

01121
98



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO PARA LA POBLACION DE SAN DIEGO
HUEHUECALCO EN EL ESTADO DE MEXICO".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A N :

RAUL MORENO POSADAS

ISRAEL NAVARRETE TURCIO

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. JOSE HECTOR MONTOYA MACIEL



MEXICO, D. F.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: NAVARRETE TURCIO
ISRAEL

2003

FECHA: 18 DE MARZO DEL 2003

FIRMA: [Firma]

A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/008/03

Señores
RAÚL MORENO POSADAS
ISRAEL NAVARRETE TURCIO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. JOSE HECTOR MONTOYA MACIEL, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA LA POBLACIÓN DE SAN DIEGO HUEHUECALCO EN EL ESTADO DE MÉXICO"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. GENERALIDADES
- III. ESTUDIOS
- IV. PROYECTOS
- V. PRESUPUESTOS
- VI. LEGISLACIÓN APLICABLE
- CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 29 Enero 2003.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México nuestra máxima casa de estudios y a nuestra querida Facultad de Ingeniería, por brindarnos el privilegio de ser parte de sus integrantes y de su historia, por permitirnos realizar uno de los más grandes logros de nuestras vidas.

A los Profesores que tuvimos a lo largo de nuestra formación profesional; por transmitirnos los conocimientos necesarios para ejercer en el campo de la Ingeniería Civil con honradez, responsabilidad y buscando siempre el progreso de nuestro país.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor y amigo, el Maestro en Ingeniería José Héctor Montoya Maciael por el gran apoyo y valioso tiempo brindado para la realización de este trabajo.

A la Licenciada Elvia Moreno Posadas, por su invaluable ayuda, sin la cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Agradecimientos.

Raúl Moreno Posadas.

A dios por haberme dado la vida y la oportunidad de estar aquí..

A mis padres Raúl Moreno Navarrete y Jovita Posadas Mejía, por haberme guiado sabiamente hasta la culminación de esta meta y por dejarme saber que siempre cuento con ustedes.

A mis hermanos Rocío, Rosalía, Gloria, Elvia, Alejandra e Israel por el cariño, apoyo y sobre todo por el ejemplo a seguir para la culminación de mi profesión..

A mis abuelos maternos por sus consejos y cariños.

A mi amigo y compañero de tesis Israel Navarrete Turcio, por el esfuerzo realizado a lo largo de este trabajo.

Agradecimientos.

A mis padres, Juan Ricardo y Marisela, por su ejemplo y apoyo, con el cual he tenido la fortuna de crecer.

A mis hermanos, por su cariño y buen humor, de los que espero sea un buen ejemplo.

A mi familia, la cual quiero entrañablemente.

A mis amigos, que son parte fundamental en mi vida, por todas las vivencias que hemos compartido juntos a través de todos estos años.

A la familia Moreno Posadas, por su apoyo, sin el cual este trabajo no hubiera sido posible.

Israel Navarrete Turcio.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. GENERALIDADES.....	2
1.1. Localización geográfica.....	2
1.2. Aspecto general de la población.....	2
1.3. Constitución y autoridades civiles.....	3
1.4. Topografía.....	3
1.5. Hidrografía.....	3
1.6. Geología e Hidrología.....	4
1.7. Vías de comunicación.....	4
1.8. Fuentes de riqueza.....	5
1.9. Climatología.....	5
1.10. Servicios públicos actuales.....	5
1.11. Condiciones sanitarias.....	7
1.12. Fuentes de abastecimiento.....	7
1.13. Censos de población actual.....	8
1.14. Materiales existentes.....	9
1.15. Precios de mano de obra.....	9
2. ESTUDIOS.....	10
2.1. Generales.....	10
2.1.1. <i>Topografía de la población.....</i>	<i>10</i>
2.1.2. <i>Periodo económico.....</i>	<i>10</i>
2.1.3. <i>Población proyecto.....</i>	<i>11</i>
2.1.4. <i>Consideraciones de proyecto.....</i>	<i>19</i>
2.2. Agua potable.....	20
2.2.1. <i>Dotación, variación de consumos, demanda horaria y gastos.....</i>	<i>20</i>
2.2.2. <i>Análisis y elección de la fuente de abastecimiento.....</i>	<i>25</i>
2.2.3. <i>Tanque de regularización.....</i>	<i>31</i>
2.3. Alcantarillado.....	32
2.3.1. <i>Aguas negras domésticas e industriales, aguas de lluvia y de infiltración.....</i>	<i>32</i>
2.3.2. <i>Eliminación y disposición de las aguas negras y de lluvia.....</i>	<i>33</i>

2.3.3.	<i>Sistema elegido</i>	34
2.3.4.	<i>Aportaciones y gastos</i>	35
2.3.5.	<i>Selección del sitio para el efluente</i>	39
2.4.	<i>Tratamiento de las aguas residuales</i>	39
2.4.1.	<i>Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales</i>	39
2.4.2.	<i>Selección del sitio para la planta de tratamiento</i>	42
3.	PROYECTOS	43
3.1.	<i>Agua potable</i>	43
3.1.1.	<i>Línea de conducción y capacidad del tanque de regularización</i>	44
3.1.2.	<i>Cálculo de la red de distribución</i>	50
3.2.	<i>Alcantarillado</i>	53
3.2.1.	<i>Cálculo de las redes</i>	53
	3.2.1.1. <i>Red de alcantarillado sanitario</i>	53
	3.2.1.2. <i>Red de alcantarillado pluvial</i>	55
3.3.	<i>Tratamiento de las aguas residuales</i>	59
3.3.1.	<i>Etapas recomendada para este proyecto</i>	59
4.	PRESUPUESTOS	63
4.1.	<i>Agua potable</i>	63
4.2.	<i>Alcantarillado</i>	64
5.	LEGISLACIÓN APLICABLE	65
5.1.	<i>Legislación aplicable al proyecto de agua potable</i>	65
5.2.	<i>Legislación aplicable a los proyectos de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales</i>	71
6.	CONCLUSIONES	80

INTRODUCCIÓN

El saneamiento de una población es de gran importancia, ya que al proporcionar agua potable y eliminar los desechos orgánicos, se suprimen factores que lesionan las condiciones propicias para el desarrollo normal de la vida. Una localidad dotada de servicios de agua potable y alcantarillado proporciona a sus habitantes además de un medio de vida más higiénico, mayores facilidades para la instalación de industrias que se traducirían en el progreso de la localidad.

Estos servicios deben planearse integralmente, considerar estudios urbanísticos, hidráulicos, de impacto ambiental, químicos y biológicos, para que el saneamiento se realice completamente y cumpla con su cometido de una manera adecuada y suficiente.

El gobierno federal ha demostrado un interés especial en la tarea de solucionar este tipo de problemas de enorme trascendencia social, puesto que el desarrollo de muchas poblaciones está detenido por la carencia o deficiencia de servicios públicos.

Actualmente los servicios públicos de agua potable y alcantarillado han alcanzado a la mayoría de las poblaciones del país, esto a través de los últimos 50 años, por lo que en muchos casos la demanda de los servicios ha superado por mucho la capacidad del mismo, implicando esto que en la actualidad la gran mayoría de estos servicios ha superado el periodo de diseño para lo que se ha proyectado, generándose nuevas necesidades de los sistemas actuales. El proyecto refleja esta necesidad de mejorar los sistemas para un desarrollo de la población.

Por lo que el objetivo de esta tesis es desarrollar los proyectos de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la población de San Diego Huehuecalco, en el Estado de México, con el fin no sólo de proveer el cálculo hidráulico de estos servicios, sino también como referencia para la realización de este tipo de proyectos.

El carácter ilustrativo que puede tener el presente trabajo, es de significativa importancia para la población, ya que de éste pueden obtenerse datos que lleven a la mejora e incorporación de los nuevos servicios, destacando la propuesta de la instalación de una pequeña planta de tratamiento adecuada a sus necesidades.

1. GENERALIDADES.

La información que se presenta a continuación es necesaria, ya que de aquí se desprenderán datos de suma importancia que servirán como base para el proyecto. Parte de la información proporcionada será útil para el cálculo y diseño de las redes del servicio, el resto son algunas consideraciones que se deberán tomar en cuenta en la realización de dicho proyecto.

1.1. Localización geográfica.

La población de San Diego Huehuecalco está situada a los 19° 05' de latitud norte y a los 98° 46' de longitud oeste de Greenwich y su elevación sobre el nivel medio del mar es de 2500 metros.

Ubicada en el Municipio de Amecameca al oeste del Estado de México, a una distancia de 3.2 Km de Amecameca de Juárez. Colinda al norte con el Municipio Amecameca de Juárez, al sur con el Municipio de Ozumba de Alzate, al oriente con la localidad de Zoyatzingo y al poniente con la de San Pedro Nexapa.

1.2. Aspecto general de la población.

Aunque no existe registro exacto de la fundación de esta población, se estima que data de fines del siglo XVII, pues se cuenta con documentos de tenencia de la tierra que avalan este dato.

La actividad primordial de sus habitantes es el cultivo de maíz, frijol, calabaza y avena. Además es de notarse que cuentan con pequeños huertos de árboles frutales, tales como tejocotes, ciruelos, peras, manzanos y duraznos. La gran parte de las cosechas se vende principalmente en Amecameca de Juárez y el resto es destinado al consumo de los habitantes de San Diego Huehuecalco.

El clima característico en esta población es semifrío, semihúmedo y con lluvias en verano, el cual es favorable para este tipo de cultivos.

San Diego Huehuecalco se encuentra dentro del área de alto riesgo en caso de erupción del volcán Popocatepetl. Por ello la explanada de la Iglesia es el punto de reunión de los pobladores y en todas las calles hay letreros de las rutas de evacuación en caso de contingencia.

También se observa en sus habitantes un fuerte arraigo a todas las tradiciones de la región.

En cuanto al turismo, se puede decir que es casi nulo. Los turistas únicamente llegan a la cabecera municipal, Amecameca.

Algunas calles están pavimentadas con concreto hidráulico, y el resto, que no lo están, no cuentan con ningún servicio público, esto se debe al crecimiento de la población en los últimos años.

1.3. Constitución y autoridades civiles.

San Diego Huehuecalco es representado por la autoridad máxima, el Delegado, que cuenta con tres suplentes para desempeñar su cargo. Él se encarga de gestionar entre la población y el municipio todo lo relacionado a los problemas y necesidades de los habitantes. Además cuenta con un comisario ejidal, encargado de la problemática de la tenencia de la tierra, ya que por disposición oficial los ejidos están restringidos al cultivo, quedando prohibida la urbanización.

Es necesario señalar que el 60% del área total de esta localidad es zona ejidal y los propietarios ya cuentan con Escrituras de Tenencia de la Tierra proporcionadas por el gobierno, por lo que es importante la función del comisario ejidal.

1.4. Topografía.

El área urbanizada de esta población se encuentra asentada en una zona sensiblemente plana, no así el resto de la localidad, pues al encontrarse a poca distancia del Parque Nacional Izta-Popo cuenta con desniveles de consideración, es decir, el área ejidal es el lugar con mayor número de accidentes topográficos.

Se aprecian pequeños cauces pluviales que en época de lluvia sirven como drenaje natural de los escurrimientos propiciados por la pendiente de la zona, mismos que en época de estiaje están secos.

1.5. Hidrografía.

En esta región no existen ríos ni arroyos de consideración. Los cauces de esta zona son consecuencia de los temporales o bien de los escurrimientos naturales del deshielo de los glaciares de la parte alta del volcán Popocatepetl, por lo que se presentan sólo en determinadas temporadas del año.

1.6. Geología e Hidrología.

El terreno en que está asentado San Diego Huehuecalco está constituido por rocas de la era cenozoica del periodo cuaternario. En gran parte el suelo es de tipo aluvial, de la cual llega a tener una profundidad de 6 a 8 metros en casi todo el lugar, siendo mínima la presencia de otro tipo de material en esta región. Sobre este suelo descansa material orgánico de escasa profundidad que ayuda como abono natural para el terreno. Debido a la cercanía al volcán Popocatepetl las rocas que se encuentran a una mayor profundidad son de tipo ígneas extrusivas; algunas de ellas son de tipo: basálticas, toba básica-brecha volcánica y toba básica. Actualmente en el lugar existe una noria fuera de servicio que sirve para corroborar los datos antes mencionados.

En cuanto a hidrología, San Diego Huehuecalco se encuentra localizado en los límites de la cuenca hidrológica del Balsas. La precipitación en esta zona es medida en la Estación Climatológica de Amecameca, cuyos registros indican que la precipitación promedio anual es de 959.8 mm. Con una precipitación media anual para el año mas seco de 415.0 mm y para el año más lluvioso de 1786.50 mm, siendo los meses comprendidos entre mayo y septiembre los de mayor aportación.

1.7. Vías de comunicación.

La principal vía de comunicación terrestre de San Diego Huehuecalco es la carretera federal Amecameca-San Diego Huehuecalco que cuenta con dos carriles y que termina en la calle principal de la población. Esta carretera inicia en la intersección de la carretera federal México-Cuautla. Cuenta con algunos caminos vecinales de terracería que la interconectan con San Pedro Nexapa, Zoyatzingo, San Juan Tehuixtitlán, Ozumba y Amecameca.

El transporte público por estas carreteras es prestado por dos líneas de autotransporte público: La ruta que siguen es de Amecameca-San Diego Huehuecalco y viceversa. Es importante mencionar que el servicio de una de las líneas es por medio de vehículos de tipo Combi, y en el otro caso es por medio de camiones de tercera clase. En ninguno de los dos casos se trata de transporte foráneo, ya que la población no cuenta con terminal. La terminal más cercana se encuentra ubicada en Amecameca de Juárez.

La estación de ferrocarril más cercana está ubicada en Amecameca siendo su ruta México-Cuautla. Como es sabido, desde hace algunos años esta ruta paso a ser exclusivamente para transporte de carga, deshabilitándose el servicio al transporte de pasajeros.

El servicio telefónico de la comunidad es proporcionado por la Compañía Teléfonos de México, con una cobertura del 40% de la población. No hay teléfonos públicos, es

decir, todo el servicio telefónico es de uso particular. Por otra parte, aunque el lugar no tiene oficina de telégrafos ni de correos, si cuenta con el servicio. La oficina mas cercana está en Amecameca. San Diego Huehuecalco cuenta con servicio de comunicación vía satélite para el uso de la Telésecundaria que se encuentra en el lugar.

1.8. Fuentes de riqueza.

La base principal de la economía de esta población es la agricultura, predominando el cultivo de maíz, frijol, avena, calabaza, y en menor grado la manzana, pera, tejocote y ciruela.

La ganadería es casi nula. Se crían cabezas de ganado porcino, bovino, vacuno y caballo, principalmente para consumo y uso de la población, y en segundo plano para su comercialización.

Por otra parte hay que resaltar que la mayoría de los hombres jóvenes y de oficio campesino, tienen un contrato en algunas ciudades de los Estados Unidos y de Canadá para cultivar las tierras de esos países en determinadas temporadas del año. Con el salario obtenido allá, ayudan a la economía de la población.

1.9. Climatología.

La estación climatológica de esta región, se ubica en las cercanías de Amecameca, está a una altitud de 2470 metros sobre el nivel medio del mar y es la que proporciona los siguientes datos: La temperatura media anual es de 13.9° Celsius, con una temperatura mínima registrada de 8.80° Celsius y una máxima de 18.40° Celsius. La temporada de lluvias se presenta en verano, comprendiendo los meses de mayo a septiembre, con una precipitación anual promedio de 959.80 mm por año.

Como en todas las demás localidades de esta región, el clima predominante es semifrío, semihúmedo y con lluvias en verano. Al año, hay aproximadamente 30 días de heladas intensas en invierno.

1.10. Servicios públicos actuales.

En esta localidad funciona un servicio de abastecimiento de agua potable, que dadas las necesidades actuales es deficiente para la población. El servicio fue instalado en el año de 1950 y está integrado por un tanque regularizador, cuya capacidad es de 48 m³ aproximadamente y cuenta con un tubo de acero de 6 pulgadas de diámetro

de salida. El tanque de regularización es de mampostería en su mayor parte, la cimentación y la losa son concreto reforzado, y a su vez estas están reforzadas con una cadena de cerramiento de concreto. El tanque regularizador tiene 4 m de largo, 4 m de ancho y 3 m de profundidad, todas estas dimensiones son medidas que corresponden al interior del tanque. Es importante indicar que el ancho de los muros es de 1 m aproximadamente. En general el tanque está en excelentes condiciones de uso y operación, no obstante, según informes fidedignos, rara vez se hace limpieza de las cámaras del tanque.

Las ampliaciones de la red de distribución realizadas posteriormente, han corrido por cuenta de los usuarios, ya que el municipio se niega a solventar este gasto, limitándose a sólo proporcionar el servicio de agua potable.

Aunque en algunas tomas domiciliarias se han instalado medidores de consumo, no se cobra el consumo de agua registrado en ellos, sino una tarifa fija por medidor establecida por las autoridades.

Las tomas de agua alcanzan la suma de trescientos ochenta y siete. Si se mejora el servicio y se regularizan todas las tomas, probablemente llegarían a sumar más de quinientas.

Sólo las calles principales de esta población cuentan con servicio de alcantarillado, el cual fue instalado en 1985. Por ser de reciente instalación, se puede decir que funciona de manera adecuada en las calles en las que se encuentra instalado. Sin embargo, si hablamos de todas las calles de la población, considerando que no todas cuentan con el servicio, entonces es probable que no sea eficiente el servicio.

El 70% de las calles de esta población están pavimentadas con concreto hidráulico, el 5% con pavimento flexible y el resto está sin pavimentar. Cabe destacar que en algunas calles no se cuenta con ningún tipo de servicio público, debido al reciente crecimiento de la población.

Por otra parte San Diego Huehuecalco cuenta con un buen servicio de energía eléctrica, el cual es proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad. Fue instalado en el año de 1967 y actualmente presta servicio a la totalidad de la población, tanto en los domicilios como en el alumbrado público.

Otro servicio prestado a la población es la educación, representado por un Jardín de Niños, una Escuela Primaria y una Telesecundaria. No se cuenta con mercado y el servicio lo dan comercios de tipo miscelánea, que en su totalidad suman la cantidad de nueve; así como un tianguis que se instala una vez por semana en la explanada de la Iglesia. Otros de los servicios que se prestan con regularidad son la recolección de basura, y el suministro de cilindros de gas butano como combustible, no obstante en la actualidad aún se utiliza la leña como fuente de energía.

1.11. Condiciones sanitarias.

El servicio actual de alcantarillado descarga en la zona baja de la población, en un pozo de absorción de 14 m de largo, 12 m de ancho y 5 m de profundidad, el cual es insuficiente para las descargas de aguas negras de la población, siendo un verdadero foco de infección, ya que constantemente se derrama en los cultivos próximos al pozo. Aunado a ello, el crecimiento de la población en los últimos años, ha acercado de forma peligrosa a la mancha urbana hacia el pozo de absorción, aumentando con ello el riesgo de todo tipo de enfermedades por la insalubridad del lugar. El aumento de las aportaciones de las descargas domiciliarias ha reducido la vida útil del pozo de absorción.

Aunque la crianza de animales es en pequeñas cantidades, no deja de representar condiciones insalubres para los habitantes, debido a que los corrales se encuentran en el interior y cercanías de los domicilios.

Es importante señalar que no cuentan con control sanitario sobre animales callejeros, entre ellos perros y gatos, mismos que abundan excesivamente en el lugar.

El único servicio médico público es proporcionado por el Gobierno Federal. Consiste en un dispensario médico que da servicio una vez por semana. Además la población en general cuenta con el servicio de un consultorio médico privado, localizado en la entrada de la población.

Es de relevancia hacer mención que actualmente no existen farmacias, boticas o cualquier otro establecimiento en el cual se pueda adquirir medicamentos básicos en caso de alguna emergencia.

1.12. Fuentes de abastecimiento.

El abastecimiento de agua potable de la región es obtenido por dos fuentes. La primer obra de captación, es la que se instaló en la Barranca las Palomas cercana al volcán Popocatepetl y que capta el agua de los escurrimientos provenientes del volcán. El agua proporcionada por esta obra en parte del año es utilizada por otras poblaciones que se encuentran ubicadas en niveles topográficos mayores que San Diego Huehuecalco, obligándose ésta población a utilizar la segunda fuente de abastecimiento.

Esta segunda fuente de abastecimiento, corresponde a pozos que extraen agua del subsuelo, ubicados en la localidad de Tenango del Aire. El agua proveniente de los pozos es bombeada a las cercanías de la localidad de Zoyatzingo, nombrada planta de rebombeo #1. En seguida es enviada a la planta de rebombeo #2, ubicada en la parte baja de la población de San Diego Huehuecalco. Posteriormente es rebombeada a la planta #3 ubicada en la parte alta de San Pedro Nexapa. En este

punto el agua es conducida por gravedad hacia un tanque regularizador ubicado en la parte alta de San Diego Huehuecalco, el cual abastece de agua potable a la población.

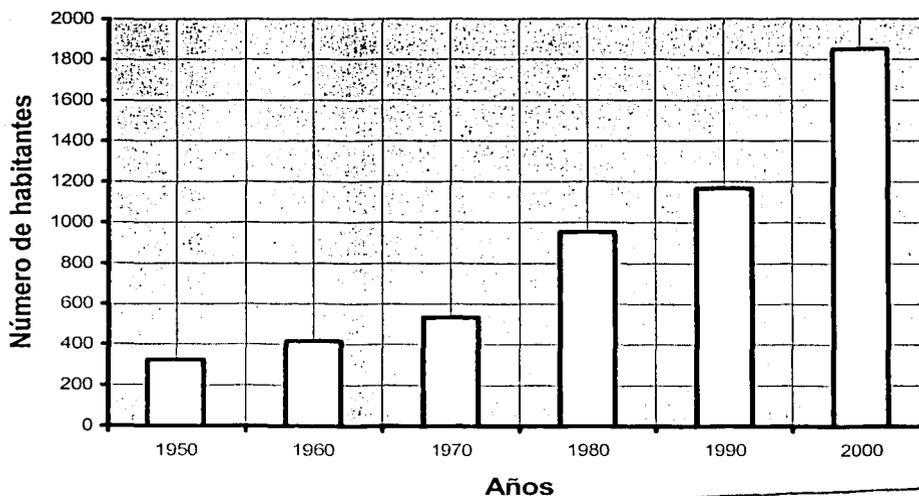
1.13. Censos de población actual.

Las cifras que se presentan en la tabla 1.1, fueron proporcionadas por el Instituto Nacional Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Años	Número de habitantes
1950	325
1960	415
1970	532
1980	954
1990	1167
2000	1850

Tabla 1.1

Representación gráfica de los censos de población de San Diego Huehuecalco.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.14. Materiales existentes.

En esta población no se cuenta con distribuidores de materiales para la construcción. La única forma de adquirirlos es con los distribuidores ubicados en Amecameca.

A continuación en la tabla 1.2 se enlistan los precios de los materiales más comunes para la construcción de este tipo de obra.

Material	Precios (MN)
Cemento Pórtland	\$1500 / ton
Cal en obra	\$1050 / ton
Arena en obra	\$125 / m3
Grava en obra	\$125 / m3
Tabique rojo recocido de 7x14x28	\$1250 / millar
Acero de refuerzo	\$4500 / ton
Piedra	\$1100 / camión
Clavos	\$9 / kg

Tabla 1.2

1.15. Precios de mano de obra.

En la actualidad es posible contratar personal en la región por los salarios presentados en la tabla 1.3.

Trabajador	Salario por día (\$)
Oficial albañil	200
Ayudante de albañil	120
Herrero	150
Ayudante de herrero	120
Plomero	180
Ayudante de plomero	110

Tabla 1.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. ESTUDIOS.

En este capítulo se hace mención de las características más generales para el correcto cálculo y diseño de este tipo de proyectos. Los parámetros obtenidos en este capítulo serán fundamentales para el proyecto en general, y en particular servirán para el cálculo hidráulico de la línea de conducción, red de distribución y alcantarillado.

2.1. Generales.

En los siguientes puntos se hará mención del periodo económico y su importancia en el desarrollo de esta tesis, así como también de la población proyectada que definirán varios parámetros importantes en la realización del proyecto y se harán ciertas consideraciones basadas en la infraestructura existente en la actualidad en la población.

2.1.1. Topografía de la población.

Cuando se realizan este tipo de proyectos se debe ejecutar un levantamiento topográfico del lugar, debido a que es de suma importancia conocer las longitudes de las calles así como las cotas del terreno, para ejecutar el cálculo hidráulico de las redes.

Debido a que la población donde se llevará a cabo el proyecto se encuentra en una zona sensiblemente plana y sin accidentes topográficos, las longitudes de las calles y las cotas de los cruces de las mismas se calcularon en base a una carta topográfica, proporcionada por el INEGI.

2.1.2. Periodo económico.

La realización de este tipo de obras implica grandes erogaciones. La reposición o reparación de alguna de sus partes, es también costosa y además representa molestias y obstáculos para las actividades generales de una población. Es conveniente pues, que la red trabaje eficientemente y sin ninguna interrupción durante un periodo de servicio, el cual es comprendido como periodo económico.

El periodo económico varía con la intervención de varios factores y para determinarlos se necesita precisar el grado de influencia de cada uno de ellos. Estos factores son entre otros: estudio detallado del aumento de la población, duración de los materiales sujetos a las condiciones de desgaste propias del lugar; condiciones

bajo las cuales va a efectuarse el funcionamiento y mantenimiento del mismo, etcétera.

