



Universidad Veracruzana



MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CAMPUS XALAPA

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

ING. JOSÉ MANUEL JIMÉNEZ TERÁN

ÍNDICE

1.-	INTRODUCCIÓN	4
2.-	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	15
2.1	Sistemas de Agua Potable	16
2.2	Sistemas de Alcantarillado	21
3.-	ESTUDIOS BÁSICOS PARA REALIZAR UN PROYECTO	23
3.1	Agua Potable	26
3.2	Alcantarillado Sanitario	36
3.3	Datos Necesarios para los Proyectos	39
4.-	DATOS BÁSICOS DE PROYECTO	41
4.1	Población de Proyecto	43
4.2	Vida útil	53
4.3	Proyectos de Agua Potable	55
4.4	Proyectos de Alcantarillado Sanitario	58
5.-	SISTEMAS DE AGUA POTABLE	59
5.1	Obras de Captación	60
5.2	Línea de Conducción	89
5.3	Regularización	96
5.4	Red de Distribución	99
6.-	SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO	113
6.1	Red de Atarjeas	115
6.2	Colectores, Interceptores y Emisores	119
6.3	Obras Conexas	127
7.-	NOCIONES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	140
8.-	NOCIONES DE TRATAMIENTOS DE AGUAS	146
9.-	ANEXO	156
10.-	BIBLIOGRAFIA	207

PRÓLOGO

Este manual se ha elaborado con la finalidad de que sea un apoyo, para los estudiantes de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Veracruzana, durante su curso semestral. Los temas que se tratan están congruentes con la propuesta de currículo de ésta experiencia educativa.

La temática que se aborda, está de acorde con las normas que la Comisión Nacional del Agua (CNA), tiene implementadas a nivel nacional para todos los proyectos que sobre los sistemas de agua potable y alcantarillado se elaboren con el propósito de realizar obras y con ello dar un servicio adecuado de manera sustentable y económica.

En nuestro país, el sistema hidráulico se encuentra en una etapa crucial, motivado por el deterioro del patrimonio natural de los mexicanos, dando por resultado que el recurso agua se considere ya como un asunto de seguridad nacional, por lo cual se le está dando una de las más altas prioridades, en cuanto a la infraestructura de la hidráulica urbana.

Se agradece a las personas que desinteresadamente colaboraron con la aportación de sus experiencias y sus comentarios, para mejorar el contenido de éste manual.

1.- INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN.

Si se toma en cuenta el dicho de que “El agua es vida”, fácilmente se puede explicar porqué los asentamientos humanos se localizaban donde este elemento estaba disponible. Con el paso del tiempo y debido al crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer de este preciado líquido a las poblaciones que día a día lo solicitan en mayor cantidad y de mejor calidad, para sus necesidades.

Pero, el abastecer de agua a los conglomerados humanos, tiene como consecuencia el retiro de la mayor parte de ella, una vez que ha sido utilizada y por ende contaminada.

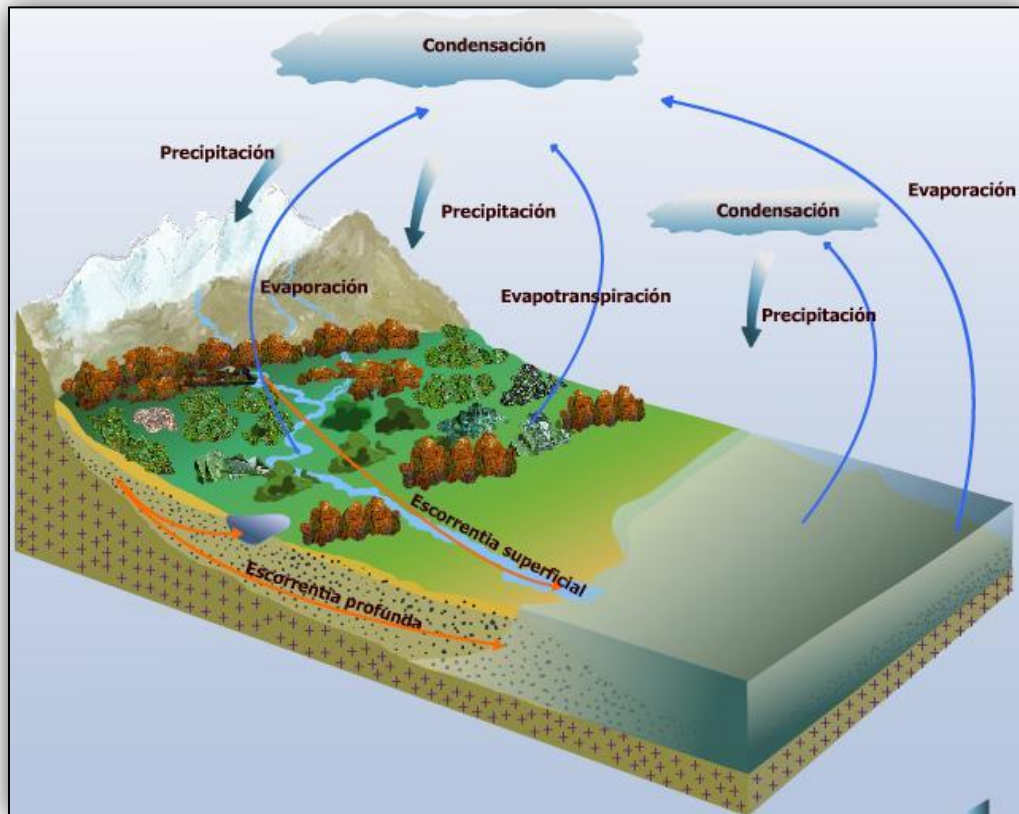
Para ello es necesario que el ingeniero civil, tome en consideración una serie de elementos, que le permitan mediante estudios y trabajos especializados satisfacer de manera efectiva y sustentable la necesidad que se tiene del servicio del agua, proporcionándolo en forma ininterrumpida, en cantidad y con la calidad apropiada.

Punto importante a considerar es la lejanía de las fuentes de abastecimiento, motivado principalmente por la localización del agua en nuestro planeta, que generalmente ya se encuentra apartada de los centros urbanos.

De la misma manera, el desalojo del agua que ya fue utilizada, es necesario para evitar enfermedades de tipo hídrico a la población, cuidando siempre de no contaminar a las fuentes que otras comunidades utilicen para su abastecimiento.

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA. Para tener una idea más precisa de los datos que en este apartado se presentarán, es necesario entender el término disponibilidad. Este término se emplea para conocer, lo fácil o difícil, cercanía o lejanía, cantidad y calidad de agua que pueda utilizarse para abastecer a una población, pero en el caso de los sistemas de agua potable, se considera la cantidad que de este elemento le corresponde a cada persona del volumen disponible, cantidad que año con año se ve disminuida por el crecimiento poblacional y la contaminación, en México la disponibilidad es del orden de 4574 metros cúbicos por habitante al año, ocupando un lugar medio a nivel mundial. Dado que la escasez del agua se piensa como el problema ambiental más alarmante del siglo XXI, se debe considerar que la crisis no se debe a la falta de ella ya que la cantidad es la misma desde que se formó la tierra tomando en cuenta el Ciclo Hidrológico, si no a la contaminación que actualmente presenta y al aumento poblacional, lo anterior basado en el principio del científico francés Antoine-Laurent (1743-1794), que dice “la materia no se crea ni se destruye, se transforma”.

CICLO HIDROLÓGICO.



El agua en nuestro planeta se estima en unos 1358 millones de kilómetros cúbicos, cifra que tiene el propósito de dar una idea de la magnitud del recurso y se encuentra dividida de la siguiente manera.

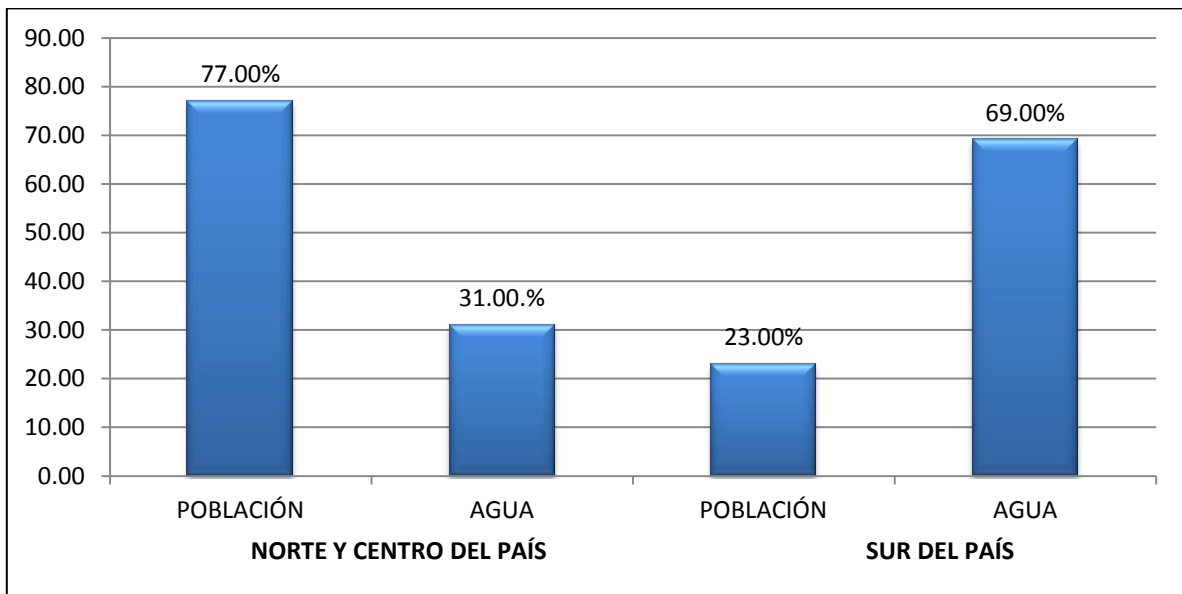
DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA.

FUENTE	VOLUMEN (Km3)	PORCENTAJE
Océanos	1320500000	97.22
Capas de hielo	29000000	2.13
Agua subterránea	8300000	0.611
Glaciares	210000	0.015
Lagos de agua dulce	125000	0.009
Mares internos (salados)	104000	0.008
Humedad de la tierra	67000	0.005
Atmósfera	13000	0.001
Ríos	1250	0.001
TOTAL	1358320250	100.00

Hasta hace algunos años, en México el tema sobre el servicio de agua y alcantarillado (hidráulica urbana), era considerado totalmente técnico, pero en la última década, se ha transformado en un problema prioritario de carácter social, al tratar de combatir la crisis (mundial) del agua, para tener un uso sustentable.

En la parte sur de nuestro país, se concentra el 69% de la disponibilidad del agua y solamente el 23% de la población, mientras que en las zonas norte y centro se encuentra el 77% de los habitantes con solo el 31% de la disponibilidad de agua.

GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN



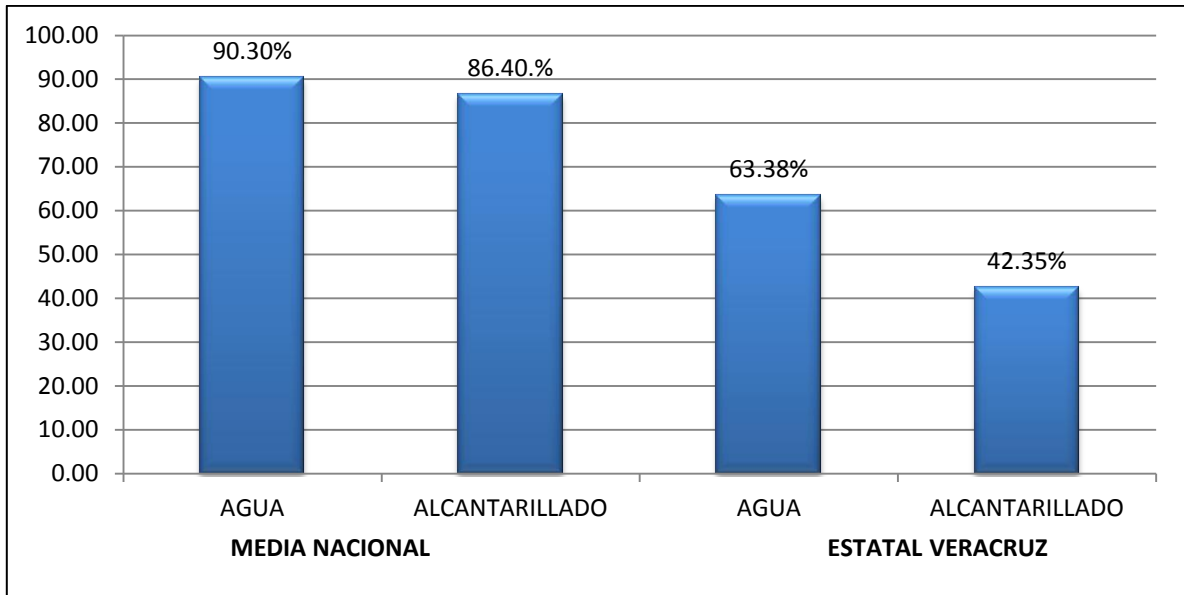
FUENTE C.N.A.

Cabe mencionar que la población de nuestro país aumentó de 19.7 millones en 1940 a 107 millones en 2010 y que el 76.5% de estos habitantes están concentrados en 3190 centros urbanos y el resto en 184748 comunidades rurales, las cuales están muy dispersas, todas ellas con menos de 2500 habitantes.

Las coberturas de estos servicios hasta el final del año del 2008, eran las siguientes: Agua Potable 90.3% y Alcantarillado Sanitario 86.4%. Dentro del Plan 2030 implementado por el Gobierno Federal, se realizan acciones con la finalidad de obtener coberturas universales.

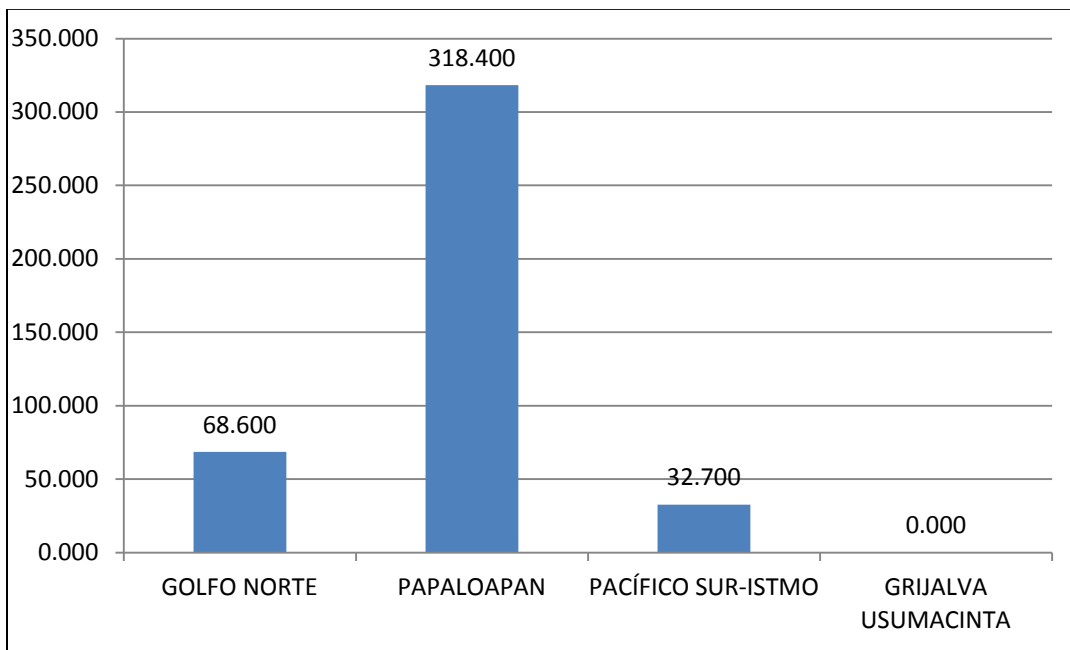
Para el estado de Veracruz, los últimos datos confiables que se tienen en cuanto a las coberturas son los que en el año de 2004 presentó el Consejo del Sistema Veracruzano del Agua y que son los siguientes: Agua Potable 63.38% y Alcantarillado Sanitario 42.35%, cabe mencionar que estas coberturas indican que Veracruz es uno de los Estados que tiene las coberturas más bajas, presentándose estos valores por ser la Entidad Federativa que posee el mayor número de localidades.

GRÁFICA DE COBERTURAS



FUENTE C.N.A.

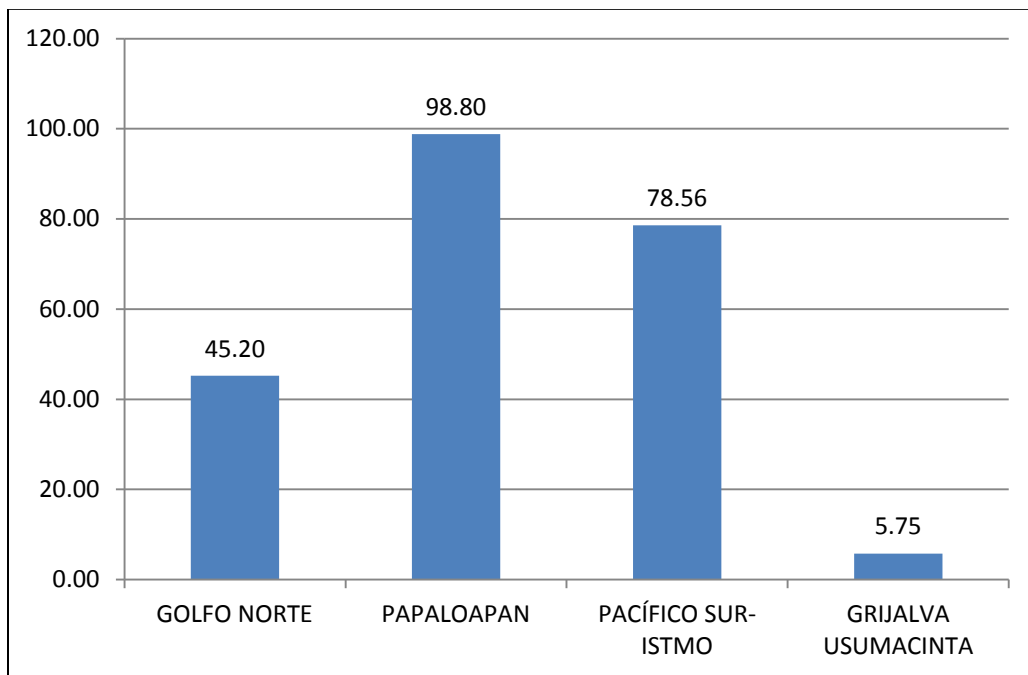
BALANCE HIDRÁULICO
SUBTERRANEO



CUENCAS

FUENTE C.N.A.

BALANCE HIDRÁULICO SUPERFICIAL



CUENCAS

FUENTE C.N.A.

Al mencionar que “el agua es vida” nos estamos refiriendo también a que se considera a este preciado elemento como una de las mejores medicinas preventivas, dado que con un buen sistema de abastecimiento de agua y saneamiento se puede reducir la incidencia de enfermedades de tipo hídrico como el cólera, la diarrea y otras más.

Esta situación de mejorar la salud, no tan solo se limita a las enfermedades que se transmiten a través de la ingestión del agua, si no que también al existir agua para el aseo (baño, ropa, utensilios de cocina, preparación de alimentos), las enfermedades transmitidas por contacto, se logran disminuir, de la misma manera los vectores cuyo

hábitat es el agua, se pueden ver aminorados, básicamente por el saneamiento, ya que al retirar las aguas residuales que tienen como principal contenido las excretas humanas (heces, orina y vómitos) se evita su proliferación (mosquitos).

ENFERMEDADES HÍDRICAS

ENFERMEDAD	FORMA DE ADQUISICIÓN
Cólera Hepatitis	Ingestión
Sarna Conjuntivitis	Contacto
Paludismo Dengue	Como vector

FUENTE O.P.S.

Algunas medidas a considerar para controlar las enfermedades transmitidas por el agua pueden ser las siguientes:

Abastecimiento de agua

- Selección de fuentes no contaminadas.
- Tratamiento de agua cruda (potabilización o desinfección).
- Protección de cuencas.
- Control de calidad del agua.

Disposición de excretas.

- Protección de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Protección del medio ambiente.
- Colaboración adecuada a las actividades de control de los sistemas de abastecimiento y disposición de excretas.
- Destrucción, disposición, aislamiento o disolución de residuos fecales.

Educación sanitaria.

- Higiene personal y comunal
- Protección del medio ambiente.
- Colaboración adecuada a las actividades de control de los sistemas de abastecimiento y disposición de excretas.

Por lo tanto, la disponibilidad y uso de sistemas de abastecimiento de agua potable adecuados, así como medios higiénicos de colocación apropiada de residuos, son partes integrales de la atención de la salud. Debido a que en muchos lugares los sistemas de agua y saneamiento están a cargo de autoridades no ligadas al sector salud, el diseño del proyecto y la construcción de los sistemas hidráulicos urbanos requerirán una atención especial en este rubro sanitario.

Por lo anterior se puede deducir que los sistemas de abastecimiento de aguas y disposición de aguas residuales son factores necesarios para prevenir y reducir las enfermedades de tipo hídrico y además deben ser adecuados cuantitativamente y cualitativamente, confiables y accesibles si se desea que sean eficaces sanitariamente y es requisito indispensable que realmente se utilicen.

Un sistema de abastecimiento de agua, tiene también una función económica importante, ya que al carecer de él, se invierte una gran cantidad de tiempo en ir a la fuente de abastecimiento para llevar el agua a sus hogares, especialmente las mujeres y los niños son los que lo invierten y cuando el sistema existe, ese tiempo se puede emplear en otras labores productivas.

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

La hidráulica urbana, tiene como uno de sus objetivos la parte sanitaria para la prevención de las enfermedades de tipo hídrico, tanto en la distribución del agua potable como en la recolección del agua residual. Esto da como resultado que los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario sean complementarios.

