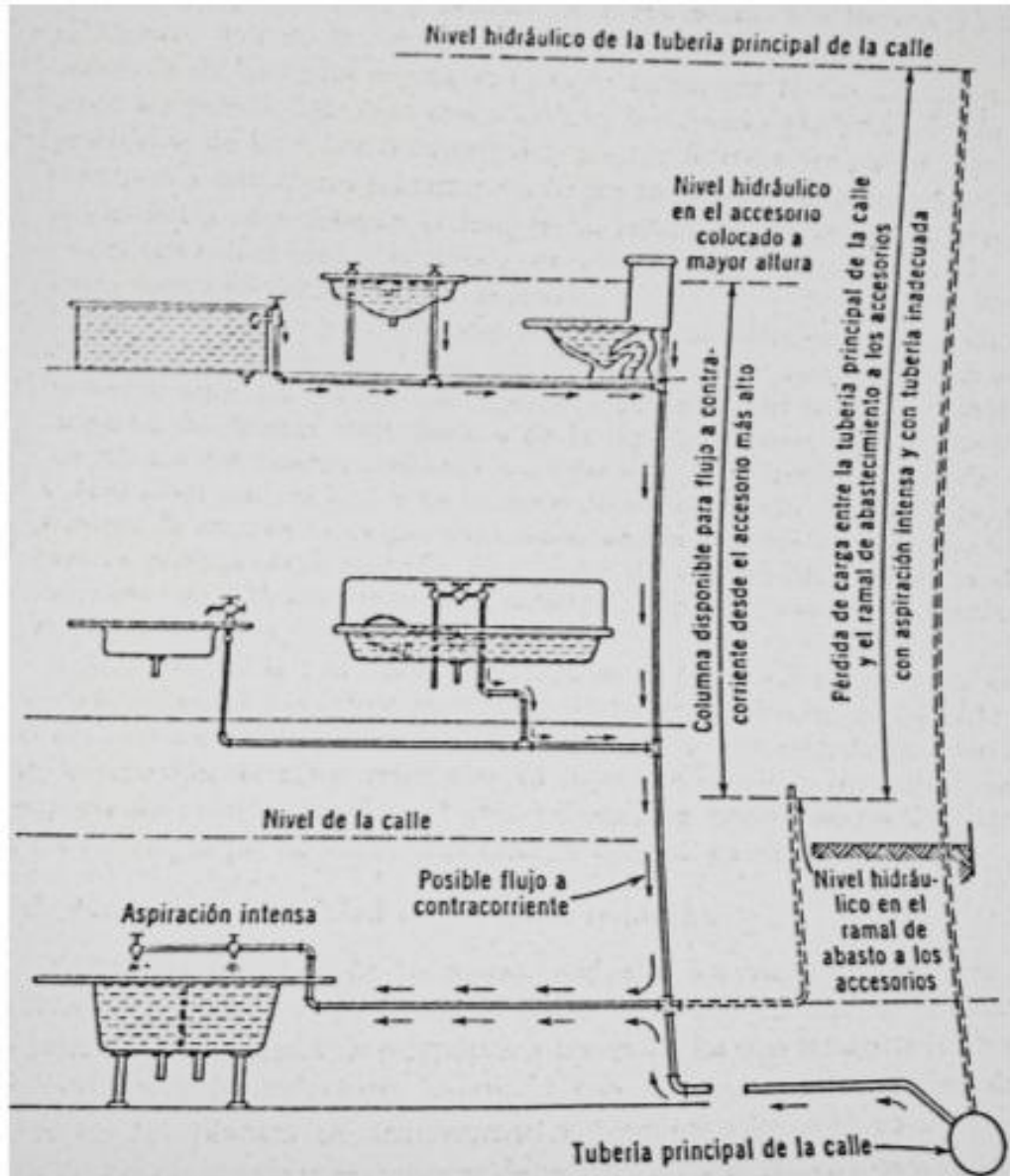


Figura 2.2. Contraflujo y peligros comunes del contraflujo en habitaciones.

Fuente: Gordon; 1990: 20

2.9. Saneamiento de la descarga de aguas residuales.

Se ha mencionado anteriormente que tanto el abastecimiento de aguas como la descarga de las residuales son bienes comunales interrelacionados. Sin embargo, la seguridad y el sabor agradable de su suministro entrañan solamente la preocupación e interés de la comunidad servida; la evacuación sanitaria de aguas residuales es un ejercicio de maduro altruismo y una solicitud para obtener la seguridad y confort de los demás. A causa de esta diferencia, ha sido necesario, generalmente reforzar el saneamiento de las masas acuáticas receptoras a través de las funciones judiciales, así como legislativas, concejales y reguladoras del gobierno.

Para satisfacer los requerimientos de la presentación de la calidad del agua, los sistemas de evacuación de aguas residuales deben realizar dos funciones: 1) Una colección confiable e inofensiva de las materias de desecho y 2) una evacuación segura de las aguas residuales adecuadamente tratadas a las corrientes receptoras o a la tierra. De otra manera, como sucedió en las obras antiguas de drenaje, el sistema colector simplemente transfiere los peligros y molestias longitudinalmente desde las inmediaciones de las habitaciones y establecimientos industriales a los canales regionales de drenado. En contraste, los escurrimientos pluviales y de la fusión del hielo y de la nieve crean relativamente pocos riegos sanitarios cuando se colectan en sistemas de drenaje estrictamente separados.

2.10. Gastos de diseño.

Se establece el criterio de valorar el gasto de dotación de drenaje sanitario como un porcentaje del gasto de consumo de agua potable según CONAGUA (2004). Para los fraccionamientos Industriales y comerciales, el desarrollador deberá de analizar el porcentaje de la dotación que se verterá al drenaje sanitario, considerando que parte del agua de consumo debe de emplearse en el reúso del proceso industrial y áreas verdes. Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son:

- Gasto medio
- Gasto mínimo
- Gasto máximo instantáneo
- Gasto máximo extraordinario

Los tres últimos se determinan a partir del primero. El sistema de alcantarillado sanitario, debe construirse herméticamente por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

2.10.1. Gasto medio.

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

identificadas en los planos de uso de suelo. La aportación es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable. En zonas habitacionales, se adopta como aportación de aguas residuales el 75% de la dotación de agua potable, considerando que el 25 % restante se consume antes de llegar a las atarjeas. En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{Ap \cdot P}{86400}$$

Donde:

- Q med: es el gasto medio de aguas residuales en l/s.
- Ap: es la aportación en litros por habitante al día.
- P: es la población en número de habitantes.
- 86 400 son el número de segundos al día.

En las localidades que tienen zonas industriales, comerciales o públicas con un volumen considerable de agua residual, se debe obtener el porcentaje de aportación para cada una de éstas zonas, independientemente de las habitacionales. En función del área y la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{Ap \cdot A}{86400}$$

Donde:

- Q med: es el gasto medio de aguas residuales en l/s.
- Ap: es la aportación en litros por metro cuadrado al día o litros por hectárea al día.
- A: es el área de la zona industrial, comercial o pública.
- 86 400 son el número de segundos al día.

2.10.2. Gasto mínimo.

El gasto mínimo es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería. Este valor es igual a la mitad del gasto medio. El gasto mínimo Q_{min} se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{min} = 0.5 Q_{med}$$

Donde:

- Q min: Gasto mínimo.
- Q med: Gasto medio de aguas residuales.

2.10.3. Gasto máximo instantáneo.

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es el producto de multiplicar el gasto

medio de aguas residuales por un coeficiente M, que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon.

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

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

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

Donde:

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

Diám (cm)	No de descargas simultáneas	Aportación por descarga (l/s)	Gasto mín (l/s)
10 - 25	1	1.0	1
30 - 40	2	1.0	2
45 - 46	3	1.0	3
50 - 55	4	1.0	4
60 - 63	5	1.0	5
65	6	1.0	6
70	7	1.0	7
75 - 76	8	1.0	8
80	9	1.0	9
85	10	1.0	10
90 - 91	12	1.0	12
100	15	1.0	15
107 - 110	17	1.0	17
120 - 122	23	1.0	23
130	25	1.0	25
140	28	1.0	28
150 - 152	30	1.0	30
160	32	1.0	32
170	35	1.0	35
180 - 183	38	1.0	38
190	41	1.0	41
200	44	1.0	44
213	47	1.0	47
244	57	1.0	57
305	74	1.0	74

Tabla 2.3. Gasto mínimo de aguas residuales con inodoros de 6 litros para distintos diámetros.

Fuente: CONAGUA; 2009: 67.

2.10.4. Gasto máximo extraordinario.

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

crecimiento demográfico explosivo no considerado. En función de éste gasto se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que se tiene un margen de seguridad para prever los caudales adicionales en las aportaciones que pueda recibir la red. Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se tiene:

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

Donde:

- Cs: es el coeficiente de seguridad adoptado.
- Q max.inst: es el gasto máximo instantáneo.

En el caso de aportaciones normales el coeficiente Cs será de 1.0; para condiciones diferentes, éste Cs puede definirse mayor a 1 y como máximo 1.5 bajo aprobación de la autoridad local del agua y dependiendo de las condiciones particulares de la localidad.

Finalmente, es importante saber el manejo de las aguas residuales, así como el tratamiento que se le da, las normas que se requieren para la calidad del agua y ser un suministro para la población. Conocer sobre donde se depositan las aguas negras y saber cuándo pueden servir para algún uso por tal motivo se hizo la investigación y tener más conocimiento sobre este capítulo.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se presenta la información necesaria referente al sitio donde se ubica el proyecto, partiendo del entorno geográfico el cual se encuentra ubicado dentro de la República Mexicana, en el estado de Michoacán de Ocampo, en la ciudad de Uruapan del progreso, mencionando características físicas del lugar, su vegetación, hidrografía, sus diferentes tipos de climas, flora, fauna, entre otras características.

3.1.- Generalidades.

Para términos de este trabajo es necesario ubicarse en el estado de Michoacán, que es uno de los 31 estados de la República Mexicana y de forma particular, en la ciudad de Uruapan, uno de los 113 municipios del estado, la cual está catalogada como la segunda ciudad más importante del estado.

De acuerdo con la página electrónica www.wikipedia.org (2013), el estado de Michoacán colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con México, al sureste con el estado de Guerrero y al suroeste con el océano Pacífico. Michoacán tiene una superficie de 59,928 kilómetros cuadrados aproximadamente que representa el 3% de la superficie total del país, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México. Se encuentra ubicado entre las coordenadas 17° 55' y 20° 24' de latitud norte, y las coordenadas 100° 04' y 103° 44' de longitud oeste.

En cuestión de hidrografía, el estado de Michoacán cuenta con 228 km de costas, siendo sus costas unas de las más montañosas y accidentadas del país. Los principales lagos del estado son: el lago Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro, el lago de Zirahuén, una parte del lago de Chapala, y la Presa Infiernillo. Su río más importante es el río Lerma, el cual nace en el Estado de México y abastece a la presa de Tepuxtepec para regar las tierras del valle de Maravatío y producir energía hidroeléctrica. Le siguen en importancia el río Balsas con numerosos afluentes, como el río Cupatitzio el cual alimenta las caídas de agua de La Tzaráracua y el río Tepalcatepec.