Estas obras son realizadas en última instancia por sus usuarios. Por lo tanto la población actual no debe pagar una obra que generaciones posteriores disfrutarán sin haber contribuido financieramente para llevarla a cabo. Por eso al proyectar las redes con la suficiente capacidad para las necesidades futuras, hay que tener cuidado de no sobredimensionarlas. Por esta razón principalmente se establece un período económico que varía entre 25 y 30 años en promedio.

Para fines de este proyecto determinamos un período económico de 30 años, por lo que se proyectará para el número de habitantes que se registrarán en esta población en el año 2030.

Durante el período económico se deberá contar con un servicio tal que los beneficios que reporte cubran el capital invertido y sus réditos.

2.1.3. Población proyecto.

El diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable se basa en una estimación de la población futura a la que se abastecerá, denominada *población proyecto*; éste número de habitantes corresponde al que se tendrá al último día del período de diseño que se fijó.

Contamos con el auxilio de diferentes métodos para conocer de manera aproximada el número de habitantes que tendrá una población en una determinada fecha futura. Desde el momento que se trata de una predicción, no es posible esperar exactitud en los resultados, ya que no siempre se registra el crecimiento de una población es acorde con el ritmo de crecimiento de los años anteriores.

Además, las predicciones obtenidas con cada uno de los distintos métodos, varían notablemente entre sí para un mismo caso, lo cual es también causa de indeterminación en las demandas de una población a la que se trata de dar este tipo de servicios.

Los distintos resultados de las predicciones, unidos a las observaciones hechas por el proyectista con respecto a las perspectivas de desarrollo y crecimiento futuros de la población, norman el criterio para fijar el número de habitantes a los cuales les dará servicio la red proyectada.

Por lo dicho anteriormente, es de suma importancia que se estudien con todo el detenimiento requerido las perspectivas futuras de la población con sus fenómenos locales, pensando en el espíritu de empresa de los moradores, posibilidades industriales, riqueza natural, comunicaciones, entre otras.

Los métodos más utilizados para predecir la población futura son:

- *El aritmético.*
- *El geométrico.*
- *El de interés compuesto.*
- *El de incrementos diferenciales.*
- *El de la parábola cúbica.*
- *El de extensión de la curva a ojo.*
- *El de mínimos cuadrados.*

Hay que recordar que el período de diseño de este proyecto es de 30 años, por lo que la fecha estimada de funcionamiento es hasta el año del 2030. A continuación se describe en qué consisten los métodos ya mencionados, y que se aplicarán a nuestro caso.

Para ayuda de cálculo de la *población proyecto* de cada uno de los métodos antes mencionados, se presenta la tabla 2.1 que contiene los censos de población obtenidos por el INEGI.

Años	Número de habitantes
1950	325
1960	415
1970	532
1980	954
1990	1167
2000	1850

Tabla 2.1

Método aritmético.

El método aritmético tiene como característica un incremento de población constante para incrementos de tiempo iguales y, en consecuencia la velocidad de crecimiento, o sea, la relación de incremento de habitantes con respecto al período de tiempo es constante.

Este método se resume en las siguientes dos fórmulas:

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

$$P = P_2 + K_a(T - t_2)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde:

P = Población

t = Tiempo

K_a = Una constante que significa el incremento de población en la unidad de tiempo (año, decenio, etcétera)

Este método recomienda utilizar los dos últimos censos de población.

Calculando la constante K_a

$$K_a = \frac{1850 - 1167}{2000 - 1990}$$

$$K_a = 68.30$$

$$P_{2030} = 1850 + 68.30(2030 - 2000)$$

la población según este método será:

$$P_{2030} = 3899 \quad (\text{habitan tes})$$

Método geométrico.

El método geométrico de crecimiento de población se caracteriza por tener una velocidad de crecimiento directamente proporcional al valor de la población a cada instante de tiempo, es decir:

$$\ln P = \ln P_2 + K_G(T - t_2)$$

donde K_G es la velocidad de crecimiento.

$$K_G = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

En este método se recomienda utilizar los dos últimos censos de población, por lo tanto:

$$K_G = \frac{\ln 1850 - \ln 1167}{2000 - 1990}$$

$$K_G = 0.046075$$

$$\ln P_{2030} = \ln 1850 + 0.046075(2030 - 2000)$$

La población con este método será:

$$P_{2030} = 7370 \text{ (habitantes)}$$

Método de interés compuesto.

El método de interés compuesto es el resultado de una deducción matemática del método de crecimiento de población geométrico.

El método de interés compuesto lo podemos resumir de la siguiente manera:

$$P = P_2 [(1+i)]^{(T-t_2)}$$

Donde:

$$i = \sqrt[T-t_2]{\frac{P_2}{P_1}} - 1$$

Por lo que para nuestro caso obtenemos:

$$i_{1980-1990} = \sqrt[10]{\frac{1167}{824}} - 1 = 0.03541$$

$$i_{1990-2000} = \sqrt[10]{\frac{1850}{1167}} - 1 = 0.04715$$

$$\text{Tasa promedio} = \frac{0.03541 + 0.04715}{2} = 0.04128$$

$$P_{2030} = 1850 [(1 + 0.04128)]^{(2030-2000)}$$

Donde la población resultante es:

$$P_{2030} = 6225 \text{ (habitantes)}$$

Método de incrementos diferenciales.

Este método consiste en considerar que la segunda diferencia entre los datos de población es constante, lo cual equivale a ajustar los datos a los de una parábola de segundo grado. Se requiere que los datos sean equidistantes para la aplicación del método, con lo que se tiene la tabla 2.2:

Año	Población	Primera diferencia	Segunda diferencia
1950	325		
1960	415	90	
1970	520	105	15
1980	824	304	199
1990	1167	343	39
2000	1850	683	340
		$\Sigma = 1525$	$\Sigma = 593$
		No de datos = 5	No de datos = 4
		$1525/5 = 305$	$593/4 = 148.25$

Tabla 2.2

$$2000 = 1850$$

$$2010 = 305 + 148.25 = 453.25 + 1850 = 2303$$

$$2020 = 453.25 + 148.25 = 601.5 + 2303 = 2904.5$$

$$2030 = 601.5 + 148.25 = 749.75 + 2904.5 = 3654$$

Donde la población con este método es:

$$P_{2030} = 3654 \text{ (habitantes)}$$

Método de la parábola cúbica

Este método considera que la curva de crecimiento se aproxima a la de una parábola cúbica del tipo:

$$P = a + bx + cx^2 + dx^3$$

En donde x es el año en la tabla 2.3.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Año	Población	X
1970	520	0
1980	824	1
1990	1167	2
2000	1850	3
2010		4
2020		5
2030		6

Tabla 2.3

En este método es recomendable utilizar los últimos cuatro censos de población.

Para:

$$X = 0$$

$$520 = a + b(0) + c(0)^2 + d(0)^3 \dots (1)$$

$$a = 520$$

Para:

$$x = 1$$

$$824 = a + b(1) + c(1)^2 + d(1)^3 \dots (2)$$

Para:

$$x = 2$$

$$1167 = a + b(2) + c(2)^2 + d(2)^3 \dots (3)$$

Para:

$$x = 3$$

$$1850 = a + b(3) + c(3)^2 + d(3)^3 \dots (4)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con las anteriores ecuaciones formamos el siguiente sistema.

$$a + 3b + 9c + 27d = 1850$$

$$a + 2b + 4c + 8d = 1167$$

$$a + b + c + d = 824$$

$$a = 520$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones anterior nos queda:

$$a = 520.00$$

$$b = 386.83$$

$$c = -132.67$$

$$d = 50.50$$

sustituyendo los valores en la ecuación queda:

$$P_{2030} = 520 + 386.83(6) - 132.66(6)^2 + 50.5(6)^3$$

Por lo que el resultado para este método es:

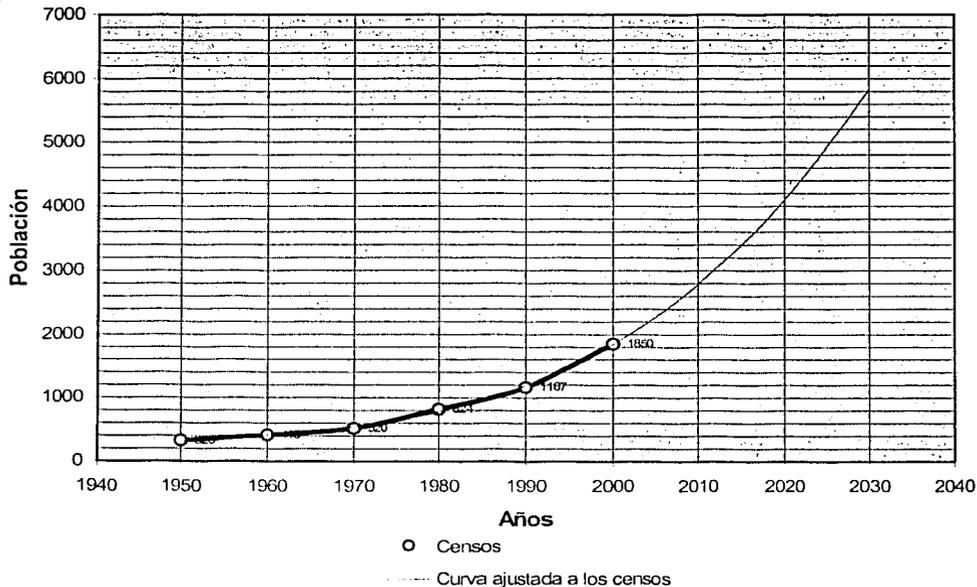
$$P_{2030} = 8973 \text{ (habitantes)}$$

Método de extensión de la curva a ojo.

Este método consiste en graficar los datos de la población. Se forma un par de ejes coordinados: el de las ordenadas para los datos de población y el de las abscisas para las fechas a que corresponden dichos datos.

Una vez que se tienen los puntos localizados, se unen por medio de una línea que será la curva representativa de la población. Esta curva se prolonga siguiendo la tendencia anterior, hasta el tiempo futuro deseado, encontrando así la población en el eje de las ordenadas.

Graficando los censos de población de la tabla 2.1, obtenemos la siguiente gráfica:



De la gráfica anterior podemos concluir que para este método, en el año 2030, se presentará una población de:

$$P_{2030} = 5800 \text{ (habitantes)}$$

Método de los mínimos cuadrados.

Una relación lineal entre dos variables queda representada por una línea recta cuya ecuación general es:

$$y = a + bx$$

El método de los mínimos cuadrados es el procedimiento matemático utilizado para determinar los valores numéricos de las constantes "a" y "b" en la ecuación anterior. El método utiliza el conjunto de observaciones que en este caso son años y número de habitantes, como se presentan en la tabla 2.4.

X	Y	X ²	Y ²	xy
1950	325	3802500	105625	633750
1960	415	3841600	172225	813400
1970	520	3880900	270400	1024400
1980	824	3920400	678976	1631520
1990	1167	3960100	1361889	2322330
2000	1850	4000000	3422500	3700000
11850	5101	23405500	6011615	10125400

Tabla 2.4

Con la ayuda de la tabla anterior, determinamos los valores que se sustituyen en las siguientes ecuaciones.

$$\sum y = na + b \sum x$$

$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2$$

n = número de datos = 6

Sustituyendo nos queda:

$$6a + 11850b = 5101$$

$$11850a + 23405500b = 10125400$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

resolviendo el sistema de ecuaciones queda:

$$a = -56622.30$$

$$b = 29.10$$

sustituyendo queda:

$$P_{2030} = -56622.3 + 29.10(2030)$$

Por lo que la población para el año 2030 aplicando este método es:

$$P_{2030} = 2450 \text{ (habitantes)}$$

A continuación se presenta la tabla resumen 2.5, que contiene los resultados obtenidos a través de los distintos métodos utilizados:

Método	Población	Redondeo
Aritmético	3899	4000
Geométrico	7370	7500
Interés compuesto	6225	6500
Incrementos diferenciales	3654	4000
Parábola cúbica	8973	9000
Extensión de la curva a ojo	5800	6000
Mínimos cuadrados	2450	2500

Tabla 2.5

El método más exacto y utilizado según la práctica, para este tipo de proyectos es el método de extensión de la curva a ojo, por lo cual será éste, el método utilizado para determinar la población proyecto.

El resultado de aplicar este método, fue de 5800 habitantes para el año de 2030, redondeando el número de habitantes obtenido, nos queda una población de 6000 habitantes como población proyecto.

2.1.4. Consideraciones de proyecto.

En la realización de este tipo de obras el aspecto financiero es un factor decisivo que limita y restringe las consideraciones previas del proyecto.

Es difícil conseguir el financiamiento para este tipo de obras, que por su elevado costo, hace necesaria la intervención del gobierno, o bien de alguna institución bancaria, siendo los usuarios en último término los que pagan el costo de la obra.

Para fines de este proyecto, la circunstancias económicas obligan a:

- Utilizar como fuente de abastecimiento la planta de rebombeo #3, ubicada en la parte baja de la población de San Pedro Nexapa, debido a que su servicio ha demostrado mantener un caudal suficiente y necesario para satisfacer las demandas de la región.
- Aprovechar hasta donde sea posible las instalaciones actuales y a dividir los trabajos en unos de realización inmediata y otros de construcción futura.

2.2. Agua potable.

En este apartado se incluyen los estudios que serán necesarios para el cálculo hidráulico de la red de abastecimiento de agua potable y el diseño de la línea de conducción, implicando esto que se determine la cantidad y características del agua potable, necesarias para la población, así como la forma en que será llevada hasta el lugar.

2.2.1. Dotación, variación de consumos, demanda horaria y gastos.

Dotación.

Se denomina dotación a la cantidad de agua estimada que requiere un ser humano para satisfacer sus necesidades de alimentación y de higiene. La dotación de agua potable si el sistema de abastecimiento es eficiente es función del clima, número de habitantes, de sus costumbres y actividades, del costo del agua distribuida y de las medidas de control para evitar fugas y desperdicios.

Para determinar la cantidad de agua que se requiere para la dotación según condiciones inmediatas y futuras de una población, se recomienda utilizar los siguientes valores de la tabla 2.6, en función del clima y del número de habitantes.

Número de habitantes	Clima		
	Cálido	Templado	Frío
2 500 – 15 000	150	125	100
15 000 – 30 000	200	150	125
30 000 – 70 000	250	200	175
70 000 – 150 000	300	250	200
Mayor a 150 000	350	300	250

Tabla 2.6*

* Dotación de agua potable en litros/habitantes/día.

De acuerdo a la tabla anterior, a la población proyecto y al tipo de clima, en nuestro caso asignaremos una dotación de 125 litros por habitante por día.

Variación de consumos.

El consumo de agua varía con las estaciones del año, los días de la semana y las horas del día. Existen máximos de estación durante el calor y la sequía del verano, cuando se consumen grandes volúmenes de agua. Por ejemplo, el consumo en invierno es aproximadamente un 80% del consumo diario del promedio anual, mientras que en verano es de un 130%.

El consumo medio anual de agua en una población es el que resulta de multiplicar la dotación por el número de habitantes y por los 365 días del año:

$$V_{ma} = \frac{D \times P \times 365}{1000}$$

V_{ma} = Es el consumo medio anual en m^3 .

D = Es la dotación en litros/habitantes/día.

P = Número de habitantes.

365 = Número de días en un año.

Para nuestro caso el consumo medio anual es:

Dotación = 125 litros por habitante por día.

Población proyecto = 6000 habitantes.

$$V_{ma} = \frac{0.125 \times 6000 \times 365}{1000}$$

$$V_{ma} = 273.75 (m^3)$$

El consumo medio diario (V_{md}) en m^3 , es por consiguiente:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$V_{md} = \frac{D \times P}{1000}$$

Calculando para nuestro caso el consumo medio anual:

$$V_{md} = \frac{0.125 \times 6000}{1000}$$

$$V_{md} = 0.750 (m^3)$$

Deben conocerse las variaciones normales de consumo para diseñar correctamente las tuberías de abastecimiento, los depósitos de servicios y líneas de distribución. Además, deberá existir márgenes adecuados por consumos súbitos y fuertes como un incendio.

Demanda horaria.

La demanda de agua de una comunidad varía considerablemente en el transcurso del día. El consumo de agua es más elevado durante las horas en que se le usa para la higiene personal, la limpieza, cuando se preparan alimentos y el lavado de la ropa; durante la noche, la demanda del agua es mucho menor.

La demanda horaria en una comunidad variará durante el año debido al patrón estacional del clima, la situación de trabajo y a otros factores, tales como ocasiones culturales o religiosas. Las cifras típicas para el uso común y otros requerimientos de agua son cantidades promedio. Por lo general se calcula la demanda máxima diaria añadiendo del 10% al 30% a la demanda diaria promedio.

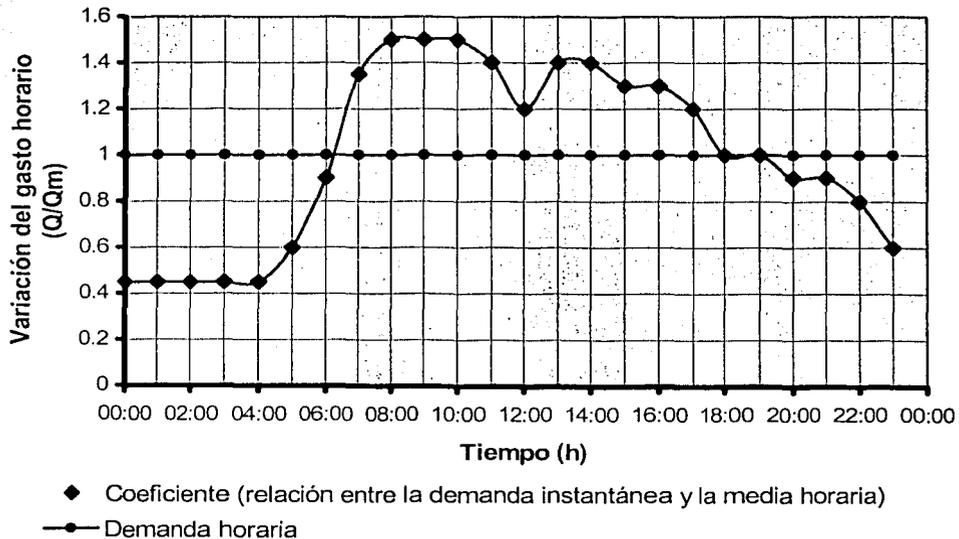
La variación horaria en la demanda de agua durante el día frecuentemente es mucho mayor. Generalmente, se puede observar dos periodos pico, uno en la mañana y otro en la tarde.

A continuación se presenta en la tabla 2.7 las variaciones horarias para poblaciones pequeñas de la República Mexicana, según la CNA.

T (horas)	Q/Q_m	T (horas)	Q/Q_m
0:00	0.45	12:00	1.20
1:00	0.45	13:00	1.40
2:00	0.45	14:00	1.40
3:00	0.45	15:00	1.30
4:00	0.45	16:00	1.30
5:00	0.60	17:00	1.20
6:00	0.90	18:00	1.00
7:00	1.35	19:00	1.00
8:00	1.50	20:00	0.90
9:00	1.50	21:00	0.90
10:00	1.50	22:00	0.80
11:00	1.40	23:00	0.60

Tabla 2.7

Representación gráfica de la demanda horaria.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gastos.

El gasto medio diario es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

$$Q_{ma} = \frac{D \times P}{86400}$$

Donde:

Q_{ma} = Es el gasto medio diario anual.

D = Dotación.

P = Población.

86 400 son los segundos que tiene un día.

Para nuestro caso se tiene:

$$Q_{ma} = \frac{125 \times 6000}{86400}$$

$$Q_{ma} = 8.68 \text{ (litros / segundo)}$$

Según la CNA el gasto máximo diario alcanzará probablemente el 120% del diario medio anual y puede llegar hasta el 150%, es decir:

$$Q_{MD} = Q_m \times CVD$$

Donde:

Q_{MD} = Es el gasto máximo diario en litros por segundo.

Q_m = Es el gasto medio diario anual en litros por segundo.

CVD = Es el coeficiente de variación diaria.

De acuerdo a los lineamientos técnicos de la CNA, se tiene que los valores del coeficiente¹ de variación diaria se encuentra de 1.2 a 1.5. Para el caso de los proyectos en la Republica Mexicana, el valor con más frecuencia utilizado es:

$$CVD = 1.20$$

¹ Estos coeficientes son adimensionales.

Para nuestro caso se tiene:

$$Q_{MD} = 8.68 \times 1.20$$

$$Q_{MD} = 10.42 \text{ (litros/segundo)}$$

El gasto máximo horario será probablemente de alrededor del 150% del promedio para aquel día y puede llegar hasta el 200%, o sea:

$$Q_{MH} = Q_{MD} \times CVH$$

Q_{MH} = Es el gasto máximo horario en litros por segundo.

Q_{MD} = Es el gasto máximo diario en litros por segundo.

CVH = Es el coeficiente de variación horaria.

De acuerdo a los lineamientos técnicos de la CNA, se tiene que los siguientes valores del coeficiente¹ de variación horaria se encuentran entre 1.5 y 2.0. El valor mas comúnmente usado para proyectos en la Republica Mexicana es:

$$CVH = 1.50$$

Para nuestro caso se tiene:

$$Q_{MH} = 10.42 \times 1.50$$

$$Q_{MH} = 15.63 \text{ (litros/segundo)}$$

2.2.2. Análisis y elección de la fuente de abastecimiento.

Las fuentes de abastecimiento son todos los sitios susceptibles de aprovechar el agua para consumo municipal y doméstico.

Estos sitios se clasifican en:

Aguas de lluvia:

No es fácil recogerla en grandes cantidades por lo que no pueden ser aprovechadas para abastecimiento de una población. Sin embargo, cuando las poblaciones están en regiones de escasas o desiguales lluvias, o montañosas, o bien, si no hay otro

medio de abastecimiento se recurre a la captación de ésta por medio de aguas expuestas a la precipitación pluvial para luego almacenarla en cisternas.

Aguas superficiales:

Son las que se encuentran en ríos, lagos, lagunas, presas o en una cuenca de embalse. Aun cuando se encuentran en gran cantidad no es recomendable utilizarlas directamente para el abastecimiento de agua potable, dado que por su paso a través de una superficie están expuestas a toda clase de contaminación. Es necesario un proceso de tratamiento antes de utilizarlas como abastecimiento. En este proyecto se descarta esta posible fuente de abastecimiento, debido a que en la región no se encuentran cuerpos de agua, ya sea naturales o artificiales.

Aguas subterráneas:

Son las que se filtran en el terreno pudiendo aflorar en forma de manantiales. Se puede captar por medio de galerías filtrantes, pozos poco profundos y pozos profundos.

Como ya hemos mencionado, la fuente de abastecimiento en nuestro caso dependerá de pozos subterráneos profundos, ubicados en Tenango del Aire, los cuales no son de uso exclusivo de esta población, si no de la región que comprende los poblados de Tenango del Aire, Santiago Tepopula, Tlamapa, Ayapango, Poxtla, Zoyatzingo, San Pedro Nexapa y San Diego Huehuecalco, los cuales son abastecidos por medio de un sistema de bombeo comprendido por las plantas de rebombeo ya mencionadas. La planta de rebombeo #3 seguirá siendo nuestra fuente de abastecimiento inmediata, ya que por condiciones de economía nos vemos obligados a seguir utilizando esta fuente de abastecimiento, la cual nos ofrece un servicio adecuado para satisfacer las necesidades futuras.

El agua que se va a proporcionar a una población debe reunir varios requisitos, los cuales han de cumplirse satisfactoriamente a fin de que la población cuente con un verdadero servicio, estos requisitos son: calidad, cantidad y presión.

Calidad.

El agua es un elemento indispensable para el desarrollo normal de las funciones fisiológicas del hombre, es así mismo, el disolvente por excelencia y por tanto su uso se extiende al aseo, fines industriales y deportivos.

El uso más importante es, sin embargo, el de bebida, y como tal, debe suministrarse con la calidad requerida. A estas aguas que presentan la calidad obligada para tal fin, se les denominan aguas potables.

Con todo, el agua químicamente pura no reúne las condiciones de potabilidad; es necesario que contenga ciertas cantidades de gases como el oxígeno, y sales en solución, siendo estos componentes benéficos al organismo humano.

Se puede decir que el contenido del agua define la calidad de la misma y por tanto su acción perjudicial o constructiva en las funciones fisiológicas.

Estos contenidos pueden ser de diferentes orígenes y naturalezas. Unos consisten en materiales sólidos en suspensión, otros son sustancias químicas disueltas, y otros lo forman la flora y fauna microscópicas que viajan en el seno del líquido.

Estos contenidos son tolerables en cierta proporción, según sea su carácter nocivo o molesto. Independientemente de su inocuidad, algunos materiales en suspensión ocasionan en el agua turbiedad, olor o sabor que no son agradables a los sentidos, por lo cual también se ha fijado un límite para estos contenidos.

Hay pues necesidad de analizar el contenido, su naturaleza y demás características del agua para saber si es factible usarla como agua potable.

Para estos análisis se debe cumplir con las normas: física, química, biológico y radiactiva.

El *análisis físico* comprende la revisión de la turbiedad, olor, color y sabor, de las cuales se presenta su condición en la tabla 2.8.

Característica	Condición
Color	20 unidades de color verdadero en la escala Platino – Cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptan aquellas que sean tolerables para la mayoría de los consumidores siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas o su equivalencia en otro método.

Tabla 2.8

El *análisis químico* pondrá de manifiesto la dureza, alcalinidad o acidez, sales en solución; presencia de metales, gases, contenido orgánico y demás agentes químicos que por su naturaleza deban sujetarse a normas que limiten la cantidad contenida, estos límites se presentan en la tabla 2.9.