Las partes que integran los sistemas hidráulicos urbanos son las siguientes: Sistema de Agua Potable, Captación, Línea de conducción, Tratamiento de potabilización, Regularización, Línea de alimentación, Red de distribución y obras conexas o complementarias; Sistema de Alcantarillado: Red de atarjeas, Subcolectores, Colectores, Emisor, Tratamiento de aguas residuales y Sitio de vertido; además de las obras conexas como pueden ser Plantas de bombeo, Pozos de visita y otras. A continuación se describen someramente las partes integrales de los sistemas de agua potable y alcantarillado, así como sus funciones.

SISTEMA DE AGUA POTABLE. Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. Uno de los puntos principales de este capítulo, es entender el término potable. El agua potable es considerada aquella que cumple con la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual indica la cantidad de sales minerales disueltas que debe contener el agua para adquirir la calidad de potable. Sin embargo una definición aceptada generalmente es aquella que dice que el agua

potable es toda la que es “apta para consumo humano”, lo que quiere decir que es posible beberla sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida. La contaminación del agua ocasionada por aguas residuales municipales, es la principal causa de enfermedades de tipo hídrico por los virus, bacterias y otros agentes biológicos que contienen las heces fecales (excretas), sobre todo si son de seres enfermos. Por tal motivo es indispensable conocer la calidad del agua que se piense utilizar para el abastecimiento a una población.

CAPTACIÓN. Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta:

Aguas superficiales.

Aguas subterráneas.

Aguas meteóricas (atmosféricas).

Agua de mar (salada).

Las aguas meteóricas y el agua de mar, ocasionalmente se emplean para el abastecimiento de las poblaciones, cuando se usan es porque no existe otra posibilidad de surtir de agua a la localidad, las primeras se pueden utilizar a nivel casero o de poblaciones pequeñas y para la segunda, en la actualidad se desarrollan tecnologías que abaraten los costos del tratamiento requerido para convertirla en agua potable, además de que los costos de la infraestructura necesaria en los dos casos son altos.

Por lo tanto, actualmente solo quedan dos alternativas viables para abastecer de agua potable a una población con la cantidad y calidad adecuada y a bajo costo, las aguas superficiales y las subterráneas.

Las aguas superficiales son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser saneadas con relativa facilidad y a un costo aceptable.

Su principal desventaja es que se contaminan fácilmente debido a las descargas de aguas residuales, pueden presentar alta turbiedad y contaminarse con productos químicos usados en la agricultura.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran confinadas en el subsuelo y su extracción resulta algunas veces cara, éstas se obtienen por medio de pozos someros y profundos, galerías filtrantes y en los manantiales cuando afloran libremente. Por estar confinadas están más protegidas de la contaminación que las aguas superficiales, pero cuando un acuífero se contamina, no hay método conocido para descontaminarlo.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUAS
SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.

SUPERFICIALES		SUBTERRÁNEAS	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Disponibilidad	Fácilmente contaminables	Protección	Alta dureza
Visibles	Calidad variable	Bajo color	Relativa Inaccessibilidad
Limpiables	Alto color	Baja turbiedad	No limpiables
Baja dureza	Alta turbiedad	Calidad constante	
	Olor y color biológico	Baja corrosividad	
	Alta materia orgánica	Bajo contenido de materia orgánica	

Las obras de captación son las obras civiles y electromecánicas que se emplean para extraer las aguas. Estas obras varían de acuerdo a las características de la fuente de abastecimiento, su localización, la topografía del terreno y por la cantidad de agua a extraer. Un requisito importante para el diseño de una obra de captación, es la previsión que sea necesaria para evitar la contaminación de las aguas.

CONDUCCIÓN. La denominada “línea de conducción” consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo. Es necesario mencionar que debido al alejamiento

cada vez mayor entre la captación y la zona de consumo, las dificultades que se presentan en estas obras, cada día son mayores.

TRATAMIENTO. El tratamiento, se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica.

Para el diseño de una planta potabilizadora, es necesario conocer las características físico-químicas y biológicas del agua así como los procesos necesarios para modificarla.

REGULARIZACIÓN. Como punto importante de este apartado, es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos “almacenamiento” y “regularización”. La función principal del almacenamiento, es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regularización sirve para cambiar un régimen de abastecimiento constante a un régimen de consumo variable.

LÍNEA DE ALIMENTACIÓN. Esta línea es el conjunto de tuberías que sirven para conducir el agua desde el tanque de regularización hasta la red de distribución, cada día son más usuales por la lejanía de los tanques y la necesidad de tener zonas de distribución con presiones adecuadas.

RED DE DISTRIBUCIÓN. Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo.

SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. Los sistemas de alcantarillado, tienen como función el retiro de las aguas que ya han sido utilizadas en una población y por ende contaminadas, estas aguas reciben el nombre genérico de “aguas residuales”; también sirven para retirar las aguas pluviales. El alcantarillado consiste en un sistema de conductos enterrados llamados alcantarillas, que generalmente se instalan en el centro de las calles y sus componentes son los siguientes:

RED DE ATARJEAS. Son los conductos de menor diámetro y reciben las aguas residuales domiciliarias por medio de tuberías que salen de la casa y cuyo nombre es el de “descarga domiciliaria” y que dentro del predio se conoce como “albañal”. El diámetro de la descarga domiciliaria y el albañal generalmente es de 15 cm. y el de la atarjea como mínimo debe ser de 20 cm.

SUBCOLECTORES. Estas tuberías son las que recolectan las aguas que llevan las atarjeas. Su diámetro debe ser igual o mayor a 20 cm. aunque al inicio puede ser de esta medida (actualmente este componente del sistema ya no se considera).

COLECTORES. Los colectores son las tuberías que captan el agua que traen las atarjeas y los subcolectores por lo que su diámetro debe ser generalmente mayor al de ellas.

EMISOR. A este conducto, ya no se le conecta ninguna descarga de aguas residuales y su función es retirar de la localidad todo el volumen de agua captada por la red de alcantarillado y conducirla al sitio donde se tratará o verterá.

TRATAMIENTO. Uno de los objetivos principales de los sistemas de alcantarillado, es evitar la contaminación provocada por las aguas residuales a los cuerpos de agua superficial y subterráneos, por lo que no se permiten descargas de aguas residuales a las corrientes superficiales ni a los terrenos sin tratar. Para disminuir la contaminación, el agua residual debe pasar por un proceso de tratamiento, este proceso consiste en separar de las aguas residuales los sólidos, líquidos, productos químicos, bacterias y virus para poder emplearlas, posteriormente a su tratamiento.

SITIO DE VERTIDO. Una vez que las aguas residuales han sido tratadas, se deben desalojar o reusar, en el primer caso, es necesario localizar un lugar específico que puede ser un cuerpo de agua y a este lugar se la llama “sitio de vertido”.

OBRAS CONEXAS. Este tipo de obras son estructuras auxiliares que tendrán funciones específicas dentro del sistema de alcantarillado, éstas son, pozos de visita (alcantarillado sanitario), tragatormentas (alcantarillado pluvial) y generadas por la topografía del sitio, estaciones de bombeo de ser necesarias.

3.- ESTUDIOS BÁSICOS PARA REALIZAR UN PROYECTO.

3.- ESTUDIOS BÁSICOS PARA REALIZAR UN PROYECTO.

GENERALIDADES. El paso inicial para efectuar un proyecto, es la realización de un estudio de factibilidad técnico, económico y financiero, cuyo objetivo primordial es justificar la elaboración del proyecto, garantizando que su ejecución se efectúe mediante un análisis de todos los factores técnicos, sociales, económicos, financieros, políticos y culturales que intervienen.

Para obtener esto, se explicarán los estudios básicos que para los proyectos de los sistemas de agua potable y alcantarillado son requisito indispensable realizar, iniciando con las causas que generan la necesidad del proyecto.

CAUSAS QUE DEN ORIGEN A LA NECESIDAD DE LOS PROYECTOS. Se deberá investigar con los habitantes de la localidad, cuáles son las causas que intervienen para generar el o los proyectos de servicio, ya sea una presión local o política, un desarrollo integral de la zona o un nuevo polo de desarrollo.

ANTECEDENTES GENERALES. Será necesario consumir una investigación, recopilación y análisis de toda la información disponible en relación con el estudio y/o el proyecto en las dependencias oficiales y la iniciativa privada, con la finalidad de no duplicar el trabajo y el costo.

ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO. Para la integración de este estudio, se deberán considerar los siguientes aspectos: características generales de la localidad, siendo éstas,

las políticas, geográficas, climatológicas, vías de comunicación, económicas y otras que se consideren necesarias.

INFORMACIÓN BÁSICA. La información que se requiere es la que a continuación se menciona: determinar las zonas socioeconómicas (uso del suelo), información estadística de la localidad, censos del municipio y de la localidad, población con servicios de agua y alcantarillado en porcentaje (%) o en área, número de personas por conexión, escolaridad, población económicamente activa, tipo de familia y clases de vivienda, servicios generales, de comunicación, de salud, oficinas gubernamentales y análisis de los sectores de la economía.

POBLACIÓN DE PROYECTO. La población de proyecto, también denominada “población futura”, es la cantidad de habitantes que se pretende tengan servicio al terminar el periodo económico de diseño del proyecto del sistema de agua y alcantarillado que se va a realizar.

Las proyecciones de la demanda por estos servicios, son un punto clave y crucial en la elaboración del estudio de factibilidad, por lo que merecen una gran atención.

Existen varios métodos por medio de los cuales se puede calcular la población de proyecto, siendo algunos de ellos, Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, Malthus, Crecimiento por Comparación, Ajuste por Mínimos Cuadrados, éstos dos últimos son los más recomendados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA), etc.

PERIODO DE DISEÑO. Es el tiempo que se supone la obra estará trabajando al 100% de su capacidad. El periodo de diseño, está ligado a los aspectos económicos, por lo que no se deben desatender los aspectos financieros. Esto tiene como consecuencia que el ingeniero, trate de diseñar las obras modularmente para que la construcción de los sistemas se vaya realizando conforme se requiera, por lo cual se recomienda que el periodo de diseño sea generalmente de cinco años, exceptuando las obras que no se puedan modular.

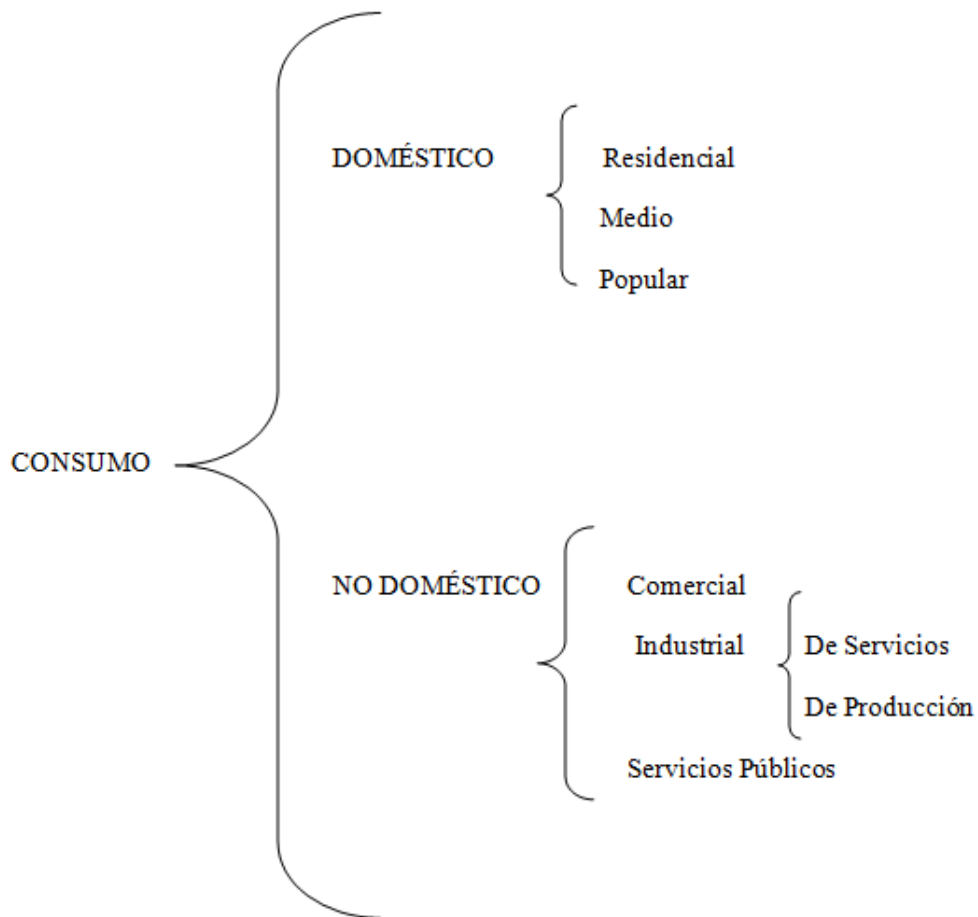
VIDA ÚTIL. La “vida útil” se considera al tiempo en que las obras estarán en servicio al 100% sin que tengan unas erogaciones de operación y mantenimiento elevadas. El tiempo está determinado por la duración de los materiales de que estén hechos los componentes de la obra.

PROYECTOS DE AGUA POTABLE.

CONSUMO. La parte del suministro de agua potable que se utiliza sin considerar las pérdidas, se conoce como consumo y se expresa en m³/día o l/h/día.

El consumo se valora de acuerdo al tipo de usuario y se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico, éstos a su vez se subdividen según las clases socioeconómicas de la población.

GRÁFICA DE DIVISIÓN DE CONSUMOS



FUENTE C.N.A.

CONSUMO DOMÉSTICO. Es la cantidad de agua que se utiliza en las viviendas y depende básicamente del clima y de la clase socioeconómica de los usuarios y varía en algunos casos por las siguientes causas, presión del agua en la red, existencia de alcantarillado sanitario, costo del agua. Para utilizar los valores de este parámetro, se recomiendan los que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), encontró en un estudio realizado en la República Mexicana.

TABLA TIPOS DE USUARIOS

CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín grande, cisterna, lavadora, etc.
Media	Casas y departamentos que cuentan con uno o dos baños, jardín mediano y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias las cuales cuentan con jardín pequeño, con un solo baño o compartiéndolo.

FUENTE C.N.A.

CONSUMO NO-DOMÉSTICO. Es el agua que se utiliza en zonas de comercios y servicios, por personas que no viven en estos lugares y se puede dividir en:

CONSUMO INDUSTRIAL. Este consumo es el uso del agua en fábricas, hoteles, etc. y su cantidad se determina según el tipo de actividad de la industria.

USOS PÚBLICOS. Es el agua utilizada en: las escuelas, riego de jardines y parques, hospitales, para combatir incendios, etc.

DEMANDA ACTUAL. La demanda actual se considera a la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas y se obtiene generalmente multiplicando el

consumo por cada tipo de usuario de cada sector, por el número correspondiente de ellos, ya sean habitantes, locales comerciales, etc.

PÉRDIDAS FÍSICAS. El agua que se pierde por diversos motivos en las líneas de conducción, tanques, red de distribución y tomas domiciliarias se conoce con el nombre genérico de fugas; son las pérdidas físicas y se pueden determinar mediante aforos, inspecciones, distritos hidrométricos, etc.

Estas pérdidas dependen de factores como: calidad y edad de las tuberías y accesorios, proceso constructivo, presión del agua, mantenimiento y operación del sistema, etc.

PREDICCIÓN DE LA DEMANDA. Cuando se trata de diseñar un sistema hidráulico urbano, es importante determinar la demanda futura de agua, calculándola por medio de la suma de los distintos consumos de las diferentes clases socioeconómicas y la proyección de la población.

DOTACIÓN. La dotación es la cantidad de agua que se la asigna a cada habitante para su consumo, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual y sus unidades están dadas en l/h/día.

La dotación se obtiene por medio de un estudio de demandas, pero cuando esto no es posible se emplea la tabla de demandas que considera el número total de habitantes y la temperatura media anual de la localidad.

CONSUMOS DOMÉSTICOS PER CÁPITA

CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA L/H/D		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado Semifrío Frío	250	195	100

FUENTE C.N.A.

CLASIFICACIÓN DE CLIMAS POR TEMPERATURA

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor de 22	Cálido
De 18 a 22	Semicálido
De 12 a 17.9	Templado
De 5 a 11.9	Semifrío
Menor a 5	Frío

FUENTE C.N.A.

COEFICIENTES DE VARIACIÓN. Los requerimientos de agua, no son constantes, durante el día, ni durante el año, motivo por el cual es necesario obtener los gastos Máximo Diario y Máximo Horario los cuales se determinan utilizando los coeficientes de

variación, para obtener estos coeficientes se debe efectuar un estudio y en caso de no poder hacerlo, la CNA recomienda utilizar los valores promedio estudiados por el IMTA.

COEFICIENTES DE VARIACIÓN DIARIA Y HORARIA

CONCEPTO	VALOR
Coefficiente de variación diaria (Cvd)	1.40
Coefficiente de variación horaria (Cvh)	1.55

FUENTE C.N.A.

GASTOS DE DISEÑO.

GASTO MEDIO DIARIO. El “gasto medio diario”, es el agua que un usuario o población necesita en un día de consumo promedio y para una localidad se calcula de la siguiente manera:

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

Q_{med} = Gasto medio diario en l/s

D = Dotación en l/h/d

P = Población de proyecto, número de habitantes

86400 = Número de segundos al día

GASTO MÁXIMO DIARIO Y GASTO MÁXIMO HORARIO. Estos gastos son necesarios para calcular la cantidad de agua requerida por una localidad para poder satisfacer las necesidades de este elemento en un día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo respectivamente. Tomando como base el gasto medio diario los gastos máximo diario y máximo horario se calculan de la siguiente manera:

$$Q_{Md} = CVd \times Q_{med}$$

$$Q_{Mh} = CVh \times Q_{Md}$$

Q_{Md} = Gasto máximo diario en l/s

Q_{Mh} = Gasto máximo horario en l/s

Q_{med} = Gasto medio diario en l/s

CVd = Coeficiente de variación diaria = 1.40

CVh = Coeficiente de variación horaria = 1.55

VELOCIDADES. Las velocidades máximas y mínimas del agua en un conducto, están gobernadas por el material del que está fabricado el ducto y la magnitud de los fenómenos transitorios, al igual que la velocidad de arrastre, ésta última se considera para que no exista el depósito de partículas remolcadas por el agua (azolve).

VELOCIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS PERMISIBLES EN TUBERÍAS

MATERIAL DE LA TUBERÍA	VELOCIDAD (M/S)	
	MÁXIMA	MÍNIMA
Concreto	3.00	0.30
Acero	5.00	0.30
Fibro-cemento	5.00	0.30
Plásticos	5.00	0.30

FUENTE C.N.A.

COEFICIENTES DE REGULACIÓN. Una de las funciones primordiales de los tanques, es la de cambiar el régimen de aportación constante (captación, conducción) por un régimen de consumo variable. La capacidad de un tanque, se determina utilizando la ley de demandas y el gasto máximo diario.

El coeficiente de regularización, está dado en función del tiempo de aportación, requiriéndose almacenar agua en horas de bajo consumo para utilizarla en horas de mayor demanda.

Para calcular el coeficiente de regulación, es importante conocer el número de horas de aportación o bombeo así como su horario.

DEMANDA HORARIA

HORA	DEMANDA HORARIA (%)
0-1	60.6
1-2	61.6
2-3	63.3
3-4	63.7
4-5	65.1
5-6	82.8
6-7	93.8
7-8	119.9
8-9	130.7
9-10	137.2
10-11	134.3
11-12	132.9
12-13	128.8
13-14	126.6
14-15	121.6
15-16	120.1
16-17	119.6
17-18	115.1
18-19	112.1
19-20	105.6
20-21	90.1
21-22	73.4
22-23	71
23-24	65.1

FUENTE C.N.A.

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE REGULARIZACIÓN PARA 24 HORAS

HORA	SUMINISTRO ENTRADA (%)	DEMANDA HORARIA (%)	DEMANDAS (SALIDAS)	
			DIFERENCIAS (%)	DIFERENCIAS ACUMULADAS
0-1	100	60.6	39.4	39.4
1-2	100	61.6	38.4	77.8
2-3	100	63.3	36.7	114.5
3-4	100	63.7	36.3	150.8
4-5	100	65.1	34.9	185.7
5-6	100	82.8	17.2	202.9
6-7	100	93.8	6.2	209.1 *
7-8	100	119.9	-19.9	189.2
8-9	100	130.7	-30.7	158.5
9-10	100	137.2	-37.2	121.3
10-11	100	134.3	-34.3	87
11-12	100	132.9	-32.9	54.1
12-13	100	128.8	-28.8	25.3
13-14	100	126.6	-26.6	-1.3
14-15	100	121.6	-21.6	-22.9
15-16	100	120.1	-20.1	-43
16-17	100	119.6	-19.6	-62.6
17-18	100	115.1	-15.1	-77.7
18-19	100	112.1	-12.1	-89.8
19-20	100	105.6	-5.6	-95.4 *
20-21	100	90.1	9.9	-85.5
21-22	100	73.4	26.6	-63.9
22-23	100	71	29	-34.9
23-24	100	65.1	34.9	0
Σ	2400	240		

Qmd= Gasto Máximo Diario

C= Capacidad de Regulación

R= Coeficiente de Regulación

Ct= 209.1 + 95.4= 304.5

R= (304.5/100) (3600/1000)= 10.96= 11

C= 11,0 Qmd

ALCANTARILLADO SANITARIO.

APORTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. El volumen diario de agua residual que se entrega al sistema de alcantarillado sanitario, se conoce con el nombre de aportación y su valor se considera en un 75% de la cantidad de agua recibida (dotación), para valorar la aportación en zonas industriales se debe analizar cada zona en particular por el tipo de contaminación que tenga esta agua residual.

GASTOS DE DISEÑO.

Los gastos que se calculan para los proyectos de alcantarillado son: Gasto Medio, Gasto Mínimo, Gasto Máximo Instantáneo y Gasto Máximo Extraordinario. Los gastos, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario, se calculan tomando como base el gasto medio.