De acuerdo al clima se tiene una precipitación media anual de 806 mm, lo cual constituye a la entidad como la decimosexta más lluviosa del país. Por otra parte, la temperatura promedio anual es de 22,2 °C, teniendo como extremos temperaturas mínimas anuales de 14,7 °C y de 29,6 °C, lo cual la constituye en la décimo tercera entidad federativa más cálida del país.

La orografía del estado es una de las accidentadas de México y contiene numerosos volcanes que conforman parte del Eje Volcánico Transversal (44.98% de su superficie) y de la Sierra Madre del Sur (55.02% de la superficie). La principal elevación con la que cuenta es el llamado Pico de Tancítaro que cuenta con una altura de 3,840 msnm.

Los tipos de vegetación en el estado se resume: agrícola: 27,99 % de la superficie estatal, pastizales: 1,80 %, bosques: 26,68 %, selva: 34,78 %, matorrales: 5,08 %, otros: 1,66 %, escorias 0,77%, patos: 0,02.

La flora del estado de Michoacán es muy variada, presenta bosques mixtos de pino, encino, fresno, oyamel, parota, ceiba, mango, guaje, tepemezquite, palma, chirimoya, zapote y guanábana entre otros.

Su fauna está compuesta por: Paloma, codorniz, tordo, urraca, coyote, tlacuache, zorra, tejón, mapache, zorrillo, venado, conejo, pato, armadillo, ardilla, liebre, lince, cacomixtle, comadreja, gato montés, águila, cuervo, gavilán, perico, boa, faisán, además de carpa, mojarra, nutria, langosta, tiburón y tonina entre otros. Tiene manantiales como Camécuaro, géiser de aguas geotérmicas como el de Ixtlán de los Hervores o los Azufres; además de Ciénegas como la de Zacapu.

3.2.- Objetivo.

El objetivo principal de la presente tesis es la propuesta del proyecto integral del drenaje sanitario en el sector centro de la ciudad de Uruapan, cumpliendo con las condiciones de servicio y funcionalidad adecuadas durante la vida útil estimada para este, así mismo proponer nuevas tuberías con datos factibles que dieron resultado de los cálculos correspondientes.

3.3.- Resumen ejecutivo.

Para el presente trabajo la información fue proporcionada por la CAPASU y dependencias de gobierno, de igual manera fue importante definir la zona general de proyecto, así como la recopilación de información de Infraestructura existente para

ubicar correctamente los pozos de visita y la tubería adecuadamente, cabe mencionar que el sitio se encuentra ubicado en la zona centro de la ciudad de Uruapan, Mich.

Es sumamente importante determinar las zonas de estudio parcialmente, esto ayudara hacer mejor los cálculos ya que cada zona tendrá una cantidad de población de proyecto, longitud total, dotación, etc. También se calculara su área de influencia, densidad de población, aportación de aguas negras así como cada gasto requerido y tomando en cuenta algunos coeficientes como por ejemplo el de seguridad.

Una vez reunidos los elementos necesarios para que la investigación se muestre completa, se define una solución para la incógnita que da origen a la misma investigación, dándose una solución para los problemas de drenaje sanitario en la zona elegida. En la información presentada, destacan los medios usados para poder obtener el objetivo de la investigación así como la manera en que se llega a la solución.

3.4.- Macro localización.

Principalmente Uruapan es uno de los 113 municipios que comprende el estado de Michoacán, es por esto que es necesario ubicar primeramente dentro de la República Mexicana el estado de Michoacán.



Imagen 3.1.- Localización de Michoacán de Ocampo.

Fuente: www.travelbymexico.com (2013).

Como se puede apreciar en la imagen 3.1, Michoacán se encuentra en la parte oeste de la República Mexicana y se ubica entre los ríos Lerma y Balsas, el lago de Chapala y el Océano Pacífico. Colinda al norte con el estado de Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga; al este con Querétaro de Arteaga, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco. La capital de Michoacán es Morelia, antiguamente llamada Valladolid y está ubicada a 1,920 metros sobre el nivel del mar. La superficie territorial del estado de Michoacán es de 59 928 km², lo que representa un 3% de todo México; cuenta con una población aproximada de 3 985 667 habitantes.

El municipio de Uruapan se localiza en la zona centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954,17 kilómetros cuadrados que equivalen al 1,62% de la extensión total del estado. Sus límites son al norte con el municipio de Charapan, el municipio de Paracho y el municipio de Nahuatzen; al este con el municipio de Tingambato, al municipio de Ziracuaretiro y el municipio de Taretan; al sur con el municipio de Gabriel Zamora y el municipio de Parácuaro; al oeste con el municipio de Nuevo Parangaricutiro, con el municipio de Peribán, con el municipio de Tancítaro y con el municipio de Los Reyes. Se localiza en el estado de Michoacán de Ocampo en las coordenadas 19° 25' de latitud Norte y 102°03' de longitud Oeste, a una altura de 1620 metros sobre el nivel del mar.

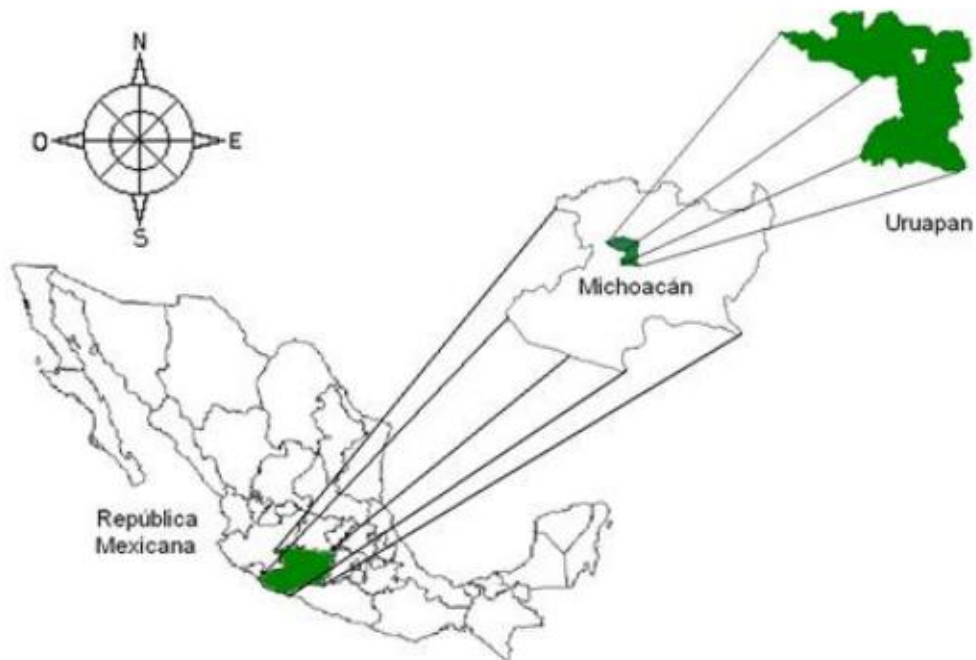


Imagen 3.2.- Ubicación de la Ciudad de Uruapan, Michoacán.

Fuente: www.normich.com (2013).

Como se puede apreciar en la imagen 3.2, y tomando en cuenta lo establecido por la página electrónica www.wikipedia.mx (2013), Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del Estado de Michoacán de Ocampo. Es la cabecera del municipio de Uruapan. De clima templado, exuberante vegetación y con gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como "La capital mundial del aguacate". Se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso. Uruapan proviene de la palabra tarasca "Uruapani" y significa "el florecer y fructificar de una planta al mismo tiempo", por lo que se ha traducido como "lugar donde los árboles tienen siempre fruto".

Las principales artesanías son las lacas, jícaras, bateas y máscaras, todas ellas con la famosa técnica conocida como maqué y los rebozos; además de elaborar manta rústica de algodón y de acrilán, en telares rústicos de madera de pedal, que es una de las herencias de Vasco de Quiroga. Estas artesanías son realizadas principalmente por los indígenas de la meseta purépecha.

Entre las artesanías, también podemos encontrar juguetes tallados con madera, pueden ser desde pequeñas tablas que se deslizan, hasta pequeños camiones, escobas tamaño miniatura, muebles de hogar muy pequeños etc. Otras de las artesanías que encontramos en Uruapan, son bolsas para dama hechas con hojas de maíz. Accesorios de bisutería hechos de madera, como pulseras, aretes, collares. También encontramos cuadros tallados de madera, o lienzos pintados mostrando desde pequeños pueblos cercanos, hasta paisajes de Uruapan en ellos.

Estas artesanías son realizadas principalmente por los indígenas de la Meseta Purépecha.

Sus principales accidentes orográficos son el cerro de La Cruz, de La Charanda y de Jicalán. Su principal sistema hidrográfico es el río Cupatitzio, el cual nace dentro de la ciudad y del cual se obtiene la mayor parte del agua potable que se utiliza en la ciudad. Y el río Santa Bárbara que nace en la presa de Caltzonzin y cruza el oriente de la ciudad. Ambos pertenecen a la cuenca del Río Tepalcatepec y este a su vez a la región hidrográfica del Río Balsas.

Los datos arrojados por el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010, el municipio de Uruapan cuenta con 315.350 habitantes y la ciudad de Uruapan cuenta con 264.439 habitantes lo que la coloca como la segunda más poblada del Estado y en el lugar 58° del país en cuanto a población se refiere. La densidad de población es de 336 habitantes por km².

La principal actividad agrícola del municipio de Uruapan sin duda es el cultivo del aguacate, que ha sido llamado el oro verde de Michoacán. Sin dejar de sumar importancia, algunas de las actividades agrícolas del municipio son; el cultivo de la caña de azúcar, maíz, durazno, café, guayaba y hortalizas como jitomate, chile y calabaza, etc.

3.5.- Micro localización.

La zona centro de la ciudad de Uruapan, así como el polígono donde se hará el proyecto está limitada en la zona norte por la calle Calzada Benito Juárez, al este por la avenida Chiapas, al sur por la calle Lic. Primo verdad (donde se encuentra el panteón municipal), y al oeste la calle Fray Juan de San Miguel. Cabe mencionar que dentro de la zona de estudio se encuentran lugares turísticos como es el parque Nacional, la plaza de los Mártires, el mercado de antojitos, el Templo de San Francisco, la Fábrica de San Pedro y hasta la casa más angosta del mundo.