Característica	Límite permisible (mg/l)
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.5
Cloruros	250
Cobre	2.0
Cromo total	0.05
Dureza total	500
Fenoles	0.30
Fierro	0.30
Fluoruros	1.50

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Hidrocarburos aromáticos	microgramos / litros
Benceno	10
Etilbenceno	310
Tolueno	700
Xileno	500
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos	10
Nitritos	1.0
Nitrógeno amoniacal	0.5
Ph	6.5-8.5

Plaguicidas	microgramos / litros
Aldrin y dieldrin	0.03
Clordano	0.20
DDT	1.0
Gamma - HCH	2.0
Hexaclorobenceno	1.0
Eptacloro	0.03
Metoxicloro	20.0
2.4 - D	30.0
Plomo	0.01
Sodio	200.0
SDT	1000.0
Sulfatos	400
Sustancias activas al azul de metileno	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Yodo residual libre	0.20-0.50
Zinc	500

Tabla 2.9

El *análisis biológico* debe comprender un análisis microscópico y otro bacteriológico. El análisis microscópico tiene por objeto afinar las conclusiones sacadas del análisis físico. El análisis bacteriológico identificará las distintas clases de microorganismos presentes, determinando su número, el cual por ser muy pequeño, obliga a veces al laboratorista a permitir que las colonias se reproduzcan en medios propicios hasta que su número sea apreciable con la mayor aproximación posible.

Todos los anteriores análisis se hacen de acuerdo con instructivos elaborados especialmente con este propósito, y se repiten periódicamente para tener bajo control la aparición o modificaciones de contenidos. Los límites permisibles, son los que se presentan en la tabla 2.10.

Característica	Límites permisibles
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
Elementos coli o coliformes fecales u organismos termotolerables.	Ausencia o no detectables

Tabla 2.10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para la norma radiactiva deberá ajustarse a lo que se establece en la tabla 2.12.

Característica	Límite permisible (Bequerel/litro)
Radiactividad alfa global	0.56
Radiactividad beta global	1.85

Tabla 2.12

En cuanto a la calidad del agua de nuestra fuente de abastecimiento inmediata podemos afirmar que es potable, debido a que el agua de la fuente de abastecimiento original recibe tratamiento y cloración, así como revisión del cumplimiento de las normas ya mencionadas en cada una de las plantas de rebombeo. La situación de la calidad del agua es revisada periódicamente en dichas plantas por técnicos de la Comisión de Aguas del Estado de México, quienes determinan la dosificación de cloro gasificado necesario para mantener los estándares requeridos.

Cantidad.

El agua debe suministrarse a los consumidores en cantidad suficiente, de manera que cubra las demandas que se presenten, para lo cual se hará un aforo de la fuente de abastecimiento con objeto de ver si los gastos obtenidos de ésta garantizan un suministro conveniente a las necesidades de la población.

El gasto mínimo proporcionado por la fuente debe ser igual al gasto medio diario, porque de otra manera tendríamos un déficit de agua al registrarse las demandas máximas de dicho día de máximo consumo.

Para este proyecto la cantidad de agua proporcionada por la fuente de abastecimiento inmediata es suficiente, aunque queda fuera de nuestro control el manejo de ésta, debido a que el municipio tiene establecida la cantidad en que es distribuida, pero lo que si es de nuestra competencia es que al momento de diseñar toda la red de agua potable que se cumpla con las necesidades de la población proyecto para el periodo de diseño de 30 años, ya determinado.

Presión.

El buen funcionamiento de un sistema de abastecimiento, no solamente es una función de la cantidad de agua disponible, es también, una función de la presión disponible. Es importante limitar las presiones de trabajo a las cuales estarán sujetas las tuberías y piezas especiales de la red de distribución, y por otra parte, asegurar la presión mínima que se requiere en los puntos más alejados o desfavorables de las tuberías.

Al llegar el agua a los lugares de consumo, se hace necesario que ésta tenga una carga disponible que le permita elevarse hasta el mayor nivel posible en donde se tengan tomas de agua, es decir, conviene que el agua llegue hasta la parte más alta del edificio sin necesidad de utilizar una planta de bombeo que surta los pisos superiores del mismo.

Esta carga varía entre 10 y 50 metros, por dos razones; una que es suficiente para que llegue hasta la parte superior de la mayoría de las viviendas y la otra por cuestiones de resistencia de trabajo de los tubos que conformarán la red.

Para el caso más crítico de la red instalada, o sea, la parte más baja de la población, donde se encuentra situado el panteón, no habrá una carga mayor a 50 metros de columna de agua, ya que entre el tanque regularizador y el punto más bajo de la población no existe un desnivel topográfico mayor a los 40 metros.

En el caso de que el tanque de regularización actual no cumpla con la capacidad requerida para la población proyecto, se construirá un nuevo tanque que cumpla con la capacidad necesaria, el cual se ubicará en la respectiva cota del terreno para garantizar una carga de presión necesaria para la población.

2.2.3. Tanque de regularización.

El uso de los tanques en un sistema de abastecimiento de agua potable es importante, ya que en cualquier parte del mismo, desde la captación del agua hasta su distribución, se pueden tener estos depósitos cumpliendo distintas funciones. La función particular de estos difiere considerablemente de acuerdo a las circunstancias, pero en general son incluidos para proveer elasticidad al sistema de distribución.

Los tanques de regularización son depósitos cuyo objetivo es almacenar el agua sobrante durante las horas de mínima demanda, para entregar dicha agua durante las horas de máxima demanda. En términos generales, su capacidad estará dada como una función de las entradas y salidas del agua.

Los depósitos cerrados comúnmente llamados tanques de distribución, generalmente se emplean para almacenar agua o regularizar las entradas y salidas de la misma en una proporción menor a los depósitos abiertos, ya que son usados directamente en el funcionamiento del sistema de distribución, es decir, afrontan las variaciones de consumo horarias, diarias, semanales y casualmente mensuales, almacenan agua para combatir incendios y otras emergencias.

Los tanques cerrados generalmente son superficiales y se construyen en lugares accidentados donde se tenga una elevación natural del terreno suficiente para mantener la presión que se desea en el sistema de distribución.

Las ventajas de un almacenamiento superficial incluyen: costo de inversión más bajo, bajo costo de mantenimiento, observación más fácil del agua almacenada, mayor seguridad, evitar características antiestéticas, etcétera.

Es importante mencionar que cualquier tipo de tanque para estos fines se diseñan con tres aspectos fundamentales que son: Diseño hidráulico, Diseño funcional y Diseño estructural.

2.3. Alcantarillado.

El tema de alcantarillado es una continuación del proyecto de agua potable, ya que los datos utilizados en dicho tema son la base para determinar el cálculo hidráulico del alcantarillado sanitario y la mejor disposición de las aguas negras y las de lluvia.

2.3.1. Aguas negras domésticas e industriales, aguas de lluvia y de infiltración.

Aguas negras domésticas e industriales.

Se le llaman aguas negras a todas aquellas aguas utilizadas o degradadas por una población, provenientes de hogares de esa población o directamente de efluentes industriales.

Como su nombre lo indica, las aguas negras domésticas son aquellas que provienen del uso del agua potable en las distintas aplicaciones que comprenden las actividades humanas. Esta agua contiene productos de desechos y además materias que resultan de usar el agua en el aseo personal, lavado de ropa, entre otras.

Las aguas negras industriales difieren de las anteriores en la naturaleza de su contenido. En este caso el agua potable al haber sido utilizada en diversos procesos físicos o químicos contiene principalmente sustancias minerales; mientras que en las aguas negras domésticas predomina el contenido orgánico.

Las aguas negras domésticas son las que predominan en esta población debido a que actualmente únicamente se encuentran establecidas en la población casas habitación. Pero no hay que descartar la posibilidad de la instalación de alguna industria a futuro, debido a que este tipo de proyectos, bien planeados en una población son un atractivo para la instalación de industrias.

Aguas de lluvia.

Se puede decir que las aguas de lluvia están relativamente libres de contaminación, su contenido consiste principalmente en una gran cantidad de sólidos en suspensión que le dan su color y turbiedad característicos. Por lo anterior y en comparación con las aguas negras, se diferencian las aguas de lluvia llamándolas *aguas blancas*, aunque a veces estén contaminadas.

La precipitación que se presenta en esta zona no es abundante, pero llueve lo suficiente como para considerar factible un sistema de alcantarillado pluvial para evitar inundaciones en ciertas calles de la población.

Aguas de infiltración.

Las tuberías de alcantarillado, vienen a ser en cierta forma conductos que reciben aguas freáticas que se introducen dentro de las atarjeas.

Por esta razón se debe sondear el terreno para asegurarse de que los niveles de aguas freáticas estén localizados a una profundidad mayor que la de la excavación de las zanjas, en donde van tendidos los tubos. Cuando suceda lo contrario, es decir, cuando los tubos queden por debajo del nivel freático, se debe considerar que las aguas del nivel freático se infiltrarán aumentando los gastos.

En el caso particular que tratamos, no existe el peligro de tales infiltraciones, desde el momento que el nivel freático se encuentra aproximadamente a 4.0 metros de profundidad, por lo que no afectará en los gastos de la red en ninguna temporada del año.

2.3.2. Eliminación y disposición de las aguas negras y de lluvia.

Aguas negras

Las aguas negras, en general, son aguas contaminadas que representan un peligro constante para la salud. De ahí que sea urgente la exista de un sistema de eliminación convenientemente diseñado.

En nuestro caso, el sistema de eliminación de aguas negras será del tipo separado y consistirá a grandes rasgos, en atarjeas que recogen el caudal de los albañales. Estas atarjeas descargarán en conductos de mayor diámetro llamados subcolectores, los cuales también reciben aportaciones de los predios. Los

subcolectores a su vez, vierten en colectores que también tienen conexiones domiciliarias.

El total de las aguas negras provenientes de la red, será recogida del colector principal por otro conducto llamado emisor, el cual se encargará de llevar las aguas hasta una planta de tratamiento. Este emisor no recibe generalmente ninguna otra aportación.

El emisor llevará las aportaciones de aguas negras a una planta de tratamiento de aguas residuales, en donde se le aplicará un proceso de tratamiento primario, descrito posteriormente.

El agua tratada en esta planta se dispondrá en un pozo de absorción en las cercanías de la población. Posteriormente se tratará con más detenimiento ésta elección.

De esta manera quedará integrado el sistema de alcantarillado de aguas negras.

Aguas de lluvia

Un sistema similar al anteriormente descrito, será utilizado también para la eliminación de las aguas de lluvia para esta población.

La eliminación de las aguas de lluvia es menos urgente que la eliminación de las aguas negras, pero esto no quiere decir que las condiciones de un lugar no exijan a veces la instalación de un alcantarillado pluvial con objeto de evitar inundaciones y dar salida rápida a las aguas de precipitación, por lo que es importante su construcción.

En este proyecto, las aguas de lluvia serán descargadas en un emisor, el cual tendrá su destino final en la parte baja de la población, estas aguas serán descargadas en un cause natural, con la finalidad de recargar mantos acuíferos. Gracias a que el agua de lluvia generalmente no contiene contaminantes de peligro para la salud humana y animal, no será necesario tratamiento alguno para su descarga libre al suelo.

2.3.3. Sistema elegido.

Una misma red de alcantarillado puede al mismo tiempo evacuar las aguas negras y de lluvia, en cuyo caso el sistema se llama combinado o mixto. En caso de que se instale una red de alcantarillado de aguas negras y otra de lluvia, este sistema se denominará, sistema separado. Que es el que se utilizará para este proyecto.

Como ya se ha mencionado la precipitación promedio anual registrada es 959.80 (mm) de lluvia, por lo que no es despreciable la cantidad de agua precipitada en el lugar, es por esto, que es necesario contar con un sistema de evacuación de aguas pluviales.

En cuanto a la configuración de las atarjeas utilizaremos el trazo de bayoneta, debido a que en la población tenemos pendientes más o menos estables o definidas sin elevaciones, contrapendientes o sinuosidades profundas.

Se denomina así al trazo que iniciando en una "cabeza de atarjea" tiene un desarrollo en zig-zag o en escalera, con deflexión horizontal o caída vertical en cada cruce de calle o en cada pozo de visita, hasta su entronque con el subcolector o colector donde haga su aportación.

La utilización de este tipo de trazo tiene grandes ventajas, como evitar el uso de muchas cabezas de atarjea, permitir un mayor desarrollo de las atarjeas para facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido gradualmente, desde gastos mínimos a gastos máximos para pasar a otra atarjea de mayor diámetro, logrando con ello aprovechar plenamente la capacidad de cada uno de los conductos.

2.3.4. Aportaciones y gastos.

Aportaciones.

El caudal de aguas negras se determina a partir del número de habitantes proyecto y del volumen que estos desalojan al día.

Al volumen de agua desalojado por habitante por día se le llama "aportación" y representa un tanto por ciento de la dotación de agua potable. Generalmente la aportación se considera del 75% al 80% de la dotación de agua potable, ya que del 20% al 25% restante no llega a las atarjeas a causa de las pérdidas en las tuberías de distribución, del riego de jardines, parques, calles y del agua consumida, por lo que la aportación queda:

$$Ap = D \times 0.80$$

Donde:

Ap = Aportación en litros/habitantes/día

D = Dotación en litros/habitantes/día

Para el caso de nuestra población, la aportación queda:

$$A_p = 125 \times 0.80$$

$$A_p = 100 \text{ (litros / habitantes / día)}$$

Gastos

Para el cálculo del gasto medio en cualquier tramo de alcantarillado se considera una densidad de gasto en relación con la longitud de la tubería que se analiza.

La consideración es que el gasto que existe a lo largo de la tubería es uniforme en toda la población o en una zona determinada de ella.

Entonces bajo a esa suposición se hace lo siguiente:

$$Q_{med} = \frac{P \times A_p}{86400}$$

$$Densidad = \frac{P}{L}$$

Donde:

P = Población proyecto.

A_p = Aportación.

D = Densidad de uso

L = Longitud total de la red.

Para nuestro caso:

$$Q_{med} = \frac{6000 \times 100}{86400}$$

$$Q_{med} = 6.94 \text{ (litros / segundos)}$$

Calculando la Densidad:

$$Densidad = \frac{6000}{6800}$$

$$\text{Densidad} = 0.882352 \text{ (habitantes/metro)}$$

El gasto mínimo es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentará en la conducción. La experiencia ha determinado que para efectos de cálculo se acepte como criterio que el valor del gasto mínimo en un flujo variable de aguas residuales sea igual a la mitad del gasto medio, es decir:

$$Q_{\min} = \frac{Q_{\text{med}}}{2}$$

Para nuestro caso nos queda:

$$Q_{\min} = \frac{6.94}{2}$$

$$Q_{\min} = 3.47 \text{ (litros/segundos)}$$

En la elaboración de proyectos, generalmente se acepta como gasto mínimo el calculado con la ecuación anterior. Sin embargo, en los casos que se tenga gastos muy pequeños se acepta como cuantificación práctica del gasto mínimo probable de aguas residuales, el número de descargas simultáneas al alcantarillado, aceptando que la descarga de un inodoro es de 1.5 litros por segundo.

El gasto máximo instantáneo es el valor que se considera se presentará en un instante dado, por ello también se le conoce como gasto instantáneo. Este valor determina la capacidad requerida en tuberías, con el fin de que puedan conducir los máximos gastos que se puedan presentar.

El gasto máximo instantáneo resulta de la multiplicación del gasto medio por la suma de dos coeficientes; uno de variación y otro de previsión.

Coeficiente de variación (CV): este coeficiente trata de cubrir la variabilidad en las aportaciones por descargas domiciliarias durante el año y el día.

En México se ha aceptado como un valor aproximado el que propone empíricamente G. Harmon, cuya expresión es :

$$CV = \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

donde:

C.V.= Coeficiente de variación.

P= Población proyecto en miles de habitantes.

Coeficiente de previsión (CP): este coeficiente trata de prever los excesos de aportación que pueden ocurrir por concepto de aguas pluviales exclusivamente domiciliarias, o bien por un crecimiento demográfico explosivo que aumentaría las aportaciones no previstas.

El valor de este coeficiente en nuestro país es la unidad.

La suma de los coeficientes indicados dan como resultado el coeficiente designado como "M" del gasto medio diario del día de máxima aportación y se expresa como:

$$M = C.V. + C.P.$$

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

Por lo que el gasto máximo instantáneo queda expresado como:

$$Q_{\text{máx. inst.}} = Q_{\text{med.}} \times M$$

donde:

Para nuestro caso queda:

$$Q_{\text{máx. inst.}} = 6.94 \times \left[1 + \frac{14}{4 + \sqrt{6}} \right]$$

$$Q_{\text{máx. inst.}} = 22.0 \text{ (litros/segundo)}$$

El gasto máximo extraordinario prevé los excesos de las descargas a la red de alcantarillado. El gasto máximo extraordinario se obtiene multiplicando el gasto máximo instantáneo por el coeficiente de seguridad (1.5).

Este coeficiente trata de prever los excesos de aportación que pueden ocurrir por concepto de aguas pluviales exclusivamente domiciliarias o bien por el producto de un crecimiento demográfico explosivo que aumentaría una aportación no prevista.

$$Q_{\text{máx. ext.}} = Q_{\text{máx. inst.}} \times 1.50$$

para nuestro caso queda:

$$Q_{\text{máx. ext.}} = 22.0 \times 1.50$$

$$Q_{\text{máx ext}} = 33.0 \text{ (litros/segundos)}$$

2.3.5. Selección del sitio para el efluente.

Como ya se mencionó al agua negra proveniente de la red de alcantarillado sanitario se le dará un tratamiento en una pequeña planta y finalmente se dispondrá en un pozo de absorción.

Este pozo deberá cumplir con dos factores de suma importancia; capacidad y el lugar donde estará ubicado. El pozo de absorción será ubicado en la cota 2477 msnm a una distancia de 500 metros con respecto a la población. Esta distancia entre la planta y la población es suficiente para evitar la llegada de malos olores a los habitantes, debido a la dirección en que sopla el viento, además se garantiza que no se contaminarán los pozos de aguas subterráneas debido a que no habrá infiltraciones del agua del pozo al subsuelo, ya que el terreno es firme y no existen grietas por las cuales se puedan filtrar.

En cuanto al agua proveniente de la red de alcantarillado pluvial que no se considera dañina para la vida humana, se dispondrá en un cauce natural que drena el agua de lluvia del lugar. Con el propósito de recargar los mantos acuíferos de la región.

2.4. Tratamiento de las aguas residuales.

En la actualidad es de suma importancia hacer una correcta disposición de las aguas negras ya que la contaminación que genera afecta las escasas fuentes de abastecimiento de agua potable, por lo que es necesario que todo proyecto de este tipo contenga una propuesta de tratamiento para su posterior implantación.

2.4.1. Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Existe un gran número de procesos de tratamiento de aguas residuales, cuya aplicación depende por una parte del grado de la calidad que se quiere dar al agua residual para su disposición final, y por otra de las características químicas y

biológicas de los residuos. También está en función de la clasificación del cuerpo receptor y de los parámetros de calidad del agua establecidas en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua.

Los distintos procesos de tratamiento se han agrupado por etapas:

Etapa	Tipo
Primaria	Físicos
Secundaria	Biológicos
Terciaria	Químicos

Tabla 2.13

Primarios: Se refiere a los métodos que permiten eliminar la materia sólida flotante y parte de la suspendida, por medio de dispositivos que interceptan el paso de las aguas residuales. Tales dispositivos en orden de flujo, pueden ser:

- Rejas de barras o rejillas.
- Cribas.
- Desmenuzadores de sólidos (molinos, cortadoras o trituradoras).
- Tanques de flotación y desnatadoras.
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- Canales desarenadores.
- Tanques de sedimentación de acción química.
- Pozos de absorción.

Secundarios: Este tratamiento recibe las aguas procedentes del proceso primario y es utilizada para la remoción o estabilización de la materia putrescible en suspensión y en solución contenida en las aguas residuales.

El tratamiento biológico depende principalmente de los organismos aerobios y anaerobios que descomponen la materia orgánica hasta transformarla en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables.

Los dispositivos utilizados para el tratamiento biológico o secundario pueden ser:

- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria.
- Tanques de aereación y fotosíntesis (tanques de estabilización).
- Proceso de activación de lodo (lodos activados con tanques de sedimentación simple).
- Filtros de arena intermitentes.
- Filtros de goteo de alta velocidad.
- Bombas y tuberías para irrigación superficial y subterránea.

Terciarios: Este tratamiento sólo se aplica a ciertas aguas que contienen los sólidos finamente divididos y que no responden a la sedimentación gravitacional. El método consiste en agregar algunas sustancias al agua a tratar, que por reacción con otra sustancia y con los constituyentes de las propias aguas, produzca un precipitado floculable y que a su vez acelere la sedimentación.

También se utiliza este método para neutralizar desperdicios ácidos o alcalinos; cuando hay necesidad de romper emulsiones de aceites y nutrientes como el nitrógeno y fósforo; compuestos que causen olor, color y turbiedad, y para la eliminación de organismos patógenos por medio de la coloración.

Así, el proceso al que son sometidas las aguas residuales dentro de la planta de tratamiento de regular tamaño, normalmente es el siguiente:

1. Al entrar las aguas residuales a la planta la materia voluminosa flotante y suspendida se remueve por colado mediante rejillas y cribas. Las rejillas y cribas cortantes trituran los materiales cribados en el lugar mismo de su separación y los reintegran a las aguas residuales.
2. A continuación pasan a los tanques de flotación donde se eliminan las natas que se producen al ascender, mediante el reposo del aceite y las grasas.
3. Las materias pesadas y gruesas suspendidas se dejan sedimentar en el fondo de cámaras de reposo que producen arena, detritos o lodos.
4. Las materias suspendidas no sedimentables y algunos sólidos disueltos se convierten en sólidos sedimentables susceptibles de asentamiento por floculación (formación de grumos) y precipitación sobre productos químicos.
5. La materia coloidal y disuelta es metabolizada y convertida en sustancia celular sedimentable mediante crecimientos biológicos (bacterias) que utilizan las materias residuales para su crecimiento. Para que las bacterias permanezcan activas y aerobias se les inyecta aire, evitando la septicidad y se les mantiene, ya sea sobre lechos de material granular, sobre los que las aguas residuales se percolan mas o menos continuamente (filtros percoladores), o se generan en las aguas residuales fluyentes (lodos activados).
6. Algunas bacterias patógenas y otros organismos se remueven de las aguas residuales junto con los sólidos en que están embebidas o a los que se adhieren o mueren por acción directa de desinfección (unidades de coloración).
7. Los sólidos separados de las aguas residuales que se obtienen del proceso de tratamiento se deshidratan y estabilizan bajo diferentes métodos, para simplificar su manejo y disposición.

2.4.2. Selección del sitio para la planta de tratamiento.

Las plantas de tratamiento deben ubicarse en un lugar apartado de la población para evitar la llegada de los malos olores provenientes de las aguas negras, además dicha ubicación deberá permitir al agua pueda fluir por gravedad, para evitar altos costos de operación.

Esta planta se ubicará en la cota 2480 msnm y a 450 metros de distancia de la población, con esto se garantiza que el agua negra proveniente de la red será conducida por gravedad hasta la planta de tratamiento y quedará a 50 metros de distancia con respecto al pozo de absorción; distancia suficiente para una correcta operación del sistema.

3. PROYECTOS.

El presente capítulo contiene los cálculos hidráulicos tanto del sistema de abastecimiento de agua potable como los de alcantarillado. De ellos se desprenden los planos que muestran gráficamente los proyectos.

3.1. Agua potable

La higiene física y del medio depende primordialmente del empleo del agua, encontrándose algunas veces las fuentes de abastecimiento a distancias considerables. Es por ello que se considera como fundamental la existencia de sistemas de agua potable.

El hombre utiliza el agua como elemento para su nutrición, sea como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para lavado de trastos y ropas; la exige para baño y dispone de ella para alejar sus propios desechos, proporcionar comodidad y resolver numerosos problemas de su vida cotidiana.

Para la salud humana, no solo depende de la cantidad, sino también de la calidad del agua que utiliza. Según la Organización Mundial de la Salud "*casi la cuarta parte de las camas disponibles en todos los hospitales del mundo, están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua*". Esto quiere decir que cuando el agua, por el contacto con la tierra o cuando el hombre ha modificado su composición, puede convertirse en un peligro y ocasionar grandes daños a la salud.

Datos de proyecto.

Para efectuar el proyecto de un sistema de abastecimiento de agua potable, se deben establecer claramente los datos de proyecto de nuestro caso como se indica a continuación:

- Dotación: 125 (l/hab/día)
- Población proyecto: 6000 (hab)
- Area de proyecto: 50 (Ha)
- Densidad: 120 (hab/Ha)
- Periodo de diseño: 30 años
- Gastos de diseño:
 - Gasto medio diario: 8.68 (l/s)
 - Gasto máximo diario: 10.42 (l/s)
 - Gasto máximo horario: 15.63 (l/s)

En general un proyecto de abastecimiento de agua potable está compuesto de:

- Línea de conducción
- Tanque de regularización.
- Red de distribución.

3.1.1. Línea de conducción y capacidad del tanque de regularización.

Línea de conducción.

La fuente de abastecimiento no siempre se localiza próxima a la población, en ocasiones es necesario transportar el agua a través de distancias más o menos grandes. Para ello se construye una línea de conducción, en cuyo diseño se consideran factores tales como: calidad del agua, desnivel de la fuente con respecto al tanque de regularización, y las cargas que deberán soportar la tubería en su recorrido. Atendiendo a todos estos aspectos, se seleccionan los materiales y dispositivos de protección más adecuados a cada caso particular. Esta obra permite llevar el agua desde la obra de captación o fuente de abastecimiento hasta el tanque de regularización.