GASTO MEDIO. Es la aportación de aguas residuales domésticas (negras) en un día promedio del año. Con la utilización de los nuevos materiales en la fabricación de las tuberías para alcantarillado, se considera que éstas son herméticas, por lo tanto no se debe adicionar un caudal originado por filtraciones. En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales domésticas en cada tramo de la red se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{Med.}} = \frac{A_p \times P}{86400}$$

Donde:

Q_{Med} = Gasto medio de aguas negras en l/s

A_p = Aportación de aguas negras en l/h/día (75% de la dotación)

P = Número de habitantes de proyecto

86400 = Número de segundos al día

GASTO MÍNIMO. El “gasto mínimo”, es el menor de los valores, que se puede presentar en un sistema de alcantarillado, siendo su valor la mitad del gasto medio.

$$Q_{\text{min.}} = 0.5 Q_{\text{med}}$$

GASTO MÁXIMO INSTANTANEO. El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de aguas residuales que se puede presentar. Este valor se obtiene a partir del coeficiente de Harmon (M).

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

Donde:

P = Población servida expresada en miles

M = Coeficiente de Harmon

Cuando la población es menor a 1000 habitantes M adquiere un valor de 3.8 y cuando es mayor a 63454 habitantes se considera de 2.17 y la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo es:

$$Q_{\text{Minst}} = M Q_{\text{Med}}$$

Donde:

M = Coeficiente de Harmon

Q_{Med} = Gasto medio en l/s

Q_{Minst} = Gasto máximo instantáneo en l/s

GASTO MÁXIMO EXTRAORDINARIO. Es la cantidad de agua residual que considera la aportación de agua que no forma parte de una descarga normal (agua pluvial de azoteas, patios etc.).

Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se debe considerar un coeficiente de seguridad de 1.5 quedando la expresión de la siguiente manera:

$$Q_{Med} = 1.5 \times Q_{Minst}$$

Donde:

CS = Coeficiente de seguridad 1.5

Q_{Minst} = Gasto máximo instantáneo en l/s

Q_{Mext} = Gasto máximo extraordinario en l/s

DATOS NECESARIOS PARA LOS PROYECTOS

Para determinar los datos básicos forzosos con la finalidad de diseñar un sistema de agua potable y alcantarillado, es necesario obtener la mayor cantidad de información, tanto en dependencias oficiales (federales, estatales, municipales) como particulares, analizarla y verificarla directamente en campo.

La siguiente información se considera como básica para iniciar un proyecto de un sistema hidráulico urbano.

- a) Población actual y de los tres censos anteriores (como mínimo).
- b) Densidad de población.

- c)** Población por estratos económicos.
- d)** Tipos de vivienda y distribución.
- e)** Plano topográfico actualizado.
- f)** Plano catastral actualizado.
- g)** Plan de desarrollo urbano (en caso de existir, la última versión).
- h)** Registro de usuarios de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- i)** Plan maestro o estudio de factibilidad (en caso de existir).
- j)** Variación de la temperatura anual.
- k)** Tipos de suelo donde se instalarán las tuberías.

En caso de que el proyecto consista en una mejora o ampliación, será necesario obtener también esta otra información.

- 1)** Padrón de usuarios del Organismo Operador identificando tipo de usuario y cobertura del servicio.
- 2)** Facturación del padrón de usuarios incluyendo volúmenes consumidos y no facturados por tipo de usuario.
- 3)** Costumbres del uso del agua en la localidad.
- 4)** Planos de las redes de agua potable y alcantarillado.
- 5)** Tipos de materiales de las tuberías de agua potable y alcantarillado.
- 6)** Pérdidas de agua.

4.- DATOS BÁSICOS DE PROYECTO.

4.- DATOS BÁSICOS DE PROYECTO.

En el capítulo anterior, se presentaron algunas definiciones sobre los datos básicos de proyecto, en este capítulo se expondrán estos datos con una mayor profundidad.

Cuando se elabora un proyecto, es indispensable tener mucho cuidado en la definición y magnitud de los datos básicos con la finalidad de no caer en el error de generar obras sobredimensionadas o deficientes las cuales representan inversiones inadecuadas.

Tomando en consideración la información recopilada, el ingeniero civil deberá concebir una síntesis que muestre el diagnóstico del estado que guarda la población a la que se le pretende hacer el proyecto de agua potable y alcantarillado sanitario.

Se deben identificar las zonas habitacionales por su clase socioeconómica diferenciándolas en popular, media y residencial y de la misma manera las zonas industriales, comerciales y de servicios públicos, presentando esta información en un plano general de la localidad. Esto representa la información de inicio para poder elaborar un estudio y/o proyecto de agua potable y alcantarillado sanitario.

POBLACIÓN ACTUAL. Considerando la información sobre las zonas habitacionales, es necesario definir la población actual correspondiente. Este dato se puede obtener mediante la revisión de los tres últimos censos elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), realizando el cálculo conveniente, el valor obtenido deberá ser comparado con los datos que sobre las acometidas de energía eléctrica tenga registradas la Comisión Federal de Electricidad (CFE), o efectuando directamente un censo a la localidad en cuestión.

POBLACIÓN DE PROYECTO. La “población de proyecto”, también conocida como “población futura” se definirá basándose en el crecimiento histórico de la localidad y los años a los que se proyectará irán de acuerdo con el tipo de población, considerando lo siguiente:

Población Rural hasta 2500 habitantes (se proyectará a 8 o 10 años).

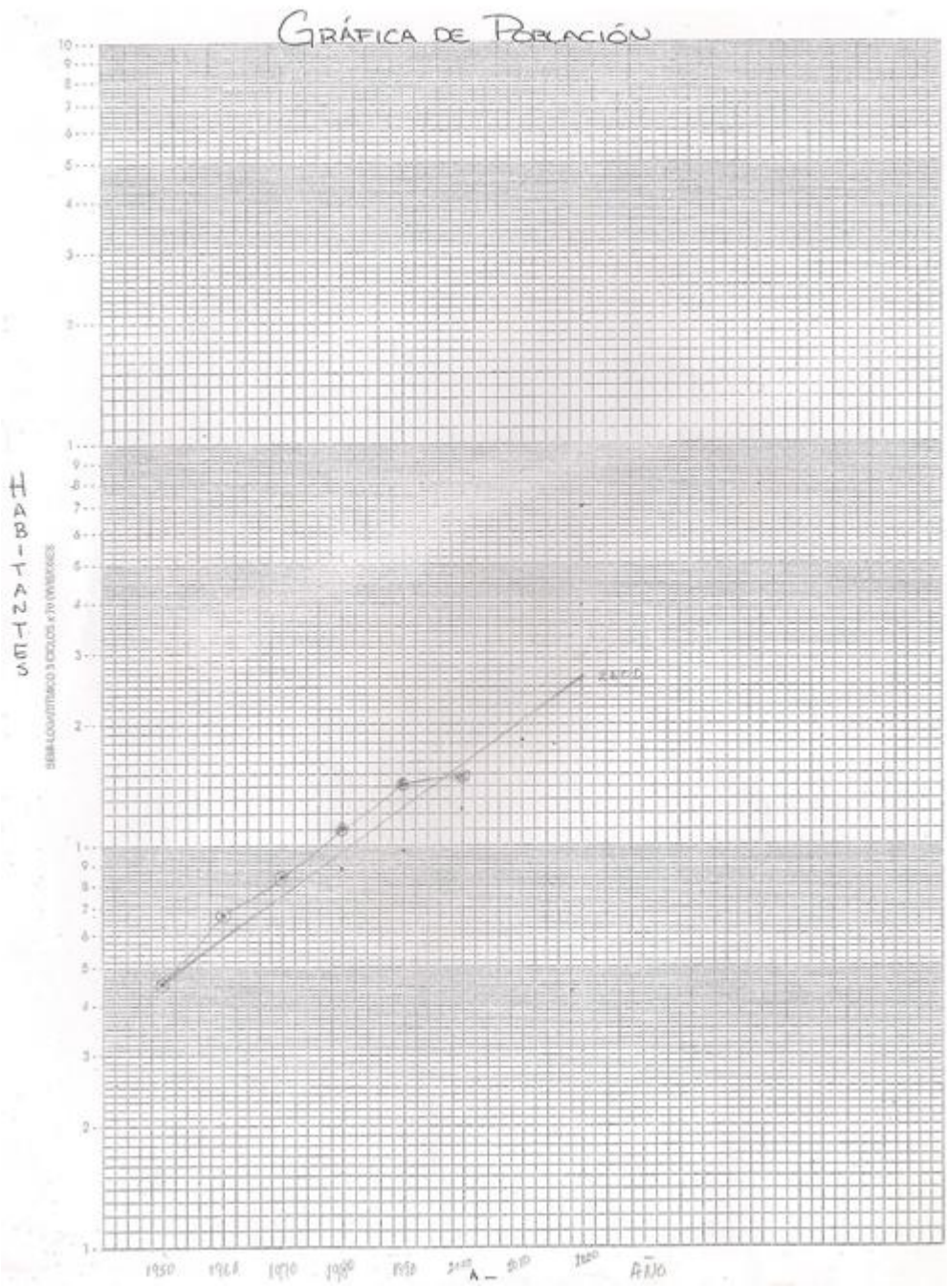
Población Urbana mayor a 2500 habitantes (se proyectará a 15 o 20 años).

CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE PROYECTO A 20 AÑOS

Datos Censales

AÑO DEL CENSO	NO. DE HABITANTES
1950	464
1960	677
1970	845
1980	1136
1990	1460
2000	1498

I. MÉTODO GRÁFICO (PAPEL SEMILOGARÍTMICO)



AÑOS

II. MÉTODO ARITMÉTICO

Este método supone que el crecimiento poblacional es constante y por lo cual se debe obtener el promedio anual en años anteriores y aplicarlo para obtener la población futura.

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{Pa - Pp}{n}$$

Donde:

Pf → Población Futura

Pp → Población Pasada

Pa → Población Actual

n → Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

N → Diferencia de tiempo en años entre Pf y Pp

I → Incremento Medio Anual

AÑO DEL CENSO	NO. DE HABITANTES
1950	464
1960	677
1970	845
1980	1136
1990	1460
2000	1498

$$I = \frac{1498 - 464}{50} = 20.68 \text{ Hab. /año}$$

50

$$Pf = 1498 + (20.68)(10) = 1704.80$$

$$Pf = 1705 \text{ habitantes}$$

III. MÉTODO GEOMÉTRICO POR PORCENTAJES

AÑO	NO. DE HABITANTES	INCREMENTO	% INCREMENTO
1950	464		
1960	677	213	45.91
1970	845	168	24.82
1980	1136	291	34.44
1990	1460	324	28.52
2000	1498	38	2.6
		Σ	136.29

El incremento poblacional se obtiene restándole a la población actual la población anterior

$$I = P_a - P_i$$

$$I = 667 - 464 = 213$$

La obtención del porcentaje (%) del incremento se calcula considerando lo siguiente:

Incremento: x:: Población anterior: 100

$$464 \rightarrow 100$$

$$213 \rightarrow X = (213) (100) / 464 = 45.91$$

Con la sumatoria de los incrementos se obtiene el incremento promedio anual:

$$I = \frac{\Sigma \% \text{ incremento}}{\text{No. De Años}} = \frac{136.29}{50} = 2.73$$

$$P_f = P_a + P_a (I/100) (N) = 1498 + 1498 (2.73/100) (10) = 1906.95 \quad \mathbf{P_f = 1907 \text{ habitantes}}$$

IV. MÉTODO GEOMÉTRICO

Este método supone un incremento constante pero no en forma absoluta sino en porcentajes, por lo cual se calcula una cifra promedio y se aplica a los años futuros.

$$\text{Log Pf} = \text{Log Pa} + N \text{Log} (1 + r)$$

Log (1 + r) Es el promedio de la diferencia de logaritmos de las poblaciones futura y actual por decenio.

$$\text{Log} (1 + r) = \frac{\text{Log Pf} - \text{Log Pa}}{10}$$

AÑO	No. DE HABITANTES	Log. Pob.	DIFERENCIA	(Log 1 + r) (Diferencia/10)
1950	464	2.66651798		
1960	677	2.83058867	0.164070688	0.016407
1970	845	2.92685671	0.09626804	0.009627
1980	1136	3.05537833	0.128521622	0.012852
1990	1460	3.16435286	0.108974524	0.010897
2000	1498	3.17551181	0.011158958	0.001116

Σ

0.050899

$$\text{Promedio Log} (1 + r) = \frac{0.050988}{5} = 0.01018$$

5

$$\text{Log Pf} = 3.17551 + 10 (0.01018) = 3.27731$$

$$\text{Pf} = \text{anti log } 3.27731 = 1893.69$$

Pf= 1894 habitantes

V. MÉTODO DE INCREMENTOS DIFERENCIALES

En este método se calcula para los años conocidos el incremento decenal promedio y el incremento de los incrementos decenales promedio. Ambos promedios se aplican al periodo siguiente inmediato al último censo y este será el incremento decenal correspondiente para el siguiente periodo.

AÑO	No. DE HABITANTES	INCREMENTO	INCREMENTO DE INCREMENTO
1950	464	-	-
1960	677	213	-
1970	845	168	-
1980	1136	291	123
1990	1460	324	33
2000	1498	38	-
	Σ	1034	$\Sigma=156$

$$\text{Promedio} = \frac{1034}{5} = 206.8 = \frac{156}{2} = 78$$

$$\text{Incremento decenal} = 206.8 + 78 = 284.80 = 285$$

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

AÑO POBLACIÓN

2000 1498

2010 $1498 + 285 = 1738$

Pf= 1738 habitantes

VI. MÉTODO GEOMÉTRICO LOGARÍTMICO

$$\text{Log Pf} = \text{Log Pa} + \frac{\text{Log Pa} - \text{Log Pp}}{10} \times \text{N}$$

Log Pf → Logaritmo de la Población Futura

Log Pa → Logaritmo de la Población Actual (último censo)

Log Pp → Logaritmo de la población del penúltimo censo

N → Número de Años a Proyectar

X → 1

$$\text{Log Pf}_{10} = \text{Log } 1498 + \frac{\text{Log } 1498 - \text{Log } 1460}{10} \times 10$$

$$\text{Log Pf}_{10} = 3.17551 + \frac{3.17551 - 3.16435}{10} \times 10$$

$$\text{Log Pf}_{10} = 3.17551 + \frac{0.01116}{10} \times 10$$

$$\text{Log Pf}_{10} = 3.17551 + 0.00112 (1)$$

$$\text{Log Pf}_{10} = 3.17663$$

$$\text{Anti Log} = 1502$$

Pf = 1502 habitantes

VII. MÉTODO DE MALTHUS

$$P_f = P_a (1 + a)^r$$

P_f → Población Futura

P_a → Población del Último Censo

A → Promedio de Incrementos Relativos Decenales

AÑO	No. DE HABITANTES	INCREMENTO	INCREMENTO DECENAL
1950	464		
1960	677	213	0.4591
1970	845	168	0.2482
1980	1136	291	0.3444
1990	1460	324	0.2852
2000	1498	38	0.026
		Σ	1.3629

$$\text{Promedio Incrementos Decenal} = \frac{1.3629}{5} = 0.2726$$

$$P_f = 1498 (1 + 0.2726)^1 = 1906.35$$

$P_f = 1906$ habitantes

VIII. MÍNIMOS CUADRADOS

Para calcular el valor de la población para un año determinado, utilizamos la siguiente ecuación:

$$P = a + bt$$

Para determinar los valores de "a" y de "b" se utilizan los valores siguientes:

$$a = \frac{\sum P_i - b \sum t_i}{N}$$

$$b = \frac{N \sum t_i P_i - \sum t_i \sum P_i}{N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

Entonces si queremos realizar una estimación a partir de los datos de la siguiente tabla, seguimos el siguiente procedimiento:

N	AÑO (t)	POBLACIÓN (p)	t ²	p ²	(t)(p)
1	1950	464	3802500	215296	904800
2	1960	677	3841600	458329	1326920
3	1970	845	3880900	714025	1664650
4	1980	1136	3920400	1290496	2249280
5	1990	1460	3960100	2131600	2905400
6	2000	1498	4000000	2244004	2996000
Σ	11850	6080	23405500	7053750	12047050

Sustituimos valores:

$$a = \frac{6 (12047050) - (11850) (6080)}{6 (23405500) - (11850)^2} = 22.314$$

$$b = \frac{6080 - (22.314) (11850)}{6} = - 43057.381$$

De esta manera si queremos conocer el dato correspondiente a 2020, sustituimos el dato en la ecuación:

$$P = -43057.381 + (22.314)(2020) = 2017.47619$$

Es decir que para el año 2020 se estima una población de 2018 habitantes (cuando hablamos de persona el redondeo de las cifras siempre se hace al número inmediato superior).

Para conocer el grado de ajuste de nuestros datos hacemos el cálculo del coeficiente de regresión mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{N\sum t_i P_i - \sum t_i \sum P_i}{\sqrt{[N\sum t_i^2 - (\sum t_i)^2][N\sum P_i^2 - (\sum P_i)^2]}}$$

Se sustituyen los valores en la ecuación:

$$r = \frac{(6)(12047050) - (11850)(6080)}{\sqrt{[(6)(23405500) - (11850)^2][(6)(7053750) - (6080)^2]}} = 0.987991$$

De acuerdo a la teoría, cualquier valor superior a 0.75, se considera un buen ajuste lineal

PERIODO DE DISEÑO. Los “periodos de diseño” de las obras que integran los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, están determinados tomando en cuenta que éstos siempre deben ser menores a la vida útil de las estructuras o elementos que los integren y además se deberá considerar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Para definir el periodo de diseño de una obra o proyecto, la CNA recomienda lo siguiente:

- a) Hacer un listado de las estructuras, equipos y accesorios relevantes que integren los sistemas, para su funcionamiento y operación.
- b) Tomando como base el listado anterior se determina la vida útil de cada elemento según la tabla elaborada por la CNA.

- c) Definir el periodo de diseño de acuerdo a las recomendaciones de la CNA y a la consulta del estudio de factibilidad, que se haya elaborado para la localidad.

PERIODO DE DISEÑO

ELEMENTO	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
FUENTE a) Pozo b) Presa	5 hasta 50
Línea de conducción	de 5 a 20
Planta potabilizadora	de 5 a 10
Estación de bombeo	de 5 a 10
Tanque	de 5 a 20
Red de distribución primaria	de 5 a 20
Red de distribución secundaria	A saturación
Red de atarjeas	A saturación
Colector y emisor	de 5 a 20
Planta de tratamiento	de 5 a 10

FUENTE C.N.A.

VIDA UTIL. La “vida útil” de las obras depende de los siguientes factores:

Calidad de los materiales utilizados y de la construcción.

Calidad de los equipos.

Diseño del sistema.

Calidad del agua.

Operación y mantenimiento.

Es importante tomar en cuenta que las obras civiles tienen una mayor duración que las electromecánicas, y que las tuberías tienen más vida que los equipos, pero por estar

enterradas no se pueden vigilar adecuadamente, por lo que los programas de operación y mantenimiento sobre todo los preventivos son importantes en su aplicación.

A continuación se presenta una tabla elaborada por la CNA con la vida útil de algunos elementos que integran los sistemas de agua potable y alcantarillado, considerando la adecuada aplicación de una buena operación, un buen mantenimiento y su instalación en suelos no agresivos.

Todo lo descrito anteriormente, se genera por igual para un sistema de agua potable o un sistema de alcantarillado, los siguientes conceptos, se aplicarán para cada sistema.

VIDA ÚTIL

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (AÑOS)
POZO	
a) Obra civil	de 10 a 30
b) Equipo electromecánico	de 8 a 20
Línea de conducción	de 20 a 40
Planta potabilizadora	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	De 15 a 20
Estación de bombeo	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	De 8 a 20
Tanque	
a) Elevado	20
b) Superficial	40
Red de distribución primaria	de 20 a 40
Red de distribución secundaria	de 15 a 30
Red de atarjeas	de 15 a 30
Colector y emisor	de 10 a 40
Planta de tratamiento	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	De 15 a 20

FUENTE C.N.A.

PROYECTOS DE AGUA POTABLE.

CONSUMO. A la hora de determinar los consumos de agua potable en las localidades de la República Mexicana, se presentan dos formas de hacerlo a)- la localidad no cuenta con datos estadísticos de consumo de agua y b)- la localidad cuenta con datos estadísticos de consumos.

No existen datos estadísticos de consumos.- En caso de no existir datos de consumo de la localidad en estudio, éstos se podrán obtener utilizando cualquiera de los dos siguientes procedimientos.

El primero consiste en realizar una medición de los volúmenes consumidos por muestras de usuarios seleccionadas aleatoriamente, deben tomarse en cada una de las zonas habitacionales existentes de las distintas clases socioeconómicas, comerciales, industriales y de servicios, el tamaño de la muestra será de 30 usuarios como mínimo en cada zona habitacional. Para las zonas industriales, comerciales y de servicios, se realizará una muestra representativa adecuada. Este procedimiento, implica considerar más personal tiempo y costo.

El segundo método considera la determinación de los consumos aplicando tablas que tienen valores estadísticos registrados en la bibliografía técnica, cuyos parámetros principales son: el clima, número de habitantes, zonas habitacionales, etc., algunos valores se muestran a continuación.

CONSUMOS DOMÉSTICOS PER CÁPITA

CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA L/H/D		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado Semifrío Frío	250	195	100

FUENTE C.N.A.

Existen estadísticas de consumo.- Para este caso, se debe ordenar la información que se obtenga de los volúmenes consumidos mensualmente, según los tipos de usuarios, si este tipo de información no se puede obtener, se debe realizar una encuesta con la finalidad de complementar la información requerida.

En los casos indicados anteriormente es necesario calcular el consumo de agua para combatir los incendios. El IMTA investigó con algunas agrupaciones de bomberos en distintas zonas del país, cuáles eran los consumos de agua por este concepto y el resultado es una tabla, la cual se aplica para tener el valor del volumen requerido para apagar un incendio.

El consumo de agua contra incendio, se obtiene al multiplicar los consumos per cápita (l/h/siniestro) por el número de habitantes de proyecto y dividirlo entre 1000, con lo que se tendrá el volumen necesario para esta contingencia en m³, a su vez se debe multiplicar por el supuesto número de incendios al año y con ello se obtiene el consumo de agua en m³/día.