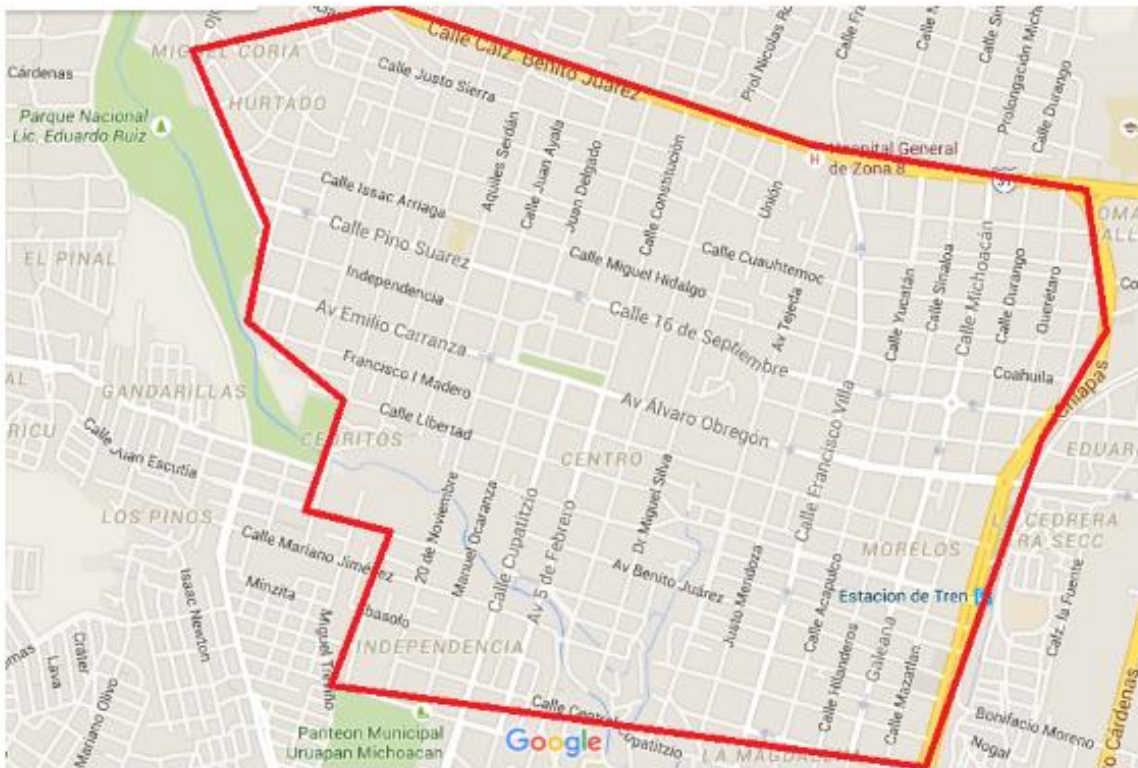


Imagen 3.3.- Localización de la zona centro de Uruapan.

Fuente: www.googlemaps.com (2013).

3.6.- Informe Fotográfico.

En la imagen 3.3 se puede ubicar cuál es el lugar o las calles que requieren nuevo sistema de drenaje sanitario, es por ello que se hizo el presente informe para ver el daño que tienen diferentes calles de la ciudad dentro de la zona de estudio, así se le dará solución a la problemática que existe en el lugar.

En las presentes Imágenes 3.4 y 3.5 se observa claramente el daño que tiene el pavimento debido al drenaje sanitario dañado, por cuestión de que ya cumplió su vida útil y es necesario remplazarlo con una tubería nueva para darle mejor uso y mantenimiento y no dañar más la pavimentación de las calles ya que esto perjudica a diferentes personas tanto a las personas que habitan en esos domicilios como perjudicial para la vialidad.



Imagen 3.4.- Pavimento fracturado en la Calle Veracruz.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3.5.- Pavimento fracturado en la Calle Veracruz.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la imagen 3.6 es obvio que el drenaje existente está fracturado, afectando la vialidad, por lo cual la dependencia de gobierno “CAPASU” será el encargado de arreglar estos daños, además cabe mencionar que en temporadas de lluvia es más riesgoso que el pavimento este en estas condiciones ya que puede dañar las tierras y drenajes aledaños.



Imagen 3.6.- Pavimento dañado en la calle Monterrey.

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 3.7 y 3.8 se aprecia claramente el gran daño que tiene la superficie, esto debido a la tubería dañada ya que es demasiado vieja y es necesario reemplazarla por una tubería adecuada, es importante mencionar que también está más deteriorada ya que por esas calles transitan vehículos más pesados que no son adecuados para transitar en la zona.



Imagen 3.7.- Calle Isaac Arriaga pavimento dañado.

Fuente: Elaboración propia



Imagen 3.8.- Calle Isaac Arriaga pavimento dañado.

Fuente: Elaboración propia.

En la presente imagen 3.9 se puede observar en qué condiciones se encuentra el asfalto de la calle, por motivos del sistema de drenaje sanitario totalmente dañado, el cual afecta el tránsito de vehículos y personas que viven en esos domicilios ya que a consecuencia de esto es necesario abrir y arreglar desde la calle hasta la casa donde esté dañado el drenaje.

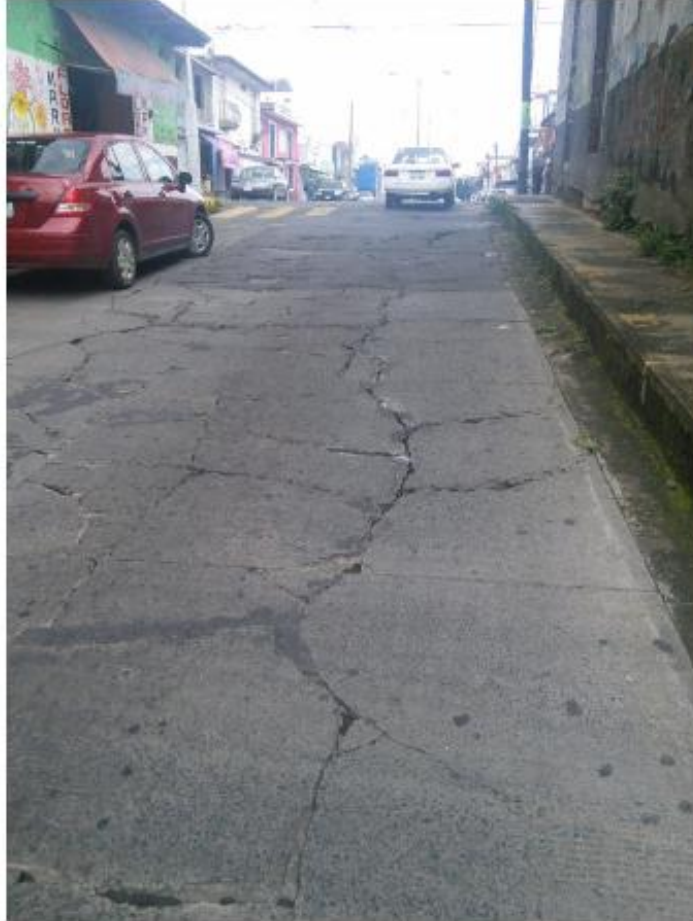


Imagen 3.9.- Pavimento fracturado calle Cupatitzio.

Fuente: Elaboración propia.

Después de observar la imagen 3.10 se puede ver cómo es que desde la casa ubicada en dicha calle viene el daño del drenaje sanitario, por el cual fue motivo de abrir dicha propiedad hasta parte de la pavimentación de la calle, por tal razón la lluvia y tránsito pesado afectan cada vez más todo el sistema de drenaje.



Imagen 3.10.- Drenaje domiciliario en malas condiciones, calle 5 de febrero.

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 3.11 se aprecia claramente cómo es que está dañada la avenida ya que por dicha vía circulan vehículos demasiado pesados afectando así cada vez más la tubería del drenaje sanitario en ciertos tramos.



Imagen 3.11.- Avenida las Américas deteriorada por el sistema de drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

En la presente imagen 3.12 es claro observar que a través de los años se ha ido deteriorando cada vez más la avenida Benito Juárez, esto debido que en ella transitan vehículos de gran magnitud por el cual afecta el sistema de drenaje, se puede ver que el pozo de visita está totalmente fracturado afectando la vialidad y en

caso de lluvias pueda hasta inundarse la calle debido a que no tiene una buena funcionalidad por lo mismo que se encuentra en mal estado.



Imagen 3.12.- Avenida Benito Juárez, drenaje en malas condiciones.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se da a conocer la metodología de la investigación que se utilizó para llevar a cabo este proyecto. Se mencionarán los métodos utilizados, así como sus características, el enfoque y estudio de investigación así como su diseño. Finalmente, se mencionarán las herramientas y/o instrumentos de recopilación de datos y la descripción del proceso de investigación.

4.1.- Método empleado.

“El método científico se funda estrictamente en las técnicas experimentales, las operaciones lógicas y la imaginación racional, para servir como instrumentos de la adquisición del conocimiento científico. En todo caso, el método se desarrolla en la práctica y se afina en contacto directo con la realidad. La formulación lógica del método se ha conseguido y se sigue desarrollando a través del esfuerzo de conjunto de los pensadores y los experimentadores”. (Tamayo: 2000; 38)

- Pasos para el método científico:

Para las ciencias, se aplica el método inductivo en sus tres estadios principales, que son:

- a) La observación.
- b) La hipótesis.
- c) La experimentación.

Según Tamayo (2000), la observación es la percepción clara y precisa del fenómeno, requiere un asesoramiento previo a una aptitud inquisitiva natural. La ejercitación de la observación, es de igual manera, como la ejercitación de la memoria, ya que aumenta la capacidad de retener el conocimiento. La observación requiere el empleo de aparatos especiales, en la ciencia y en conocimientos muy profundos de la rama que se pretende conocer. La observación científica exige, un método, una exactitud y, además, precisión. Luego deben escribirse, revisarse, y cotejarse las observaciones una y otra vez para verificar que estén correctamente.

La hipótesis es una suposición que se proyecta en el campo de las posibilidades, pero con buenas razones para suponer que puede ser probable. La hipótesis es un razonamiento que, aunque todavía no sea una prueba, no es rechazado por la lógica, ni las observaciones previas y puede ser posible por ciertas circunstancias que se han obtenido previamente en la observación.

“La experimentación es la provocación del fenómeno, hecha a voluntad del investigador. Los tratados de metodología científica comentan las coincidencias constantes y la coincidencia única. Cuando, después de todo este proceso, se llega a la determinación de una ley, o sea, el proceso de generalizar con base en la verdad y la certidumbre, se pone en juego el verdadero método inductivo.”
(Tamayo: 2000; 37)

4.1.1.- Método matemático.

En ciencias aplicadas, un modelo matemático es uno de los tipos de modelos científicos que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. El término modelización matemática es utilizado también en diseño gráfico cuando se habla de modelos geométricos de los objetos en dos (2D) o tres dimensiones (3D). De acuerdo con la página electrónica www.wikipedia.mx (1995).

Un modelo es un producto de una abstracción de un sistema real: eliminando las complejidades y haciendo suposiciones pertinentes, se aplica una técnica matemática y se obtiene una representación simbólica del mismo. Consta de 3 conjuntos básicos de elementos:

- a) Variables de decisión y parámetros.
- b) Restricciones.
- c) Función objetivo.