Esta línea de conducción debe cumplir con los siguientes objetivos:

1. Sanitario: Conservar la misma calidad del agua desde la obra de captación hasta el tanque de regularización.
2. Hidráulicos: Entregar al final de la línea la misma cantidad de agua que desde el principio lleva de la forma más económica.

Dependiendo de la topografía del lugar y de las cotas en que se encuentre la obra de captación y el tanque de regularización, la línea de conducción puede ser por gravedad, por bombeo o una combinación de ambas.

Generalmente las tuberías siguen el perfil del terreno. Es necesario tener en cuenta que en ningún caso deben quedar a mayor altura que la línea de carga piezométrica, pues se producirían presiones negativas y se provocaría el colapso de la tubería en ese punto.

Para su mantenimiento, en los puntos más bajos de la línea de conducción deben instalarse válvulas de desagüe para poder vaciar la tubería y extraer los sedimentos que se pudieran acumular en ella. Y en los puntos más altos deben instalarse válvulas expulsoras de aire para evitar taponamientos en la tubería. Las presiones excesivas pueden evitarse intercalando, en los puntos adecuados, cajas rompedoras de presión.

El material de la línea de conducción se determina en función de la carga, de economía, etc. Estos materiales pueden ser:

- Acero
- Fibro-cemento
- PVC (cloruro de polivinilo)
- Extru-pack

A continuación se presenta la tabla 3.1, donde se enlistan las clases de tubería y sus resistencias de trabajo, para tubería de fibro cemento.

Tipo	Resistencia en (kg/m ²)	Resistencia en metros de columna de agua
A - 5	5	50
A - 7	7	70
A - 10	10	100
A - 14	14	140

Tabla 3.1

El cálculo hidráulico de la línea de conducción consistirá en utilizar la carga disponible para vencer las pérdidas por fricción únicamente, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se toman en cuenta por ser muy pequeñas.

Se emplean las siguientes fórmulas para el cálculo hidráulico de la línea de conducción:

(1) $hf = KLQ^2$

(2) $Hft = 1.05KLQ^2 = \Delta$

donde:

hf = Pérdidas por fricción.

Hft = Pérdidas por fricción totales.

Δ = Desnivel entre la fuente de abastecimiento y el tanque en metros.

L = Longitud total de la línea de conducción en metros.

Q = Gasto medio diario en m³/s.

K = Constante de *Manning*.

Despejando K de la ecuación (2).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$K = \frac{\Delta}{1.05LQ^2}$$

Para nuestro caso tenemos que:

$$\Delta = 65 \text{ (m)}$$

$$L = 1510 \text{ (m)}$$

$$Q_{MD} = 0.01042 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Sustituyendo nos queda:

$$K = \frac{65}{1.05 \times 1510 \times 0.01042^2}$$

$$K = 377$$

El siguiente paso es determinar el valor de K más cercano al calculado anteriormente en función del material, que en este caso será fibro-cemento.

Con el valor anterior y considerando que el material a utilizar es fibro-cemento cuyo coeficiente de rugosidad es de 0.010, se consulta la tabla 3.2 que contiene las constantes para pérdidas por fricción. El valor más cercano al valor calculado de K será el posible diámetro de la línea de conducción. Para nuestro caso, de la siguiente tabla se obtiene que el valor más cercano de K es 199.01, que corresponde a un diámetro de 4 pulgadas.

Se consideran otros dos diámetros para el análisis, uno menor y otro mayor comercial, lo que nos da como resultado que los diámetros a utilizar son: 3, 4 y 6 pulgadas.

Determinados los posibles diámetros se procede a calcular las pérdidas por fricción totales para 3, 4 y 6 pulgadas, con lo que se tiene:

$$\text{hft } 3 = 1.05 \times 962.52 \times 1510 \times 0.01042^2 = 165.69 \text{ m}$$

$$\text{hft } 4 = 1.05 \times 199.61 \times 1510 \times 0.01042^2 = 34.36 \text{ m}$$

$$\text{hft } 6 = 1.05 \times 23.790 \times 1510 \times 0.01042^2 = 4.09 \text{ m}$$

Ya determinadas las pérdidas por fricción totales se determinan las presiones admisibles en cada tramo con la siguiente expresión:

$$P_{adm.} = \Delta - \text{hft}$$

donde:

$P_{adm.}$ = Es la presión admisible.

Δ = Desnivel entre la fuente y el tanque.

h_{ft} = Pérdidas por fricción totales.

Sustituyendo de la ecuación anterior queda:

$$P_{adm.} = 65 - 165.69 = -100.69 \text{ m}$$

$$P_{adm.} = 65 - 34.36 = 30.64 \text{ m}$$

$$P_{adm.} = 65 - 4.09 = 60.91 \text{ m}$$

Ya revisadas las presiones admisibles para 3, 4 y 6 pulgadas se escoge la menor positiva. Esta elección es la que determinará el diámetro del tubo que se utilizará en la línea de conducción. Por lo tanto el diámetro de la línea de conducción para este proyecto será de 4 pulgadas, y el material de la tubería será fibro-cemento.

Capacidad del tanque de regularización:

Para fines de este proyecto se construirá un tanque de regularización superficial en la cota 2532.19 msnm, para garantizar que en el punto más alto de la población habrá una carga disponible de 10 metros como mínimo, según la norma.

Debido a que nuestro sistema funciona por gravedad, se supondrá que se está bombeando agua durante las 24 horas al día al tanque de regularización. Para esto se establece la siguiente fórmula:

$$C = 14.58 \times QMD$$

Donde:

QMD = Es el gasto máximo diario en (l/s).

14.85 = Es un coeficiente obtenido de la tabla de demandas horarias.

Sustituyendo para nuestro caso queda:

$$C = 14.85 \times 10.42$$

$$C = 155 \text{ (m}^3\text{)}$$

Por lo tanto, la capacidad del tanque de regularización requerida por la población es de 155 m^3 . Es conveniente que esta capacidad se ajuste a la de los planos tipo

establecidos por la Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillados.

En el plano "1" se representa la línea de conducción antes calculada.

DIAMETRO		n=0.009	n=0.010	n=0.011	n=0.012	n=0.013	n=0.014	n=0.015	n=0.016
pulgadas	(m)	K	K	K	K	K	K	K	K
1/2	0.013	9553264.60	11798396.33	14318442.15	16953035.50	19931217.48	23138602.52	26575028.64	30240549.83
3/4	0.019	1261724.66	1558245.08	1891074.13	2239031.77	2632375.19	3055975.79	3509833.59	3993948.56
1	0.025	292631.58	361403.51	438596.49	519298.25	610529.82	708771.93	817543.86	926315.79
1 1/4	0.032	77943.93	96261.68	116822.43	138317.76	162616.82	188785.05	216822.43	246728.97
1 1/2	0.033	31353.38	38721.80	46992.48	55639.10	65413.53	75939.85	87218.05	99248.12
2	0.050	6515.63	8046.88	9765.63	11562.50	13593.75	15781.25	18125.78	20625.00
2 1/2	0.064	1944.06	2400.93	2913.75	3449.88	4055.94	4708.62	5407.93	6153.85
3	0.073	779.44	962.52	1168.22	1383.18	1626.17	1887.85	2168.22	2467.29
4	0.102	161.63	199.61	242.25	286.82	337.21	391.47	449.61	511.63
5	0.127	50.24	62.05	75.30	89.16	104.82	121.69	139.76	159.04
6	0.152	19.26	23.79	28.87	34.18	40.18	46.65	53.58	60.97
8	0.203	4.11	5.07	6.36	7.29	8.57	9.95	11.43	13.00
10	0.254	1.24	1.54	1.87	2.21	2.60	3.01	3.46	3.94
12	0.305	0.46854	0.58350	0.70225	0.83146	0.97753	1.15	1.30	1.48
14	0.356	0.20593	0.25432	0.30864	0.36543	0.42963	0.49877	0.57284	0.65185
16	0.406	0.10208	0.12610	0.15300	0.18115	0.21297	0.24725	0.28397	0.32313
18	0.457	0.05416	0.06688	0.08123	0.09610	0.11299	0.13117	0.15065	0.17143
20	0.508	0.03088	0.03815	0.04630	0.05481	0.06444	0.07481	0.08593	0.09778
24	0.610	0.01165	0.01439	0.01746	0.02067	0.02430	0.02821	0.03240	0.03687
30	0.762	0.00355	0.00439	0.00533	0.00631	0.00742	0.00861	0.00989	0.01125
36	0.914	0.00135	0.00166	0.00202	0.00239	0.00281	0.00326	0.00375	0.00426
42	1.067	0.00059	0.00073	0.00088	0.00105	0.00123	0.00143	0.00164	0.00187
48	1.219	0.00029	0.00036	0.00043	0.00051	0.00061	0.00070	0.00081	0.00092
54	1.372	0.00015	0.00019	0.00023	0.00027	0.00032	0.00037	0.00043	0.00049

Tabla 3.2. Constantes para pérdidas por fricción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

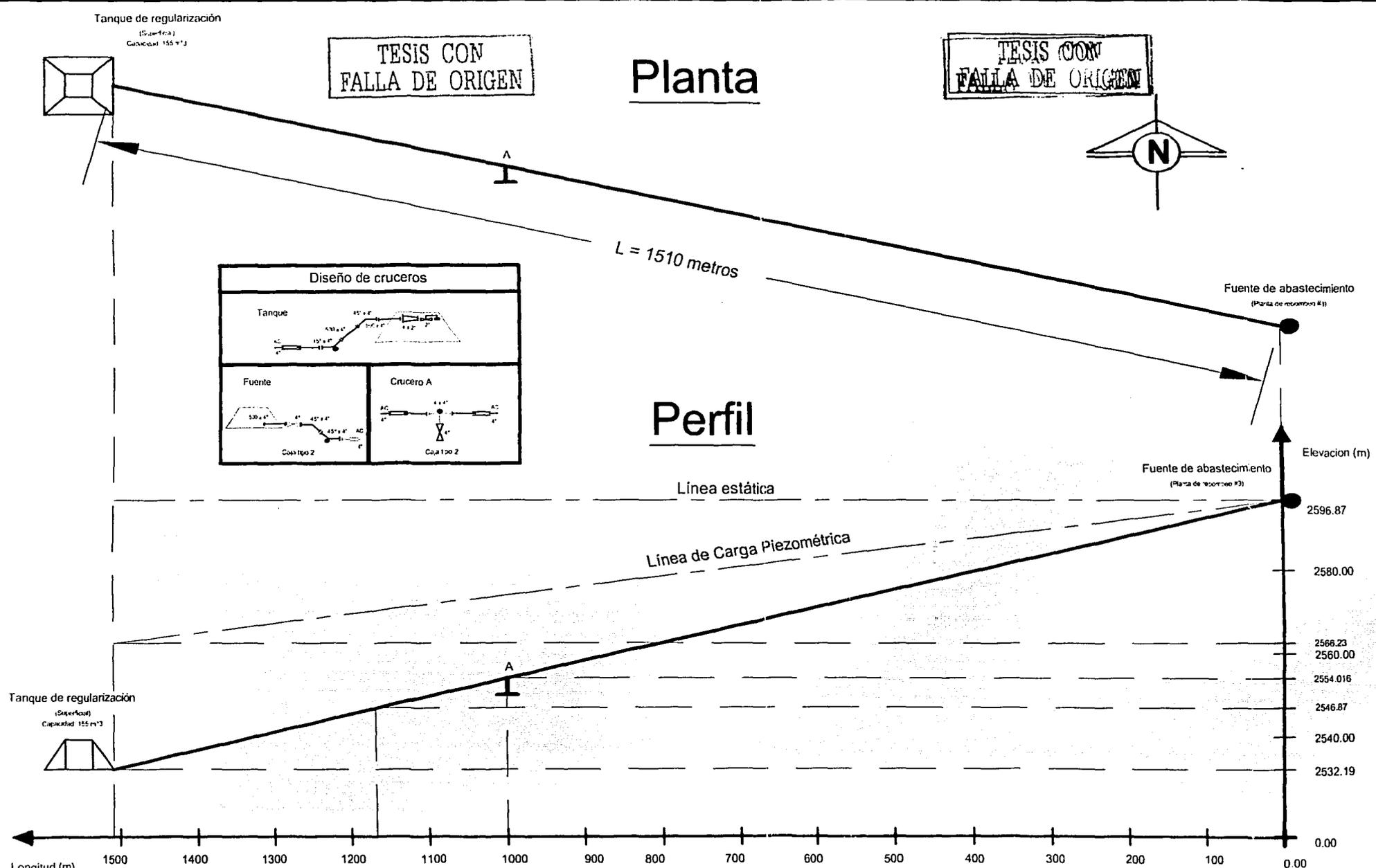
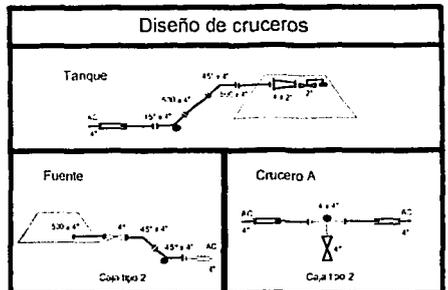
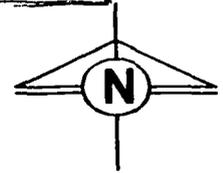
Planta

Perfil

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

L = 1510 metros



Datos de Proyecto

Dotación: 125 (hab/día)	Desnivel de la línea de conducción: 65 (m)
Población proyecto: 6000 (hab)	Gastos de diseño: 8 68 (L/s)
Área de proyecto: 28 (Ha)	Gasto máximo diario: 10 42 (L/s)
Densidad: 215 (hab/ha)	Gasto máximo horario: 15 63 (L/s)
Periodo de diseño: 30 (años)	
Longitud de la línea de conducción: 1510 (m)	

Cantidad de Obra

Concepto:	Cantidad:
Excavación	906 00 (m ³)
Plantilla	72 48 (m ³)
Relleno compactado	355 90 (m ³)
Relleno a volteo	459 34 (m ³)
Volúmen de tubo:	31 71 (m ³)
Material II 60% =	543 60 (m ³)
Material III 40% =	362 40 (m ³)

Símbolo	Cuanticación de piezas especiales	
	Válvula tipo compuerta de 4" 2	
	Válvula de flotador de 2" 1	
	Junta gibault de 4" 4	
	Reducción de 4" x 2" 1	
	Extremidad de fo.fo. de 4" 4	
	Tee de fo.fo. de 4" 1	
	Codo de 45° de 4" 4	
	Carrete largo de 500 mm de 4" 3	
Empaques de plomo		
Diámetro	Cantidad	
2"	1	
4"	10	
Tornillos con cabeza y tuerca hexagonal		
Diámetro de la brida	Largo por ancho	Cantidad
2"	2 1/2" x 1/2"	4
4"	3" x 1/2"	80

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

Línea de conducción de agua potable para la población:
San Diego Huehualco, Estado de México.

Realizó:
Moreno Posadas Raúl
Navarrete Turcio Israel

Escalas: 1:2500 y 1:400
Anotaciones en metros

Fecha:
4 de diciembre del 2002

Plano 1

1510 metros de tubería de Asbesto-cemento de 4 pulgadas de diámetro de clase A-5

Escala en eje x
1:2500

Escala en eje y
1:400

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3.1.2. Cálculo de la red de distribución.

Para calcular la red de distribución en este proyecto se utilizará el método de *Hardy Cross* en la modalidad de balanceo de cargas mediante corrección de gastos.

El cual se define en forma muy general de la siguiente manera:

1. Se forman circuitos principales y se enumeran.
2. Se trabaja con la suposición de que la tubería va a trabajar sin presión.
3. Se supone que se interrumpe la circulación del agua en unos tramos para formar una red abierta, con esto, encontramos los puntos de equilibrio de cada circuito.
4. Se fijan los sentidos del escurrimiento, generalmente se toma como positivo el sentido igual a las manecillas del reloj y, negativo en el sentido inverso.
5. Evaluamos el gasto que se requiere en cada tramo. Para esto, es necesario calcular el gasto específico, que resulta de dividir el gasto máximo horario entre la longitud virtual total de los circuitos principales. Lo anterior se lleva a cabo con la expresión:

$$q_e = \frac{Q_{mh}}{LVT}$$

Donde:

q_e = Gasto específico en (l/s).

Q_{mh} = Gasto máximo horario.

LVT = Longitud virtual total de los circuitos principales.

6. Obtenido el valor del gasto específico, se multiplica por la longitud virtual de cada tramo.
7. Se acumulan los gastos en el sentido del escurrimiento y se consideran interrupciones supuestas, a partir de los puntos de equilibrio hasta la línea de alimentación.
8. Se calcula el diámetro requerido en cada tramo con la ecuación:

$$d = \sqrt{3Q}$$

Donde:

d = Diámetro del tramo en pulgadas.

Q = Gasto acumulado en cada tramo en (l/s).

Los resultados que se obtengan se ajustan a diámetros comerciales y de acuerdo a los requerimientos que el mismo proyecto requiera, por facilidad de construcción y economía.

9. Se ejecuta el cálculo hidráulico de la red utilizando la tabla correspondiente para este fin.

Para determinar las pérdidas por fricción en cada tramo, se utiliza el nomograma de la fórmula de *Manning*, cuya expresión es:

$$H_f = 0.54 \sqrt{\frac{QL^{0.54}}{0.2785 * CD^{2.65}}}$$

donde:

H_f = Es la pérdida por fricción.

L = Es la longitud del tramo en metros.

$C = 130$ (coeficiente de rugosidad para tubería nueva de A.C.)

D = Es el diámetro en metros.

En cuanto a la corrección de las pérdidas por fricción, se utilizará el modelo de *Hazen Williams*:

$$q = - \frac{\Sigma H_f}{1.85(\Sigma H_f / Q)}$$

donde:

q = Corrección \pm .

ΣH_f = Es la suma de pérdidas por fricción en el circuito.

1.85 = Constante de *Hazen Williams*.

$\Sigma H_f / Q$ = Es la suma del cociente de pérdidas por fricción entre el gasto acumulado de cada tramo.

Además hay que recordar que el diámetro mínimo para la red de distribución de agua potable en localidades urbanas es de 4 pulgadas.

Servicio contra incendio:

La localización de los hidrantes contra incendio se hará de acuerdo con el Cuerpo de Bomberos y el representante de la Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillados de la localidad, del cual se obtendrá un plano debidamente autorizado con la mencionada localización.

Para nuestro proyecto se utilizará el método del círculo; el cual establece que hay que trazar el mayor número de circunferencias de máximo 150 metros de radio en el interior de la población, en el centro de cada circunferencia se instalará un hidrante contra incendio. El motivo del radio establecido es que las mangueras de los equipos de bomberos tienen como máximo 150 metros de longitud, y con esto se garantiza que en caso de alguna emergencia se podrá cubrir un diámetro de 300 metros alrededor del hidrante.

A continuación se presentan las *tablas de cálculo de la red de distribución*.

En el plano "2" se presenta la red de distribución, resultado de los cálculos de las tablas anteriormente mencionadas.

Cálculo de gastos por tramo, gastos acumulados y diámetros de la red de distribución de agua potable

Número de circuito	Tramo	Longitud real (m)	Longitud virtual (m)	qE (l/s)	Q tramo (l/s)	Q acumulado (l/s)	Diámetro calculado (in)	Diámetro comercial (in)
I	T - 1	535				15.63	6.85	8
	1 - 2	367	367	0.00339340	1.25	6.72	4.49	6
	2 - 3	67	67	0.00339340	0.22	5.47	4.05	4
	3 - 4	135	135	0.00339340	0.46	5.25	3.97	4
	4 - 5	167	167	0.00339340	0.57	4.79	3.79	4
	5 - 6	125	250	0.00339340	0.85	1.99	2.44	4
	6 - 7	100	200	0.00339340	-0.68	-1.98	2.44	4
	7 - 8	150	300	0.00339340	-1.02	-3.00	3.00	4
	8 - 9	167	334	0.00339340	-1.13	-4.13	3.52	4
	9 - 10	65	130	0.00339340	-0.44	-4.57	3.70	4
	10 - 11	70	140	0.00339340	-0.48	-5.05	3.89	4
	11 - 12	50	100	0.00339340	-0.34	-5.39	4.02	4
12 - 1	100	100	0.00339340	-0.34	-8.91	5.17	6	
II	6 - 13	68	136	0.00339340	0.46	2.44	2.71	4
	13 - 14	97	194	0.00339340	0.66	1.98	2.44	4
	14 - 15	167	167	0.00339340	-0.57	-0.99	1.72	4
	15 - 16	40	40	0.00339340	-0.14	-1.13	1.84	4
	16 - 17	135	135	0.00339340	-0.46	-1.59	2.18	4
	17 - 18	40	40	0.00339340	-0.14	-1.73	2.28	4
	18 - 19	67	67	0.00339340	-0.23	-1.96	2.42	4
	19 - 20	50	50	0.00339340	-0.17	-2.13	2.53	4
	20 - 21	70	70	0.00339340	-0.23	-2.36	2.66	4
	21 - 22	70	70	0.00339340	-0.23	-2.59	2.79	4
	22 - 23	70	70	0.00339340	-0.23	-2.82	2.91	4
23 - 12	105	105	0.00339340	-0.36	-3.18	3.09	4	
III	5 - 24	100	100	0.00339340	0.34	2.23	2.59	4
	24 - 25	67	67	0.00339340	0.23	1.89	2.38	4
	25 - 26	300	300	0.00339340	1.01	1.66	2.23	4
	26 - 27	100	100	0.00339340	0.34	0.65	1.40	4
	27 - 28	50	50	0.00339340	0.16	0.31	0.96	4
	28 - 29	135	135	0.00339340	-0.46	-0.31	0.96	4
	29 - 30	220	220	0.00339340	-0.75	-1.06	1.78	4
	30 - 31	100	100	0.00339340	-0.34	-1.40	2.05	4
	31 - 14	100	100	0.00339340	-0.34	-1.74	2.28	4