Una vez que se ha obtenido el consumo de agua por cada tipo de servicio, se calcula el consumo total sumando todos los valores encontrados.

DOTACIÓN. La “dotación” es el parámetro por medio del cual se pueden calcular los gastos que servirán para el diseño de las distintas partes de un sistema de agua potable.

GASTOS DE DISEÑO. Los “gastos de diseño” se calcularán tomando en cuenta la dotación y los coeficientes correspondientes, las partes integrantes del sistema de agua potable se calcularán con los siguientes gastos:

Captación	Gasto Máximo Diario
Línea de Conducción	Gasto Máximo Diario
Tratamiento	Gasto Máximo Diario
Regularización	Gasto Máximo Diario
Línea de Alimentación	Gasto Máximo Horario
Red de Distribución	Gasto Máximo Horario

PROYECTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

APORTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. El valor de la aportación, se calcula multiplicando la dotación por 75% con lo que se obtiene el dato de la cantidad de agua residual que cada habitante vierte a la red de alcantarillado.

GASTOS DE DISEÑO. El gasto medio diario de aguas residuales, es el dato base para calcular los demás gastos de diseño, aplicando los coeficientes de variación correspondientes.

5.- SISTEMAS DE AGUA POTABLE.

5.- SISTEMAS DE AGUA POTABLE.

El objetivo de un sistema de agua potable es proporcionar un servicio eficiente, considerando que el agua tenga calidad, cantidad y continuidad.

Para elaborar un proyecto de este tipo, es necesario forjar varias alternativas, definiendo para cada una de ellas las obras que la integran, realizando un análisis, con el fin de seleccionar la más conveniente, considerando sus aspectos de eficiencia, constructivos, operativos, sociales y económicos.

El diseño hidráulico del sistema, se ejecutará tomando en cuenta los datos básicos de proyecto y su dimensionamiento se debe estudiar para poder programar su construcción por etapas, la planta potabilizadora y las estaciones de bombeo (si son necesarias) deberán ser modulares, para poderse construir por fases y que su operación sea flexible de acuerdo a los requerimientos de los gastos.

OBRAS DE CAPTACIÓN. La o las fuentes de abastecimiento seleccionadas deben ser capaces de proporcionar el gasto máximo diario requerido por la población, utilizando las aguas superficiales o subterráneas según sea el caso, previo análisis físico, químico y bacteriológico para asegurar su calidad y poder seleccionar adecuadamente el material de la tubería.

Con la finalidad de diseñar un buen sistema de abastecimiento de agua, es requisito indispensable determinar las características y necesidades inmediatas y futuras de la localidad, para que la o las fuentes seleccionadas proporcionen el agua necesaria para cada una de las etapas constructivas sin que pueda existir reducción del abastecimiento

por sequía u otra causa, también será necesario realizar un levantamiento topográfico de detalle de la zona de la fuente de abastecimiento, para elaborar el mejor diseño.

El proyecto de las obras de captación de aguas superficiales o subterráneas debe cumplir con los requisitos que a continuación se mencionan.

CAPTACIÓN EN AGUAS SUPERFICIALES.

En este tipo de captación, es necesario localizar una corriente de agua con un escurrimiento permanente con el fin de garantizar el servicio durante todo el año y con ello determinar la utilización de las obras de captación apropiadas.

Los elementos que integran una obra de captación de este tipo son:

- Dispositivos de toma (orificios, tubos).
- Dispositivos de control (compuertas, válvulas de seccionamiento).
- Dispositivos de limpia (rejillas, cámaras de decantación).
- Dispositivos de control de excedencias (vertedores).
- Dispositivos de aforo (vertedores, tubos pitot, parshall).

Para el diseño de este tipo de obras se requiere conocer los siguientes datos:

- Gasto medio, máximo y mínimo de la corriente.
- Niveles de agua, normal, extraordinario y mínimo.
- Características de la cuenca, erosión y sedimentación.
- Estudio de inundaciones y arrastre de cuerpos flotantes.
- Características de la vegetación, incluyendo efecto del agua de riego.
- Probables fuentes de contaminación aguas arriba de la localidad.

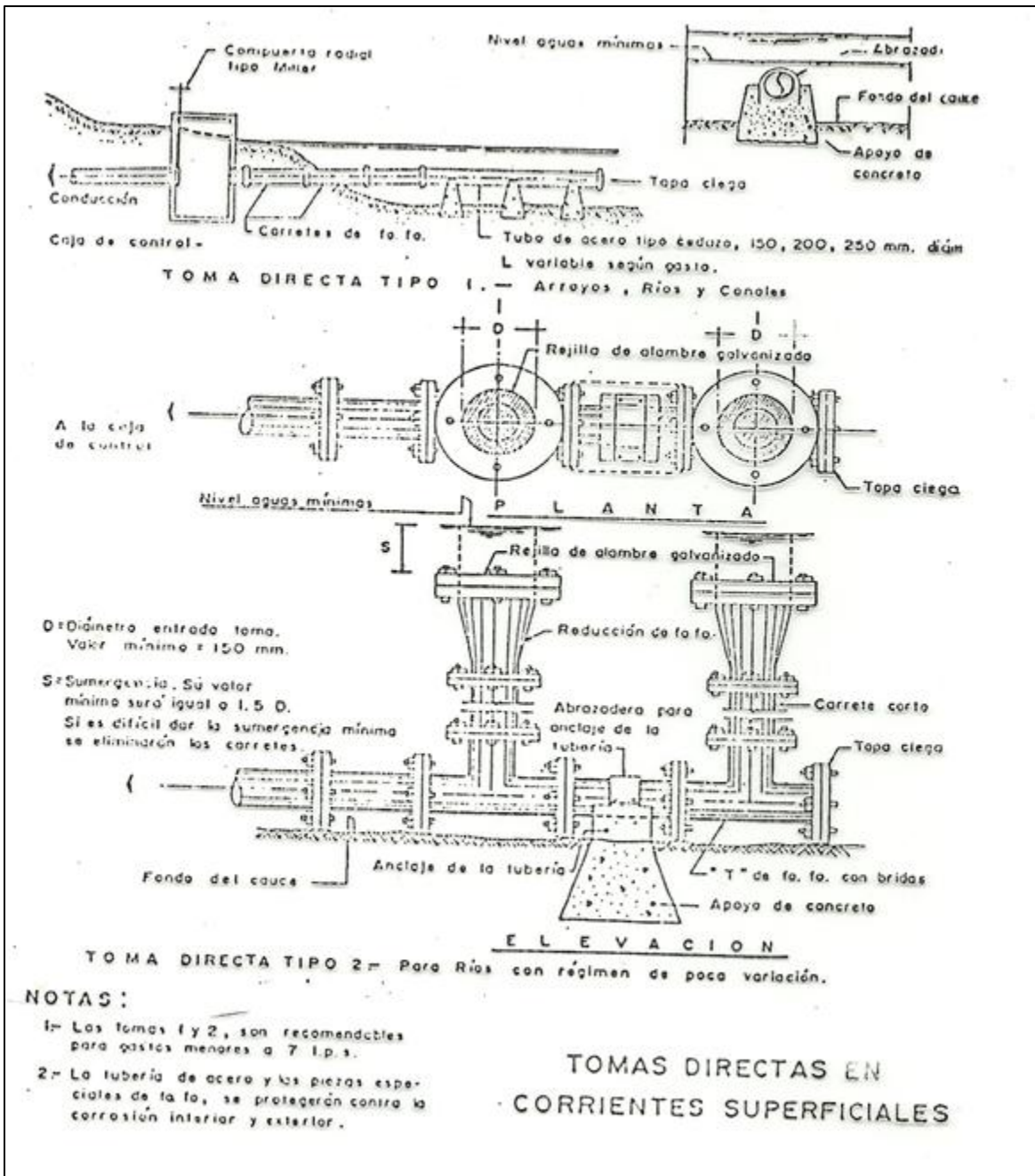
CAPTACIÓN DIRECTA. Las “obras de captación” en corrientes superficiales varían según el tipo de corriente, el gasto requerido y la topografía del lugar y pueden ser desde tubos sumergidos hasta grandes torres.

Para su localización, es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La obra de toma deberá estar aguas arriba de la localidad por abastecer.
- La obra de captación debe quedar ubicada en un tramo recto de la corriente y su entrada estará en un nivel menor al de aguas mínimas de la corriente.
- En caso de que la corriente que se utilice esté afectada por la mareas, se debe efectuar un minucioso estudio de la calidad del agua en diferentes épocas del año con la finalidad de determinar hasta donde llega el agua del mar (salada).
- Se deberán tomar en consideración las velocidades del agua durante las temporadas de estiaje y lluvias, así como las características litológicas del cauce, su probable socavación y la estabilidad del fondo.
- La entrada de la tubería no debe estar en contra corriente.

TOMA DIRECTA. Este tipo de toma es recomendable para gastos menores a 10 lps con la finalidad de poder aprovechar el agua de los arroyos y ríos con un escurrimiento permanente.

Existen varios tipos de esta toma, a continuación se muestran algunos:



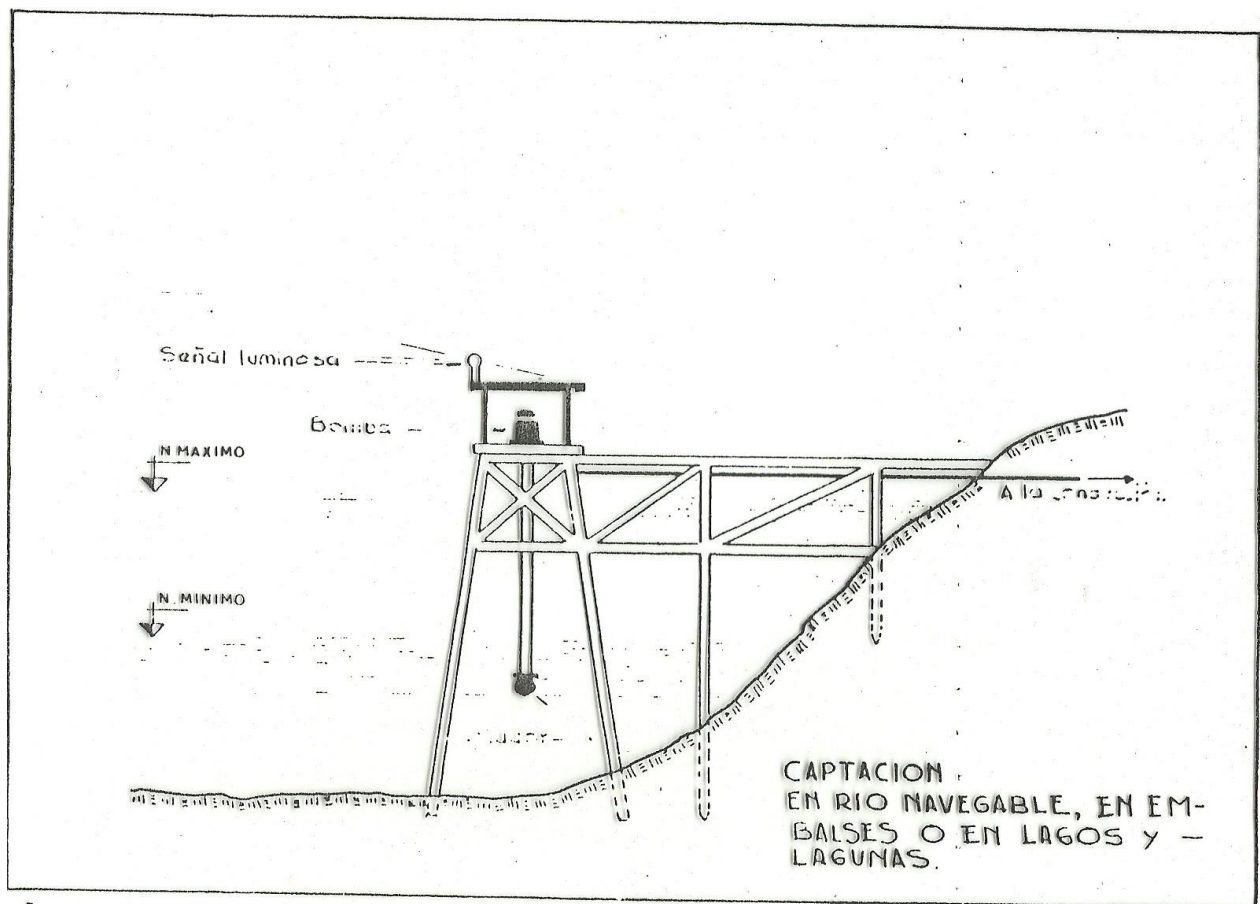
FUENTE C.N.A.

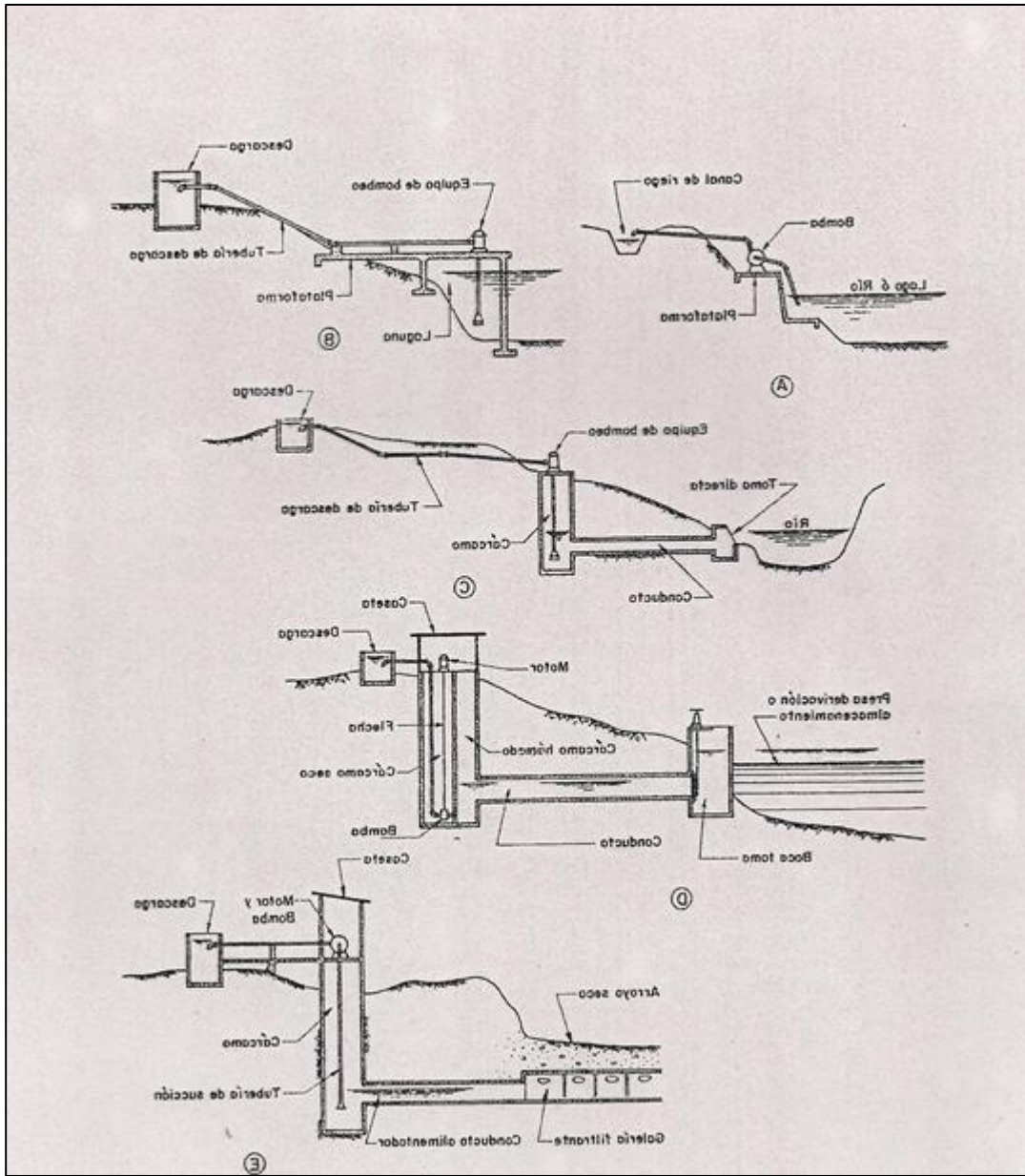
TORRES DE TOMA. Este tipo de captación consiste en una torre de concreto o mampostería que se construye en una de las márgenes del río sobresaliendo varios metros del nivel de aguas máximas, con dos o más entradas, con sus compuertas y rejillas.

Para que esta toma sea estable, la estructura de sostén debe quedar enterrada abajo del nivel de socavación y protegida contra la erosión que provoque la avenida en época de lluvias.

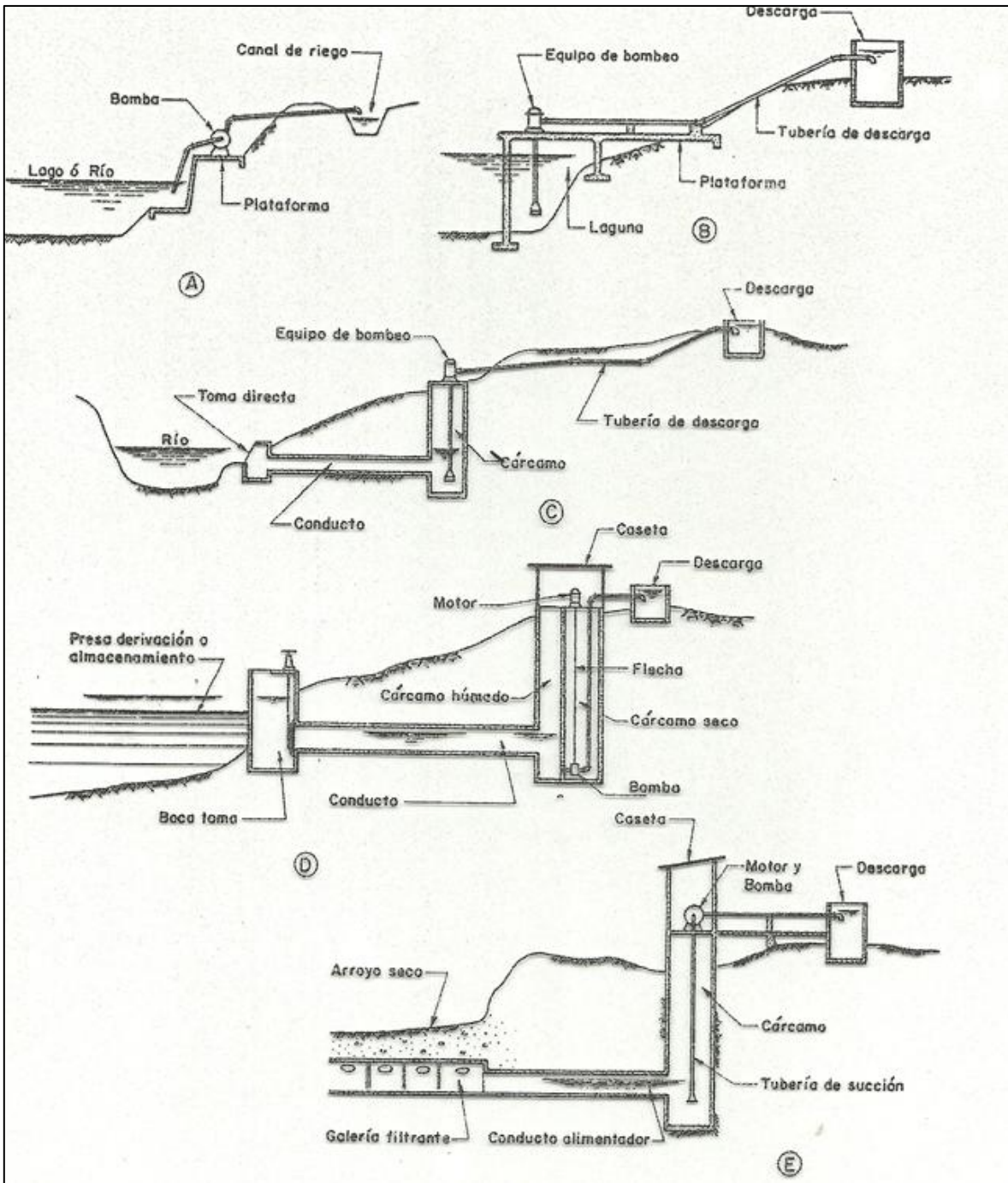
Una torre se captación, tiene la facilidad de tomar el agua a distintos valores del tirante de la corriente, utilizando siempre el nivel más superficial, donde el agua tiene el menor contenido de sólidos en suspensión.

Este tipo de toma se recomienda para gastos superiores a 50 lps.