En la investigación se utilizó el método matemático para hacer los cálculos correspondientes y llevar una secuencia lógica, a través de tablas y programas como por ejemplo Excel, donde ayudará a calcular los diámetros de la tubería, el gasto correspondiente para cada sección y el abastecimiento de agua para la población.

4.2.- Enfoque de la investigación.

Se le llama método cuantitativo o investigación cuantitativa a la que se vale de los números para examinar datos o información. Es uno de los métodos utilizados por la ciencia. La matemática, la informática y las estadísticas son las principales herramientas. Según la página electrónica www.sinapsit.mx (2001).

El enfoque cuantitativo como menciona Hernández (2010), usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y aprobar teorías además debe ser secuencial, cada etapa tiene un orden riguroso.

Características del enfoque cuantitativo:

1. El investigador o investigadora plantea un problema de estudio delimitado y concreto. Sus preguntas de investigación hablan sobre cuestiones específicas.
2. Una vez planteado el problema de estudio, el investigador (a) considera lo que se ha investigado y construye un marco teórico, del cual deriva una o varias hipótesis y las somete a prueba mediante un empleo de diseños de investigación apropiados.
3. Así, las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar los datos.
4. La recolección de los datos se fundamenta en la medición. Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. Para que la investigación sea

creíble y aceptada por otros investigadores, debe demostrarse que se siguieron tales procedimientos.

5. Debido a que los datos son producto de mediciones se representa mediante números y se deben analizar a través de métodos estadísticos.
6. En el proceso se busca el máximo control para lograr que otras explicaciones posibles distintas “rivales” a la hipótesis, sean desechadas y se excluya la incertidumbre y minimice el error.
7. Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las predicciones iniciales y de estudios previos.
8. La investigación cuantitativa debe ser lo más “objetiva” posible. Los fenómenos que se observan y/o miden no deben ser afectados por el investigador.
9. Los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado y se debe tener presente que las decisiones críticas se efectúan antes de recolectar los datos.
10. En una investigación cuantitativa se pretende generalizar los resultados encontrados en un grupo o segmento a una colectividad mayor. También se busca que los estudios efectuados puedan replicarse.
11. Al final, con los estudios cuantitativos se intenta explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos.

12. Para este enfoque, se sigue rigurosamente el proceso y, de acuerdo con ciertas reglas lógicas, los datos generados poseen estándares de validez y confiabilidad.
13. Esta aproximación utiliza la lógica o razonamiento deductivo, que comienza con la teoría y de esta se derivan expresiones lógicas.
14. La investigación cuantitativa pretende identificar leyes universales y causales.
15. La búsqueda cuantitativa ocurre en la realidad externa al individuo.

4.2.1. Alcance de la investigación.

El estudio de la investigación presenta un alcance descriptivo, ya que se pretende describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; es decir, como se manifiesta cada fenómeno estudiado. De acuerdo con Hernández (2010), el objetivo de los estudios descriptivos consiste en especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a la investigación.

Un estudio descriptivo es aquel en que se recolecta información sin cambiar el entorno, es decir, no hay manipulación y su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables, tratando de medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno que se analice.

4.3.- Diseño de la investigación.

Existen tres tipos de diseños de investigación: el experimental, que se trata de una colección de diseños de investigación que utilizan la manipulación y las pruebas controladas para entender los procesos causales, en general, una o más variables son manipuladas para determinar su efecto sobre una variable dependiente. El cuasiexperimental, manipulan deliberadamente al menos una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes y el no experimental se realiza sin manipular deliberadamente variables.

Para la presente tesis se tomará un diseño no experimental, ya que los datos que se obtienen para esta investigación son tomados en tiempo y forma describiendo variables y observando su incidencia.

4.4. Instrumentos de recopilación.

Dentro de dicha investigación se han recopilado datos de forma cuantitativa quiere decir que se han observado datos existentes como por ejemplo planos, para poder determinar los tramos de tubería que serán analizados, de igual manera su diámetro y pendiente correspondiente para cada sección.

Cabe mencionar que para la realización de dicho proyecto es necesario utilizar el programa de computo de la paquetería de Microsoft Office denominado Excel, ya que este programa ayudara a obtener resultados más eficientes a la hora de los cálculos y otro de los programas de cómputo de diseño como Autocad, que sirve

para realizar los planos correspondientes de la zona y sea más claro para dicho proyecto.

4.5. Descripción del proceso de construcción.

Para la realización de esta tesis se analizó la zona afectada, donde surgió la duda de que la tubería en el sector centro ha cumplido con su vida útil por lo que se optó por una rehabilitación de la tubería. Después de observar los planos existentes ya con muchos años antigüedad, se hizo la investigación correspondiente para tener el conocimiento de tal proyecto, así mismo, se comenzó con los cálculos correspondientes, utilizando programas de cómputo y obtener resultados coherentes y factibles dando seguridad a dicha investigación.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se abordará el tema de análisis e interpretación de resultados, es decir, se mostrarán los cálculos que fueron necesarios llevar a cabo, así como los resultados obtenidos del drenaje sanitario del sector centro de Uruapan, su diámetro, longitud, pendiente, etc. Esto servirá para hacer la nueva propuesta y se puedan resolver problemas existentes.

5.1.- Recopilación de información de Infraestructura existente en dependencias de gobierno.

Primeramente es importante mencionar que para realizar el proyecto fue necesario recopilar información de diferentes dependencias de gobierno, ya que de este proyecto no existe información digital, sólo planos hechos a mano de antaño, por tal motivo fue necesario vaciar toda la información existente a un plano digital de apoyo, mencionando que es un plano vista en planta (P1), para observar a detalle cada dato importante, el cual ayudará a hacer los cálculos correspondientes.

Posteriormente ya obtenida la información, fue necesario determinar la zona general de proyecto en diferentes zonas parciales de aportación, ya que cada calle o colonia cuenta con datos distintos, haciendo así más fácil y ágil los cálculos correspondientes utilizando el programa de cómputo denominado Excel.

5.2. Determinación de zonas parciales de aportación.

Una vez que se analizó el plano digital fue necesario revisar, comprender y diseñar las zonas de aportación, esto tomando en cuenta la cota de nivel más pequeña que servirá como punto de descarga de todos los cruceros y tramos que se determinaron en dicha zona, donde para obtener los cálculos correspondientes se elaboró una tabla denominada tabla 5.1. En el programa de Excel, ahí se determinó el nombre de cruceo así como la colonia asignada, además de enumerar los tramos, obtener las longitudes, pendientes, y niveles de cada pozo de visita.

Para tener criterio sobre las bajadas o escurrimientos de las diferentes tuberías fue importante el nivel que tenía cada uno de los pozos de visita, así mismo ayudó a determinar la avenida principal de escurrimiento y los principios de atarjeas hasta conducir el drenaje al pozo de nivel con más bajo nivel, el cual seguirá un escurrimiento hasta su destino final.

Posteriormente, se obtuvo la población de proyecto de acuerdo a cada zona parcial de aportación, debido a que es un dato fundamental que ayudará con los cálculos, este dato se obtuvo conforme a las hectáreas o más bien dicho al área que se está analizando para distribución del drenaje. Además con apoyo de censos obtenidos años anteriores de la población que habitan en la mancha urbana.

La elaboración de la tabla consistió en obtener el caudal de aguas negras, donde para ello se deben obtener datos como área de cada sector, población de proyecto, longitud total, aportación de aguas negras, habitante unitario, coeficiente de seguridad, gasto medio, gasto mínimo, coeficiente de Harman el cual se determina

dependiendo de la población, después se calcula el gasto máximo instantáneo y luego el gasto máximo extraordinario.

Dando seguimiento a la elaboración primero se enumeró cada tramo con su longitud propia, posteriormente se hizo otra columna con los tramos acumulados esto quiere decir que es la suma de los tramos que van sobre la ruta principal, después se obtuvo la población servida que consiste en multiplicar los tramos acumulados por un factor que son los habitantes por metro lineal, este factor sale del resultado de la población de proyecto entre la longitud total de cada sector, las siguientes columnas son fórmulas determinadas para el diseño de drenaje sanitario, tomando en cuenta que dentro de estos cálculos se necesitan los gastos de diseño, que se mencionaron en capítulos anteriores.

5.3.- Integración de propuesta de red general.

Una vez obtenidos los datos anteriores fue necesario dibujar en el plano digital (P2) los escurrimientos y los pozos de visita que fueron señalados en el plano con colores diferentes para diferenciar un sector de otro, haciéndolos llamar sector 1 colonia Ramón Farías (tabla 5.1.), sector 2 colonia La Magdalena (tabla 5.2.), sector 3 Barrio de San Francisco (tabla 5.3.), sector 4 Barrio San Miguel y sus alrededores (tabla 5.4.) y sector 5 Barrio Santo Santiago y Centro (tabla 5.5.).

Posteriormente fueron colocados los niveles de terreno natural, estos obtenidos de planos antiguos, así mismo por criterio se calculó la cota de terreno de arrastre que quiere decir al nivel que se colocará la tubería dándole un desnivel de

1.5 metros aproximadamente de profundidad, con este dato fue fácil calcular la pendiente a la que se colocará la tubería de cada tramo restando la distancia entre cada cruce y dividiéndolo entre su propia longitud. Con esto se analizó y calculó el diámetro de la tubería, su área hidráulica, radio hidráulico, velocidad de flujo y el gasto obtenido en lts/seg.

Para darle seguimiento a la hoja de cálculos (tabla 5.1.) se calculó el escurrimiento mínimo y máximo, todo esto multiplicando el gasto en lts/seg por el gasto mínimo real así se obtiene un gasto mínimo y gasto máximo, además con ayuda de un nomograma (Anexo 1) se calculó la velocidad mínima y la máxima así como la velocidad máxima real y la mínima real, resaltando que estos datos fueron escritos manualmente en la hoja de cálculos, también se adquirieron las relaciones mínimas y máximas de tirante lo cual determinó que el diámetro de la tubería anteriormente elegida fue la correcta. Una vez que se concluyeron los cálculos, se colocó en el plano (P2) los diámetros de la tubería resultantes, así como su longitud y pendiente calculada al millar en cada tramo correspondiente que como anteriormente se había mencionado está dividida por sectores.

Finalmente se puede concluir que la propuesta de rehabilitación de drenaje sanitario obtenida de los resultados finales es la adecuada para el diseño o mantenimiento de la tubería, como se especifican en las tablas correspondientes a este capítulo, donde señalan los resultados a los que se llegó en el cálculo de la tubería más eficaz y económicamente posible que va de un diámetro de 0.20 mts a 0.38 mts, tabla que se calculó por medio del programa Excel que da buenos resultados para el proyecto que señala la tesis, además ayudará a la población futura

ya que por el momento existen muchos problemas de drenaje sanitario por lo que llegaron a su máxima capacidad de vida útil lo cual es necesario reemplazarlos por tuberías nuevas y de material diferente.