SUMA LVT = 4606

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

52-1

Tabla de cálculo para la red de distribución de agua potable

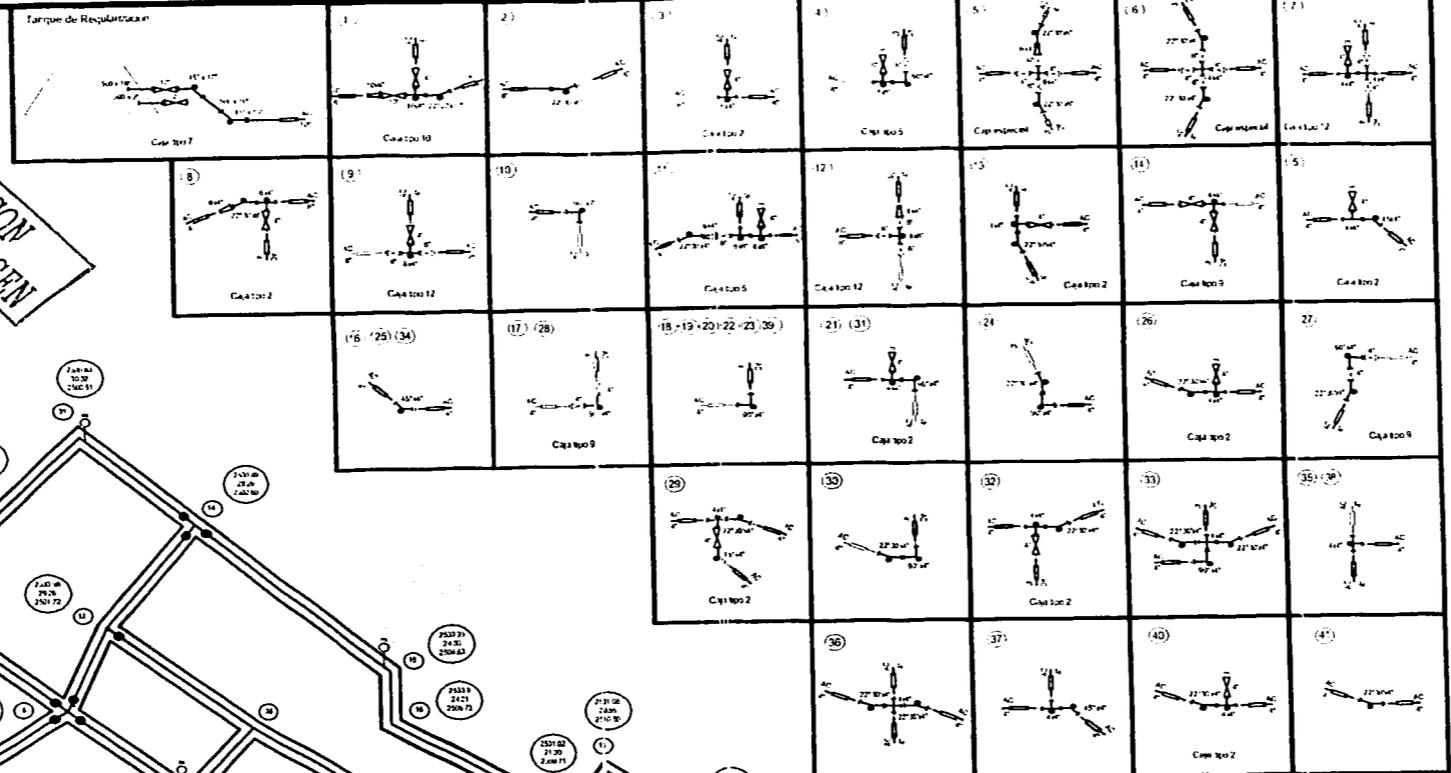
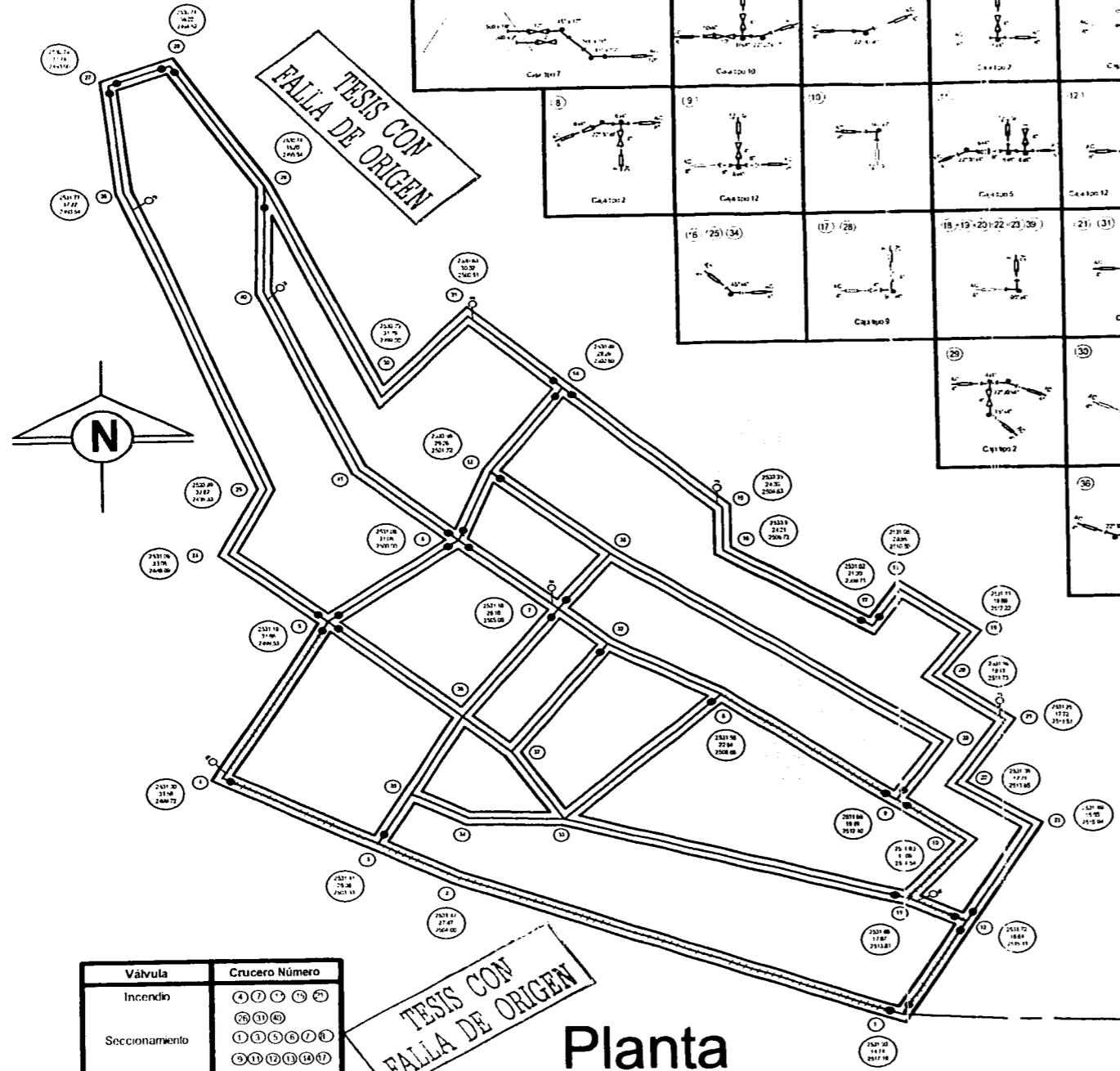
CIRCUITO		TRAMO	LONGITU D (m)	GASTO (l/s)	DIÁMETRO (in)	Hf (m)	Hf / Q	CORRECCIÓN		GASTO 1 (l/s)	
PROPIO	COMUN							PROPIA	COMUN		TOTAL
I	III	T-1	535	15.63	10	0.26					
		1-2	367	6.72	6	0.45	0.07	-0.03		-0.03	6.69
		2-3	67	5.47	6	0.06	0.01	-0.03		-0.03	5.44
		3-4	135	5.25	6	0.11	0.02	-0.03		-0.03	5.22
		4-5	167	4.79	6	0.11	0.02	-0.03		-0.03	4.76
		5-6	125	1.99	4	0.12	0.05	-0.03	-0.11	-0.14	1.85
		6-7	100	-1.98	4	-0.10	0.05	-0.03	-0.04	-0.07	-2.05
		7-8	150	-3.00	4	-0.31	0.10	-0.03	-0.04	-0.07	-3.07
		8-9	167	-4.13	6	-0.09	0.02	-0.03	-0.04	-0.07	-4.20
		9-10	65	-4.57	6	-0.04	0.01	-0.03	-0.04	-0.07	-4.64
		10-11	70	-5.05	6	-0.05	0.01	-0.03	-0.04	-0.07	-5.12
		11-12	50	-5.39	6	-0.04	0.01	-0.03	-0.04	-0.07	-5.46
		12-1	100	-8.91	6	-0.21	0.02	-0.03		-0.03	-8.94
					0.02	0.41					
II	III	12-11	50	5.39	6	0.04	0.01	0.04	0.03	0.07	5.46
		11-10	70	5.05	6	0.05	0.01	0.04	0.03	0.07	5.12
		10-9	65	4.57	6	0.04	0.01	0.04	0.03	0.07	4.64
		9-8	167	4.13	6	0.09	0.02	0.04	0.03	0.07	4.20
		8-7	150	3.00	4	0.31	0.10	0.04	0.03	0.07	3.07
		7-6	100	1.98	4	0.10	0.05	0.04	0.03	0.07	2.05
		6-13	68	2.44	4	0.10	0.04	0.04	-0.11	-0.07	2.37
		13-14	97	1.98	4	0.09	0.05	0.04	-0.11	-0.07	1.91
		14-15	167	-0.99	4	-0.04	0.04	0.04		0.04	-0.95
		15-16	40	-1.13	4	-0.01	0.01	0.04		0.04	-1.09
		16-17	135	-1.59	4	-0.09	0.05	0.04		0.04	-1.55
		17-19	40	-1.73	4	-0.03	0.02	0.04		0.04	-1.69
		18-19	67	-1.96	4	-0.06	0.03	0.04		0.04	-1.92
		19-20	50	-2.13	4	-0.05	0.03	0.04		0.04	-2.09
		20-21	70	-2.36	4	-0.09	0.04	0.04		0.04	-2.32
		21-22	70	-2.59	4	-0.11	0.04	0.04		0.04	-2.55
		22-23	70	-2.82	4	-0.13	0.05	0.04		0.04	-2.78
23-12	105	-3.18	4	-0.24	0.08	0.04		0.04	-3.14		
					-0.05	0.67					
III	III	5-24	100	2.23	4	0.12	0.05	0.11		0.11	2.34
		24-25	67	1.89	4	0.05	0.03	0.11		0.11	2.00
		25-26	300	1.66	4	0.21	0.12	0.11		0.11	1.77
		26-27	100	0.65	4	0.01	0.02	0.11		0.11	0.76
		27-28	50	0.31	4	0.00	0.00	0.11		0.11	0.42
		28-29	135	-0.31	4	0.00	0.01	0.11		0.11	-0.20
		29-30	220	-1.06	4	-0.07	0.06	0.11		0.11	-0.95
		30-31	100	-1.40	4	-0.05	0.04	0.11		0.11	-1.29
		31-14	100	-1.74	4	-0.08	0.04	0.11		0.11	-1.63
		14-13	97	-1.98	4	-0.09	0.05	0.11	-0.04	0.07	-1.91
		13-6	68	-2.44	4	-0.10	0.04	0.11	-0.04	0.07	-2.37
6-5	125	-1.99	4	-0.12	0.06	0.11	0.03	0.14	-1.85		
					-0.11	0.53					

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Tabla de cálculo para la red de distribución de agua potable

CIRCUITO		TRAMO	LONGITUD (m)	GASTO 1 (l/s)	DIÁMETRO (in)	Hf (m)	Hf comp. (m)	COTAS		CARGA DISPONIBLE (m)	
PROPIO	COMUN							PIEZOMETRICAS	TERRENO		
I	III	T									
		T - 1	535		10	0.26	0.26	2532.19	2532.19	0.00	
		1 - 2	367	6.69	6	0.46	0.46	2531.93	2517.19	14.74	
		2 - 3	67	5.44	6	0.06	0.06	2531.47	2504.00	27.47	
		3 - 4	135	5.22	6	0.06	0.06	2531.41	2503.33	28.08	
		4 - 5	167	4.76	6	0.11	0.11	2531.30	2499.72	31.58	
		5 - 6	125	1.85	4	0.11	0.11	2531.19	2499.53	31.66	
		6 - 7	100	-2.05	4	0.11	0.11	2531.08	2500.00	31.08	
		7 - 8	150	-3.07	4	-0.10	-0.10	2531.18	2505.00	26.18	
		8 - 9	167	-4.20	6	-0.32	-0.32	2531.50	2508.66	22.84	
		9 - 10	65	-4.54	6	-0.09	-0.09	2531.59	2512.40	19.19	
		10 - 11	70	-5.12	6	-0.04	-0.04	2531.63	2514.54	17.09	
		11 - 12	50	-5.46	6	-0.05	-0.05	2531.68	2513.81	17.87	
		12 - 1	100	-8.94	6	-0.04	-0.04	2531.72	2515.11	16.61	
					-0.21	-0.21	2531.93	2517.19	14.74		
					0.00	0.00					
II	I	12 - 11	50	5.46	6	0.04	0.04	2531.68	2513.81	17.87	
		11 - 10	70	5.12	6	0.05	0.05	2531.63	2514.54	17.09	
		10 - 9	65	4.64	6	0.04	0.04	2531.59	2512.40	19.19	
		9 - 8	167	4.20	6	0.09	0.09	2531.50	2508.66	22.84	
		8 - 7	150	3.07	4	0.32	0.33	2531.17	2505.00	26.17	
		7 - 6	100	2.05	4	0.10	0.10	2531.07	2500.00	31.07	
		6 - 13	68	2.37	4	0.09	0.09	2530.98	2501.72	29.26	
		13 - 14	97	1.91	4	0.09	0.09	2530.89	2502.60	28.29	
		14 - 15	167	-0.95	4	-0.04	-0.04	2530.93	2506.63	24.30	
		15 - 16	40	-1.09	4	-0.01	-0.01	2530.94	2506.73	24.21	
		16 - 17	135	-1.55	4	-0.08	-0.08	2531.02	2509.71	21.31	
		17 - 18	40	-1.69	4	-0.03	-0.03	2531.05	2510.50	20.55	
		18 - 19	67	-1.92	4	-0.06	-0.06	2531.11	2512.22	18.89	
		19 - 20	50	-2.09	4	-0.05	-0.05	2531.16	2511.73	19.43	
		20 - 21	70	-2.32	4	-0.09	-0.09	2531.25	2513.53	17.72	
		21 - 22	70	-2.55	4	-0.11	-0.11	2531.36	2513.65	17.71	
		22 - 23	70	-2.78	4	-0.13	-0.13	2531.49	2515.94	15.55	
23 - 12	105	-3.14	4	-0.24	-0.23	2531.72	2515.11	16.61			
					-0.02	0.00					
III	III	5 - 24	100	2.34	4	0.13	0.13	2531.06	2498.00	33.06	
		24 - 25	67	2.00	4	0.07	0.07	2530.99	2498.33	32.66	
		25 - 26	300	1.77	4	0.23	0.23	2530.76	2493.54	37.22	
		26 - 27	100	0.76	4	0.02	0.02	2530.74	2493.00	37.74	
		27 - 28	50	0.42	4	0.00	0.00	2530.74	2494.52	36.22	
		28 - 29	135	-0.20	4	0.00	0.00	2530.74	2495.54	35.20	
		29 - 30	220	-0.95	4	-0.05	-0.05	2530.79	2499.00	31.79	
		30 - 31	100	-1.29	4	-0.04	-0.04	2530.83	2500.51	30.32	
		31 - 14	100	-1.63	4	-0.07	-0.07	2530.90	2506.60	24.30	
		14 - 13	97	-1.91	4	-0.09	-0.09	2530.99	2501.72	29.27	
		13 - 6	68	-2.37	4	-0.09	-0.09	2531.08	2500.00	31.08	
		6 - 5	125	-1.85	4	-0.11	-0.11	2531.19	2499.53	31.66	
							0.00	0.00			

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



Nota: Las cajas tipo y el diseño de los cruces, están referidas al Manual de Normas de Proyecto Para Obras de Aprovechamiento de Agua Potable en Localidades Urbanas de la República Mexicana.

Datos de Proyecto	
Dotación: 125 (l/hab/día)	Costos de diseño: 8 68 (ls)
Población proyecto: 6000 (hab)	Costo medio diario: 8 68 (ls)
Área de proyecto: 28 (Ha)	Costo máximo diario: 10 42 (ls)
Densidad: 215 (hab/ha)	Costo máximo horario: 15 63 (ls)
Periodo de diseño: 30 (años)	

Cantidad de Obra					
Dámetro (pulgadas)	Longitud (m)	Excavación (m ³)	Píntola (m ³)	Helleno compactado (m ³)	Volumen de Loro (m ³)
4	4692.00	2815.20	225.16	1105.90	1427.30
6	1 884.00	914.76	74.84	357.11	453.22
10	535.00	513.60	42.80	209.50	226.19
Material II 60% = 2546.13 m ³					
Material III 40% = 1697.42 m ³					

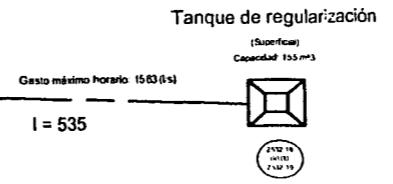
Símbolo	Cuantificación de piezas especiales	
XXXX	Válvula tipo compuerta de 10" Ø	2
XXXX	Válvula tipo compuerta de 6" Ø	12
XXXX	Válvula tipo compuerta de 4" Ø	30
XXXX	Válvula tipo compuerta de 2" Ø	1
XXXX	Cruz de loto de 4" Ø	4
XXXX	Cruz de loto de 6" Ø	1
XXXX	Tee de loto de 10" Ø	1
XXXX	Tee de loto de 6" Ø	3
XXXX	Tee de loto de 4" Ø	12
XXXX	Tee de loto de 2" Ø	2
XXXX	Codo de loto de 90° de 10" Ø	14
XXXX	Codo de loto de 90° de 6" Ø	2
XXXX	Codo de loto de 45° de 10" Ø	6
XXXX	Codo de loto de 45° de 6" Ø	1
XXXX	Codo de loto de 22.5° de 10" Ø	1
XXXX	Codo de loto de 22.5° de 6" Ø	3
XXXX	Reducción de loto de 10" a 6" Ø	17
XXXX	Reducción de loto de 6" a 4" Ø	1
XXXX	Reducción de loto de 4" a 2" Ø	4
XXXX	Carrete largo de 500 mm x 2" Ø	2
XXXX	Carrete largo de 500 mm x 4" Ø	1
XXXX	Extremidad de loto de 10" Ø	2
XXXX	Extremidad de loto de 6" Ø	18
XXXX	Extremidad de loto de 4" Ø	85
XXXX	Extremidad de loto de 2" Ø	2
XXXX	Junta Gibault de 10" Ø	16
XXXX	Junta Gibault de 6" Ø	65
XXXX	Junta Gibault de 4" Ø	9
XXXX	Empaque de plomo de 10" Ø	42
XXXX	Empaque de plomo de 6" Ø	133
XXXX	Empaque de plomo de 4" Ø	1
XXXX	Empaque de plomo de 2" Ø	
XXXX	Fornillos con cabeza y torca escayola de 4" x 2" Ø	106
XXXX	4" x 2" Ø	272
XXXX	4" x 2" Ø	344
XXXX	4" x 2" Ø	1
XXXX	Caja 4	8
XXXX	Bola obturadora	8
XXXX	Plata a estrenar	8

Válvula	Cruce Número
Incendio	4, 7, 11, 15, 21
Seccionamiento	25, 31, 45
	1, 3, 5, 6, 7, 8
	9, 11, 12, 13, 14, 17
	25, 29, 32

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Planta



Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería	
Red de Distribución de Agua Potable para la población: San Diego Huehualco, Estado de México.	
Realizó: Moreno Posadas Raúl Navarrete Turco Israel	Escala 1:2000 Acotaciones en metros
Fecha: 8 de enero del 2003	Plano 2

57-4

3.2. Alcantarillado.

Un medio ambiente insalubre se corrige o se mejora mediante obras de saneamiento, cuyo objeto es prevenir y evitar enfermedades, eliminando el efecto nocivo del medio sobre el individuo para lograr un mejor estado de salud física, mental y moral e incrementar la potencialidad económica.

Los habitantes del medio rural, que constituyen la gran mayoría de nuestra población, viven en medios carentes de los servicios sanitarios más indispensables y muchas veces viven en habitaciones que son verdaderos tugurios en peligrosa y nociva aglomeración de personas y animales.

Es obvio que la carencia de servicios sanitarios, aún los más primitivos, obliga a las personas a defecar al aire libre, favoreciendo el fecalismo en el suelo, contaminando peligrosamente el medio ambiente y haciendo inaprovechables las escasas fuentes de provisión de agua.

Las consecuencias de vivir en ese ambiente de higiene excesivamente descuidado, se manifiesta, primero, en abundantes enfermedades, muchas de ellas graves, con elevados índices de mortalidad y, finalmente, en miseria económica y moral tanto individual como colectiva.

Para solucionar el problema antes mencionado es necesario llevar a cabo los proyectos de alcantarillado sanitario y pluvial considerando la normatividad de la Comisión Nacional del Agua, que establece que se realicen por separado los proyectos y construcción de estos sistemas.

3.2.1. Cálculo de las redes.

3.2.1.1. Red de alcantarillado sanitario.

Para llevar a cabo el proyecto de alcantarillado sanitario se consideran los datos de proyecto siguientes:

- Área de proyecto: 50 (Ha)
- Densidad: 120 (hab/Ha)
- Población proyecto: 6000 (hab)
- Dotación: 125 (l/hab/día)
- Aportación: 100 (l/hab/día)
- Período de diseño: 30 años
- Gasto mínimo: 3.47 (l/s)
- Gasto medio: 6.94 (l/s)
- Gasto máximo instantáneo: 22.0 (l/s)

- Gasto máximo extraordinario: 33.0 (l/s)
- Fórmulas a utilizar: *Manning* y *Harmon*.

Para este proyecto se utilizara el trazo de bayoneta que se define de la siguiente manera:

Se define trazo de bayoneta al trazo que iniciando en una "cabeza de atarjea" tiene un desarrollo en zig-zag o en "escalera" con deflexión horizontal o caída vertical en cada crucero de calle o cada pozo de visita hasta su entronque con el subcolector o colector donde haga su aportación.

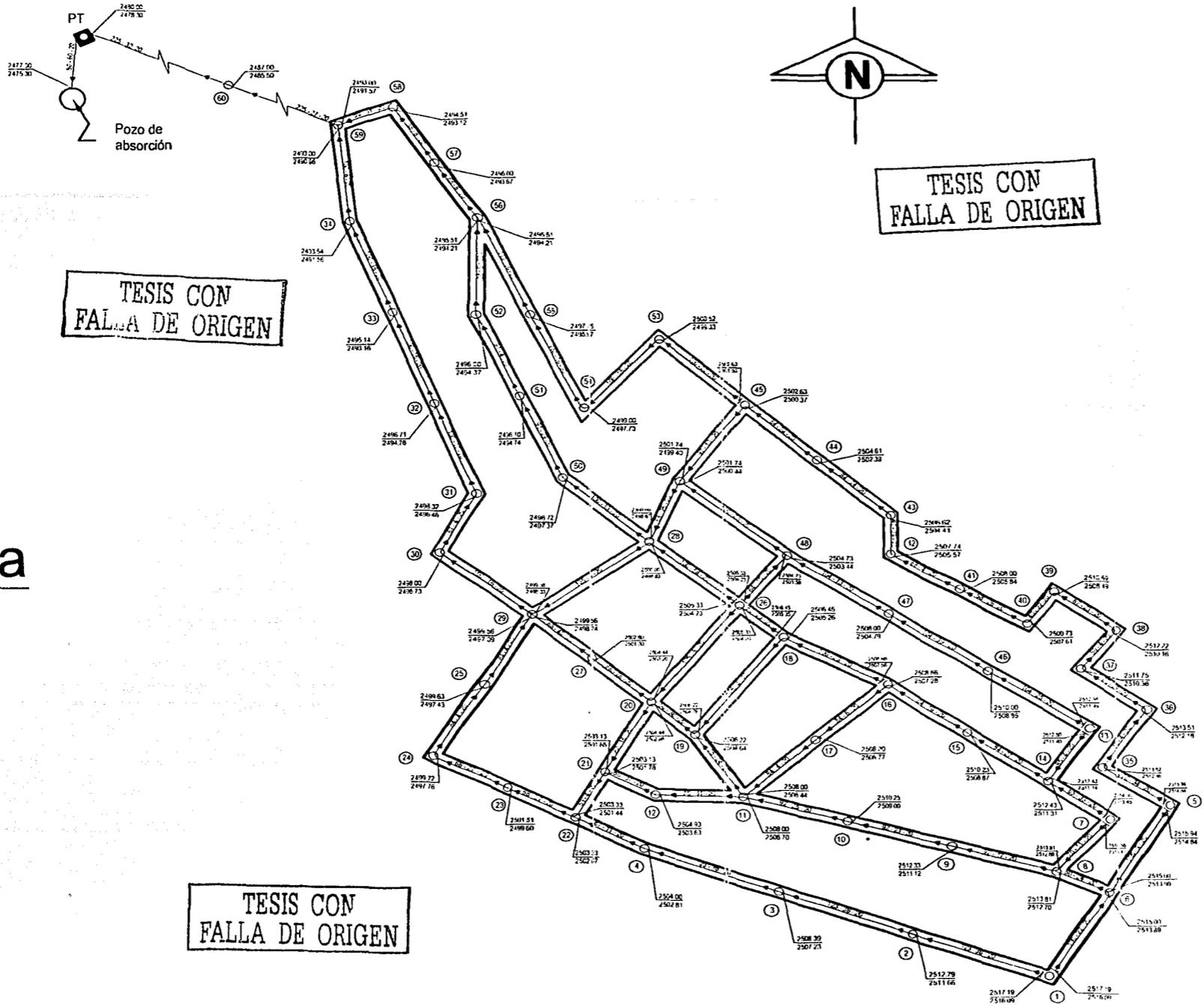
La utilización de este tipo de trazo tiene grandes ventajas, tales como evitar el uso de muchas cabezas de atarjeas, permitir un mayor desarrollo de las atarjeas para facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido gradualmente, desde gastos mínimos a gastos máximos para pasar a otra atarjea de mayor diámetro, logrando con ello aprovechar plenamente la capacidad de cada uno de los conductos. Sin embargo, la dificultad que existe en su utilización es que el trazo requiere de terrenos con pendientes más o menos estables y definidas sin elevaciones, contrapendientes o sinuosidades profundas.

A continuación se presentan las *tablas de cálculo hidráulico de la red de alcantarillado sanitario*.

El plano "3" presenta la red de alcantarillado sanitario, resultado de los cálculos de las tablas anteriormente mencionadas.