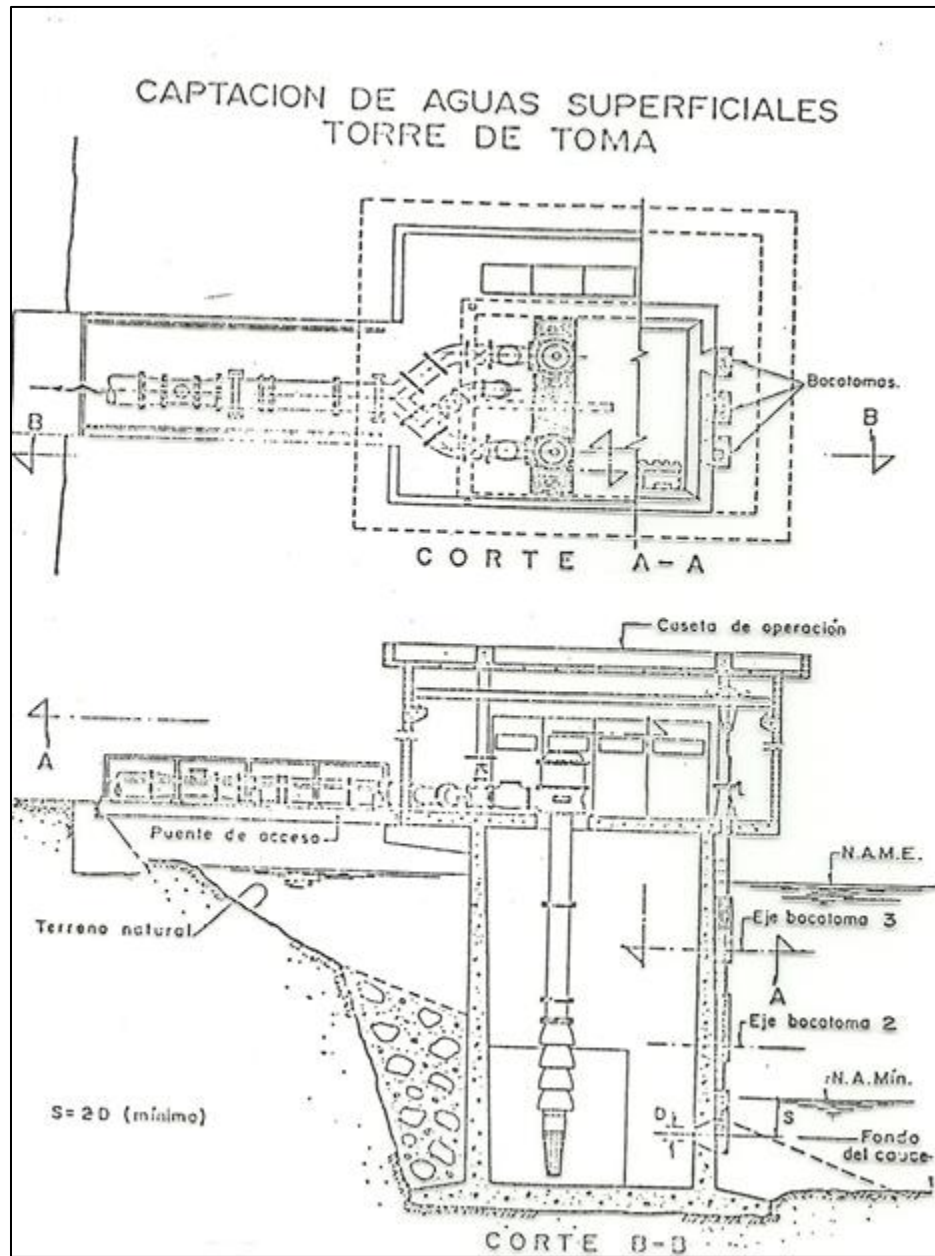




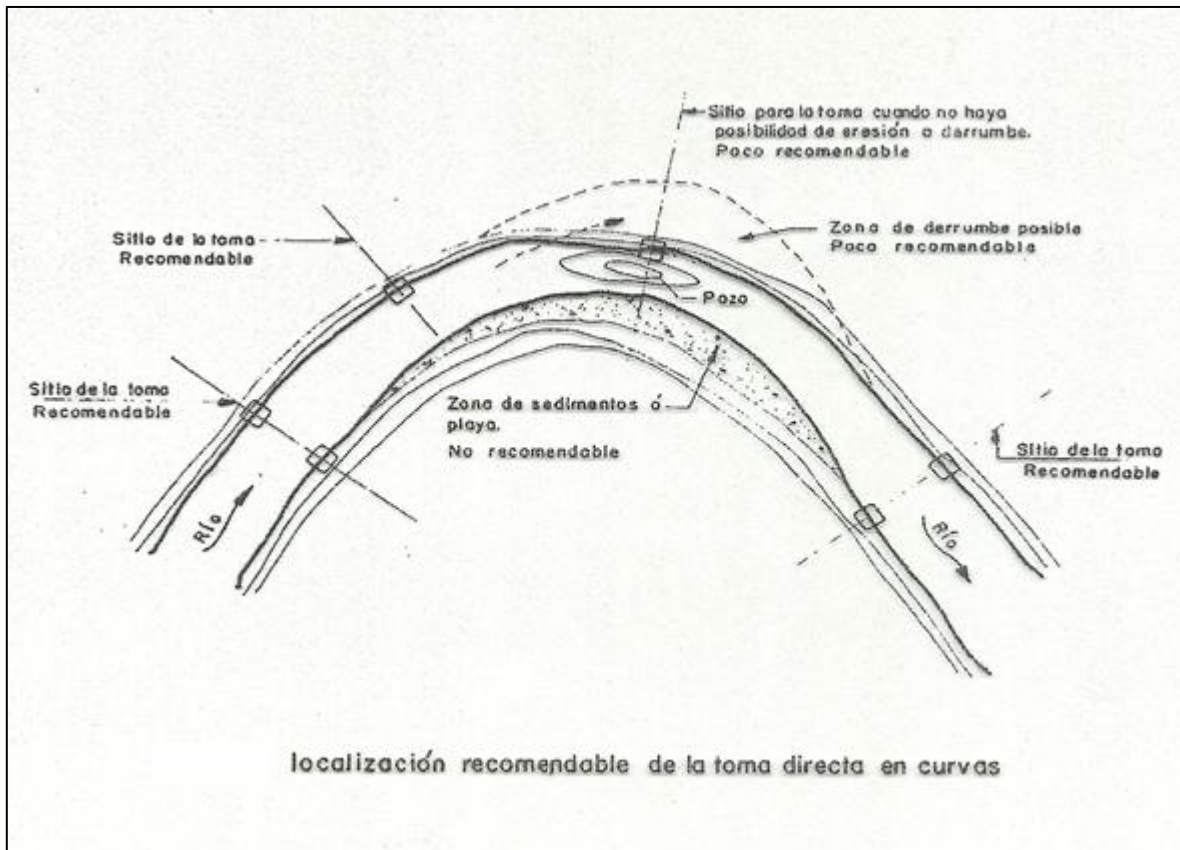
FUENTE C.N.A.



FUENTE C.N.A.



FUENTE C.N.A.



FUENTE C.N.A.

PRESAS DERIVADORAS. En algunos casos, es necesario elevar el tirante del agua de la corriente o represarla para poder obtener el gasto requerido por la población, para lo cual se debe construir un dique o presa que efectúe estas funciones.

Con la finalidad de lograr lo anterior se requiere establecer la ubicación de la cortina, un análisis técnico-económico de las alternativas que se estudien considerando todos los elementos necesarios como son, la altura y longitud de ella, bombeo y longitud de la línea de conducción por mencionar algunos. Con el propósito de cumplir con los fines de este tipo de captación en forma segura y continua, se deben suponer esenciales las siguientes partes: la cortina, la obra de toma y la estructura de limpieza.

Con la cortina, se represa el agua hasta una altura que asegure obtener el gasto de proyecto, en función del diseño hidráulico, el resto del caudal de la corriente se debe verter sobre la cortina, ya sea en toda su longitud o parcialmente.

En cada una de las alternativas que se estudien, se debe proyectar la altura de la cortina considerando: la topografía del cauce, las características del terreno en el cauce y márgenes para diseñar la cimentación de la presa, el nivel requerido para la toma y sus dimensiones, los terrenos que se puedan inundar y sus posibles indemnizaciones.

La cresta vertedora de la presa, dependerá de la carga hidráulica que sea necesaria para operar la toma y de la elevación del conducto de la toma.

La conexión de la obra de toma con la línea de conducción se controlará mediante una compuerta que puede ser circular de tipo Miller o una Deslizante Estándar.

El tamaño del orificio de entrada se calcula hidráulicamente como un orificio ahogado, su carga sobre él debe ser pequeña para que el agua penetre a baja velocidad y estará ubicado lo más alto posible, se propone que se disponga de varios orificios situados a diferentes alturas, colocando a cada uno de ellos una rejilla que impida el paso de cuerpos flotantes gruesos a la línea de conducción.

Los azolves ocasionados por el arrastre de arenas, gravas y cantos rodados generan problemas en el funcionamiento de la presa, por lo que deben ser eliminados, para lograr esto se construye una estructura de limpia llamada desarenador, con la finalidad de realizar periódicamente labores de limpieza para desalojar los materiales acumulados que puedan tapan la entrada del agua a la línea de conducción.

Es recomendable que a la estructura de limpieza se le coloque una compuerta lo más cercana posible a la obra de toma.

PRESA DE ALMACENAMIENTO. Una presa de almacenamiento se construye en el cauce de un río con el objeto de almacenar el agua que aporta la corriente para posteriormente emplearla según las demandas que se tengan. Las partes esenciales de este tipo de obra son: la cortina, la toma y el vertedor de demasías.

Cuando la presa de almacenamiento se construye para utilizar el agua en el abastecimiento de una localidad, se deben considerar dos factores principalmente; la cantidad de agua que aporta la corriente, para lo cual se debe realizar un estudio hidrológico y un aforo, y la demanda de agua de la localidad que será el gasto máximo diario requerido.

Para la localización y el diseño de la obra de toma de una presa de almacenamiento cuya finalidad sea la de abastecer de agua a una población se deben considerar los siguientes factores:

- Gasto por utilizar (gasto máximo diario)
- Carga hidráulica, la cual depende de la altura de la cortina y del perfil de la conducción
- Estudio de geotecnia
- Tipo de cortina
- Localización de la planta potabilizadora

La obra de toma debe constar de: una estructura de control o torre y un conducto (galería y tubería) que trabajará a presión o como canal.

El tipo de toma más recomendable es una torre localizada generalmente aguas arriba y al pie de la cortina, continuando con una galería a través de la cortina. La torre debe tener varias entradas situadas a diferentes niveles con la finalidad de captar el agua a una

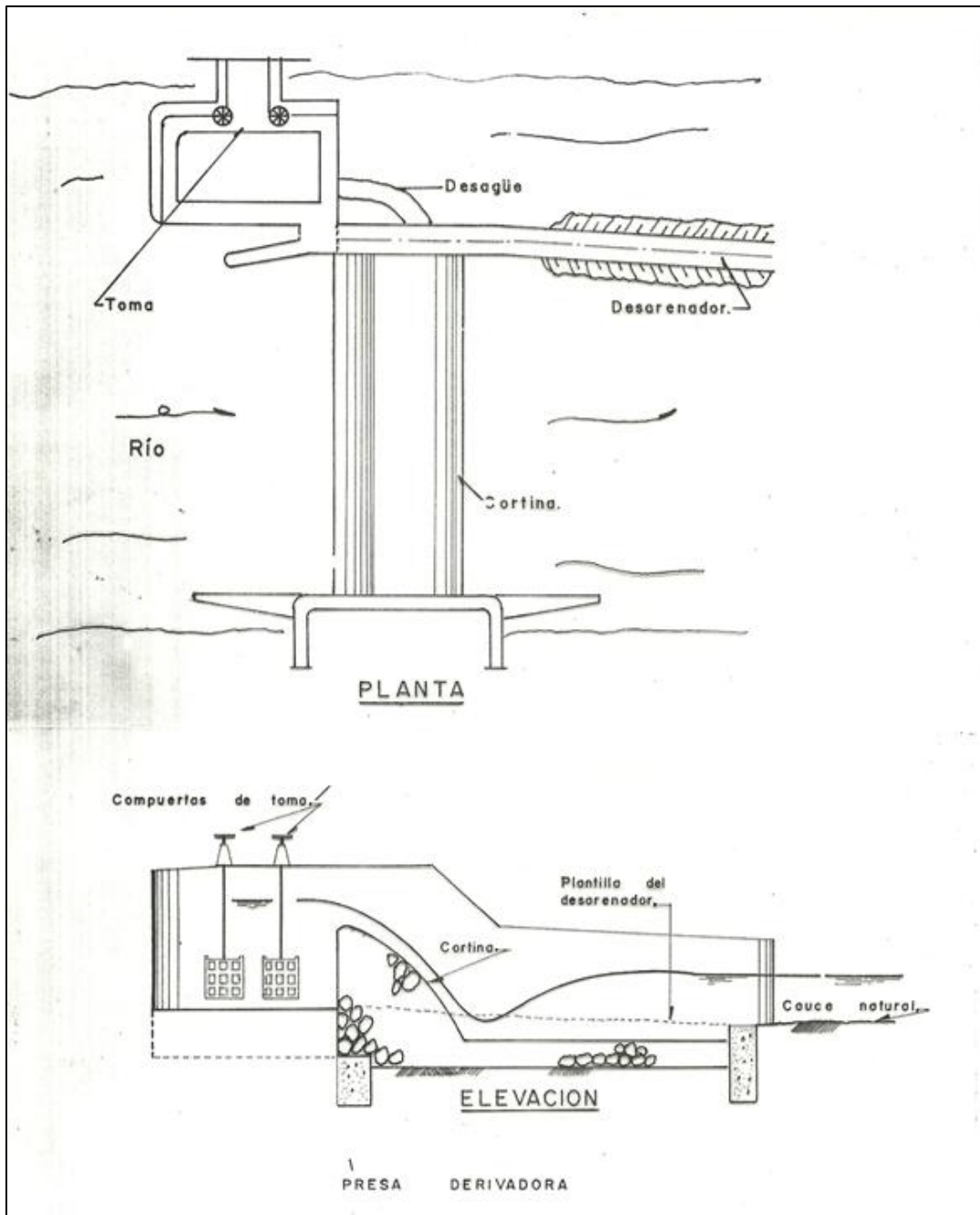
profundidad adecuada y con ello garantizar una mejor calidad de ella (en turbiedad y color principalmente), cada una de las entradas estará protegida con una rejilla y tendrá también una compuerta, para que durante la operación funcione únicamente la más próxima a la superficie del agua estando cerradas las demás entradas.

El funcionamiento hidráulico de este tipo de toma, tiene dos variantes principales que son:

- En la entrada de cada toma se coloca una compuerta de seccionamiento y al final de la galería inicia la línea de conducción que tendrá una válvula de seccionamiento y una de desagüe, desfogue o limpieza.
- Se deberá utilizar tubería dentro de la torre y la galería, la entrada será abocinada con una válvula de seccionamiento unida a la tubería vertical, la cual descargará al pie de la cortina donde se unirá a la línea de conducción.

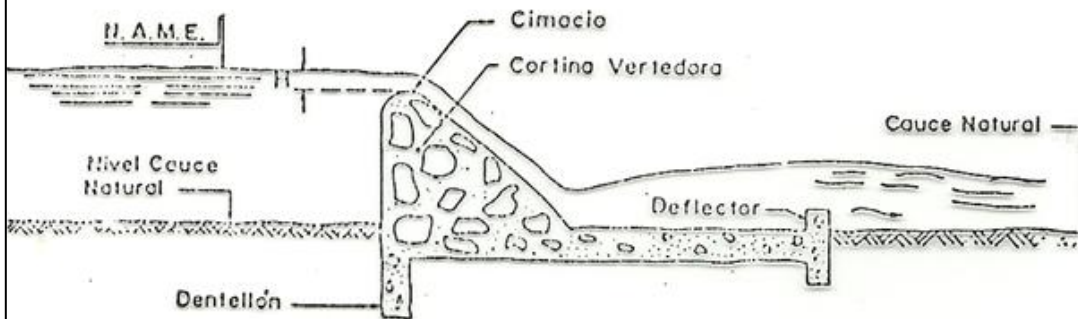
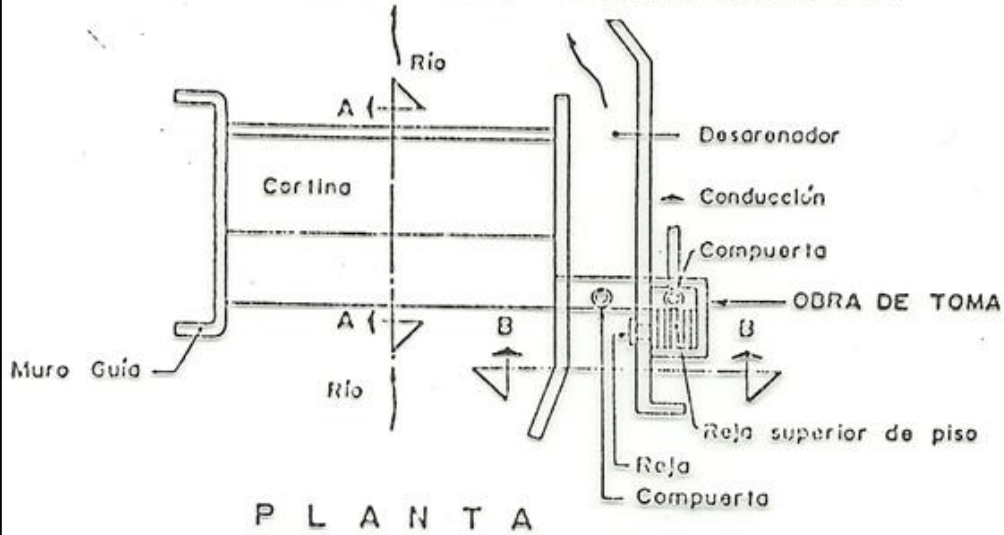
El proyecto de una obra de toma comprende dos aspectos: el diseño hidráulico y posteriormente con los resultados obtenidos, se procede al diseño estructural. Para el diseño hidráulico se considera la siguiente información:

- Capacidad total de almacenamiento
- Capacidad de azolves
- Capacidad útil
- Almacenamiento mínimo (capacidad de azolves más 10% de la capacidad útil).
- Elevación correspondiente a la capacidad de azolves
- Elevación correspondiente a los principales niveles del agua
- Cargas, máxima y mínima en la obra de toma
- Capacidad de la obra de toma

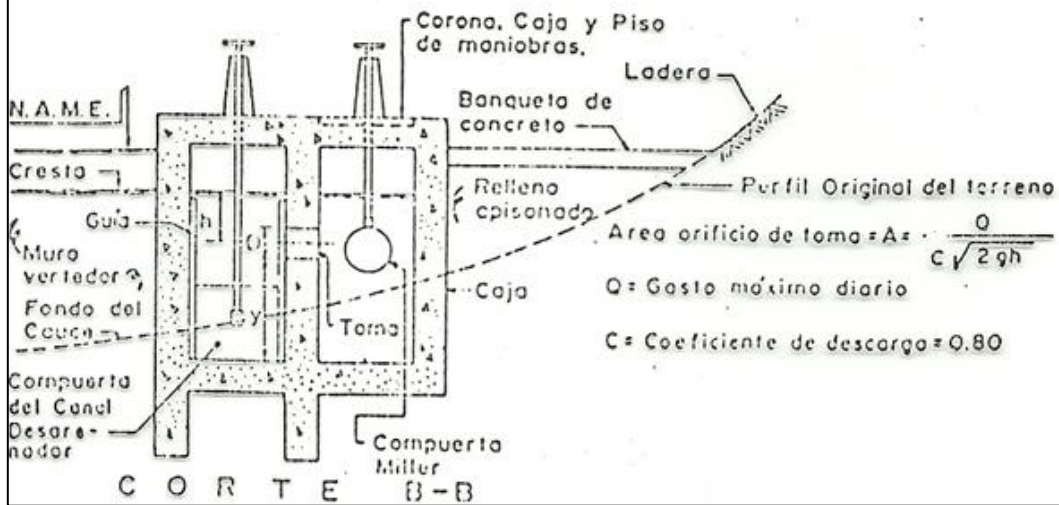


FUENTE C.N.A.

PRESA DE DERIVACION



CORTE A-A



$$\text{Area orificio de toma} = A = \frac{Q}{C \sqrt{2gh}}$$

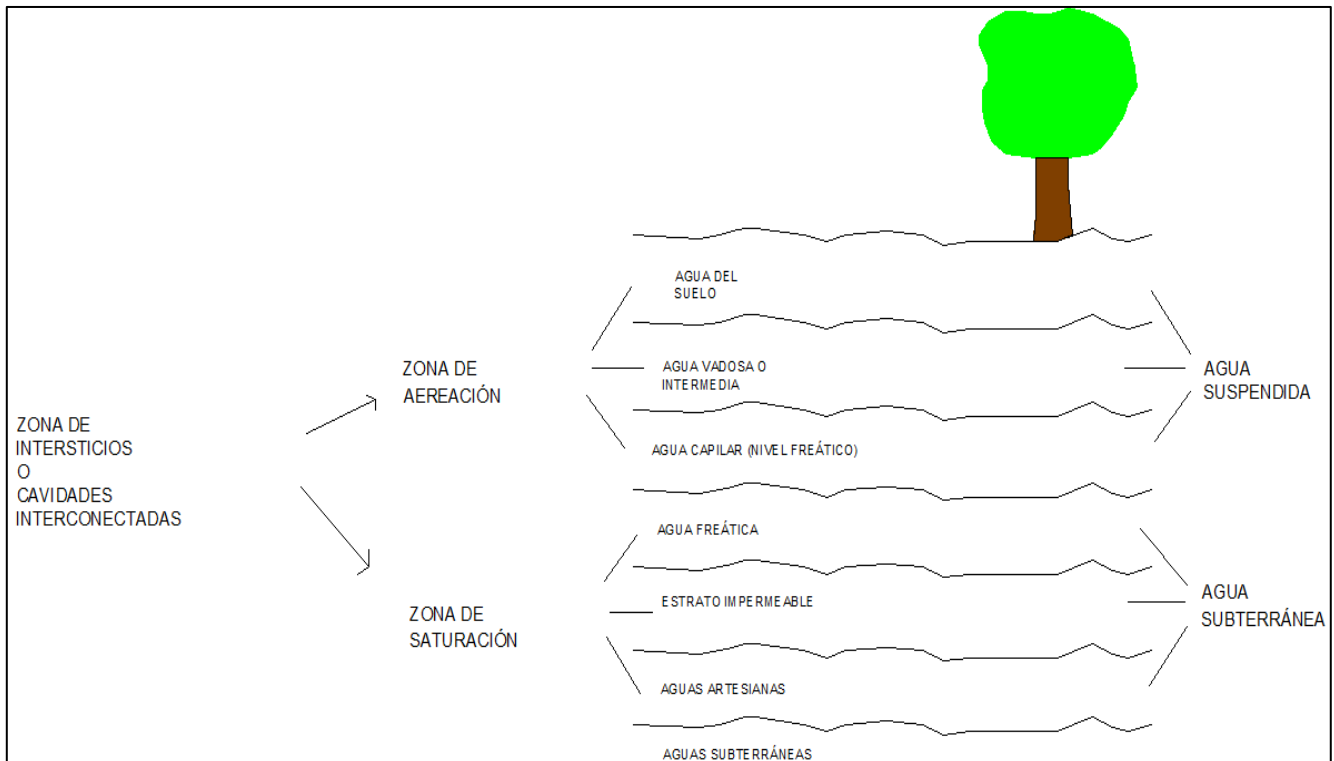
Q = Gasto máximo diario

C = Coeficiente de descarga = 0.80

CORTE B-B

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. Las aguas subterráneas son importantes fuentes de abastecimiento de agua, ya que tienen grandes ventajas para su uso. Este tipo de aguas habitualmente no requiere de un tratamiento complicado y las cantidades disponibles son más seguras.