Cabe mencionar que este proyecto ayudará ciertas dependencias de gobierno ya que por el momento no existe información actualizada como son los planos digital (P1) y (P2) de drenaje sanitario de la Ciudad de Uruapan Michoacán, además los cálculos resultantes fueron revisados y supervisados durante su realización por personal adecuado dándole validez a los datos resultantes.

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
1	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000

Table 3.1. Size of the Polish People
 Source: Eurostat, 2024

Category	Value	Category	Value
...

MEMO

No.	Name		Address		Age	Sex	Education		Occupation		Income		Assets		Liabilities		Family		Notes		
	First Name	Last Name	Street	City			Year	Type	Level	Company	Salary	Other	Real Estate	Bank	Debt	Spouse	Children	Remarks			
1	M	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	F	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

201105	50.00	100.00	100.00	50.00	100	50%	100	100	100	4.000	10.00	10.00	1000	100	100	100	1000	3.000	30000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201105	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201110	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201105	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201105	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201110	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201105	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201110	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201105	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
201110	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100%	100	100	100	1.000	1.00	1.00	1000	100	100	100	1000	10.000	100000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00

Tabla 5.3. Sector 3 Barro de San Francisco.
Fuente: Elaboración propia.

1965	1966	1967	1968	1969	1970
1971	1972	1973	1974	1975	1976
1977	1978	1979	1980	1981	1982
1983	1984	1985	1986	1987	1988
1989	1990	1991	1992	1993	1994
1995	1996	1997	1998	1999	2000

ANEXO 4

Código	Sector	Subsector	Actividad	Producción				Inventarios				Consumo				Exportación				Importación				Balance		Precio		Gasto		Inversión									
				1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
001	01	011	0111	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 5.1. Síntesis de Datos por Sector y Subsector.
Fuente: Elaboración propia.

Unit	Unit	Unit	Unit
Unit	Unit	Unit	Unit
Unit	Unit	Unit	Unit
Unit	Unit	Unit	Unit
Unit	Unit	Unit	Unit
Unit	Unit	Unit	Unit

REVENUE

Year	Month	Revenue	General				Sales							Advertising			Miscellaneous					Interest		Other											
															
1921	Jan	1000

CE	101420	101421	101422	101423	101424	101425	101426	101427	101428	101429	101430	101431	101432	101433	101434	101435	101436	101437	101438	101439	101440	101441	101442	101443	101444	101445	101446	101447	101448	101449	101450	101451	101452	101453	101454	101455	101456	101457	101458	101459	101460
101420	101420	101421	101422	101423	101424	101425	101426	101427	101428	101429	101430	101431	101432	101433	101434	101435	101436	101437	101438	101439	101440	101441	101442	101443	101444	101445	101446	101447	101448	101449	101450	101451	101452	101453	101454	101455	101456	101457	101458	101459	101460

Tabla E.5. Sector 5 Barro Salto Barrojo y Varro.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

En el presente estudio donde se pretendía proponer el proyecto de rehabilitación integral del drenaje sanitario del sector centro en la Ciudad de Uruapan, Michoacán, se cumplió ya que se hicieron los estudios y cálculos correspondientes que dieron como resultado sus diámetros de tubería así como su velocidad y gastos necesarios, además que existe el plano (P2) donde se plasmaron los datos obtenidos.

El drenaje sanitario se definió como elementos participantes en el drenaje de las ciudades que, además de reducir el caudal circulante por la superficie, consiguen también disminuir de forma notable la cantidad de contaminantes que arrastra el agua de escorrentía. También se estableció que el sistema de drenaje estaban centrados especialmente en la cantidad de escorrentía a evacuar y no en la calidad del agua que era drenada en la ciudad; quiere decir que los sistemas de alcantarillado sirven con el objetivo de evitar inundaciones, sin tomar en cuenta el daño ambiental que puede vertir al medio y los contaminantes que llevaba consigo la escorrentía.

Para calcular las dimensiones de tubería para la red de estudio fue necesario hacer una tabla de cálculos (tabla 5.1.), donde se especifican datos anteriores antes de llegar al resultado requerido como son número de cruceros, tramos de escorrentía, longitud de los tramos, población servida, gastos, cotas de terreno natural y arrastre, pendiente hidráulica, diámetro de tubería, área hidráulica, radio

hidráulico, velocidad de flujo, escurrimientos mínimos y máximos así como velocidades mínimas y máximas y relación de tirantes.

Para hacer más específica la investigación se consideró a las aguas residuales como los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). Se clasifican de dos maneras: aguas residuales municipales que son residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal y aguas residuales industriales que son las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

Con base en lo anterior, es importante mencionar que el objetivo de tratar las aguas negras es para proteger la salud pública, para evitar perjuicios, para impedir contaminación de las aguas de bebida y de los baños y evitar los daños correspondientes. Las aguas negras constituyen un peligro para la salud, por contener bacterias patógenas y otros organismos productores de enfermedades. Contienen también sustancias que pueden contaminar las fuentes de alimentos y de agua.

Como se señala en el estudio, una red de alcantarillado sanitario se integra de varios elementos certificados, tales como tuberías, conexiones, anillos y obras accesorias: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte, en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales. Fue importante señalar que para la selección del material de la tubería deberá basarse en las

especificaciones establecidas del material y las recomendaciones de códigos aplicables, estándares y dimensionales. El ingeniero proyectista deberá considerar también los requerimientos de servicio, y parámetros tales como: resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, facilidad de instalación, costo de suministro e instalación, costo de operación y mantenimiento, y vida útil de la tubería. Los materiales utilizados para la construcción de una red de drenaje pueden ser de acero, concreto simple, concreto reforzado, concreto reforzado con revestimiento interior, poliéster reforzado con fibra de vidrio, poli cloruro de vinilo, fibrocemento, polietileno, etc. Aunque en la actualidad debido a ciertos parámetros de seguridad y economía se utiliza la tubería de Poli Cloruro de Vinilo denominado (PVC).

Durante la investigación se concluyó que para el mejor cumplimiento de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua a través de la gerencia de tratamiento de aguas, ha considerado conveniente la elaboración de una guía de carácter general para la evaluación de alternativas de tratamiento de aguas residuales de origen municipal donde se resaltaron 3 puntos importantes para su tratamiento: la escasez del recurso del agua en extensas zonas del país, el alto costo de desarrollo de nuevas fuentes de suministro de agua hacen imperativo en considerar la posibilidad de renovar y recuperar las aguas residuales tratadas para satisfacer las demandas de agua en la agricultura, la industria y los municipios y en la regeneración de fuentes de suministro, entre otros. La disponibilidad cada vez mayor de sistemas personales de cómputo y la gran cantidad de información que debe ser manejada y procesada en la evaluación técnica y económica de alternativas de tratamiento, demandan el desarrollo de programas de cómputo que permitan la ejecución pronta y

económica de dichas evaluaciones y las condiciones particulares del país obligan a que las experiencias de otros países sean adecuadas a las condiciones nacionales.

Los tipos de residuos que se encuentran en un drenaje de acuerdo a la investigación son los sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables, microorganismos patógenos, nutrientes, compuestos orgánicos refractarios, metales pesados, sólidos inorgánicos disueltos, etc.

Finalmente, la calidad para satisfacer los requerimientos de la presentación de la calidad del agua, los sistemas de evacuación de aguas residuales deben realizar dos funciones: una colección confiable e inofensiva de las materias de desecho y una evacuación segura de las aguas residuales adecuadamente tratadas a las corrientes receptoras o a la tierra. De otra manera, como sucedió en las obras antiguas de drenaje, el sistema colector simplemente transfiere los peligros y molestias longitudinalmente desde las inmediaciones de las habitaciones y establecimientos industriales a los canales regionales de drenado.

BIBLIOGRAFÍA.

- Arnal Simón, Luis. (2011)
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
Ed. Trillas. México.
- César Valdez, Enrique. (2003)
Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.
Ed. ICA, A.C. México.
- Comisión Nacional del Agua. (2004)
Infraestructura hidráulica.
Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional del Agua. (2007)
Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional del Agua. (2009)
Manual de operación y procedimientos.
Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

- Comisión Nacional del Agua. (2012)
Manual de Instalación de tubería para drenaje sanitario
Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- E. Babbitt Harold (1975)
Alcantarillado y tratamiento de aguas negras.
Ed. Continental S.A. México.
- Facultad de Ingeniería. (1993)
Normas de proyecto para obras de alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la república mexicana.
Ed. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gordon Maskew, Fair. (1990)
Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales.
Ed. Limusa. México.
- Gordon Maskew, Fair. (1994)
Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales.
Ed. Limusa. México.

- Montes de Oca, Miguel (1981)

Topografía.

Ed. Representación y servicios de Ingeniería, S.A. México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

- <http://drenajearbanosostenible.org/>
- http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3_alcantarillado_sanitario.pdf.
- https://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico_reforzado_con_vidrio
- <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguasresiduales/aguasresiduales.html>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Michoac%C3%A1n>
- <https://www.normich.com>
- https://www.google.com.mx/search?q=ubicacion+de+michoacan+en+el+mapa+de+la+republica+mexicana&biw=1242&bih=606&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI7LCk--GdyQIVhfl-Ch3xzgq3#imgrc=kPLYb9VqzYI7dM%3A

- <https://www.google.com.mx/maps/place/Uruapan,+Mich./@19.4167322,-102.0743055,15z/data=!4m2!3m1!1s0x842de258c2fe4851:0x537e9be21f239f>

34

- https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_matem%C3%A1tico

ANEXO

1

TABLA DE VALORES DE RELACION DE PROPIEDADES GEOMÉTRICAS E HIDRÁULICAS EN CONDUCTOS CIRCULARES PARCIALMENTE LLENO CON RESPECTO A CONDUCTOS LLENOS.

Donde:

d = Tirante	V = Velocidad de flujo a gasto parcial.
D_0 = Diámetro	V_0 = Velocidad de flujo a gasto Lleno.
Q = Gasto parcial (M^3).	P = Perímetro mojado parcial.
Q_0 = Gasto Lleno (M^3)	P_0 = Perímetro mojado lleno.
A = Área hidráulica parcial.	θ = Angulo que forma la superficie libre del agua con origen en el centro.
R = Radio hidráulico parcial	
A_0 = Área hidráulica lleno.	
R_0 = Radio hidráulico lleno.	