Tabla de cálculo para la red de alcantariado sanitario. (Pozos de Visita)

TRAMO	LONGITUDES			DENSIDAD (hab/m)	POBLACION (hab)	COEF. DE HARMON	GASTOS				DEPENDIENTE PLANTILLA (M)	DIAMETRO (cm)
	PROPIA	TRIBUTARIA	ACUMULADA				MINIMO	MEDIO	MAX. DST.	MAX. EXT.		
1-2	123		123	1.02240816327	126	3.82	1.50	1.50	5.70	8.55	34.0	20.00
2-3	123		246	1.02240816327	251	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	34.0	20.00
3-4	123		369	1.02240816327	377	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	34.0	20.00
4-22	67		436	1.02240816327	445	3.80	1.40	1.50	5.70	8.55	11.0	20.00
1-8	105		105	1.02240816327	102	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
8-6	105		210	1.02240816327	107	3.80	1.40	1.50	5.70	8.55	9.0	20.00
6-8	50	150	205	1.02240816327	220	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
8-9	50		255	1.02240816327	227	3.85	1.50	1.50	5.70	8.55	11.0	20.00
9-10	50	255	317	1.02240816327	326	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	17.0	20.00
10-11	50		367	1.02240816327	376	3.85	1.50	1.50	5.70	8.55	23.0	20.00
11-12	50		417	1.02240816327	426	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	29.0	20.00
12-21	50		467	1.02240816327	476	3.80	1.40	1.50	5.70	8.55	37.0	20.00
7-14	65		65	1.02240816327	68	3.81	1.50	1.50	5.70	8.55	33.0	20.00
13-14	65		130	1.02240816327	68	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
14-15	64	75	204	1.02240816327	218	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	21.0	20.00
15-16	64		268	1.02240816327	264	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	18.0	20.00
16-17	64		332	1.02240816327	360	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	8.0	20.00
17-11	64		396	1.02240816327	428	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
11-10	76		472	1.02240816327	452	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	14.0	20.00
18-18	100		100	1.02240816327	102	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	23.0	20.00
18-19	100		200	1.02240816327	230	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
19-20	50	481	531	1.02240816327	813	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	36.0	20.00
20-21	62		608	1.02240816327	616	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	16.0	20.00
21-22	62	720	782	1.02240816327	1174	3.84	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
22-23	62	340	720	1.02240816327	882	3.55	1.50	2.58	9.14	13.71	27.0	20.00
23-24	65		785	1.02240816327	950	3.54	1.50	2.68	9.43	14.10	27.0	20.00
24-25	64		849	1.02240816327	984	3.50	1.50	2.74	9.74	14.57	4.0	20.00
25-29	64		913	1.02240816327	1048	3.51	1.50	2.84	10.03	15.04	4.0	20.00
18-26	70		70	1.02240816327	54	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
26-30	125		125	1.02240816327	138	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	8.0	20.00
30-27	70		233	1.02240816327	248	3.80	1.40	1.50	5.70	8.55	26.0	20.00
27-29	64		317	1.02240816327	317	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	45.0	20.00
26-28	130		130	1.02240816327	102	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	54.0	20.00
28-29	125		255	1.02240816327	230	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
29-30	125	215	370	1.02240816327	315	3.80	1.60	3.61	12.36	18.54	14.0	20.00
30-31	67		437	1.02240816327	434	3.32	1.84	3.28	12.60	18.91	4.0	20.00
31-32	100		537	1.02240816327	506	3.50	1.99	3.80	12.66	19.44	17.0	20.00
32-33	100		637	1.02240816327	558	3.50	3.02	3.92	13.32	19.98	16.0	20.00
33-34	100		737	1.02240816327	610	3.34	2.00	4.04	13.48	20.51	16.0	20.00
34-38	100		837	1.02240816327	760	3.37	2.08	4.16	14.03	21.04	6.0	20.00
35-35	70		70	1.02240816327	74	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
35-36	70		140	1.02240816327	141	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
36-37	70		210	1.02240816327	214	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	28.0	20.00
37-38	70		280	1.02240816327	285	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	28.0	20.00
38-39	70		350	1.02240816327	354	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
39-40	70		420	1.02240816327	424	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	22.0	20.00
40-41	68		488	1.02240816327	484	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
41-42	68		556	1.02240816327	558	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	4.0	20.00
42-43	68		624	1.02240816327	628	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	28.0	20.00
43-44	64		688	1.02240816327	680	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
44-45	64		752	1.02240816327	736	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	24.0	20.00
45-48	64		816	1.02240816327	804	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	10.0	20.00
49-48	104		104	1.02240816327	116	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	25.0	20.00
48-47	104		208	1.02240816327	212	3.80	1.60	1.50	5.70	8.55	19.0	20.00
47-49	104		312	1.02240816327	316	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	13.0	20.00
50-48	104		416	1.02240816327	420	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	19.0	20.00
48-40	104	110	406	1.02240816327	506	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	25.0	20.00
48-38	104	220	510	1.02240816327	610	3.80	1.60	1.62	6.00	9.00	20.0	20.00
38-50	104	330	614	1.02240816327	714	3.80	1.50	1.74	6.80	9.56	13.0	20.00
50-51	68		68	1.02240816327	156	3.64	1.50	1.85	8.76	10.13	20.0	20.00
51-52	68		136	1.02240816327	168	3.64	1.50	1.95	7.11	10.67	4.0	20.00
52-56	104		372	1.02240816327	392	3.80	1.50	2.07	11.50	13.20	4.0	20.00
53-53	104		104	1.02240816327	102	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	22.0	20.00
53-54	104		208	1.02240816327	204	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	16.0	20.00
54-55	104		312	1.02240816327	308	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	16.0	20.00
55-58	104		416	1.02240816327	420	3.80	1.50	1.50	5.70	8.55	18.0	20.00
58-57	68	174	242	1.02240816327	278	3.54	1.50	2.65	9.37	14.06	8.0	20.00
57-58	68		310	1.02240816327	328	3.52	1.50	2.73	8.63	14.44	6.0	20.00
58-59	68		378	1.02240816327	396	3.52	1.50	2.79	8.82	14.72	4.0	20.00
59-60	70	5880	6050	1.02240816327	6230	3.16	3.61	7.21	22.75	34.72	27.0	20.00
60-61	70		6730	1.02240816327	6900	3.16	3.74	7.48	23.18	35.20	33.0	20.00
61-66	60		6180	1.02240816327	6450	3.14	3.77	7.53	23.64	35.45	63.0	20.00



Planta

Datos de Proyecto	
Formulas utilizadas: Manning y Hamon	
Dotación: 125 (l/hab/día)	Gastos de diseño
Aportación: 100 (l/hab/día)	Gasto mínimo: 3.47 (l/s)
Población proyecto: 6000 (hab)	Gasto medio: 6.94 (l/s)
Área de proyecto: 28 (Ha)	Gasto máximo instantáneo: 22.0 (l/s)
Densidad: 215 (hab/ha)	Gasto máximo extraordinario: 33.0 (l/s)
Periodo de diseño: 30 (años)	

Cantidad de Obra	
Excavación:	8003.20 (m³)
Plantilla:	414.70 (m³)
Relleno:	7388.07 (m³)
Ancho de zanja:	0.65 (m)
Longitud total de 20 (cm) de Ø:	5880(m)

Cuantificación de Pozos	
Profundidad (m)	Cantidad
1.25	18
1.50	11
1.75	3
2.25	10
2.50	6
2.75	4
3.00	2
3.50	6

Símbolos	
Cabeza de atarjeo	
Pozo de visita común	
Elevación del terreno	28.35
Elevación de plantilla	26.35
Longitud - Pendiente - Diámetro	100 - 2 - 45 (m. - ptes. - cm)

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería	
Red de Alcantarillado Sanitario para la población: San Diego Huehualcalco, Estado de México.	
Realizó: Moreno Posadas Raúl Navarrete Turcio Israel	Escala: 1:2000 Acolaciones en metros
Fecha: 14 de enero del 2003	Plano 3

34-3

3.2.1.2. Red de alcantarillado pluvial.

La función de un sistema de alcantarillado para aguas pluviales es la remoción del agua de lluvia que se capta en calles y áreas verdes, para prevenir daños e inundaciones.

El problema que se presenta es elegir la tormenta adecuada para poder diseñar el sistema de alcantarillado pluvial, ya que no es común proyectar para la tormenta mas severa, considerándose mas económico el aceptar daños, inundaciones y molestias que resultan de vez en cuando.

Para este proyecto se utilizara el método racional americano, que consiste en aplicar la fórmula aritmética expresada como sigue:

$$Q = 2.778CiA$$

donde:

Q = Gasto pluvial en (l/s).

C = Coeficiente de escurrimiento.

I = Intensidad de lluvia en (mm/hora)

A = Area de aportación en hectáreas.

2.778= constante que uniformiza las unidades utilizadas para obtener el gasto en (l/s).

De la expresión se deduce que "Q" es máximo cuando la totalidad del área por drenar es tributaria al punto de concentración, de los factores incluidos en la ecuación, "C" se estima con base a las características del área por drenar, "I" se determina para una tormenta de duración igual al tiempo de concentración y "A" se obtiene a partir de un plano regional topográfico.

Para obtener el tiempo de concentración se suman al tiempo de ingreso y el tiempo de escurrimiento:

$$tc = ti + te$$

A continuación se define detalladamente cada uno de los parámetros de este método:

Intensidad de lluvia:

Es la cantidad promedio de lluvia que cae en una tormenta, se mide al dividir el volumen total de lluvia precipitada entre el tiempo de duración de la tormenta, aunque no proporciona la información necesaria para llevar a cabo el proyecto de alcantarillado pluvial. Para poder proyectar el sistema se requiere la rapidez de la variación de la altura de lluvia con respecto al tiempo, que se suele llamar *Intensidad de lluvia*.

En general la intensidad de lluvia se refiere al valor medio de la misma y corresponde a la relación entre la altura total de la precipitación ocurrida y el tiempo de duración de la tormenta, es decir:

$$I = \frac{h}{t}$$

en donde:

I = Intensidad de lluvia en (mm/hora).

h = Altura de lluvia en (cm).

t = Tiempo de duración de la lluvia en minutos.

Coefficiente de escurrimiento:

No toda el agua que cae en una tormenta escurre por la superficie. Primeramente en los lugares donde hay vegetación, es detenida por las hojas, después se evapora de acuerdo a la temperatura ambiente. Enseguida se satura el suelo y por ultimo escurre por la superficie. A esta parte de la lluvia se le llama lluvia en exceso y representa solamente una parte del total de lluvia que cae.

El coeficiente de escurrimiento es la relación que hay entre el volumen de agua que escurre por la superficie y el volumen llovido, y se le representa por la letra "C".

$$C = \frac{\text{agua que escurre}}{\text{agua llovida}}$$

Los principales factores que determinan el coeficiente de escurrimiento son: la permeabilidad, evaporación, vegetación y la distribución no uniforme de la lluvia.

Existen formulas para determinar el coeficiente de escurrimiento en función del tiempo de duración de la lluvia, entre las que se mencionan las siguientes:

• Fórmula de Gregory: $C = 0.175\sqrt[3]{t}$

• Fórmula de Mc Gee:

Superficies impermeables $C = \frac{t}{8+t}$

Superficies permeables $C = \frac{t}{15+t}$

Superficies muy permeables

$$C = \frac{t}{20 + t}$$

Para fines prácticos se le han asignado valores a "C", puesto que para alcantarillado, no es necesaria tanta precisión como los que dan las fórmulas anteriores.

Estimación de gastos:

Existen varios métodos para estimar los gastos pluviales, los cuales consideran el área de captación, la intensidad de lluvia, que a su vez es función del tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es el tiempo que teóricamente tardaría la gota de lluvia más alejada que cae en el área de aportación, en llegar al punto de concentración.

En los sistemas de alcantarillado, el tiempo de concentración esta formado por dos tiempos; el primero llamado tiempo de ingreso (t_i) y el segundo llamado tiempo de escurrimiento (t_e).

El tiempo de ingreso (t_i) se define como el tiempo que tarda teóricamente en escurrir una gota de lluvia, hasta entrar a la primer coladera de una atarjea. El tiempo depende de la rugosidad de la superficie del terreno, de la capacidad de infiltración del terreno y de la inclinación de la pendiente del área.

Como es imposible conocer el tiempo de ingreso con exactitud se acostumbra tomando como una duración de 5 a 20 minutos, sin embargo para fines prácticos se utilizan los siguientes valores:

- En poblaciones pavimentadas $T_i = 5$ minutos.
- En zonas comerciales con pendientes suaves y distancias grandes entre coladeras $T_i = 10$ a 15 minutos.
- En áreas residenciales planas $T_i = 20$ minutos.

El tiempo de escurrimiento (t_e) se define como el tiempo que tarda en escurrir la gota de agua dentro de las atarjeas, generalmente se tomara el tiempo entre dos pozos de visita consecutivos.

El tiempo de escurrimiento (t_e) se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_e = \frac{L}{60 V}$$

en donde:

te = Tiempo de escurrimiento en la tubería en minutos.

L = Longitud del tramo de tubería en metros.

V = Velocidad media del agua en la tubería en (m/s) = 1(m/s).

Como la velocidad medida del agua no se puede establecer a priori, se pueden hacer tanteos y suponerla de acuerdo a la pendiente del terreno.

Teniendo el tiempo de concentración (t_c) se sustituye el valor en las ecuaciones de intensidad obtenidas anteriormente.

Para el caso que nos ocupa se utiliza la fórmula para tormentas ordinarias de la Ciudad de México:

$$i = \frac{448}{t_c + 22}$$

A continuación se presentan las *tablas de cálculo hidráulico de la red de alcantarillado pluvial*.

En el plano "4" se presenta la red de alcantarillado pluvial, resultado de los cálculos de las tablas anteriormente mencionadas.

Tabla de cálculo para la red de alcantarillado pluvial. (Pozos de Caída)

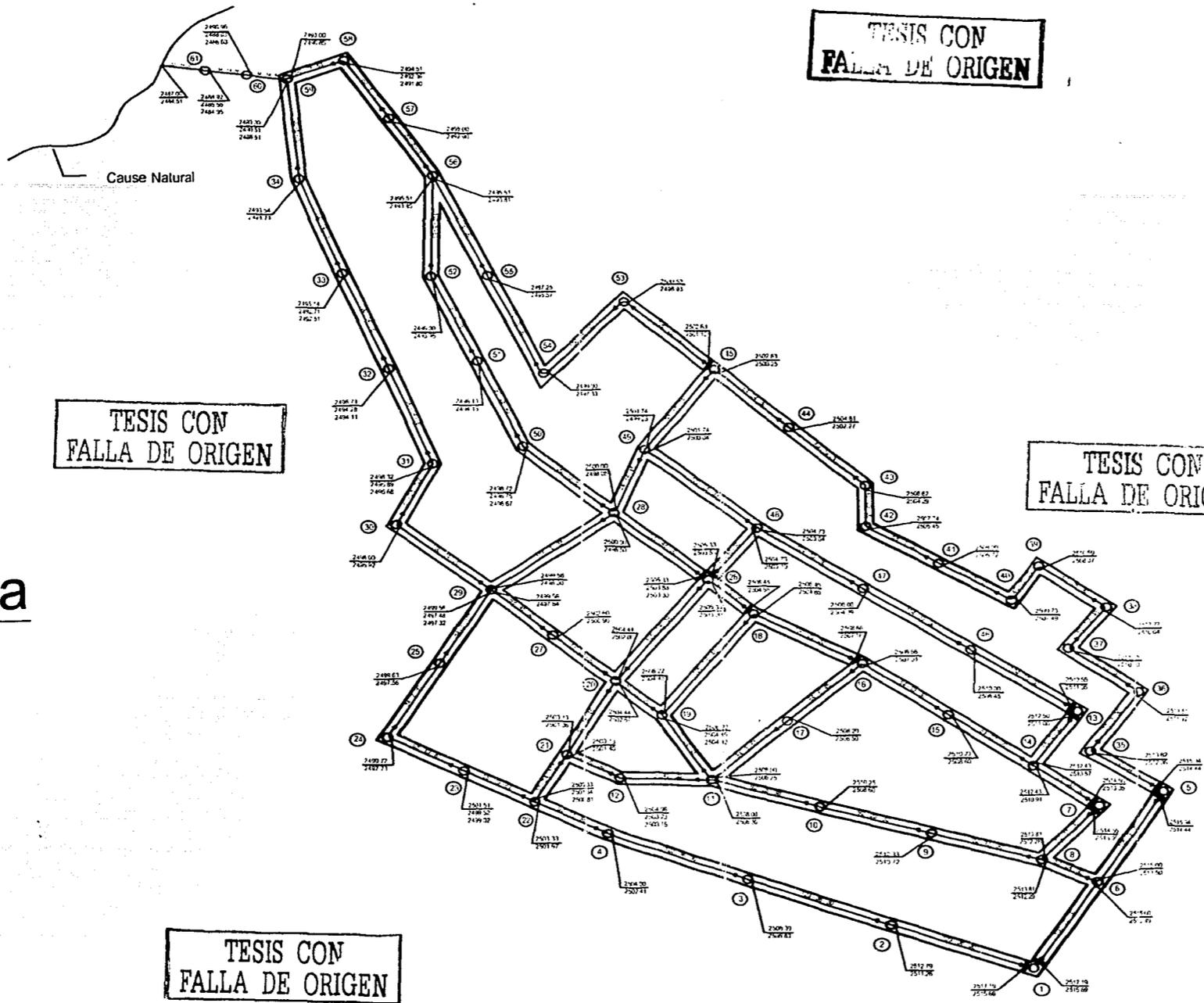
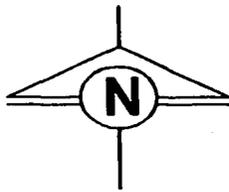
TRAMO	LONGITUD (m)	ÁREAS (ha)			COEF. DE ESCURR. C	TIEMPOS (min)			INTENSIDAD (mm/hr)	GASTO PLUVIAL (l/s)	GASTO DISEÑO (l/s)	COTAS DEL TERRENO		PENDIENTE DEL TERRENO %
		PROPIA	TRIBUTARIA	ACUMULADA		INGRESO	ESCURR	CONCEN				INICIAL	FINAL	
12 - 21	50											2504.96	2503.13	
19 - 20	50											2506.22	2504.44	
22 - 23	68											2503.33	2501.51	
23 - 24	68											2501.51	2499.72	
26 - 28	100											2505.33	2500.00	
29 - 30	100											2499.56	2498.00	
31 - 32	100											2498.32	2496.71	
32 - 33	100											2496.71	2495.14	
33 - 34	100											2495.14	2493.54	
50 - 51	91											2498.72	2496.10	
58 - 59	50											2494.51	2493.00	
59 - 60	34											2493.00	2490.96	
60 - 61	34											2490.96	2488.92	
61 - DESC.	32											2488.92	2487.00	

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TRAMO	PENDIENTE DE PLANTILLA Sp	DIÁMETRO (cm)	CONDICIONES A TUBO LLENO		VELOCIDADES		COTAS DE PLANTILLA		ANCHO DE ZANJA (cm)	PROFUNDIDAD			VOLUMENES (m ³)			OBSERVACIONES
			VEL (m/s)	Q (l/s)	REAL	PROPUESTA	INICIAL	FINAL		POZO	MEDIA	EXCAVACIÓN	PLANTILLA	RELLENO		
12 - 21		38.0					2503.23 2503.15	2501.40	90	1.81	1.73	1.77	79.65	20.18	53.80	POZO DE CAIDA
19 - 20		34.0					2504.45 2504.42	2502.67	90	1.80	1.77	1.785	80.32	20.35	54.31	POZO DE CAIDA
22 - 23		51.0					2501.34 2500.81	2499.52	120	2.52	1.99	2.255	184.01	56.12	108.01	POZO DE CAIDA
23 - 24		61.0					2493.52 2499.02	2497.73	120	2.49	1.99	2.24	182.78	55.75	107.16	POZO DE CAIDA
26 - 28		30.0					2503.83 2503.30	2498.50	83	2.03	1.50	1.755	141.20	31.77	102.36	POZO DE CAIDA
29 - 30		76.0					2487.49 2487.32	2495.92	140	2.24	2.08	2.16	302.40	98.50	158.54	POZO DE CAIDA
31 - 32		76.0					2495.89 2495.68	2494.28	140	2.64	2.43	2.535	354.90	115.60	193.94	POZO DE CAIDA
32 - 33		76.0					2494.28 2494.11	2492.71	140	2.60	2.43	2.515	352.10	114.68	192.05	POZO DE CAIDA
33 - 34		76.0					2492.71 2492.51	2491.11	140	2.63	2.43	2.53	354.20	115.37	193.47	POZO DE CAIDA
50 - 51		45.0					2495.75 2496.67	2494.13	100	2.05	1.97	2.01	182.91	49.39	119.05	POZO DE CAIDA
58 - 59		61.0					2492.36 2491.80	2490.85	120	2.71	2.15	2.43	145.80	44.47	86.72	POZO DE CAIDA
59 - 60		76.0					2490.51 2488.51	2488.03	140	4.49	2.93	3.71	176.60	57.52	103.65	POZO DE CAIDA
60 - 61		76.0					2485.03 2485.55	2485.55	140	4.93	3.37	4.15	197.54	64.34	117.77	POZO DE CAIDA
61 - DESC.		76.0					2484.95 2484.51	2484.51	140	3.97	2.49	3.23	144.70	47.13	83.06	POZO DE CAIDA
												2879.12	891.16	1673.89		

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

58-4



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Planta

Datos de Proyecto	
Gastos de diseño	
Población proyecto: 6000 (hab)	
Área de proyecto: 28 (Ha)	
Área de la cuenca: 10.4 (Ha)	
Densidad: 215 (hab/ha)	
Período de diseño: 30 (años)	Coefficiente de escurrimiento: 0.85
Cantidad de Obra	
Excavación: 9.618 15 (m ³)	
Plantilla: 1.477.30 (m ³)	
Relleno: 7.226.42 (m ³)	
Ancho de zanja: 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.75, 1.9, 2.15 (m)	
Longitud total de 30 (cm) de: 0: 2922 (m)	
Longitud total de 38 (cm) de: 0: 898 (m)	
Longitud total de 45 (cm) de: 0: 575 (m)	
Longitud total de 61 (cm) de: 0: 470 (m)	
Longitud total de 76 (cm) de: 0: 827 (m)	
Longitud total de 91 (cm) de: 0: 84 (m)	
Longitud total de 107 (cm) de: 0: 137 (m)	
Longitud total de 122 (cm) de: 0: 67 (m)	
Cuantificación de Pozos	
Profundidad (m)	Cantidad
1.50	5
1.75	22
2.00	7
2.25	11
2.50	9
2.75	5
5.00	2
Símbolos	
Cabeza de arrieta	
Pozo de visita común	
Elevación del terreno	28.35
Elevación de plantas	26.35
Longitud - Pertenencia - Diámetro	100 - 2.45 m - máx. (cm)

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería	
Red de Alcantarillado Pluvial para la población: San Diego Huehuecalco, Estado de México.	
Realizó: Moreno Posadas Raúl Navarrete Turcio Ismael	Escala 1:2000 Acotaciones en metros
Fecha: 3 de febrero del 2003	Plano 4

3.3. Tratamiento de las aguas residuales.

Las aguas negras domésticas e industriales, lesionan gravemente la vida humana y animal si no tienen un buen tratamiento y una correcta disposición. Es por ello que es importante la instalación de una planta de tratamiento cuando se tenga un sistema de alcantarillado sanitario, con el objeto de mejorar la calidad del agua desechada al medio ambiente.

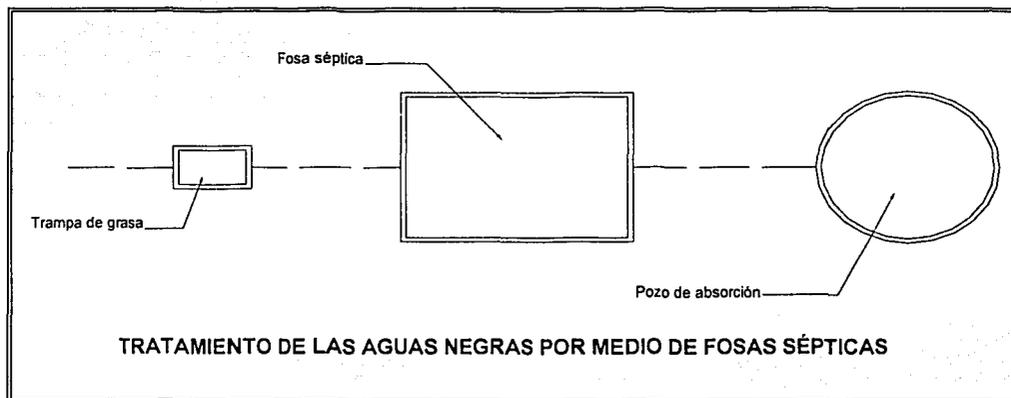
3.3.1. Etapa recomendada para este proyecto.

Por razones de economía y del tamaño de la población se recomienda una etapa primaria de tratamiento de las aguas residuales que consistirá básicamente en:

- Trampa de grasa.
- Fosa séptica.
- Pozo de absorción.

A continuación se representara por medio de un diagrama el proceso de tratamiento de la etapa primaria recomendada.

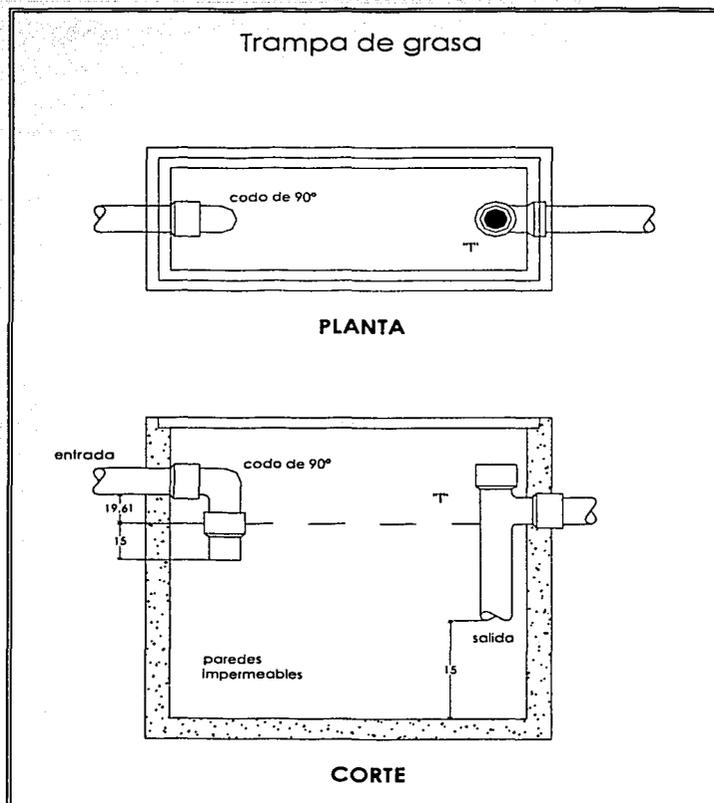
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Trampa de grasa:

Las trampas de grasa son dispositivos de fácil construcción que deben instalarse cuando se eliminan desechos grasos. Deben colocarse antes del tanque séptico y contar con una tapa para limpiarlos frecuentemente. Es preferible ubicarlos en lugares sombreados para mantener bajas temperaturas en su interior para evitar malos olores.