Generalmente se clasifican en agua freática y agua confinada.



El manto acuífero de agua freática es aquel que no tiene presión hidrostática. El manto superior del acuífero se denomina capa freática y su perfil en los materiales granulares es igual al del terreno, la mayoría de esta agua proviene de la infiltración del agua de lluvia, por lo que generalmente está contaminada por los elementos que están en el suelo.

El agua subterránea confinada es aquella que está situada entre dos capas de materiales relativamente impermeables a una presión mayor a la atmosférica.

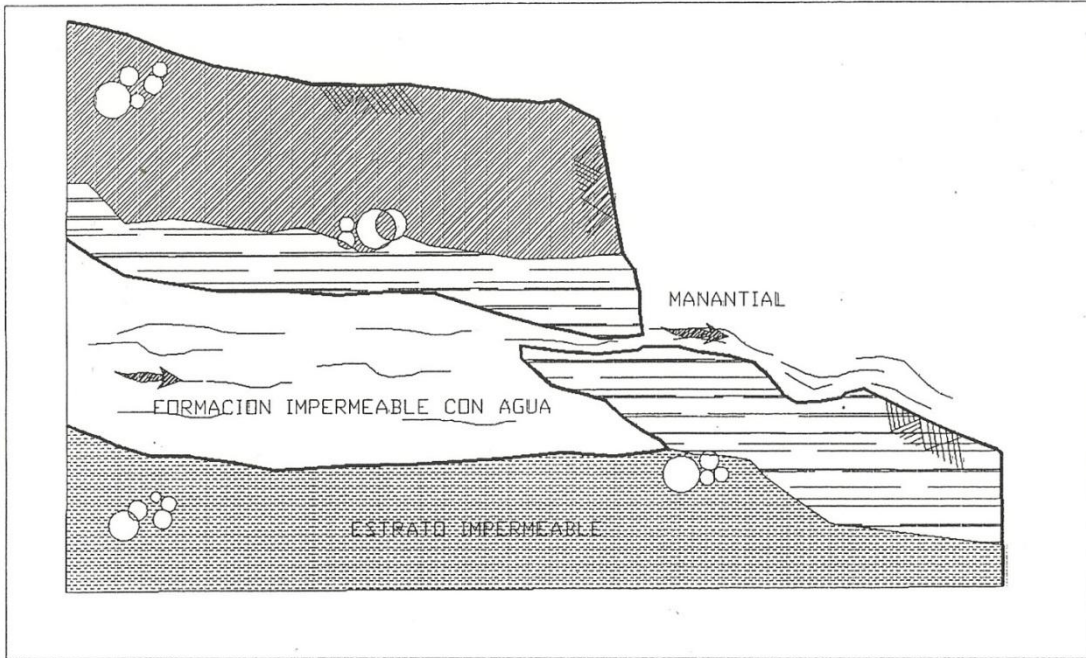
Las posibles obras de captación con este tipo de aguas son:

- Cajas de manantial
- Pozos
- Galerías filtrantes

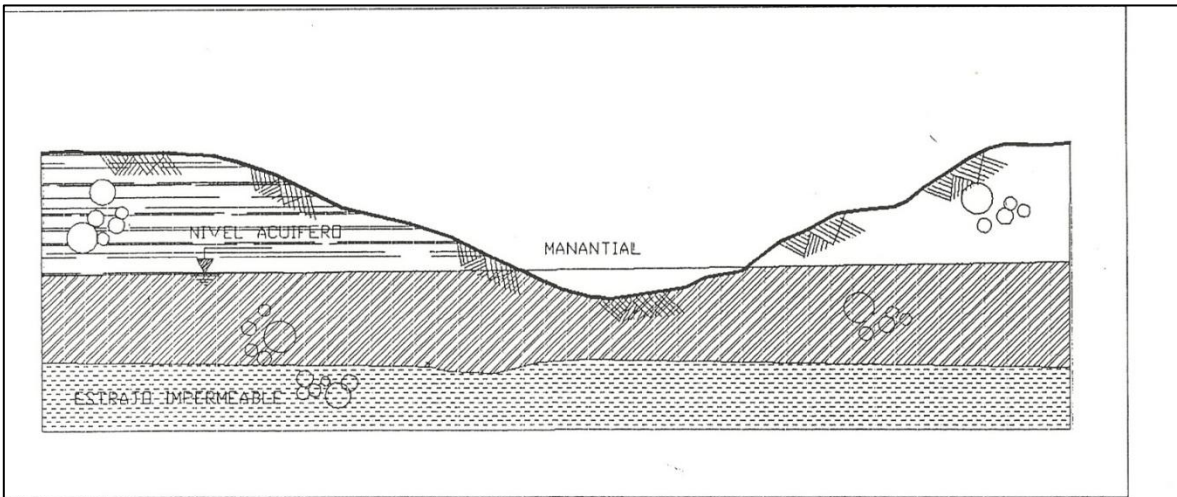
MANANTIALES. El afloramiento de este tipo de agua puede ser por filtración, de fisura o tubular, lo que da origen a los dos tipos más comunes de manantiales que son:

- Manantiales tipo ladera con afloramiento de agua freática
- Manantiales de llanura con afloramiento vertical, tipo artesiano

MANANTIALES

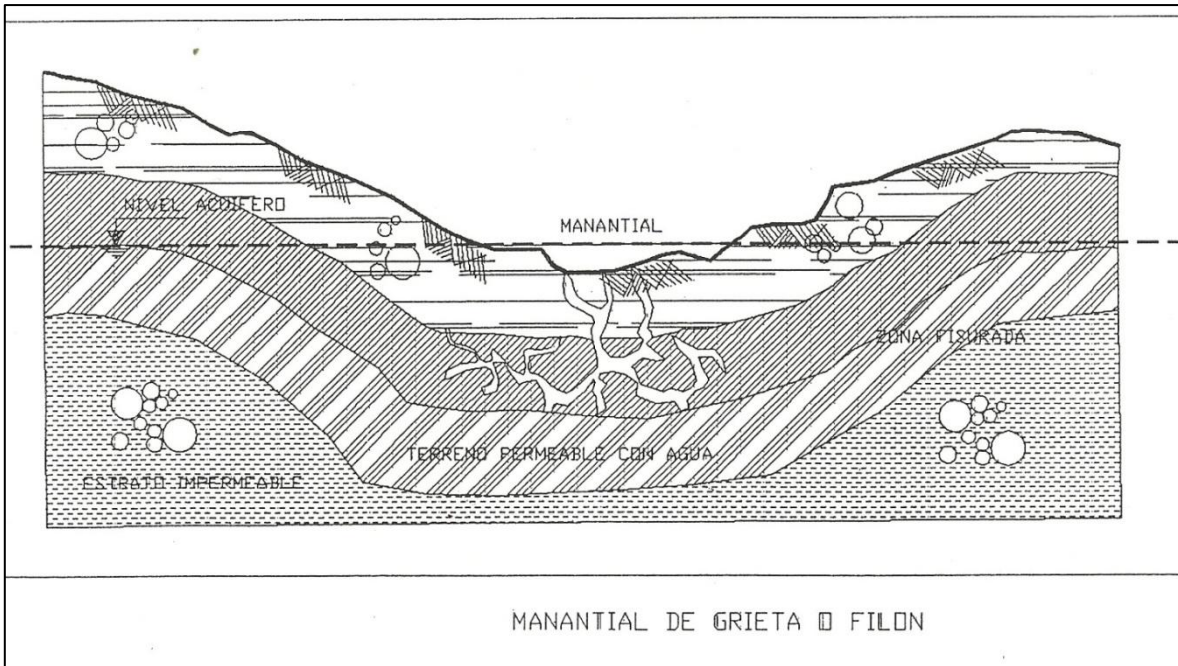


MANANTIAL DE AFLORAMIENTO



MANANTIAL DE EMERGENCIA

FUENTE C.N.A.



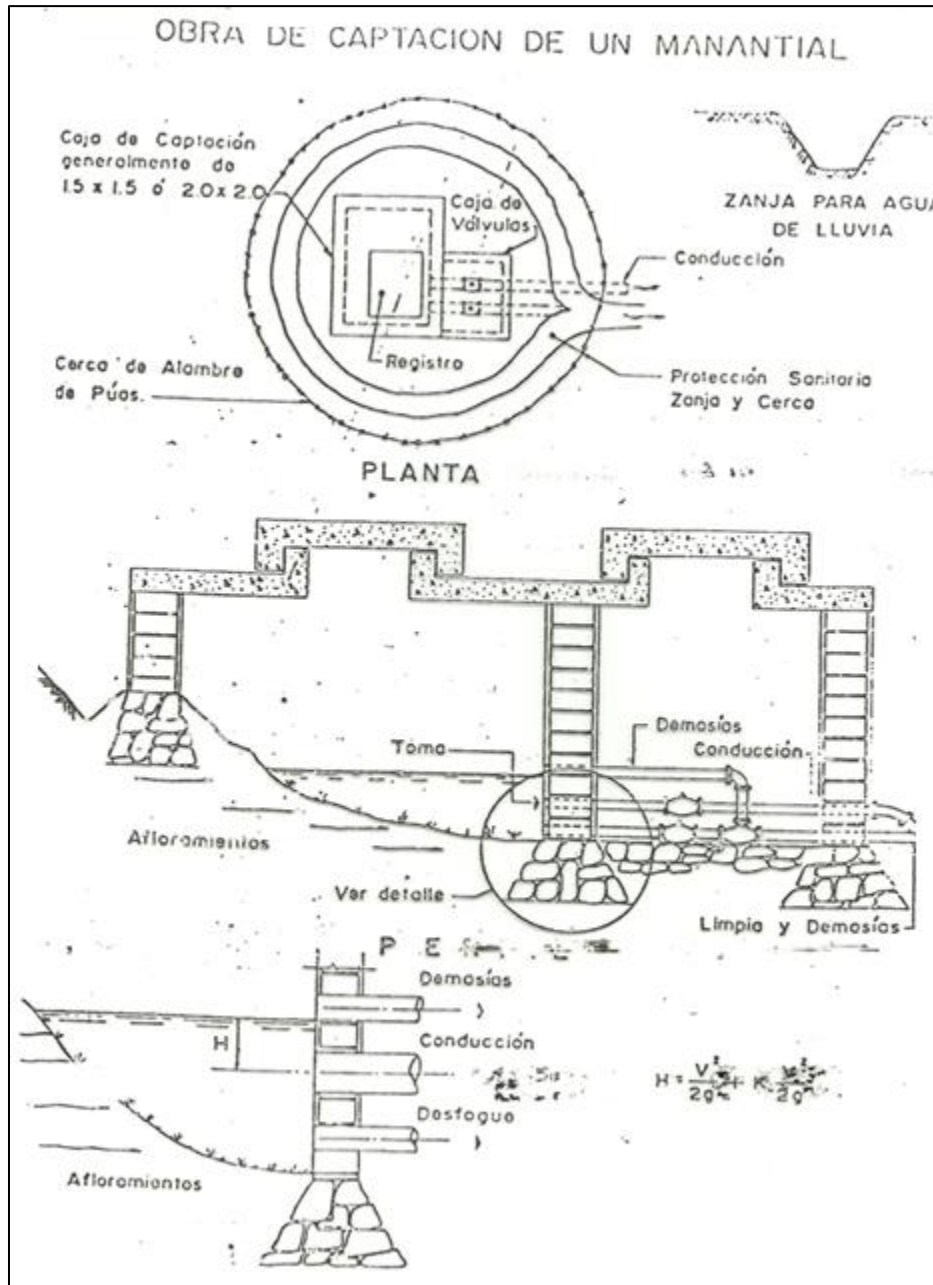
FUENTE C.N.A.

Para el proyecto de captación de manantiales, los aspectos más importantes a tomar en cuenta son su protección para que no se contaminen y evitar que los afloramientos se obturen, estos objetivos se logran mediante la construcción de una caja que separe el área de salida del agua, es importante indicar que para su construcción no se debe utilizar maquinarias ni explosivos, ya que las vibraciones causarían derrumbes y acomodados en el subsuelo que podrían tapan o desviar el afloramiento del agua.

Para el diseño hidráulico y en general para el proyecto de la caja de captación es necesario estudiar con mucho cuidado la localización topográfica tanto en planimetría como en altimetría, así como el área de afloramiento.

Para dar salida al agua de la caja de captación, se deberán considerar los tubos de desagüe o limpieza, el de demasías y la propia toma, el diámetro de este último será igual al de la línea de conducción, también es necesario colocar válvulas de seccionamiento en las salidas de la toma y desagüe

Para evitar la contaminación provocada por animales o por el ser humano, la zona donde se construye la caja deberá estar protegida por una cerca, de la misma manera a su alrededor se construirá una cuneta para desviar las aguas de la lluvia.



FUENTE C.N.A.

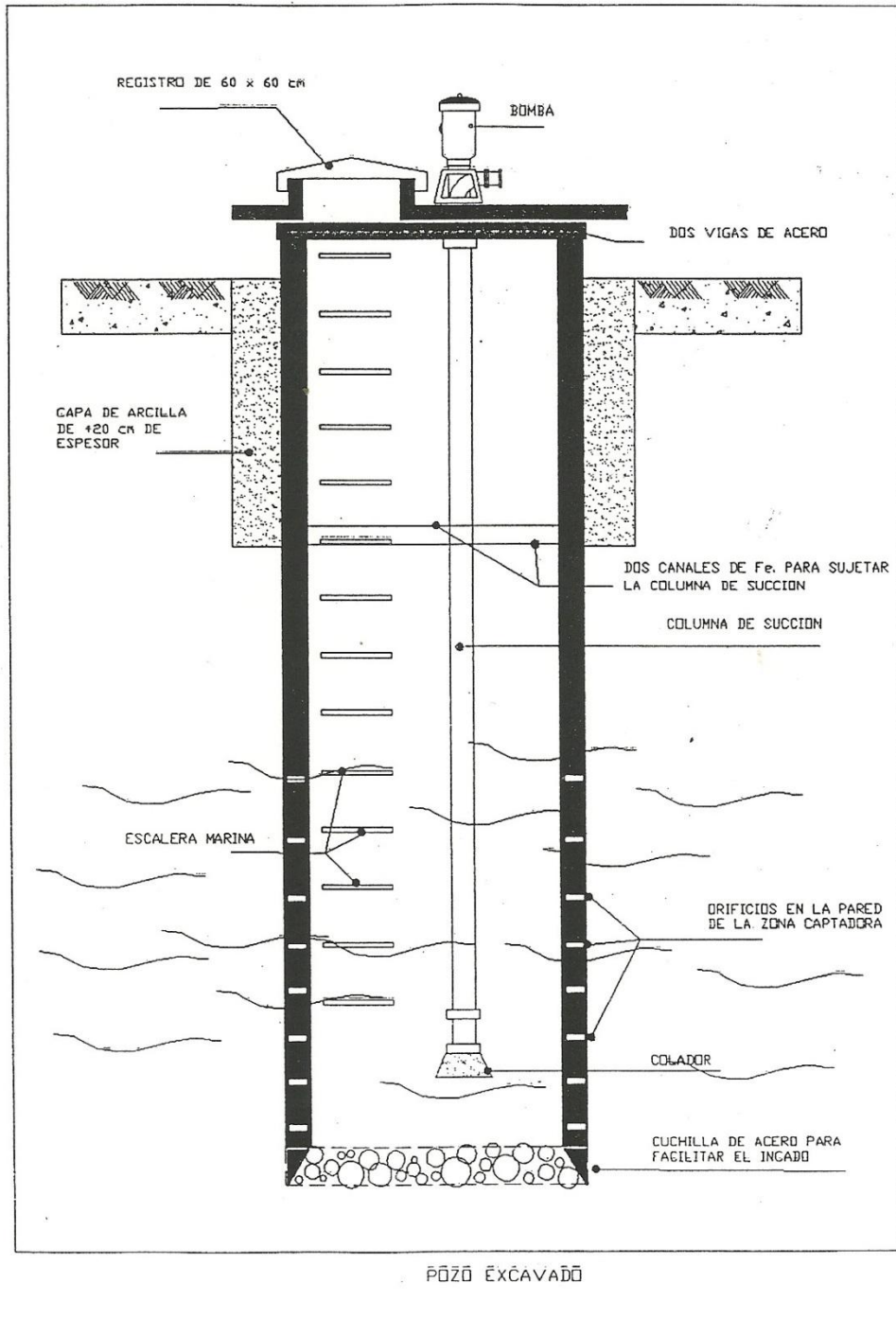
POZOS. Un pozo es una perforación vertical, generalmente en forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que la profundidad. El agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo radial.

Los pozos se pueden dividir de la siguiente manera:

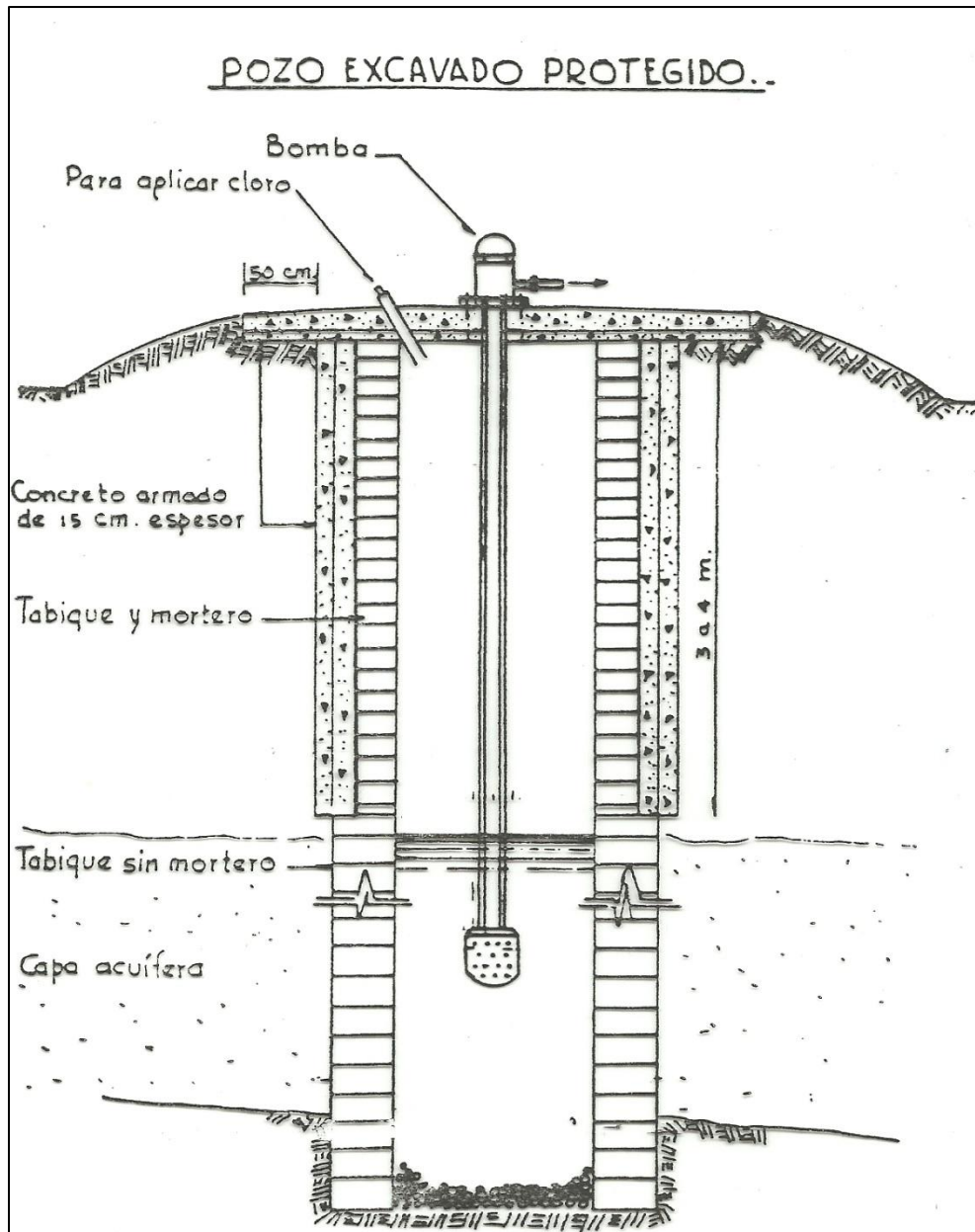
- Pozos artesanos (excavados)
- Pozos hincados (puyones)
- Pozos perforados (someros y profundos)

POZOS ARTESANOS. Los pozos artesanos, también conocidos como excavados o hechos a mano, son perforaciones que generalmente se realizan con pico y pala, ademándose con anillos de concreto, muros de tabique o mampostería de piedra sin juntear, para permitir el paso del agua. Este tipo de pozo debe ser construido lejos de las casas, ya que el agua que captan es superficial y puede estar contaminada con los desechos y basuras, no tienen una profundidad mayor a 15 m.