NOTA: La Tabla esta calculada teniendo como datos que el coeficiente de rugosidad es el mismo a lo largo del conducto.

d/D_0	$\theta = 2 \arccos(1 - 2d/D_0)$		Q/Q_0	$AR^{2/3}/D_0^{8/3}$	V/V_0	A/A_0	P/P_0	R/R_0
	(Radianes)	(Grados)						
0.010	0.4006695	22.9568191	0.000151	0.000047	0.000000	0.001560	0.002769	0.025542
0.015	0.49113104	28.13973550	0.000261	0.000113	0.116413	0.003105	0.079165	0.039720
0.020	0.56758822	32.52040942	0.000472	0.000209	0.148803	0.004777	0.082334	0.052634
0.025	0.63512086	36.38974488	0.000686	0.000339	0.183129	0.006590	0.101053	0.065857
0.030	0.69533204	39.89688718	0.000900	0.000501	0.100921	0.008741	0.110825	0.078876
0.035	0.75276996	43.13037003	0.001228	0.000698	0.200500	0.010993	0.119807	0.091600
0.040	0.80540158	46.14783613	0.001678	0.000929	0.259095	0.013417	0.128188	0.104067
0.045	0.85502463	48.98929594	0.002234	0.001195	0.238653	0.015905	0.135051	0.117497
0.050	0.90205262	51.68366553	0.002902	0.001497	0.258893	0.018595	0.140568	0.130205
0.055	0.94690231	54.25350673	0.003685	0.001834	0.273204	0.021532	0.145074	0.142879
0.060	0.98888825	56.71527315	0.004583	0.002208	0.289168	0.024496	0.149542	0.155490
0.065	1.03118801	59.08272100	0.005608	0.002617	0.304812	0.027578	0.154115	0.168037
0.070	1.07105331	61.36683422	0.006763	0.003064	0.319412	0.030772	0.158425	0.180521
0.075	1.10982207	63.57665129	0.008043	0.003546	0.333961	0.034074	0.162602	0.192941
0.080	1.14700621	65.71978076	0.010443	0.004065	0.348507	0.037479	0.166595	0.205297
0.085	1.18337728	67.80252399	0.014025	0.004621	0.361764	0.040981	0.170340	0.217589
0.090	1.21877002	69.83041249	0.018726	0.005213	0.375103	0.044578	0.173873	0.229817
0.095	1.25338842	71.80613717	0.024574	0.005842	0.388310	0.048267	0.177247	0.241981
0.100	1.28700222	73.73079529	0.031607	0.006507	0.401157	0.052044	0.180433	0.254081
0.105	1.31997455	75.62897701	0.039863	0.007209	0.413727	0.055906	0.183460	0.266119
0.110	1.35226102	77.47884320	0.049385	0.007947	0.426042	0.059849	0.186349	0.278089
0.115	1.38391005	79.29022229	0.060204	0.008722	0.438137	0.063873	0.189105	0.289992
0.120	1.41495642	81.07160422	0.072385	0.009533	0.449954	0.067972	0.191739	0.301823
0.125	1.44540250	82.81924422	0.085980	0.010380	0.461553	0.072147	0.194253	0.313589
0.130	1.47546194	84.53716996	0.101035	0.011263	0.473014	0.076393	0.196659	0.325290
0.135	1.50494875	86.22721199	0.117603	0.012181	0.484230	0.080710	0.198950	0.336939
0.140	1.53386802	87.89103912	0.135745	0.013136	0.495268	0.085095	0.201142	0.348545
0.145	1.56225923	89.53016934	0.155520	0.014126	0.506117	0.089545	0.203246	0.360081
0.150	1.59017978	91.14599000	0.176989	0.015151	0.516790	0.094060	0.205263	0.371510
0.155	1.617661455	92.73978226	0.200211	0.016211	0.527293	0.098637	0.207191	0.382884
0.160	1.64466738	94.31271381	0.225324	0.017305	0.537623	0.103275	0.209030	0.394212

d/Do	$\theta = \arccos(1-2d/Do)$		Q/Co	AR ²⁰ /Do ⁶⁰	V/Vo	A/Ao	P/Po	R/Ro
	(Radianes)	(Grados)						
0.165	1.67317508	95.88567048	0.653563	0.018436	0.447816	0.107972	0.266294	0.405493
0.170	1.69995313	97.40025442	0.662884	0.019000	0.567845	0.112727	0.270558	0.416649
0.175	1.72642378	98.91679625	0.666725	0.020758	0.567726	0.117537	0.274769	0.427768
0.180	1.75259612	100.41626100	0.670585	0.022031	0.577464	0.122402	0.278934	0.438821
0.185	1.77846523	101.89975493	0.674745	0.023297	0.587063	0.127320	0.283056	0.449807
0.190	1.80410735	103.35773105	0.678814	0.024598	0.596526	0.132290	0.287133	0.460727
0.195	1.82947147	104.82029497	0.682810	0.025929	0.605857	0.137310	0.291169	0.471580
0.200	1.85459044	106.29020671	0.686751	0.027295	0.615060	0.142378	0.295167	0.482385
0.205	1.87947497	107.85593369	0.690657	0.028693	0.624138	0.147495	0.299128	0.493154
0.210	1.90413527	109.09891472	0.694647	0.030123	0.633094	0.152660	0.303053	0.503875
0.215	1.92858064	110.49948849	0.698160	0.031586	0.641931	0.157867	0.306943	0.514519
0.220	1.95282065	111.85840451	0.701524	0.033080	0.650652	0.163119	0.310801	0.524835
0.225	1.97686418	113.28597498	0.704829	0.034606	0.659269	0.168445	0.314628	0.534984
0.230	2.00071843	114.83272231	0.708074	0.036163	0.667786	0.173853	0.318424	0.544964
0.235	2.02439152	115.99909034	0.711199	0.037751	0.676194	0.179331	0.322192	0.554878
0.240	2.04789078	117.33540700	0.714210	0.039369	0.684502	0.184879	0.325932	0.564721
0.245	2.07122307	118.87234052	0.717115	0.041017	0.692717	0.190500	0.329645	0.574506
0.250	2.09439510	120.00000000	0.720000	0.042695	0.700840	0.196195	0.333333	0.584233
0.255	2.11741315	121.31869685	0.722866	0.044403	0.708872	0.201963	0.336997	0.593912
0.260	2.14028323	122.82919597	0.725713	0.046139	0.716815	0.207800	0.340637	0.603541
0.265	2.16301110	123.93140893	0.728542	0.047905	0.724672	0.213700	0.344254	0.613111
0.270	2.18559226	125.22578489	0.731354	0.049699	0.732448	0.219663	0.347849	0.622622
0.275	2.20803198	126.51263210	0.734149	0.051521	0.739946	0.225687	0.351424	0.632074
0.280	2.23033631	127.79229772	0.736927	0.053370	0.747269	0.231770	0.354978	0.641466
0.285	2.25250710	129.06487972	0.739688	0.055247	0.754422	0.237910	0.358514	0.650801
0.290	2.27454320	130.33022592	0.742432	0.057151	0.761408	0.244100	0.362033	0.660070
0.295	2.29644543	131.59933040	0.745159	0.059081	0.768230	0.250340	0.365539	0.669282
0.300	2.31821586	132.84364304	0.747869	0.061036	0.774891	0.256630	0.369030	0.678437
0.305	2.34032947	134.09100120	0.750562	0.063016	0.781398	0.262970	0.372497	0.687545
0.310	2.36200009	135.33203408	0.753239	0.065020	0.787756	0.269360	0.375924	0.696607
0.315	2.38357481	136.56670543	0.755899	0.067050	0.793969	0.275800	0.379315	0.705624
0.320	2.40506682	137.79507995	0.758542	0.069118	0.800042	0.282290	0.382677	0.714597
0.325	2.42648045	139.02536977	0.761169	0.071219	0.805979	0.288830	0.386012	0.723526
0.330	2.44775886	140.24825185	0.763780	0.073354	0.811783	0.295430	0.389323	0.732414
0.335	2.46890350	141.46244892	0.766375	0.075523	0.817458	0.302090	0.392611	0.741263
0.340	2.48991358	142.67495023	0.768954	0.077726	0.823008	0.308810	0.395877	0.750074
0.345	2.51079059	143.88195992	0.771517	0.079964	0.828442	0.315590	0.399121	0.758848
0.350	2.53153273	145.08149375	0.774064	0.082236	0.833756	0.322430	0.402344	0.767585
0.355	2.55214028	146.28408796	0.776595	0.084541	0.838953	0.329330	0.405546	0.776286
0.360	2.57261344	147.47950258	0.779110	0.086881	0.844036	0.336290	0.408727	0.784951
0.365	2.59295229	148.67148830	0.781609	0.089256	0.849008	0.343310	0.411888	0.793581
0.370	2.61315682	149.85987571	0.784092	0.091666	0.853872	0.350390	0.415030	0.802176
0.375	2.63322714	151.04407563	0.786559	0.094111	0.858630	0.357530	0.418153	0.810736
0.380	2.65316325	152.22891927	0.789000	0.096591	0.863286	0.364730	0.421258	0.819261
0.385	2.67296479	153.40985651	0.791425	0.099106	0.867852	0.371990	0.424337	0.827751
0.390	2.69263171	154.58193401	0.793834	0.101656	0.872330	0.379310	0.427391	0.836206
0.395	2.71216427	155.75529551	0.796217	0.104241	0.876722	0.386690	0.430421	0.844626
0.400	2.73156261	156.92600103	0.798584	0.106861	0.881030	0.394130	0.433427	0.853011
0.405	2.75082625	158.09443160	0.800935	0.109516	0.885257	0.401630	0.436409	0.861361