A continuación se presenta un esquema muy general que representa el funcionamiento y operación de una trampa de grasa para poblaciones pequeñas



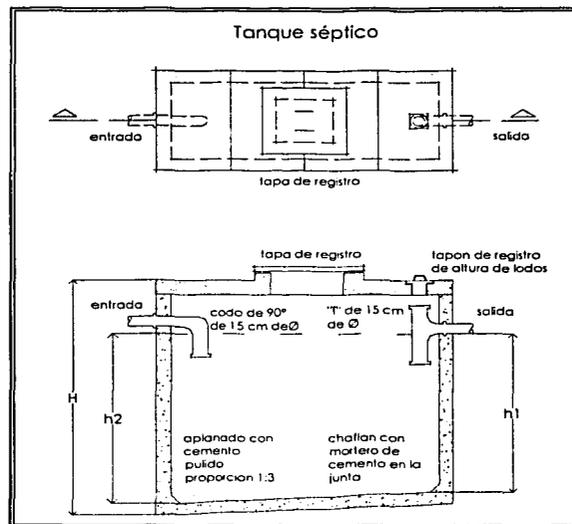
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fosa séptica:

La función más importante de una fosa séptica es proporcionar protección a la capacidad absorbente del suelo.

Tres funciones tienen lugar dentro de la fosa para proporcionar esta protección:

1. Eliminación de sólidos: El atascamiento del suelo con el efluente de la fosa varía directamente con la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido. A medida que el agua negra proveniente del alcantarillado de la población entra en la fosa séptica, su velocidad de flujo se reduce de tal forma que los sólidos mayores se hunden al fondo o suben a la superficie. Estos sólidos se retienen en el depósito y el efluente clarificado es descargado.
2. Tratamiento biológico: Los sólidos o líquidos en la fosa son sometidos a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad llamada anaerobia que prosperan en ausencia de oxígeno libre. Esta descomposición o tratamiento de aguas negras en condiciones anaerobias es llamada "séptica", de aquí el nombre de la fosa.
3. Almacenamiento de cieno y natas: Cieno es la acumulación de sólidos en el fondo de la fosa, mientras que las natas son un conjunto, parcialmente sumergido, de sólidos flotantes que pueden formarse en la superficie del líquido dentro de la fosa séptica.

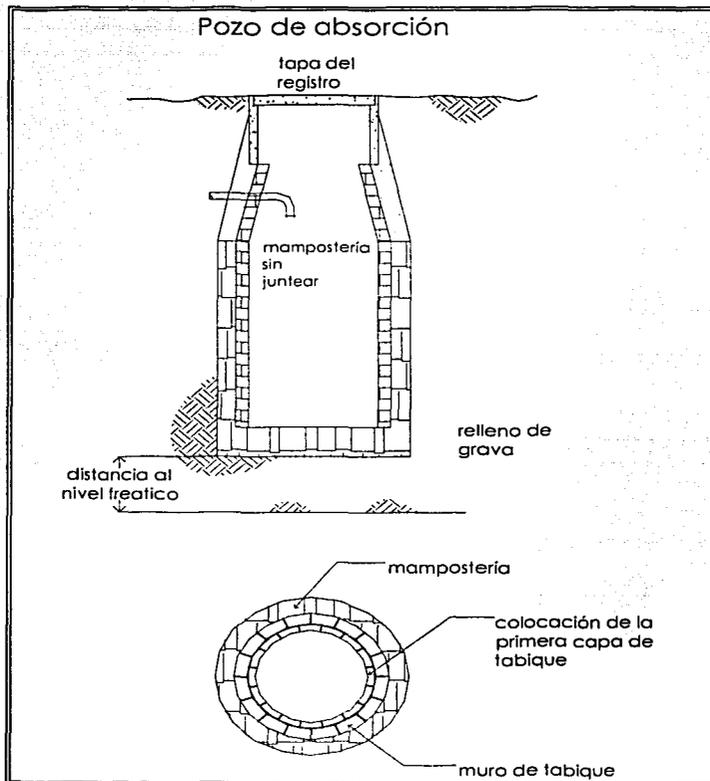


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Pozo de absorción:

Los pozos de absorción deben construirse a más de 30 metros de pozos y fuentes de agua potable, preferentemente en la parte más baja del terreno. No deben de construirse en lugares donde existan grietas en el terreno o en las rocas que puedan permitir que la materia que contienen circule por ellos hacia fuentes o pozos de agua.

El medio más recomendable para la oxidación de las aguas negras es la tierra y el método más adecuado es el pozo de absorción, en donde las aguas se infiltran al subsuelo a través de las paredes y pisos permeables. Las dimensiones y número de pozos necesarios dependerán de la permeabilidad del terreno y se diseñarán de acuerdo con la experiencia que se tenga en la región en la que se construya el pozo de absorción.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. PRESUPUESTOS

Presupuestar una obra civil de este tipo conlleva muchos factores por analizar, desde el proyecto mismo hasta la situación económica del país, pasando por la dificultad de su realización, lo que la hace difícil de presupuestar y llevarla a cabo.

Para efectos de este proyecto no se realizará el análisis de precios unitarios, debido a que no es objetivo de este trabajo su análisis, por lo que se utilizará el Catálogo General de Precios Unitarios para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado edición 2002, publicado por la Comisión Nacional del Agua, para obtener el presupuesto de la obra.

En el presente capítulo se determinará el presupuesto del proyecto de agua potable, que incluye la línea de conducción y la red de distribución; así como el proyecto de alcantarillado, que a su vez incluye la red de alcantarillado sanitario y la red de alcantarillado pluvial.

4.1. Agua potable.

El presupuesto del proyecto de agua potable incluye la línea de conducción y red de distribución, el presupuesto de la línea de conducción no incluye el tanque de regularización, ya que se deberá adaptar a planos tipo y sus respectivos costos de construcción, los cuales varían continuamente.

En el caso de la red de distribución no se incluirá el suministro e instalación de las tomas domiciliarias ya que parte de la población no se encuentra fraccionada y se corre el riesgo de cuantificar erróneamente el número de tomas domiciliarias que se tendrá en el futuro.

A continuación se presentan las *tablas de cálculos del presupuesto del proyecto de agua potable*

Presupuesto del Proyecto de Agua Potable (Línea de Conducción)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
LIMPIEZA Y TRAZO EN EL ÁREA DE TRABAJO.	m²	1510	5.13	7746.30
EXCAVACIÓN CON EQUIPO PARA ZANJAS EN MATERIAL COMÚN 0-6m	m³	906	9.47	8579.82
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 4" DE DIÁMETRO	m	1510	80.00	120800.00
PLANTILLA COMPACTADA	m³	72.48	61.00	4421.28
INSTALACIÓN, JUNTEO Y PRUEBA DE DE TUBERÍA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 4"	m	1510	3.97	5994.70
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA TIPO 2 CON MARCO Y TAPA	pieza	2	2933.91	5867.82
SUMINISTRO DE VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO DE FOFO DE 4" DE DIÁMETRO	pieza	2	952.00	1904.00
SUMINISTRO DE VÁLVULA DE FLOTADOR DE 2" DE DIÁMETRO	pieza	1	6220.00	6220.00
SUMINISTRO DE JUNTA GIBAULT COMLETA DE 4" DE DIÁMETRO	pieza	4	109.00	436.00
SUMINISTRO DE REDUCCIÓN DE 4" x 2"	kg	11	15.01	165.11
SUMINISTRO DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 4" DE DIÁMETRO	kg	72	10.04	722.88
SUMINISTRO DE TEE DE FOFO DE 4" DE DIÁMETRO	kg	35	15.25	533.75
SUMINISTRO DE CODO DE 45° DE 4" DE DIÁMETRO	kg	36	15.25	549.00
SUMINISTRO DE CARRETE LARGO DE 500mm DE 4" DE DIÁMETRO	kg	78	15.25	1189.50
SUMINISTRO DE EMPAQUES DE PLOMO DE 4" DE DIÁMETRO	pieza	10	17.00	170.00
SUMINISTRO DE EMPAQUES DE PLOMO DE 2" DE DIÁMETRO	pieza	1	6.00	6.00
SUMINISTRO DE TORNILLOS Y TUERCA DE 2.5"x5/8"	pieza	4	8.00	32.00
SUMINISTRO DE TORNILLOS Y TUERCA DE 3"x5/8"	pieza	80	9.00	720.00
INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO DE FOFO DE 4" DE DIÁMETRO	pieza	2	123.23	246.46
INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE FLOTADOR DE 2" DE DIÁMETRO	kg	20	2.56	51.20
INSTALACIÓN DE JUNTA GIBAULT COMLETA DE 4" DE DIÁMETRO	kg	22.8	2.56	58.37
INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN DE 4" x 2"	kg	11	2.56	28.16
INSTALACIÓN DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 4" DE DIÁMETRO	kg	72	2.56	184.32
INSTALACIÓN DE TEE DE FOFO DE 4" DE DIÁMETRO	kg	35	2.56	89.60
INSTALACIÓN DE CODO DE 45° DE 4" DE DIÁMETRO	kg	36	2.56	92.16
INSTALACIÓN DE CARRETE LARGO DE 500mm DE 4" DE DIÁMETRO	kg	78	2.56	199.68
INSTALACIÓN DE EMPAQUES DE PLOMO DE 4" DE DIÁMETRO	kg	3.61	2.56	9.24
INSTALACIÓN DE EMPAQUES DE PLOMO DE 2" DE DIÁMETRO	kg	0.152	2.56	0.39
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE BANCO	m³	355.9	54.38	19353.84
RELLENO A VOLTEO CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m³	459.34	4.89	2246.17

TOTAL	\$188,617.75
--------------	---------------------

(Red de Distribucion.)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
TRAZO Y CORTE DE PAVIMENTO HIDRAULICO	m	5890	16 85	99078 00
RUPTURA Y DEMOLICION DE PAVIMENTO HIDRAULICO	m²3	547 20	97 01	53092 50
EXCAVACION PARA ZAJIJAS EN MATERIAL COMUN 0-6m	m³3	4243 56	0 47	40186 51
SUMINISTRO DE TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 4" DE DIAMETRO	m	4602	80 00	373360 00
SUMINISTRO DE TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 6" DE DIAMETRO	m	1188	144 00	171072 00
SUMINISTRO DE TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 10" DE DIAMETRO	m	535	230 00	123050 00
PLANILLA COMPACTADA	m²3	342 9	61 00	20910 80
INSTALACION DE TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 4" DE DIAMETRO	m	4602	31 87	146724 00
INSTALACION DE TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 6" DE DIAMETRO	m	1188	6 23	7401 24
INSTALACION DE TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE CLASE A-5 DE 10" DE DIAMETRO	m	535	12 75	6821 25
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO 2 CON MARCO Y TAPA	pieza	9	2933 91	26405 19
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO 5 CON MARCO Y TAPA	pieza	2	4346 26	8692 52
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO 7 CON MARCO Y TAPA	pieza	1	8811 14	8811 14
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO 9 CON MARCO Y TAPA	pieza	3	4448 84	13346 52
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO 10 CON MARCO Y TAPA	pieza	4	4819 94	4819 94
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO 12 CON MARCO Y TAPA	pieza	3	39942 78	119828 34
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA TIPO ESPECIAL CON MARCO Y TAPA	pieza	2	8748 05	17496 10
SUMINISTRO DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 10"	pieza	2	4388 00	8776 00
SUMINISTRO DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 6"	pieza	12	1656 00	19872 00
SUMINISTRO DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 4"	pieza	30	652 00	28560 00
SUMINISTRO DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 2"	pieza	1	455 00	455 00
SUMINISTRO DE CRUZ DE FOFO DE 4" DE DIAMETRO	kg	140	15 25	2135 00
SUMINISTRO DE CRUZ DE FOFO DE 6" DE DIAMETRO	kg	49	15 25	747 25
SUMINISTRO DE TEE DE FOFO DE 10x6" DE DIAMETRO	kg	103	15 25	1570 75
SUMINISTRO DE TEE DE FOFO DE 6x4" DE DIAMETRO	kg	126	15 25	1921 50
SUMINISTRO DE TEE DE FOFO DE 6" DE DIAMETRO	kg	264	15 25	4026 00
SUMINISTRO DE TEE DE FOFO DE 4" DE DIAMETRO	kg	1228	15 25	18727 00
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 10" DE 6" DE DIAMETRO	kg	60	15 25	915 00
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 6" DE 4" DE DIAMETRO	kg	252	15 25	3843 00
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 4" DE 3" DE DIAMETRO	kg	130	15 25	1982 50
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 4" DE 2" DE DIAMETRO	kg	109	15 25	1647 00
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 2" DE 1" DE DIAMETRO	kg	65	15 25	991 25
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 2" DE 1" DE DIAMETRO	kg	78	15 25	1189 50
SUMINISTRO DE CODO DE FOFO DE 2" DE 1" DE DIAMETRO	kg	272	15 25	4148 00
SUMINISTRO DE REDUCCION DE FOFO DE 10x6" DE DIAMETRO	kg	47	15 25	716 75
SUMINISTRO DE REDUCCION DE FOFO DE 6x4" DE DIAMETRO	kg	88	15 25	1342 00
SUMINISTRO DE CARRETE LARGO DE 500mm DE 10" DE DIAMETRO	kg	169	15 25	2567 00
SUMINISTRO DE CARRETE LARGO DE 500mm DE 2" DE DIAMETRO	kg	11	16 01	176 11
SUMINISTRO DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 10" DE DIAMETRO	kg	120	10 04	1204 80
SUMINISTRO DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 6" DE DIAMETRO	kg	504	10 04	5060 16
SUMINISTRO DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 4" DE DIAMETRO	kg	1480	10 04	14868 20
SUMINISTRO DE JUNTA G-BAULT DE 10" DE DIAMETRO	pieza	2	304 00	608 00
SUMINISTRO DE JUNTA G-BAULT DE 6" DE DIAMETRO	pieza	16	152 00	2432 00
SUMINISTRO DE JUNTA G-BAULT DE 4" DE DIAMETRO	pieza	85	100 00	8500 00
SUMINISTRO DE EMPAQUES DE PLOMO DE 10" DE DIAMETRO	pieza	9	63 00	567 00
SUMINISTRO DE EMPAQUES DE PLOMO DE 6" DE DIAMETRO	pieza	42	21 00	882 00
SUMINISTRO DE EMPAQUES DE PLOMO DE 4" DE DIAMETRO	pieza	133	17 00	2261 00
SUMINISTRO DE EMPAQUES DE PLOMO DE 2" DE DIAMETRO	pieza	1	6 00	6 00
SUMINISTRO DE TORNILLOS Y TUERCA DE 7.8*3.75"	pieza	104	21 00	2184 00
SUMINISTRO DE TORNILLOS Y TUERCA DE 3.4*3.5"	pieza	272	14 00	3808 00
SUMINISTRO DE TORNILLOS Y TUERCA DE 1.8*3"	pieza	344	9 00	3096 00
SUMINISTRO DE TORNILLOS Y TUERCA DE 1.6*2.5"	pieza	4	8 00	32 00
SUMINISTRO DE HIDRANTE	pieza	8	1510 00	12080 00
INSTALACION DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 10"	pieza	2	535 40	1070 80
INSTALACION DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 6"	pieza	12	197 89	2374 68
INSTALACION DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 4"	pieza	30	123 23	3696 90
INSTALACION DE VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE 2"	pieza	1	38 48	38 48
INSTALACION DE CRUZ DE FOFO DE 4" DE DIAMETRO	kg	140	2 56	358 40
INSTALACION DE CRUZ DE FOFO DE 6" DE DIAMETRO	kg	49	2 56	125 44
INSTALACION DE TEE DE FOFO DE 10x6" DE DIAMETRO	kg	103	2 56	263 68
INSTALACION DE TEE DE FOFO DE 6x4" DE DIAMETRO	kg	126	2 56	322 56
INSTALACION DE TEE DE FOFO DE 6" DE DIAMETRO	kg	264	2 56	675 84
INSTALACION DE TEE DE FOFO DE 4" DE DIAMETRO	kg	1228	2 56	3143 68
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 10" DE 6" DE DIAMETRO	kg	60	2 56	153 60
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 6" DE 4" DE DIAMETRO	kg	252	2 56	645 12
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 4" DE 3" DE DIAMETRO	kg	130	2 56	332 80
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 4" DE 2" DE DIAMETRO	kg	109	2 56	276 48
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 2" DE 1" DE DIAMETRO	kg	65	2 56	166 40
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 2" DE 1" DE DIAMETRO	kg	78	2 56	199 68
INSTALACION DE CODO DE FOFO DE 2" DE 1" DE DIAMETRO	kg	272	2 56	699 32
INSTALACION DE REDUCCION DE FOFO DE 10x6" DE DIAMETRO	kg	47	2 56	120 32
INSTALACION DE REDUCCION DE FOFO DE 6x4" DE DIAMETRO	kg	88	2 56	225 28
INSTALACION DE CARRETE LARGO DE 500mm DE 10" DE DIAMETRO	kg	169	2 56	430 08
INSTALACION DE CARRETE LARGO DE 500mm DE 2" DE DIAMETRO	kg	11	2 56	28 16
INSTALACION DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 10" DE DIAMETRO	kg	120	2 56	307 20
INSTALACION DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 6" DE DIAMETRO	kg	504	2 56	1290 24
INSTALACION DE EXTREMIDAD DE FOFO DE 4" DE DIAMETRO	kg	1480	2 56	3768 80
INSTALACION DE JUNTA G-BAULT DE 10" DE DIAMETRO	kg	40	2 56	103 20
INSTALACION DE JUNTA G-BAULT DE 6" DE DIAMETRO	kg	168	2 56	430 08
INSTALACION DE JUNTA G-BAULT DE 4" DE DIAMETRO	kg	484 5	2 56	1240 32
INSTALACION DE EMPAQUES DE PLOMO DE 10" DE DIAMETRO	kg	12 438	2 56	31 64
INSTALACION DE EMPAQUES DE PLOMO DE 6" DE DIAMETRO	kg	20 076	2 56	51 39
INSTALACION DE EMPAQUES DE PLOMO DE 4" DE DIAMETRO	kg	48 013	2 56	122 90
INSTALACION DE EMPAQUES DE PLOMO DE 2" DE DIAMETRO	kg	0 2	2 56	0 51
INSTALACION DE HIDRANTE	pieza	8	215 25	1722 00
RELLENOS COMPACTADOS CON MATERIAL DE BANCO	m³3	1672 51	54 38	90951 09
RELLENOS A VOLTEO CON MATERIAL DE EXCAVACION	m³3	2106 71	4 89	10301 81
REHABILITACION DE PAVIMENTO HIDRAULICO	m²2	3646 67	150 65	549370 84

TOTAL \$1,955,694.21

63-2

4.2. Alcantarillado.

El presupuesto del proyecto de alcantarillado incluye la red de alcantarillado sanitario y la red de alcantarillado pluvial. En el caso del alcantarillado sanitario no se incluye el presupuesto de la planta de tratamiento, ya que únicamente se consideró como una recomendación y no como parte del proyecto, por lo que no se cuantificó, además no se considerará el suministro e instalación de las descargas domiciliarias ya que generalmente los propietarios de los predios son los que absorben este gasto.

A continuación se presenta las *tablas de cálculo del presupuesto del proyecto de alcantarillado*, con las reservas antes mencionadas. Posteriormente, se incluye una *tabla resumen*, la que contiene el presupuesto total del proyecto.

Presupuesto del Proyecto de Alcantarillado. (Alcantarillado Sanitario)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
TRAZO Y CORTE DE PAVIMENTO HIDRÁULICO	m	5880	16.85	99078.00
RUPTURA Y DEMOLICION DE PAVIMENTO HIDRÁULICO	m^3	573.3	97.01	55615.83
EXCAVACIÓN CON EQUIPO PARA ZANJAS EN MATERIAL COMÚN	m^3	8003.2	9.47	75790.30
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 20cm DE DIÁMETRO	m	6380	32.00	204160.00
PLANTILLA COMPACTADA	m^3	414.7	61.00	25296.70
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 20cm DE DIÁMETRO	m	6380	23.10	147378.00
POZO DE VISITA COMÚN DE 1.25m DE PROFUNDIDAD	pozo	18	2993.00	53874.00
POZO DE VISITA COMÚN DE 1.50m DE PROFUNDIDAD	pozo	11	3357.21	36929.31
POZO DE VISITA COMÚN DE 1.75m DE PROFUNDIDAD	pozo	3	3717.07	11151.21
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.25m DE PROFUNDIDAD	pozo	10	4436.15	44361.50
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.50m DE PROFUNDIDAD	pozo	6	4795.60	28773.60
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.75m DE PROFUNDIDAD	pozo	4	5153.84	20615.36
POZO DE VISITA COMÚN DE 3.00m DE PROFUNDIDAD	pozo	2	5523.72	11047.44
POZO DE VISITA COMÚN DE 3.50m DE PROFUNDIDAD	pozo	6	5808.11	34848.66
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BROCAL Y TAPA PARA POZO DE VISITA	pieza	60	1063.97	63838.20
RELLENO A VOLTEO CON MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN	m^3	7388.07	32.24	238191.38
REHABILITACION DE PAVIMENTO HIDRÁULICO	m^2	3822	150.65	575784.30

TOTAL	\$1,726,733.79
--------------	-----------------------

(Alcantarillado Pluvial)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
TRAZO Y CORTE DE PAVIMENTO HIDRAULICO	m	5880	16.85	99078.00
RUPTURA Y DEMOLICION DE PAVIMENTO HIDRAULICO	m³	900.1	97.01	87318.70
EXCAVACIÓN CON EQUIPO PARA ZANJAS EN MATERIAL COMÚN	m³	11832.64	9.47	112055.10
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 30cm DE DIÁMETRO	m	2922	52.00	151944.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 38cm DE DIÁMETRO	m	898	79.00	70942.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 45cm DE DIÁMETRO	m	575	128.00	73600.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 61cm DE DIÁMETRO	m	470	228.00	107160.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 76cm DE DIÁMETRO	m	827	650.00	537550.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 91cm DE DIÁMETRO	m	84	960.00	80640.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 107cm DE DIÁMETRO	m	137	1240.00	169880.00
SUMINISTRO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 122cm DE DIÁMETRO	m	67	1540.00	103180.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COLADERA DE BANQUETA	pieza	178	1315.00	234070.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COLADERA DE PISO	pieza	86	675.00	58050.00
PLANTILLA COMPACTADA	m³	2282.66	61.00	139242.26
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 30cm DE DIÁMETRO	m	2922	32.62	95315.64
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 38cm DE DIÁMETRO	m	898	39.57	35533.86
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 45cm DE DIÁMETRO	m	574	66.88	38389.12
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE DE 61cm DE DIÁMETRO	m	470	89.13	41891.10
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 76cm DE DIÁMETRO	m	827	145.13	120022.51
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 91cm DE DIÁMETRO	m	84	166.79	14010.36
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 107cm DE DIÁMETRO	m	137	208.27	28532.99
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 122 DE DIÁMETRO	m	67	264.80	17741.60
POZO DE VISITA COMÚN DE 1.50m DE PROFUNDIDAD	pozo	5	3357.00	16785.00
POZO DE VISITA COMÚN DE 1.75m DE PROFUNDIDAD	pozo	22	3717.07	81775.54
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.00m DE PROFUNDIDAD	pozo	7	4076.70	28536.90
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.25m DE PROFUNDIDAD	pozo	11	4436.15	48797.65
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.50m DE PROFUNDIDAD	pozo	9	4795.60	43160.40
POZO DE VISITA COMÚN DE 2.75m DE PROFUNDIDAD	pozo	5	5153.84	25769.20
POZO DE VISITA COMÚN DE 5.00m DE PROFUNDIDAD	pozo	2	8389.57	16779.14
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BROCAL Y TAPA PARA POZO DE VISITA	pieza	61	1063.97	64902.17
RELLENO A VOLTEO CON MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN	m³	8381.46	32.24	270218.27
REHABILITACION DE PAVIMENTO HIDRAULICO	m²	6000.66	150.65	903999.43

TOTAL	\$3,916,870.94
--------------	-----------------------

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROYECTO	PRESUPUESTO
Línea de conducción	\$188,617.75
Red de distribución	\$1,955,694.21
Alcantarillado sanitario	\$1,726,733.79
Alcantarillado pluvial	\$3,916,870.94
	\$7,787,916.70

5. LEGISLACIÓN APLICABLE.

En este capítulo se incluirá los apartados de las leyes aplicables al proyecto en general. Estas leyes emanan del poder legislativo, y son las referentes al sector agua.

La ley que engloba éste sector es la Ley de Aguas Nacionales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 10 de diciembre de 1997 y que en su título primero menciona los alcances de la misma, que al pie de la letra se cita:

TÍTULO PRIMERO

DISPOSICIONES PRELIMINARES

Capítulo Único

ARTÍCULO 1o.- La presente Ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral.

5.1. Legislación aplicable al proyecto de agua potable.

Para la realización de proyectos de abastecimiento de agua potable, estos deberán ser respaldados y justificados basados en la Ley de Aguas Nacionales, de donde se desprenden los artículos aplicables al proyecto y que a la letra dicen:

TÍTULO CUARTO

DERECHOS DE USO O APROVECHAMIENTO DE AGUAS NACIONALES

CAPÍTULO I

Aguas Nacionales

ARTÍCULO 17.- Es libre la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para fines domésticos y de abrevadero, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal, en los términos del reglamento.

No se requerirá concesión para la extracción de aguas marinas tanto interiores como del mar territorial, sin perjuicio de lo dispuesto en la Ley Minera y demás disposiciones legales.