POZO A CIELO ABIERTO

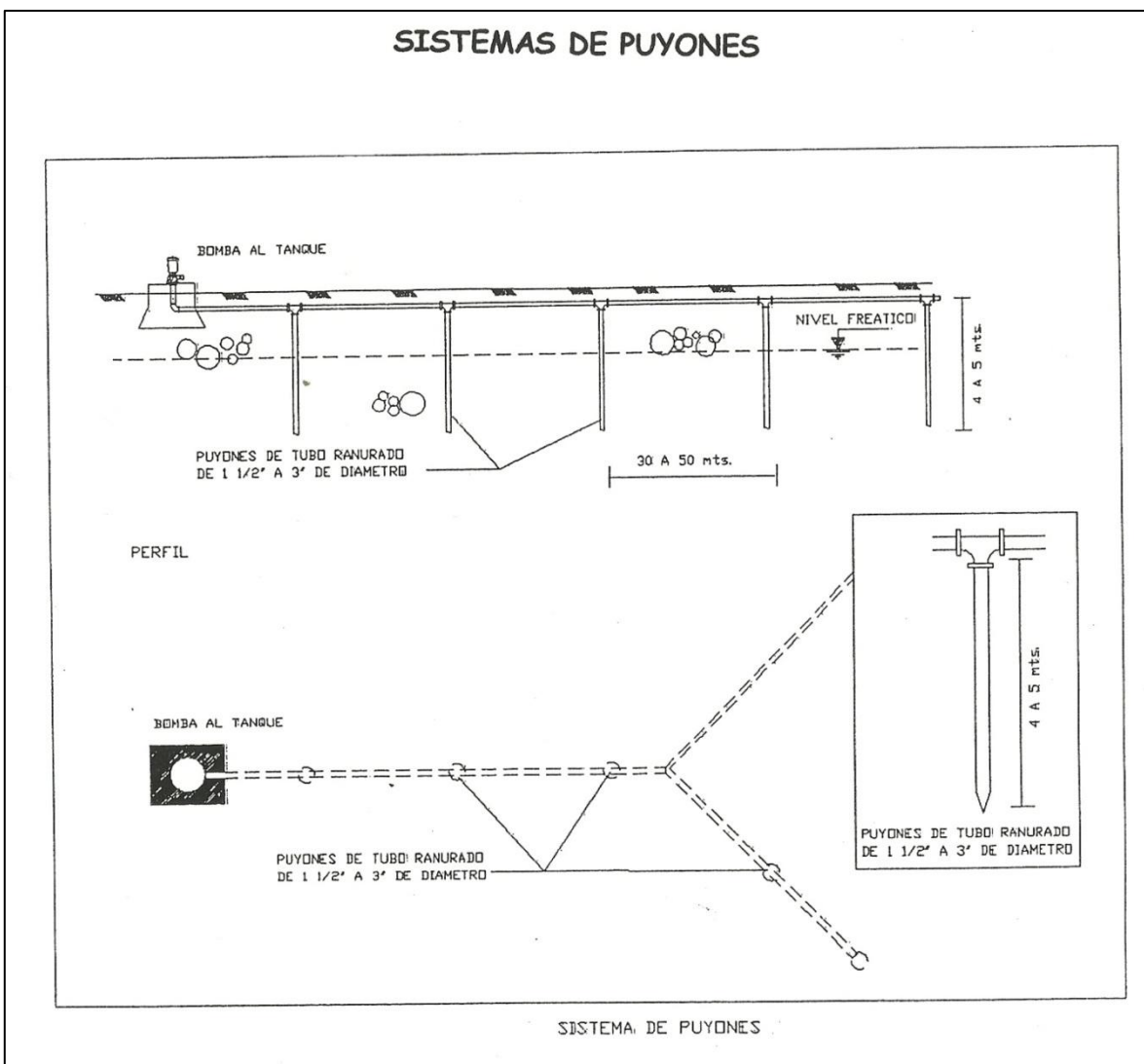


FUENTE C.N.A.



FUENTE C.N.A.

SISTEMAS DE PUYONES



FUENTE C.N.A.

POZOS HINCADOS. Son pozos someros (poca profundidad) de pequeño diámetro que también reciben el nombre de puyones, se utilizan generalmente en terrenos blandos y que, para obtener un gasto adecuado es necesario hincar varios.

El sistema de puyones (well point) se utiliza pocas veces para abastecimiento de agua potable, principalmente en localidades rurales, ya que el gasto aproximado que se puede obtener es de 0.2 a 1.0 lps.

POZOS PERFORADOS. Este tipo de pozos se perforan con máquina, rotaria o de percusión y se clasifican de acuerdo a su profundidad, en someros hasta 30 m. y profundos a más de 30 m.

Para los fines de abastecimiento de agua potable por medio de pozos es importante utilizar la hidráulica de pozos y considerar los siguientes problemas:

- Identificación de los sistemas de flujo
- Predicción del comportamiento de los niveles de agua
- Diseño del pozo

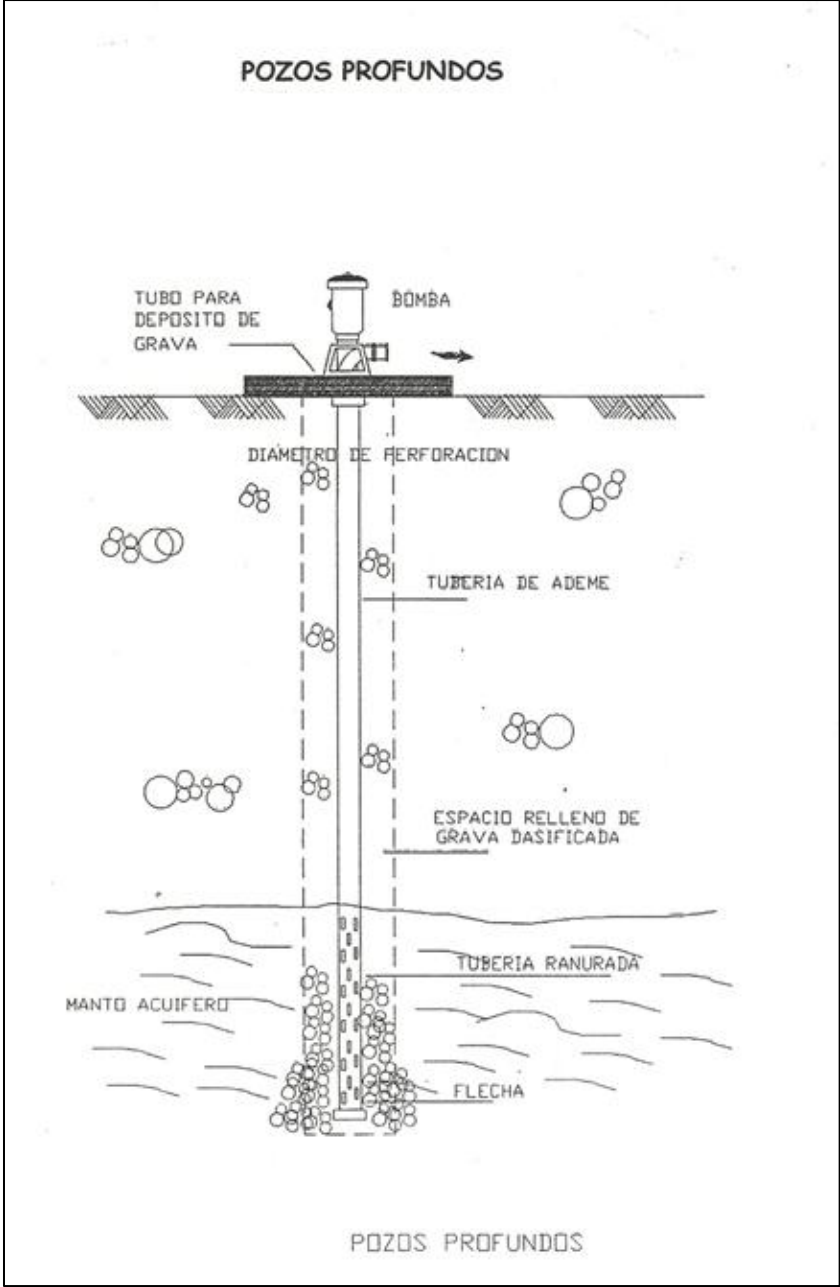
Para la identificación de los sistemas de flujo, la hidráulica de aguas subterráneas indica si el acuífero es confinado o semiconfinado, también determina las características hidráulicas como son la permeabilidad, transmisibilidad y almacenamiento como las principales, así como la potencialidad del pozo por medio de la prueba de bombeo, indicando con esto la cuantificación del volumen aprovechable del acuífero.

Para predecir el comportamiento de los niveles de agua dentro del pozo, se utiliza una sonda eléctrica, durante el aforo del pozo, ya que los cambios de velocidad de la bomba incrementan la velocidad de la entrada del agua y el gasto y la velocidad de descarga de ella, motivando el descenso de su nivel y el arrastre de sólidos.

Para tener un diseño adecuado del pozo, que permita aprovechar al máximo los acuíferos de agua dulce, una vez terminada la perforación exploratoria, se deberá correr un registro

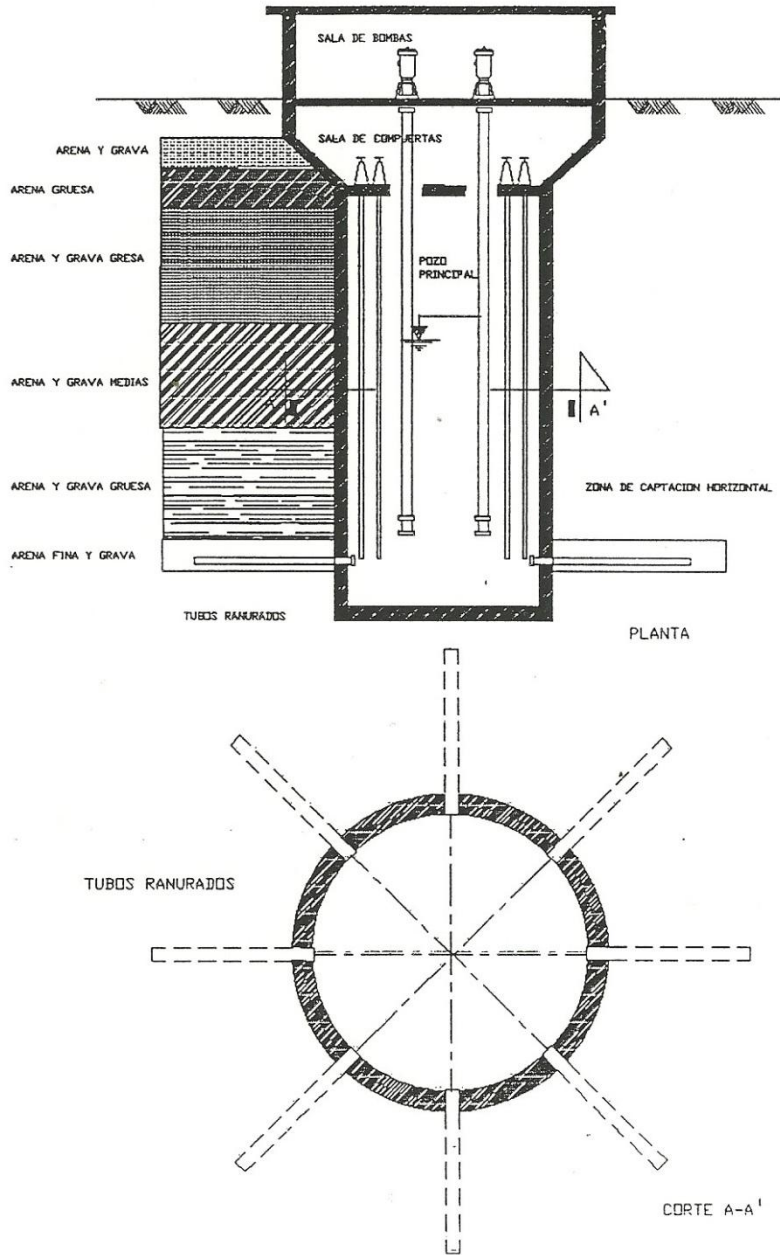
eléctrico dentro de él, el cual indicará la posición de los acuíferos dulces, salobres y salados, así como los lugares donde éstos no afloran y con ello lograr un ahorro económico al adquirir e instalar la tubería de cedazo únicamente en los sitios adecuados.

Cuando por razones de que un pozo no produzca el gasto requerido, y sea necesario perforar varios, será requisito consultar con la CNA la distancia que para esa zona en específico indique la separación entre ellos. Especial cuidado se debe tener en la selección del equipo de bombeo, para no dañar el pozo durante su operación.



FUENTE C.N.A.

POZOS RADIALES



POZOS RADIALES O RANNEY

FUENTE C.N.A.

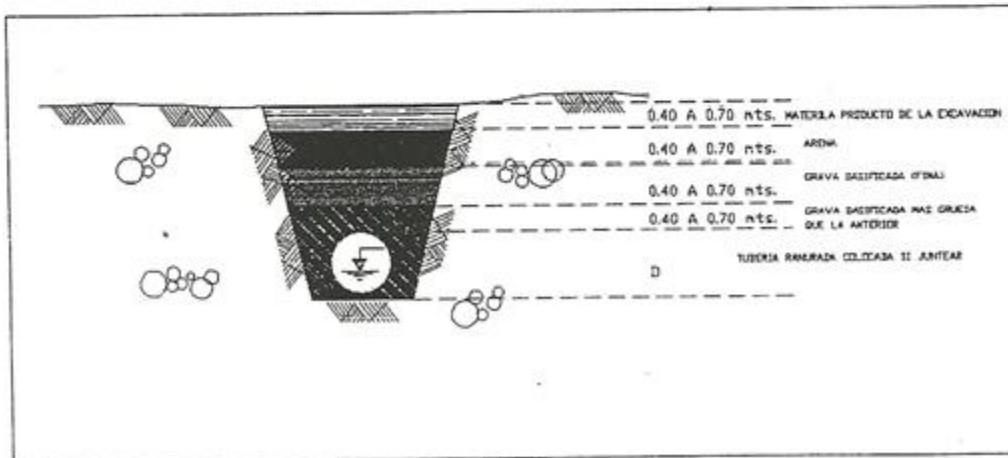
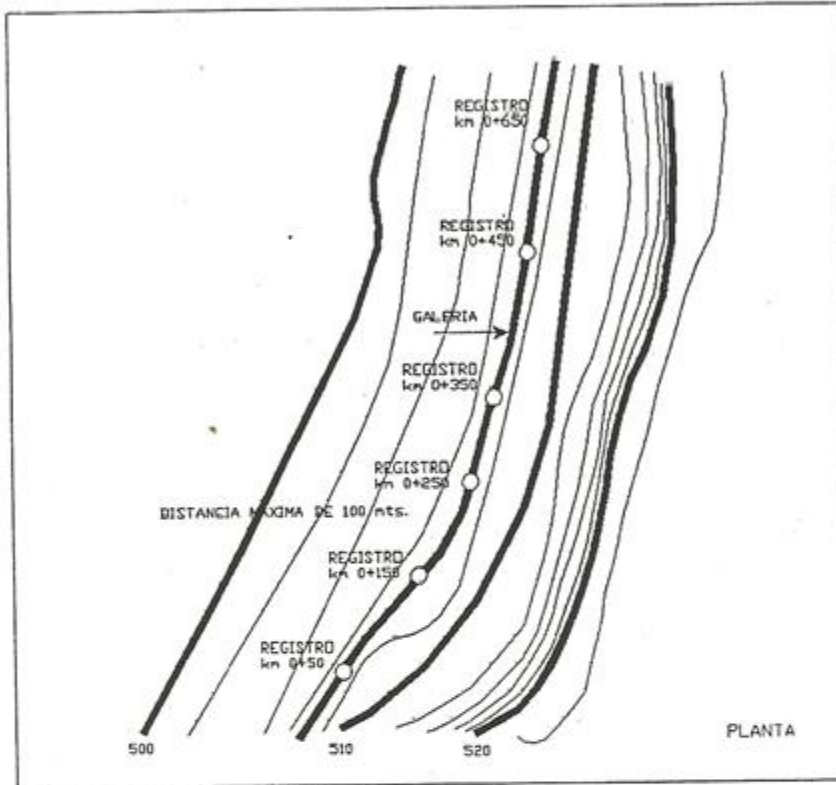
GALERÍAS FILTRANTES. La “galería filtrante” es una estructura que se utiliza para captar el agua del subálveo de corrientes superficiales y su construcción se realizará de preferencia en época de estiaje y en las márgenes de los ríos, paralela a la corriente. El agua captada por este medio se conduce a un cárcamo de bombeo donde inicia la línea de conducción.

Consiste generalmente en un tubo perforado o ranurado rodeado de un filtro graduado de grava y arena instalado en el acuífero subsuperficial o en el caso de una captación indirecta de las aguas superficiales, en el estrato permeable que se comunica con dichas aguas. Lo anterior indica que el terreno donde se construya la galería, deberá ser granular para que el estrato sea permeable.

Para establecer la localización, profundidad y características de la galería filtrante, es necesario efectuar pruebas de campo. Primero es indispensable encontrar un tramo recto de la corriente y que sus márgenes muestren la existencia de materiales granulares, realizando perforaciones de exploración con profundidades de 6 a 12 m. Las dimensiones de la galería están dadas en función de lo siguiente:

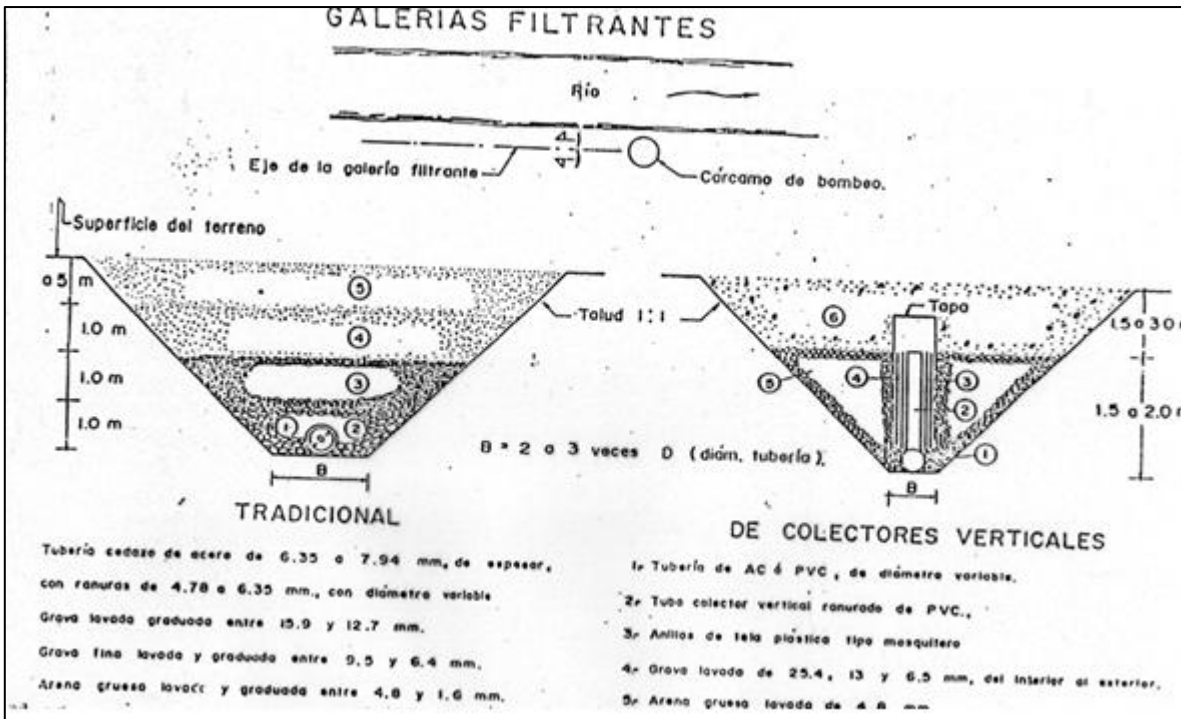
- Gasto máximo diario requerido
- Rendimiento obtenido de las mediciones de las perforaciones de exploración
- La pendiente de la tubería ranurada.

GALERÍA FILTRANTE



GALERIA FILTRANTE

FUENTE C.N.A.



FUENTE C.N.A.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN. La “línea de conducción” es la parte del sistema de agua potable, que transporta el agua desde el sitio de la captación, hasta un tanque de regularización o la planta potabilizadora.

Su capacidad se calcula con el gasto máximo diario, o con el que se considere conveniente tomar de la fuente de abastecimiento, deberá ser de fácil inspección y estar localizada preferentemente al costado de un camino en el derecho de vía, en caso de que esto no sea posible se deberá construir un camino paralelo a la línea, con la finalidad de efectuar las operaciones de vigilancia y mantenimiento.

Esta línea, la componen un conjunto de conductos, estructuras de operación, protección y especiales y se clasifica en conducción por gravedad y conducción por bombeo y mixta.

Para el proyecto de una línea de conducción se deben tomar en cuenta los siguientes factores principales:

- Topografía.- El tipo y clase de tubería a usar depende de las características topográficas de la línea. Es conveniente obtener perfiles que permitan tener presiones de operación bajas, para lo cual la tubería debe seguir en lo posible el perfil del terreno. En caso de que existan presiones altas, éstas se pueden disminuir mediante la colocación de estructuras especiales que cumplan con esta función (válvulas, cajas rompedoras de presión).
- Clase de terreno.- En general las tuberías de conducción deben quedar enterradas, por lo que es necesario conocer el tipo de terreno por donde se piensa instalar, tratando de evitar los terrenos duros.
- Calidad del agua.- Es indispensable conocer los parámetros físico-químicos de la calidad del agua a conducir para poder seleccionar el material de la tubería y evitar que ésta pueda ser dañada por las sales disueltas en el agua.
- Gasto por conducir.- Este dato es importante para poder determinar el diámetro de la tubería, generalmente es el gasto máximo diario.

Metodología para el diseño hidráulico de una línea de conducción

- Trazo planimétrico.- Se requiere un plano topográfico con curvas de nivel de la zona, para poder estudiar el trazado de varias alternativas y seleccionar preferentemente la más corta y mejor.
- Trazo altimétrico.- Debe hacerse un estudio del trazo seleccionado en un plano vertical, generando un perfil topográfico que indique las variaciones existentes en el terreno y así poder trazar la línea piezométrica y a su vez localizar los puntos de

inflexión donde se instalarán las válvulas de admisión y expulsión de aire y las de limpieza o desfogue.

- Cálculo hidráulico.- Una vez estudiados los trazos planimétrico y altimétrico se procede a calcular su diámetro. Si la línea trabaja por gravedad, el diámetro de ella se define fácilmente, utilizando la fórmula de Dupois $D=1.5 \sqrt{Q}$ si la línea es por bombeo se deberá calcular el diámetro económico empleando el formato que utiliza la CNA, en este formato también se calcularán los fenómenos transitorios.