d/Ro	$\theta = 2 \arccos \left[\frac{1 - 2d/Ro}{2} \right]$		Q/Qo	$\Delta R^{2D}/D_o^{3D}$	V/Vo	A/Ao	P/Po	R/Ro
	(Radianes)	(Grados)						
0.410	2.73961975	159.26049039	0.382605	0.109671	0.919184	0.369030	0.442383	0.972601
0.415	2.75693332	160.42436189	0.360342	0.112313	0.918542	0.362298	0.445623	0.980206
0.420	2.82021135	161.50520756	0.340220	0.114772	0.922692	0.358577	0.448851	0.987995
0.425	2.84048511	162.74814688	0.326197	0.117245	0.925114	0.404968	0.452073	0.995579
0.430	2.86066962	163.90430751	0.314151	0.119734	0.934295	0.411165	0.455290	0.993085
0.435	2.88085429	165.06081537	0.292191	0.122237	0.939496	0.417473	0.458502	0.910515
0.440	2.90101289	166.21579484	0.400295	0.124754	0.944487	0.423789	0.461711	0.917955
0.445	2.92114955	167.36935895	0.408372	0.127283	0.949452	0.430113	0.464916	0.925144
0.450	2.94125781	168.52189265	0.416530	0.129826	0.954371	0.436444	0.468116	0.932343
0.455	2.96134876	169.67279582	0.424727	0.132381	0.959324	0.442782	0.471313	0.939464
0.460	2.98142149	170.82298853	0.432982	0.134948	0.964302	0.449125	0.474508	0.946506
0.465	3.00147697	171.97220256	0.441233	0.137528	0.969175	0.455473	0.477700	0.953471
0.470	3.02152054	173.12037446	0.449538	0.140114	0.973393	0.461826	0.480899	0.960356
0.475	3.04156994	174.26833203	0.457876	0.142713	0.977957	0.468182	0.484075	0.967163
0.480	3.061615730	175.41511446	0.466246	0.145322	0.982517	0.474542	0.487264	0.973891
0.485	3.081658285	176.56173736	0.474644	0.147940	0.987082	0.480904	0.490449	0.980538
0.490	3.101698669	177.70801600	0.483071	0.150566	0.991386	0.487268	0.493633	0.987108
0.495	3.121732232	178.85406531	0.491523	0.153200	0.995724	0.493634	0.496817	0.993563
0.500	3.141762265	180.00000000	0.500000	0.155843	1.000000	0.500000	0.500000	1.000000
0.505	3.161789299	181.14593489	0.508499	0.158492	1.004213	0.506366	0.503183	1.006326
0.510	3.181813632	182.29198400	0.517019	0.161147	1.008362	0.512732	0.506367	1.012670
0.515	3.201826166	183.43826264	0.525568	0.163809	1.012449	0.519096	0.509551	1.018732
0.520	3.221827409	184.58488555	0.534144	0.166475	1.016474	0.525468	0.512736	1.024612
0.525	3.241813437	185.73196797	0.542888	0.169147	1.020438	0.531848	0.515922	1.030381
0.530	3.261784777	186.87962654	0.551727	0.171823	1.024336	0.538174	0.519110	1.036125
0.535	3.281742224	188.02797444	0.560688	0.174502	1.028173	0.544527	0.522300	1.041836
0.540	3.301685891	189.17713147	0.569747	0.177186	1.031949	0.550875	0.525432	1.047504
0.545	3.321616654	190.32721418	0.578890	0.179870	1.035662	0.557218	0.528567	1.053067
0.550	3.341527590	191.47834065	0.588111	0.182557	1.039313	0.563596	0.531684	1.058546
0.555	3.361418875	192.63063114	0.597436	0.185246	1.042993	0.569997	0.534805	1.064030
0.560	3.38129242	193.78420516	0.606954	0.187935	1.046639	0.576321	0.537929	1.070446
0.565	3.401149361	194.93918483	0.616593	0.190624	1.049895	0.582527	0.541499	1.076770
0.570	3.420981548	196.09568049	0.626359	0.193313	1.053303	0.588835	0.544710	1.083005
0.575	3.440789229	197.25385312	0.636243	0.196001	1.056842	0.595134	0.547927	1.089154
0.580	3.460573395	198.41379244	0.646245	0.198687	1.059987	0.601423	0.551149	1.095216
0.585	3.480335199	199.57563811	0.656372	0.201371	1.063140	0.607702	0.554327	1.099189
0.590	3.500066558	200.73951961	0.666623	0.204052	1.066296	0.613970	0.557510	1.103174
0.595	3.519768585	201.90556840	0.677002	0.206729	1.069390	0.620225	0.560694	1.107170
0.600	3.539443050	203.07391807	0.687514	0.209403	1.072422	0.626470	0.563894	1.111077
0.605	3.5590914257	204.24470449	0.698161	0.212071	1.075392	0.632701	0.567348	1.115193
0.610	3.578715159	205.41806599	0.708945	0.214734	1.078200	0.638918	0.570606	1.119719
0.615	3.598314932	206.59414349	0.719865	0.217391	1.080914	0.645121	0.573872	1.124154
0.620	3.6178912035	207.77308073	0.730922	0.220041	1.083527	0.651309	0.577147	1.128497
0.625	3.637443516	208.95502437	0.742116	0.222683	1.086047	0.657481	0.580431	1.132747
0.630	3.6569723706	210.14012429	0.753450	0.225318	1.088566	0.663637	0.583723	1.136905
0.635	3.676478272	211.32853370	0.764927	0.227944	1.091085	0.669775	0.587024	1.140968
0.640	3.70910087	212.52040942	0.776542	0.230562	1.094430	0.675896	0.590334	1.144938
0.645	3.73004933	213.71591204	0.788292	0.233188	1.097687	0.681990	0.593655	1.148912
0.650	3.75097795	214.91520625	0.796408	0.235761	1.099301	0.688081	0.596987	1.152990

d/Do	$\theta = 2\arccos(1 - 2d/Do)$		Qr/Do	$AR^{3/2}/Do^{3/2}$	V/Vo	A/Ao	P/Po	Rr/Ro
	(Radanes)	(Grados)						
0.666	3.77197872	215.11845095	0.764698	0.236345	1.103643	0.694344	0.600329	1.156273
0.668	3.79306163	217.32664977	0.772947	0.240918	1.103917	0.700196	0.603683	1.156657
0.669	3.81419980	219.53795098	0.781155	0.245474	1.104129	0.706207	0.607049	1.157044
0.670	3.83542845	219.75374814	0.789319	0.249019	1.104275	0.712205	0.610427	1.157432
0.675	3.85673496	220.97453023	0.797438	0.248549	1.104388	0.718180	0.613818	1.157821
0.680	3.87812844	222.20039205	0.805504	0.251064	1.104472	0.724132	0.617223	1.158208
0.685	3.89951059	223.43123457	0.813521	0.253592	1.104533	0.730059	0.620642	1.158595
0.690	3.92118525	224.66739530	0.821484	0.256044	1.104577	0.735959	0.624076	1.159080
0.695	3.94295584	225.90999990	0.829395	0.258506	1.104604	0.741835	0.627523	1.159561
0.700	3.96482636	227.15935696	0.837258	0.260984	1.104616	0.747684	0.630990	1.160039
0.705	3.98679078	228.41566900	0.845074	0.263481	1.104615	0.753505	0.634471	1.160511
0.710	4.00885329	229.67917498	0.852846	0.265998	1.104602	0.759297	0.637970	1.160977
0.715	4.03102701	230.94912028	0.860576	0.268534	1.104578	0.765060	0.641485	1.161438
0.720	4.05331500	232.22578227	0.868265	0.271088	1.104546	0.770792	0.645022	1.161896
0.725	4.07571233	233.50936790	0.875916	0.273660	1.104507	0.776493	0.648576	1.162351
0.730	4.09822500	234.79921501	0.883530	0.276251	1.104463	0.782162	0.652151	1.162805
0.735	4.12084741	236.09559307	0.891108	0.278862	1.104415	0.787799	0.655746	1.163257
0.740	4.14358400	237.39864033	0.898651	0.281491	1.104364	0.793400	0.659363	1.163708
0.745	4.16643721	238.70859315	0.906160	0.284138	1.104310	0.798967	0.663003	1.164157
0.750	4.18940920	240.02560000	0.913636	0.286804	1.104254	0.804499	0.666667	1.164604
0.755	4.21250223	241.34989400	0.921080	0.289488	1.104196	0.809994	0.670355	1.165048
0.760	4.23571855	242.68160000	0.928492	0.292190	1.104136	0.815451	0.674068	1.165489
0.765	4.25905938	244.02099900	0.935873	0.294910	1.104074	0.820879	0.677806	1.165928
0.770	4.28252687	245.36827768	0.943224	0.297648	1.104011	0.826277	0.681569	1.166365
0.775	4.30612213	246.72372294	0.950546	0.299405	1.103947	0.831645	0.685357	1.166799
0.780	4.32984725	248.08754900	0.957840	0.301180	1.103883	0.836983	0.689170	1.167231
0.785	4.35370430	249.45990151	0.965106	0.302972	1.103819	0.842291	0.692997	1.167661
0.790	4.37769503	250.84099928	0.972344	0.304781	1.103755	0.847569	0.696847	1.168089
0.795	4.40182104	252.23094640	0.979554	0.306607	1.103691	0.852817	0.700720	1.168515
0.800	4.42608387	253.62984800	0.986736	0.308450	1.103627	0.858035	0.704613	1.168939
0.805	4.45048494	255.03780900	0.993891	0.310310	1.103563	0.863223	0.708526	1.169361
0.810	4.47502566	256.45494400	0.999999	0.312188	1.103500	0.868381	0.712459	1.169781
0.815	4.50000000	257.88126800	0.999999	0.314084	1.103437	0.873509	0.716411	1.170200
0.820	4.52551430	259.31689600	0.999999	0.316000	1.103375	0.878607	0.720381	1.170619
0.825	4.55166400	260.76194400	0.999999	0.317936	1.103313	0.883675	0.724369	1.171037
0.830	4.57844400	262.21652800	0.999999	0.319891	1.103252	0.888713	0.728375	1.171454
0.835	4.60585000	263.68076400	0.999999	0.321864	1.103192	0.893721	0.732399	1.171869
0.840	4.63388700	265.15476800	0.999999	0.323856	1.103133	0.898709	0.736441	1.172283
0.845	4.66255900	266.63864800	0.999999	0.325867	1.103075	0.903677	0.740501	1.172696
0.850	4.69187000	268.13251200	0.999999	0.327897	1.103018	0.908625	0.744579	1.173108
0.855	4.72182500	269.63648000	0.999999	0.329946	1.102962	0.913553	0.748675	1.173519
0.860	4.75242900	271.15066400	0.999999	0.332014	1.102907	0.918461	0.752789	1.173929
0.865	4.78368700	272.67517600	0.999999	0.334101	1.102853	0.923349	0.756921	1.174338
0.870	4.81560400	274.21022400	0.999999	0.336207	1.102800	0.928217	0.761071	1.174746
0.875	4.84818500	275.75592800	0.999999	0.338332	1.102748	0.933065	0.765239	1.175153
0.880	4.88143500	277.31229600	0.999999	0.340476	1.102697	0.937893	0.769425	1.175559
0.885	4.91535000	278.87944000	0.999999	0.342639	1.102647	0.942701	0.773629	1.175964
0.890	4.95000000	280.45748000	0.999999	0.344821	1.102598	0.947489	0.777851	1.176368

d/Do	$\theta = 2\text{arccos}[1 - 2d/Do]$		Q/Qo	AR^{20}/Do^{40}	V/Vo	A/Ao	P/Po	R/Ro	
	(Radones)	(Grados)							
0.195	4.95321065	284.37102259	1.063254	0.331400	1.126216	0.944054	0.789920	1.195178	
0.310	4.82618309	285.26020471	1.066787	0.332193	1.124011	0.947956	0.792157	1.192147	
0.445	5.02909688	288.19186283	1.069084	0.332908	1.122252	0.951733	0.800533	1.188874	
0.610	5.08441489	290.16958751	1.070983	0.333535	1.120632	0.955422	0.808027	1.185347	
0.815	5.09930802	292.19747801	1.071828	0.334076	1.119141	0.959019	0.811660	1.181583	
0.920	5.13615910	294.28023624	1.073278	0.334525	1.117800	0.962527	0.811448	1.177476	
0.925	5.17356324	296.42333877	1.074482	0.334875	1.112302	0.965826	0.823366	1.173087	
0.930	5.21212000	298.63316578	1.075492	0.335121	1.108309	0.969228	0.829537	1.168397	
0.935	5.25195729	300.91727990	1.076227	0.335257	1.105131	0.972422	0.835891	1.163349	
0.9382	5.27826314	302.42220131	1.076706	0.335281	1.103959	0.974408	0.840062	1.159924	Qp/Qo max
0.940	5.29331705	303.28472685	1.076879	0.335273	1.102991	0.975504	0.842458	1.157926	
0.945	5.32628289	305.74649377	1.076321	0.335161	1.098895	0.978488	0.840256	1.152093	
0.950	5.38113168	308.31613447	1.074615	0.334910	1.094383	0.981307	0.835434	1.145826	
0.955	5.42816078	311.01070306	1.073217	0.334506	1.090451	0.984015	0.830919	1.139013	
0.960	5.47775362	313.85216367	1.071374	0.333931	1.086944	0.986583	0.827182	1.131647	
0.965	5.53041834	316.86962597	1.068914	0.333164	1.084801	0.989001	0.823193	1.123618	
0.970	5.58685328	320.10511282	1.065748	0.332177	1.078143	0.991269	0.820175	1.114807	
0.975	5.64680448	323.61025532	1.061736	0.330927	1.068868	0.993340	0.818917	1.105040	
0.980	5.71058709	327.40959058	1.056894	0.329356	1.056762	0.995227	0.819056	1.094058	
0.985	5.78205427	331.66026450	1.050382	0.327363	1.041873	0.996826	0.821534	1.081426	
0.990	5.86251562	337.04331809	1.041962	0.324764	1.043728	0.998207	0.823231	1.065304	
0.995	6.00010638	343.79077109	1.030181	0.321082	1.038798	0.999401	0.824847	1.048551	
1.000	6.28318531	360.00000000	1.000000	0.311585	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	