ARTÍCULO 18.- Las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, excepto cuando el Ejecutivo Federal por causa de interés público reglamente su extracción y utilización, establezca zonas de veda o declare su reserva.

Independientemente de lo anterior, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo causará las contribuciones fiscales que señale la ley. En las declaraciones fiscales correspondientes se deberá señalar que se encuentra inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua, en los términos de la presente Ley.

TÍTULO SEXTO

USOS DEL AGUA

CAPÍTULO I

Uso Público Urbano

ARTÍCULO 44.- La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue "La Comisión", en la cual se consignará en su caso la forma de garantizar el pago de las contribuciones, productos y aprovechamientos que se establecen en la legislación fiscal, y la forma prevista para generar los recursos necesarios para el cumplimiento de estas obligaciones.

Las asignaciones de aguas nacionales a centros de población que se hubieran otorgado a los ayuntamientos o a las entidades federativas que administren los respectivos sistemas de agua potable y alcantarillado, subsistirán aun cuando estos sistemas sean administrados por entidades paraestatales o paramunicipales, o se concesionen a particulares por la autoridad competente.

ARTÍCULO 45.- Es competencia de las autoridades municipales, con el concurso de los gobiernos de los estados en los términos de la Ley, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que se les hubieran asignado, incluyendo las residuales, desde el punto de su extracción o de su entrega por parte de "La Comisión"¹ hasta el sitio de su descarga a cuerpos receptores que sean bienes nacionales. La explotación, uso o aprovechamiento se podrá efectuar por dichas

¹ Se entenderá por "La Comisión" a la Comisión Nacional del Agua.

autoridades a través de sus entidades paraestatales o de concesionarios en los términos de ley.

En el caso del párrafo anterior, en el reuso de aguas residuales, se deberán respetar los derechos que sobre las mismas estén inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua.

ARTÍCULO 81.- La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, superficiales o del subsuelo para centros de población o asentamientos humanos, se efectuará mediante asignación para uso público urbano que otorgue "La Comisión", en los términos del artículo 44 de la "Ley"².

"La Comisión" otorgará la asignación a los respectivos municipios o en su caso al Gobierno del Distrito Federal.

ARTÍCULO 83.- Para efectos del artículo 44 de la "Ley", en los títulos de asignación respectivos, "La Comisión" y los municipios, entidades federativas, entidades paraestatales o paramunicipales que presten los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, establecerán:

I.- La programación para el aprovechamiento de las fuentes de suministro de agua y la forma de su ejecución;

II.- Los sitios y formas de medición tanto del suministro como de la descarga de aguas residuales;

III.- El uso racional y eficiente del agua, así como el respeto a las reservas y a los derechos de terceros aguas abajo inscritos en "El Registro";

IV.- El cumplimiento de las normas y condiciones de calidad en el suministro de agua y en la descarga de agua residual a cuerpos receptores;

V.- La obligación de pagar oportunamente las contribuciones y aprovechamientos federales a su cargo, con motivo de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, y, en su caso, para la inscripción del pago respectivo en el Registro de Obligaciones y Empréstitos de Entidades y Municipios a favor de la Federación, en los términos establecidos en el artículo 9o., de la Ley de Coordinación Fiscal, y

VI.- Las causas de caducidad de los derechos que ampara el título correspondiente. Lo dispuesto en este artículo, se aplicará en lo conducente para las concesiones que "La Comisión" expida para el abastecimiento de agua a fraccionamientos.

ARTÍCULO 85.- Los municipios, con el concurso de los estados en los términos de ley, podrán explotar, usar o aprovechar las aguas residuales que se les hubieren asignado, hasta antes de su descarga a cuerpos receptores que sean bienes

² Por "ley" se entenderá a la Ley de Aguas Nacionales.

nacionales. La explotación, uso o aprovechamiento se podrá efectuar por dichas autoridades a través de sus entidades paraestatales o de concesionarios en los términos de ley.

Se podrán reutilizar las aguas tratadas provenientes de los sistemas públicos urbanos, en los términos del artículo 33 de este "Reglamento" y siempre que no se afecten las reservas y los derechos de terceros inscritos en el "Registro", para lo cual "La Comisión" proveerá lo necesario y se coordinará para tal efecto con las autoridades estatales, municipales y con sus organismos operadores, así como, en su caso, con el Distrito Federal.

TÍTULO OCTAVO

INVERSION EN INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

CAPÍTULO I

Disposiciones Generales

ARTÍCULO 97.- Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar, por sí o por terceros, cualesquiera obra de infraestructura hidráulica que se requieran para su explotación, uso o aprovechamiento.

La administración y operación de estas obras serán responsabilidad de los usuarios o de las asociaciones que formen al efecto, independientemente de la explotación, uso o aprovechamiento que se efectúe de las aguas nacionales.

ARTÍCULO 99.- "La Comisión" proporcionará a solicitud de los inversionistas, concesionarios o asignatarios, los apoyos y la asistencia técnica para la adecuada construcción, operación, conservación, mejoramiento y modernización de las obras hidráulicas y los servicios para su operación.

"La Comisión" proporcionará igualmente los apoyos y la asistencia técnica que le soliciten para la adecuada operación, mejoramiento y modernización de los servicios hidráulicos para su desarrollo autosostenido, mediante programas específicos que incluyan el manejo eficiente y la conservación del agua y el suelo, en colaboración con las organizaciones de usuarios.

ARTÍCULO 100.- "La Comisión" establecerá las normas o realizará las acciones necesarias para evitar que la construcción u operación de una obra altere desfavorablemente las condiciones hidráulicas de una corriente o pongan en peligro la vida de las personas y la seguridad de sus bienes.

ARTÍCULO 101.- "La Comisión" realizará por sí o por terceros las obras públicas federales de infraestructura hidráulica que se desprendan de los programas de inversión a su cargo, conforme a la ley y disposiciones reglamentarias. Igualmente, podrá ejecutar las obras que se le soliciten y que se financien total o parcialmente con recursos distintos de los federales.

En caso de que la inversión se realice total o parcialmente con recursos federales, o que la infraestructura se construya mediante créditos avalados por el Gobierno Federal, "La Comisión" en el ámbito de su competencia establecerá las normas, características y requisitos para su ejecución y supervisión, salvo que por ley correspondan a otra dependencia o entidad.

CAPÍTULO III

Recuperación de Inversión Pública

ARTÍCULO 109.- Las inversiones públicas en obras hidráulicas federales se recuperarán en la forma y términos que señale la Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica, mediante el establecimiento de cuotas que deberán cubrir las personas beneficiadas en forma directa del uso, aprovechamiento o explotación de dichas obras.

ARTÍCULO 110.- La operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica se efectuarán con cargo a los usuarios de los servicios respectivos. Las cuotas se determinarán con base en los costos de los servicios, previa la valuación de dichos costos en los términos de eficiencia económica; igualmente, se tomarán en consideración criterios de eficiencia económica y saneamiento financiero de la entidad o unidad prestadora del servicio.

CAPÍTULO IV

Organización y Participación de los Usuarios

ARTÍCULO 18.- Los usuarios podrán explotar, usar o aprovechar el agua, directamente o a través de la forma de organización que mejor les convenga, para lo cual se podrán constituir en alguna de las personas morales reconocidas en la legislación vigente.

ARTÍCULO 19.- "La Comisión" promoverá y apoyará la organización de los usuarios del agua para que coadyuven y participen en la explotación, uso o aprovechamiento racional de las aguas nacionales y en la preservación de su cantidad y calidad, en los términos de la "Ley" y este "Reglamento".

Para efectos del párrafo anterior, "La Comisión" podrá acreditar aquellas organizaciones de usuarios del agua que se hubieran constituido al amparo de otras leyes.

En apoyo a la "Ley de Aguas Nacionales", se han creado Normas Oficiales Mexicanas en distintos rubros, tales como:

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que se debe someterse el agua para su potabilización.

NORMA Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997.

Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua.

NORMA Oficial Mexicana NOM 012-SSA1-1993.

Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados

NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998.

Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.

PROYECTO de NORMA Oficial Mexicana PROY-NOM-013-CNA-2001.

Redes de distribución de agua potable-especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba.

5.2. Legislación aplicable a los proyectos de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

Así mismo los proyectos de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales deberán ser respaldados y reglamentados en base a la Ley de Aguas Nacionales, que contiene los artículos que regulan estos proyectos:

TÍTULO SEXTO

USOS DEL AGUA

CAPÍTULO I

Uso Público Urbano

ARTÍCULO 47.- Las descargas de aguas residuales a bienes nacionales o su infiltración en terrenos que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, se sujetarán a lo dispuesto en el Título Séptimo.

"La Comisión" promoverá el aprovechamiento de aguas residuales de los sistemas de agua potable y alcantarillado, que se podrán realizar por los municipios, los organismos operadores o por terceros.

ARTÍCULO 84.- Corresponde al Municipio o, en su caso, al Distrito Federal, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales de uso público urbano, previa a su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las condiciones particulares de descarga que les determine "La Comisión".

Para tal efecto, en los términos del artículo 45 de la "Ley", corresponde a los municipios, directamente o a través de los organismos operadores encargados de la prestación del servicio público de agua potable y alcantarillado o, en su caso, al Distrito Federal, la autorización y contratación o concesión de las obras de tratamiento de aguas residuales, si éstas se realizan antes de descargar dichas aguas en una corriente o depósito de propiedad nacional.

"La Comisión" podrá convenir con varios municipios y, en su caso, con el Distrito Federal, el establecimiento de sistemas regionales de tratamiento de las descargas de aguas residuales que se hayan vertido a un cuerpo receptor de propiedad nacional, conforme a los estudios que al efecto se realicen y en los cuales se prevea la parte de los costos que deberá cubrir cada uno de los municipios y, en su caso, el Distrito Federal.

ARTÍCULO 86.- El uso o reuso de las aguas residuales que no formen parte de los sistemas públicos de drenaje o alcantarillado y que se extraigan directamente de

corrientes o cuerpos receptores de propiedad nacional, requerirá de concesión o asignación de "La Comisión", aún cuando atraviesen o se encuentren en zonas urbanas.

Las personas que infiltren o descarguen aguas residuales en los terrenos o cuerpos receptores distintos de los alcantarillados de las poblaciones, deberán obtener el permiso de descarga respectivo, en los términos de la "Ley" y el presente "Reglamento", independientemente del origen de las fuentes de abastecimiento, salvo lo previsto en el último párrafo del artículo 135 de este "Reglamento".

TÍTULO SEPTIMO

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Capítulo Único

ARTÍCULO 85.- Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, en los términos de ley.

ARTÍCULO 86.- "La Comisión" tendrá a su cargo:

I.- Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal y los servicios necesarios para la 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, en los términos de ley;

II.- 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;

III.- 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; y en los demás casos previstos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

IV.- 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;

V.- Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que 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;

VI.- Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, y lodos producto de los tratamientos de aguas residuales, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo y los bienes que señala el artículo 113; y 47.

VII.- Ejercer las atribuciones que corresponden a la Federación en materia de prevención y control de la contaminación del agua y de su fiscalización y sanción, en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, salvo que corresponda a otra dependencia conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

ARTÍCULO 87.- "La Comisión" determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación, lo mismo que sus modificaciones, para su observancia.

Las declaratorias contendrán:

I.- La delimitación del cuerpo de agua clasificado;

II.- Los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los períodos previstos en el reglamento de esta ley;

III.- La capacidad del cuerpo de agua clasificado para diluir y asimilar contaminantes; y

IV.- Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga.

ARTÍCULO 88.- Las personas físicas o morales requieren permiso de "La Comisión" para descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

"La Comisión" mediante acuerdos de carácter general por cuenca, acuífero, zona, localidad o por usos podrá sustituir el permiso de descarga de aguas residuales por un simple aviso.

El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.

ARTÍCULO 90.- "La Comisión" en los términos del reglamento expedirá el permiso de descarga de aguas residuales, en el cual se deberá precisar por lo menos la ubicación y descripción de la descarga en cantidad y calidad, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua y la duración del permiso.

Cuando las descargas de aguas residuales se originen por el uso o aprovechamiento de aguas nacionales, los permisos de descarga tendrán, por lo menos, la misma duración que el título de concesión o asignación correspondiente y se sujetarán a las mismas reglas sobre la prórroga o terminación de aquéllas.

Los permisos de descarga se podrán transmitir en los términos del Capítulo V, Título Cuarto, siempre y cuando se mantengan las características del permiso.

ARTÍCULO 91.- La infiltración de aguas residuales para recargar acuíferos, requiere permiso de "La Comisión" y deberá ajustarse a las normas oficiales mexicanas que al efecto se emitan.

ARTÍCULO 93.- Son causas de revocación del permiso de descarga de aguas residuales:

- I.- Efectuar la descarga en un lugar distinto del autorizado por "La Comisión";
- II.- Realizar los actos u omisiones que se señalan en las fracciones II, III y IV del artículo anterior, cuando con anterioridad se hubieren suspendido las actividades del permisionario por "La Comisión" por la misma causa; o
- III.- La revocación de la concesión o asignación de aguas nacionales, cuando con motivo de dicho título sean éstas las únicas que con su explotación, uso o aprovechamiento originen la descarga de aguas residuales.

Cuando proceda la revocación, "La Comisión", previa audiencia al interesado, dictará y notificará la resolución respectiva, la cual deberá estar debidamente fundada y motivada.

El permiso de descarga de aguas residuales caducará cuando en los términos de la presente ley caduque el título de concesión o asignación de las aguas nacionales origen de la descarga.

ARTÍCULO 94.- Cuando la paralización de una planta de tratamiento de aguas residuales pueda ocasionar graves perjuicios a la salud o la seguridad de la población o graves daños al ecosistema, "La Comisión", a solicitud de autoridad competente y por razones de interés público, ordenará la suspensión de las actividades que originen la descarga y, cuando esto no fuera posible o conveniente, nombrará un interventor para que se haga cargo de la administración y operación

temporal de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, hasta que se suspendan las actividades o se considere superada la gravedad de la descarga.

Los gastos que dicha intervención ocasione serán con cargo al titular o titulares del permiso de descarga.

En caso de no cubrirse dentro de los quince días hábiles siguientes a su requerimiento por "La Comisión", los gastos tendrán el carácter de crédito fiscal para su cobro.

ARTÍCULO 96.- En las zonas de riego y en aquellas zonas de contaminación extendida o dispersa, el manejo y aplicación de sustancias que puedan contaminar las aguas nacionales superficiales o del subsuelo, deberán cumplir las normas, condiciones y disposiciones que se desprendan de la presente ley y su reglamento.

"La Comisión" promoverá en el ámbito de su competencia, las normas o disposiciones que se requieran para hacer compatible el uso de los suelos con el de las aguas, con el objeto de preservar la calidad de las mismas dentro de un ecosistema, cuenca o acuífero.

TÍTULO SEPTIMO

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Capítulo Único

ARTÍCULO 135.- Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:

- I.- Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este "Reglamento;
- II.- Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;
- III.- Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;
- IV.- Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;

V.- Informar a "La Comisión" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales que hubieran servido para expedir el permiso de descarga correspondiente;

VI.- Hacer del conocimiento de "La Comisión", los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados originalmente en las condiciones particulares de descarga que se les hubieran fijado;

VII.- Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas antes de su descarga a cuerpos receptores;

VIII.- Sujetarse a la vigilancia y fiscalización que para el control y prevención de la calidad del agua establezca "La Comisión", de conformidad con lo dispuesto en la "Ley" y el "Reglamento";

IX.- Llevar un monitoreo de la calidad de las aguas residuales que descarguen o infiltren en los términos de ley y demás disposiciones reglamentarias;

X.- Conservar al menos durante tres años el registro de la información sobre el monitoreo que realicen, en los términos de las disposiciones jurídicas, normas, condiciones y especificaciones técnicas aplicables, y

XI.- Las demás que señalen las leyes y disposiciones reglamentarias. Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y mediante un simple aviso.

ARTÍCULO 136.- En los permisos de descargas de las aguas residuales de los sistemas públicos de alcantarillado y drenaje, además de lo dispuesto en el artículo anterior, se deberá señalar la forma conforme a lo dispuesto en la Ley para efectuar:

I.- El registro, monitoreo continuo y control de las descargas de aguas residuales que se viertan a las redes públicas de alcantarillado;

II.- La verificación del estado de conservación de las redes públicas de alcantarillado con el fin de detectar y corregir, en su caso, las posibles fugas que incidan en la calidad de las aguas subterráneas subyacentes y en la eventual contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua, y

III.- El monitoreo de la calidad del agua que se vierte a las redes públicas de alcantarillado, con objeto de detectar la existencia de materiales o residuos peligrosos que por su corrosividad, toxicidad, explosividad, reactividad o

inflamabilidad puedan representar grave riesgo al ambiente, a las personas o sus bienes.

Las personas que descarguen aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado, deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas expedidas para el pretratamiento y, en su caso, con las condiciones particulares de descarga que emita el Municipio o que se emitan conforme al artículo 119, fracción I, inciso f) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

ARTÍCULO 140.- Para determinar las condiciones particulares de descarga, "La Comisión" tomará en cuenta los parámetros y límites máximos permisibles contenidos en las normas oficiales mexicanas que emitan las autoridades competentes en materia de descargas de aguas residuales y para el tratamiento de agua para uso o consumo humano, así como los parámetros y límites máximos que deriven de las Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales que se publiquen en los términos del artículo 87 de la "Ley".

Asimismo, para determinar las condiciones particulares de descarga, "La Comisión" tomará en cuenta los derechos de terceros para explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales del cuerpo receptor de que se trate, las restricciones que imponga la programación hidráulica aprobada en los términos de la "Ley" y el "Reglamento" y las demás consideraciones de interés público o de salubridad general que, debidamente fundadas y motivadas, emitan las autoridades competentes y que establezcan restricciones adicionales para la descarga de aguas residuales en los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley".

ARTÍCULO 141.- "La Comisión", conforme a las normas oficiales mexicanas que emitan las autoridades competentes, las metas y plazos establecidos en la programación hidráulica y las Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, podrá modificar las condiciones particulares de descarga, señalando a los permisionarios el plazo para que sus descargas se ajusten a las mismas.

Las condiciones particulares de descarga no podrán ser modificadas sino después de transcurridos cinco años, contados a partir de su expedición o modificación, salvo situaciones comprobadas de emergencia para evitar graves daños a la salud, a un ecosistema o a terceros.

ARTÍCULO 143.- "La Comisión" establecerá las condiciones particulares que deberán cumplir las descargas de aguas residuales previo a su posterior explotación, uso o aprovechamiento; asimismo, fijará las que deberán cumplir en el caso de su infiltración a un acuífero.

"La Comisión" podrá otorgar el permiso para recargar acuíferos con aguas depuradas, en los términos de la "Ley" y el presente "Reglamento".

ARTÍCULO 145.- El diseño, construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones de captación, conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de

aguas residuales deberá sujetarse a las normas oficiales mexicanas que expida "La Comisión".

Los permisionarios quedarán obligados a cumplir con todas y cada una de las condiciones del permiso de descarga correspondiente y, en su caso, a mantener las obras e instalaciones del sistema de tratamiento en condiciones satisfactorias de operación.

ARTÍCULO 148.- Los lodos producto del tratamiento de las aguas residuales, deberán estabilizarse en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias de la materia.

Los sitios para su estabilización deberán:

I.- Impermeabilizarse con materiales que no permitan el paso de lixiviados, y

II.- Contar con drenes o con estructuras que permitan la recolección de lixiviados. Cuando los lodos una vez estabilizados y desaguados presenten concentraciones no permisibles de sustancias peligrosas, contraviniendo las normas oficiales mexicanas, deberán enviarse a sitios de confinamiento controlado aprobados por la autoridad competente, conforme a la normatividad aplicable en materia de residuos peligrosos.

Las aguas producto del escurrimiento y de los lixiviados deberán ser tratadas antes de descargarse a cuerpos receptores.

ARTÍCULO 150.- "La Comisión", en el ámbito de su competencia, promoverá las medidas preventivas y de control para evitar la contaminación de las aguas superficiales o las del subsuelo por materiales y residuos peligrosos..140 En el caso de que el vertido o infiltración de dichos materiales y residuos peligrosos contaminen las aguas nacionales superficiales o del subsuelo, o los bienes nacionales a que se refiere la "Ley", "La Comisión" determinará las medidas correctivas que deban llevar a cabo las personas físicas o morales responsables o las que, con cargo a éstas, efectuará "La Comisión".

El daño causado se determinará y cuantificará por "La Comisión", en el ámbito de su competencia, y se notificará a los responsables la resolución respectiva y se gestionará su cobro conforme a la "Ley".

El pago del daño causado, procederá independientemente de que "La Comisión" y las demás autoridades competentes apliquen las sanciones a que haya lugar en los términos de ley. Para los efectos respectivos, "La Comisión" lo hará del conocimiento de las autoridades involucradas.

ARTÍCULO 151.- Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre,

contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas.

ARTÍCULO 152.- Para efectos de la fracción V, del artículo 86 de la "Ley", se incluyen en las aguas para uso y consumo humano, las que se suministren a través de servicios públicos sujetos al cumplimiento de las normas de potabilidad de cualquier tipo y forma.

Los responsables de los sistemas públicos de abastecimiento de agua potable a las poblaciones o a las colonias y fraccionamientos, en los términos de una concesión o asignación expedida por "La Comisión", están obligados a contar con los dispositivos de desinfección conforme a las normas oficiales mexicanas correspondientes.

En apoyo a la "Ley de Aguas Nacionales", se han creado Normas Oficiales Mexicanas en distintos rubros, tales como:

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-CNA-1995.

Sistema de alcantarillado sanitario-especificaciones de hermeticidad.

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

NORMA Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996.

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997.

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehusen en servicios al público.

6. CONCLUSIONES.

La complejidad del impacto socioeconómico de proyectos de esta naturaleza, hacen necesario un riguroso estudio económico, social, financiero y de planeación de la factibilidad de realización de la obra civil. Lo que la hace un proyecto multidisciplinario muy completo, en donde nuestra participación se centro en proyectar la obra, así como recomendaciones para su realización.

En general el país se encuentra en una situación económica difícil, lo que hace que proyectos de esta naturaleza difícilmente se realicen por sus altos costos, ya sea sólo para mejora del sistema o bien para la implantación del mismo. Pero esto no debe de representar un obstáculo ya que la infraestructura de pequeñas poblaciones representa una oportunidad para el desarrollo de las mismas, dejando atrás la idea de que sólo las poblaciones de medianas a grandes justifican económicamente la realización de este tipo de proyectos.

Con respecto a de la instalación del proyecto podemos decir que, si bien actualmente el municipio no cuenta con recursos económicos para realizarla, no obstante servirá de referencia en el momento que se requiera hacer un anteproyecto o un proyecto para la población, manteniendo las reservas de que este sólo es un proyecto y muestra una posibilidad para su realización.

En cuanto al tratamiento de aguas residuales es de suma importancia para cuestiones de equilibrio ecológico e impacto ambiental, por lo que es necesario tratar las aguas residuales antes de ser vertidas. En nuestro caso, aunque propiamente no se diseñó el sistema de tratamiento de aguas residuales, si se dió una propuesta que se apega a las necesidades de la población para el periodo de diseño propuesto.

Creemos que de alguna manera el carácter ilustrativo a que se hace referencia en la introducción de este trabajo, queda plasmado en el presente trabajo, pues una ves mas se resalta la importancia del impacto de este tipo de proyectos; cuestión que por razones obvias toma mayor importancia en proyectos de carácter social y económico. Por lo tanto, se refuerza la tesis expresada en principio en el sentido, de la necesidad de la creación de infraestructura básica para el desarrollo del país, ya que la mayor parte del territorio nacional son zonas rurales, lo que hace de observancia particular sus problemáticas y necesidades, para mejora del nivel de vida de la nación.

Bibliografía

Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado.
Ernest W. Steel-Terence J. Mc Ghee.
Editorial Gustavo Gili, S.A.
Barcelona 1981.

Guía General para la Elaboración de Proyectos de Ingeniería de Sistemas de Agua
Potable y Alcantarillado.
Secretaría de Asentamientos Humanos Y Obras Públicas.

Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y
Asistencia.
Instructivo Sanitario.

Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales.
Gordon Maskew Fair..
John Charles Geyer.
Daniel Alexander Okun.
Editorial Limusa.
México 1988.

Tesis "Importancia de los Tanques de Regularización y/o Almacenamiento en los
Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable"
Por Javier Nieto Chavez.
México D.F. de 1989.

Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.
Crites y Tchobanoglous.
Editorial Mc Graw Hill.
Colombia, 2000.

Manual de Fosas Sépticas.
Departamento de Salud, Educación y Bienestar de E.U.A.
Editorial, Centro Regional de Ayuda Técnica.
México 1975

Manual de Normas de Proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en
localidades urbanas de la Republica Mexicana.
Secretaría de asentamientos humanos y obras publicas
México 1979.

Manual de Normas de Proyecto para obras de alcantarillado en localidades urbanas
de la Republica Mexicana.
Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Publicas
México 1979.

Abastecimiento de Agua Potable volumen I.
Enrique Cesar Valdez
UNAM Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Sanitaria
México 1994.

Abastecimiento de Agua Potable volumen II.
Recomendaciones de construcción.
UNAM, IMTA..
México 1993.

Alcantarillado.
Jorge Luis Lara González.
UNAM, facultad de Ingeniería.
México 1991.

Ingeniería Sanitaria.
Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales.
Metcalf.
Editorial Labor.
España 1995.

Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras.
Harold Babbit.
Editorial Continental.
Mexico 1962.