FÓRMULAS:

$$\theta = 2\text{arccos}[1 - 2d/Do]$$

$$Q/Qo = [4^{20}(AR^{20})/(\pi(Do^{40}))] = (AR^{20})/(0.311585(Do^{40}))$$

$$(AR^{20})/(Do^{40}) = 0.311585(Q/Qo)$$

$$V/Vo = (R/Ro)^{20} = [1 - (\text{SENO}\theta/\theta)]^{20}$$

$$A/Ao = (\theta - \text{SENO}\theta)/(2\pi)$$

$$R/Ro = 1 - (\text{SENO}\theta/\theta)$$

$$P/Po = \theta/(2\pi)$$

$$Ao = \pi Do^2/4$$

$$Po = \pi Do$$

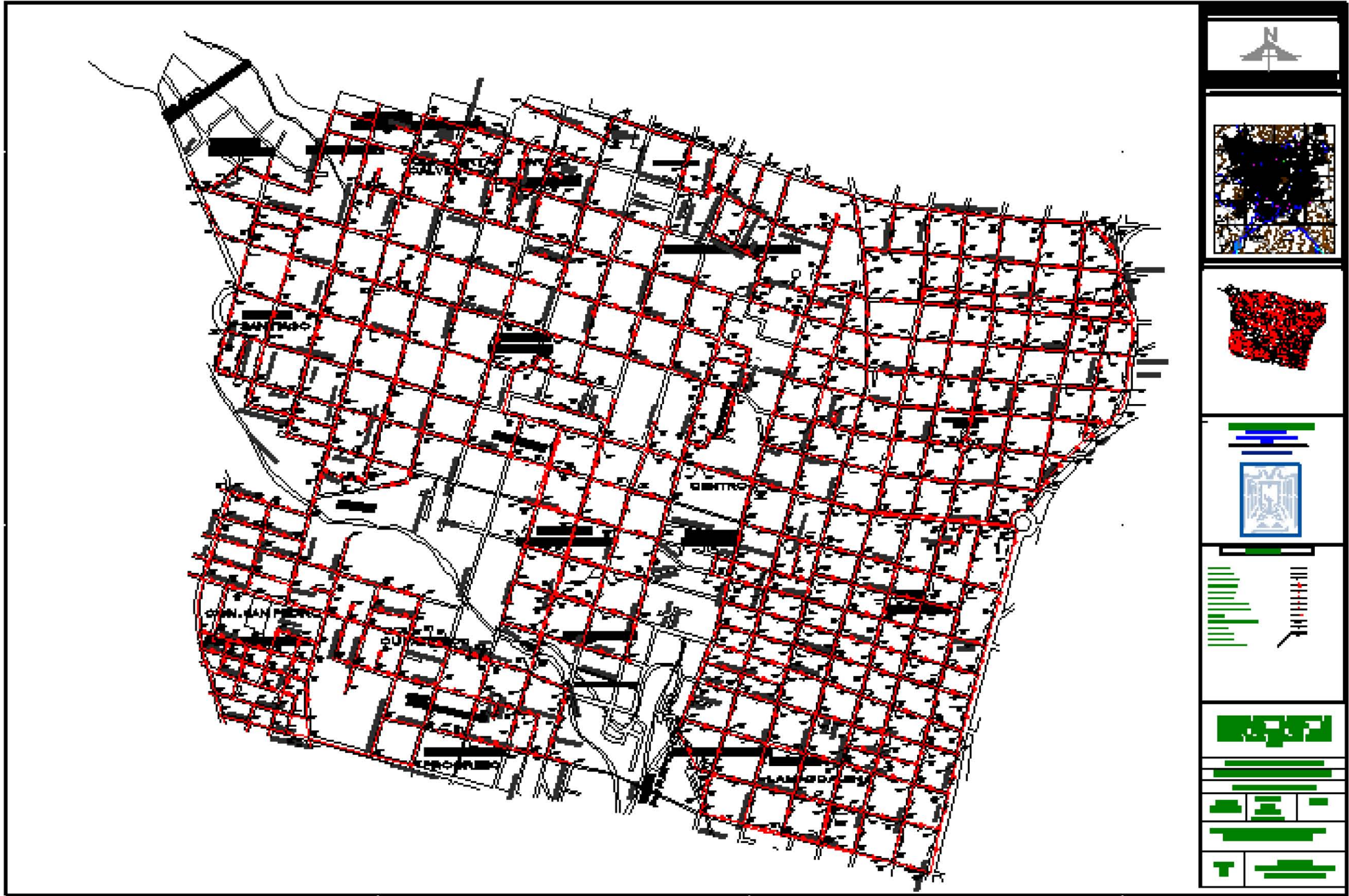
$$Ro = (Ao/Po) = (Do/4)$$

$$Ro^{20} = (Ao/Po)^{20} = (Do/4)^{20}$$

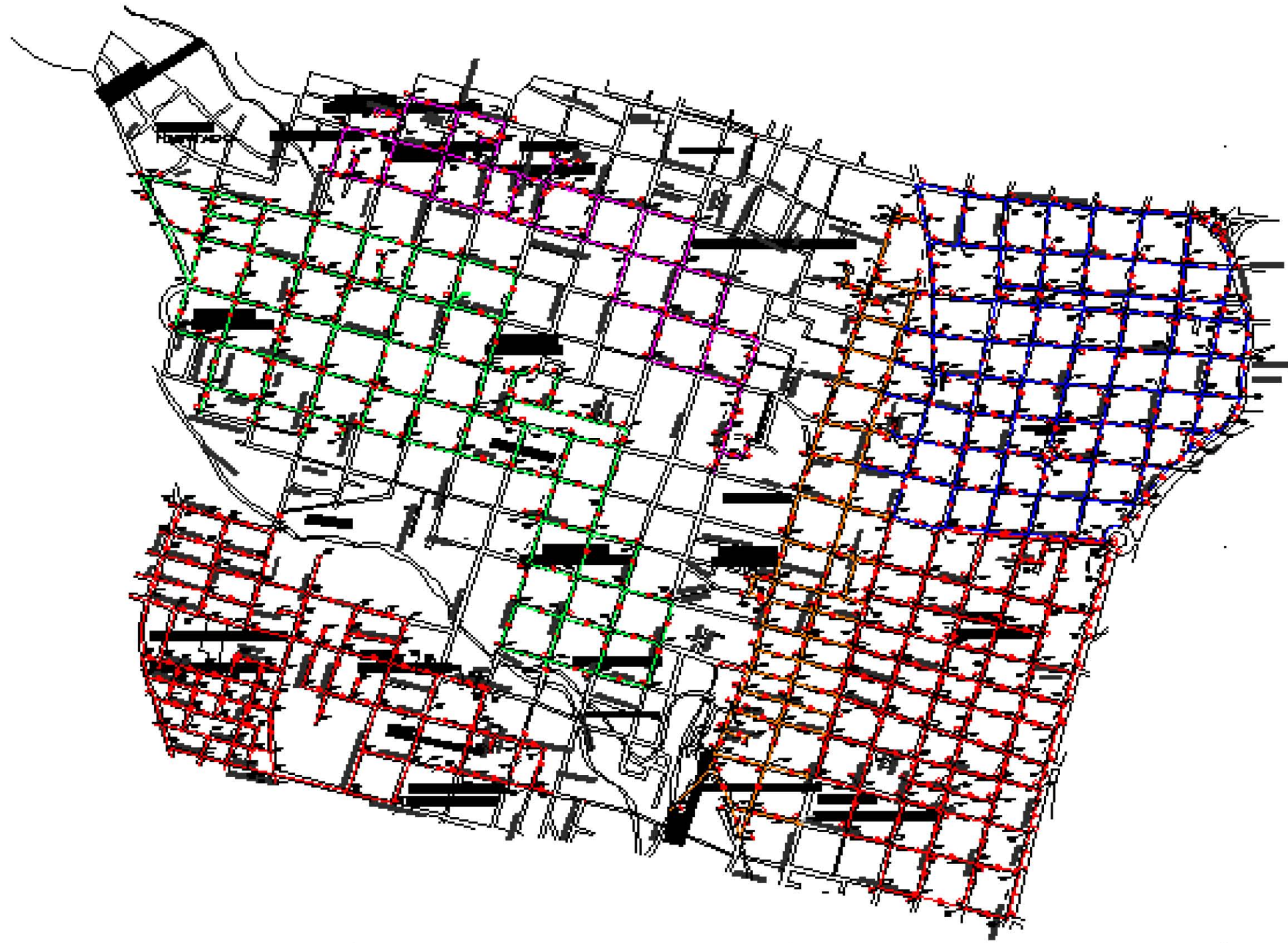
$$Vo = [(Ro^{20})(S^{10})/\pi] = [(Do/4)^{20}(S^{10})/\pi]$$

$$Qo = AoVo$$

P1



P2



A vertical sidebar containing several elements:

- North Arrow:** A simple arrow pointing upwards with the letter 'N' above it.
- Thumbnail Image:** A small square image showing a dense grid of points in various colors (red, green, blue, purple) overlaid on a dark background.
- Thumbnail Image:** A small square image showing a grid of points in red and black.
- Legend:** A section with colored horizontal bars (green, blue, purple, red) and a list of text labels, likely describing the different grid types or materials.
- Scale Bar:** A horizontal line with tick marks, used for indicating the scale of the drawing.
- Logo:** A square logo featuring a stylized eagle or bird with spread wings, set against a blue background.
- Text Labels:** Several lines of text, some in green, providing additional information or specifications.