CÁLCULO DE UN DIÁMETRO ECONÓMICO

Calcular el diámetro económico de una línea de conducción de agua por bombeo, que llevará 6.5 lps y que trabajará 20 horas diarias durante 300 días al año, considerando la eficiencia del conjunto motor-bomba en 70%, que la energía eléctrica se debe pagar a \$5,20 KWH y que la tubería será de plástico.

Como primer paso para efectuar éste cálculo, se debe conocer el costo de la tubería instalada, para lo cual es necesario considerar los costos originados por los conceptos que integran este rubro y que son entre otros: costo de la tubería, costo del volumen de excavación, costo del volumen de la plantilla, costo de la instalación y prueba de la tubería y costo del relleno.

Es importante considerar que lo que se quiere determinar es un diámetro, lo cual se puede analizar por metro de longitud y considerar costos no reales (supuestos) y que es necesario analizar varios diámetros para encontrar el más económico.

a) CÁLCULO DE LA TUBERÍA INSTALADA

a.1. Costo de la Tubería por Metro Lineal

DIÁMETRO (Pulg)	COSTO
3"	\$150.00
4"	\$175.00
5"	\$200.00
6"	\$250.00
8"	\$300.00

a.2. Costo de la Excavación considerando a \$50.00 m³

DIÁMETRO (pulg)	ANCHO A (m)	PROFUNDIDAD H (m)	VOLUMEN (m ³)	COSTO (\$)
3	0.60	1.00	0.60	\$ 30.00
4	0.60	1.00	0.60	\$ 30.00
5	0.70	1.10	0.77	\$ 38.50
6	0.70	1.10	0.77	\$ 38.50
8	0.75	1.15	0.8625	\$ 43.00

a.3. Costo de la Plantilla considerando a \$ 120.00 m³ y un espesor de 0,10 m

DIÁMETRO (Pulg)	ANCHO A (m)	PROFUNDIDAD H (m)	VOLUMEN (m ³)	COSTO (\$)
3	0.60	0.10	0.06	\$ 7.20
4	0.60	0.10	0.06	\$ 7.20
5	0.70	0.10	0.07	\$ 8.40
6	0.70	0.10	0.07	\$ 8.40
8	0.75	0.10	0.08	\$ 9.60

a.4. Costo de la Instalación y Prueba de la tubería

DIÁMETRO (Pulg)	COSTO
3"	\$70.00
4"	\$80.00
5"	\$90.00
6"	\$100.00
8"	\$120.00

a.5. Costo del Relleno Compactado considerado a \$150.00 m³. Para obtener este volumen es necesario restarle al volumen de excavación, los volúmenes generados por la plantilla y la tubería.

DIÁMETRO (Pulg)	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN (m)	VOLUMEN DE PLANTILLA TUBO (m ³)	VOLUMEN DE RELLENO (m ³)	COSTO (\$)
3	0.60	0.06	0.54	\$ 81.00
4	0.60	0.07	0.53	\$ 79.50
5	0.77	0.08	0.69	\$ 103.50
6	0.77	0.09	0.68	\$ 102.00
8	0.86	0.11	0.75	\$ 112.50

Con los datos anteriores se genera la siguiente tabla que nos mostrará el costo de la tubería instalada

DIÁMETRO (Pulg)	COSTO DE LA TUBERÍA	COSTO DE LA EXCAVACIÓN	COSTO DE LA PLANTILLA	COSTO DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBA	COSTO DEL RELLENO	COSTO TOTAL
3	\$ 150.00	\$ 30.00	\$ 7.20	\$ 70.00	\$ 81.00	\$ 338.20
4	\$ 175.00	\$ 30.00	\$ 7.20	\$ 80.00	\$ 79.50	\$ 371.70
5	\$ 200.00	\$ 38.50	\$ 8.40	\$ 90.00	\$ 103.50	\$ 440.40
6	\$ 250.00	\$ 38.50	\$ 8.40	\$ 100.00	\$ 102.00	\$ 498.90
8	\$ 300.00	\$ 43.00	\$ 9.60	\$ 120.00	\$ 112.50	\$ 585.10

a) El paso siguiente es calcular el consumo de energía para elevar el agua

b.1. Capitalización de la inversión 12% (dato estimado)

DIÁMETRO (Pulg)	TUBERÍA	CAPITALIZACIÓN
3	338.20	40.58
4	376.70	44.60
5	440.40	52.85
6	498.90	59.87
8	585.10	70.21

b.2. Cálculo de las Pérdidas por Fricción $H_f = KLQ^2$

Diámetro (Pulg)	K	LQ^2	H_f
3	779.44	0.00004	0.0311776
4	161.63	0.00004	0.0064652
5	50.24	0.00004	0.0020096
6	19.26	0.00004	0.0007704
8	4.11	0.00004	0.0001644

b.3. Cálculo de los KWH Costo del KWH \$5.20

Para el siguiente cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{KWH} = \frac{(Q) (H_f) (T)}{(367,100) (n)}$$

Donde:

Q → Gasto en lps

H_f → Pérdidas por fricción en m

T → Tiempo de trabajo al año en segundos

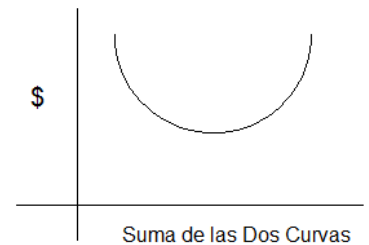
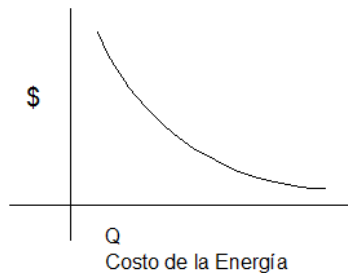
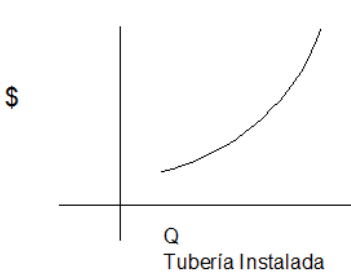
n → Eficiencia del conjunto motor-bomba

367,100 → Número de kilogramos metro por segundo que tiene un KWH

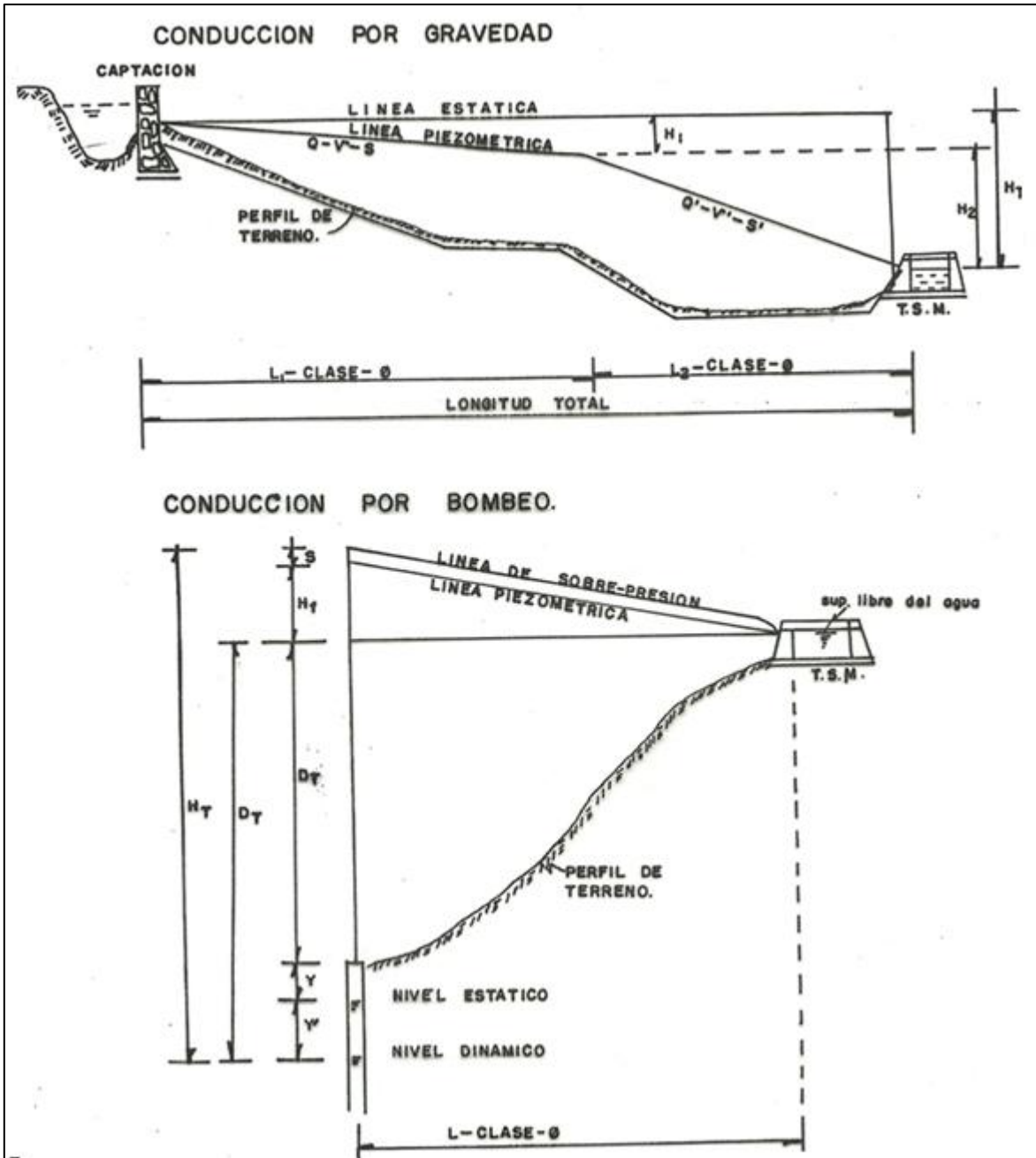
Q (Pulg)	KWH	Costo KWH (\$)
3	17.0358	\$ 88.59
4	3.5350	\$ 18.38
5	1.0982	\$ 5.71
6	0.4207	\$ 2.19
8	0.0878	\$ 0.45

Para encontrar el diámetro económico, se utiliza la siguiente tabla:

Diámetro (Pulg)	Costo Tubería Instalada	Capitalización 12%	Pérdidas por Fricción (m)	KWH	Costo KWH	Costo Total
3	338.20	\$ 40.58	0.03118	17.0358	\$ 88.59	\$ 129.17
4	371.70	\$ 44.60	0.00647	3.5350	\$ 18.38	\$ 62.98
5	440.40	\$ 52.85	0.00201	1.0982	\$ 5.71	\$ 58.56
6	498.90	\$ 59.87	0.00077	0.4207	\$ 2.19	\$ 62.06
8	585.10	\$ 70.21	0.00016	0.0878	\$ 0.45	\$ 70.66



Localización de piezas especiales y dispositivos.- Una vez determinado el diámetro de la línea de conducción y efectuado el trazo definitivo, se procede a localizar en planta y perfil las piezas especiales y dispositivos que correspondan.

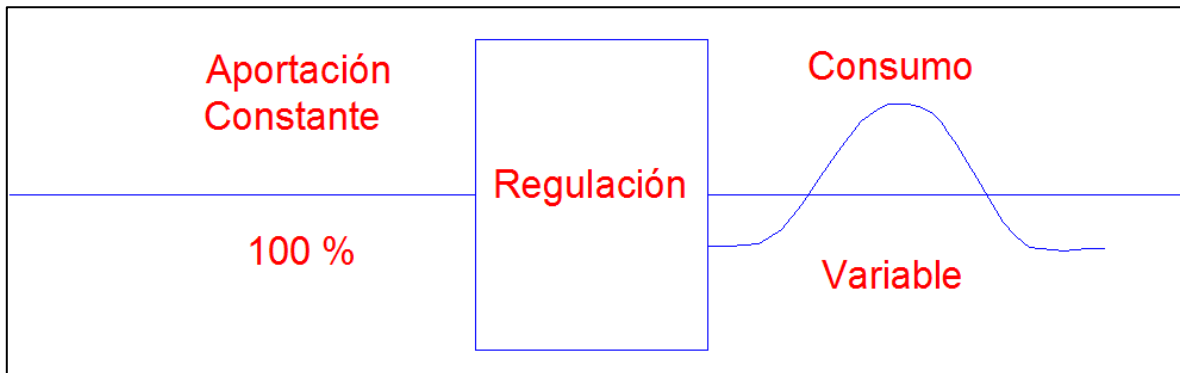


FUENTE C.N.A.

REGULARIZACIÓN. El “tanque de regularización”; es la estructura del sistema de abastecimiento de agua en la que se realiza un cambio de régimen, pasando de uno constante en la aportación a uno variable en el consumo. Esta función se realiza de la siguiente manera, el suministro de agua es continuo durante las 24 horas del día, en tanto

que el consumo en la población es variable, por lo tanto en esta estructura se almacena agua en las horas de bajo consumo, misma que se utiliza en las horas de alto consumo.

CAMBIO DE RÉGIMEN



Los tanques se dividen en superficiales y elevados y también tienen las siguientes funciones, proporcionar presión a la red de distribución, por lo que su localización debe ser generalmente en una parte alta con lo que se garantiza una buena carga hidráulica, a su vez como una función adicional, en él se le inyecta gas cloro o se le adicionan al agua pastillas de hipoclorito para desinfectarla.

La capacidad del tanque de regularización, se obtiene por medio del gasto máximo diario multiplicándolo por el coeficiente de regularización, por lo que en las grandes localidades es a veces necesario construir varios tanques con la finalidad de tener el volumen requerido, y a su vez, en sitios de topografía accidentada disminuir presiones en la red.

Para localidades pequeñas el volumen del tanque se calculará para el consumo de la población únicamente, en localidades mayores y turísticas se deberá considerar un volumen adicional para proporcionar el servicio a la población flotante, agua para combatir incendios, etc.

Por lo que respecta a la fontanería, los tanques deben tener: un tubo de alimentación cuyo diámetro generalmente es el de la línea de conducción, un tubo de desagüe o limpieza, un tubo de demasías y un tubo de salida que llevará el agua hacia la red, adicionalmente contarán con válvulas de flotador, retención, seccionamiento, etc. también contarán con tubos de ventilación para evitar la proliferación de bacterias, entradas en la losa-tapa, para poder vigilar y darle mantenimiento de limpieza. Para efectuar esto último se deberá contar con un “by pass” que permita el paso del agua a la red sin la interrupción del servicio por las labores de limpieza en el tanque.

TANQUE SUPERFICIAL. Estos depósitos se construyen, enterrados, semienterrados o sobre la superficie del terreno y pueden ser de mampostería de piedra o concreto reforzado, revistiéndose en ambos casos con un mortero impermeabilizante o adicionarle al concreto un aditivo impermeabilizante integral. Deberán ser techados para evitar la contaminación del agua con cuerpos extraños.

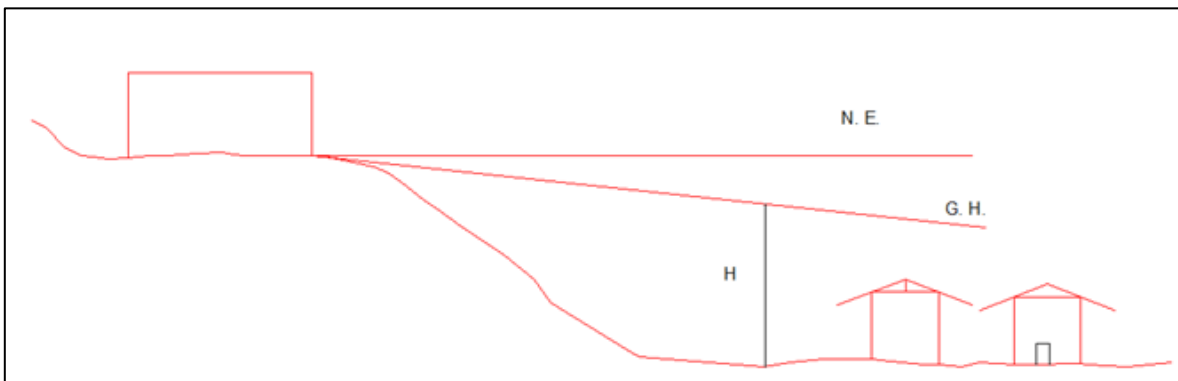
En cuanto a sus dimensiones, sus capacidades son muy variadas, ya que pueden ir desde 5 hasta 50000 m³ el tirante del agua generalmente se recomienda que esté entre los 2 y 5 m para los de concreto, y en el caso de los de mampostería el tirante será de 1 a 3 m.

TANQUES ELEVADOS. Cuando la topografía del lugar es plana y no exista una elevación natural, se deberá construir un tanque elevado. Su altura varía desde los 3 hasta los 20 m y el material con que se construya puede ser concreto o acero.

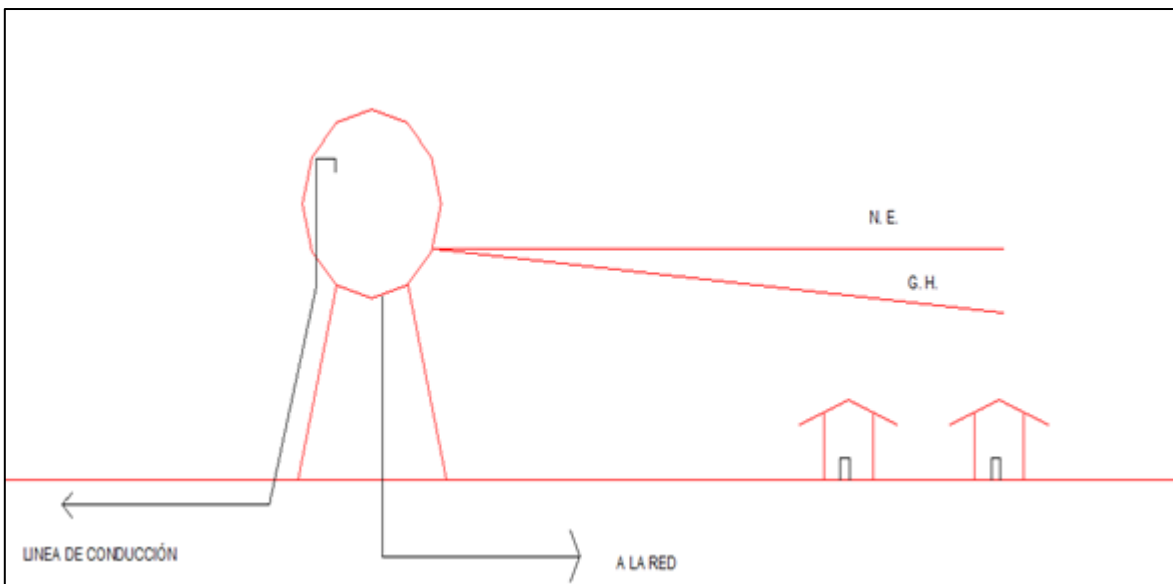
En este caso la ubicación más conveniente es dentro de la localidad para disminuir las pérdidas por fricción en la línea de alimentación.

La CNA tiene una serie de planos tipo de tanques para distintas capacidades a los que únicamente es necesario calcularles la cimentación.

TANQUE SUPERFICIAL



TANQUE ELEVADO



RED DE DISTRIBUCIÓN. Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de regularización hasta la entrada de los predios de los usuarios y está formada por dos partes que son, la línea de alimentación y la red de distribución propiamente dicha.

LÍNEA DE ALIMENTACIÓN. La “línea de alimentación” es el conjunto de tuberías por medio de las cuales se lleva el agua desde el tanque hasta la red de distribución. Como en algunas horas del día el consumo de agua adquiere valores mayores al de la aportación, el diámetro de esta línea se calcula utilizando el gasto máximo horario y su diseño es semejante al de la línea de conducción.

RED DE DISTRIBUCIÓN. Este sistema de tuberías tiene la función de poner el agua a disposición de todos los habitantes de la población con las siguientes características:

- Agua en cantidad suficiente
- El agua debe ser potable (calidad adecuada)
- Las presiones o cargas disponibles en cualquier punto de la red deben estar entre 1.5 y 5 kg/cm² (15 a 50 metros columna de agua) en localidades pequeñas la presión mínima puede ser de 1kg/cm² (10 mca).

El trazo de la red de distribución puede ser de dos formas principalmente que son: red abierta o sistema ramificado, y circuito o sistema en malla; en algunos casos puede ser la combinación de las dos.

El sistema más común, adecuado y recomendable es el de malla o circuito y sus componentes son las tuberías primarias o de circuito que serán las de mayor diámetro y las tuberías secundarias o de relleno que estarán conectadas a las tuberías principales.

Para definir el trazo de la red, la topografía de la localidad en su expresión planimétrica es determinante.

Para el diseño de las redes de distribución en sus dos formas se requiere seguir los siguientes pasos

CÁLCULO HIDRÁULICO PARA REDES. Se utilizará un plano topográfico de la localidad y un plano catastral

Procedimiento para el cálculo de redes de circuito o malla

1. Se trazan todos los ejes de las calles que se tengan
2. Se obtiene el coeficiente de gasto por metro de tubería o gasto específico
3. Se localizan las tuberías principales de distribución
4. Se numeran los cruceros de la línea de alimentación, a partir del tanque, tuberías principales de los circuitos y los ramales
5. Se calculan los gastos parciales
6. Se localizan o establecen los puntos de alimentación y de equilibrio para cada circuito
7. Se obtienen los gastos que se derivan de los cruceros de los circuitos hacia la red secundaria o de relleno
8. Se calculan los gastos acumulados para cada tramo de los circuitos que se tengan, partiendo desde el punto de equilibrio hasta el de alimentación
9. Se tabulan los datos que ya se tienen a partir del tanque
10. Se estiman los diámetros de las tuberías principales
11. Se determinan las pérdidas de carga por fricción, para cada tramo de los ramales de los circuitos. Después se obtiene la suma de las pérdidas de carga para las dos

ramas de cada circuito. Si su diferencia es menor a 1m, se puede considerar satisfactoria

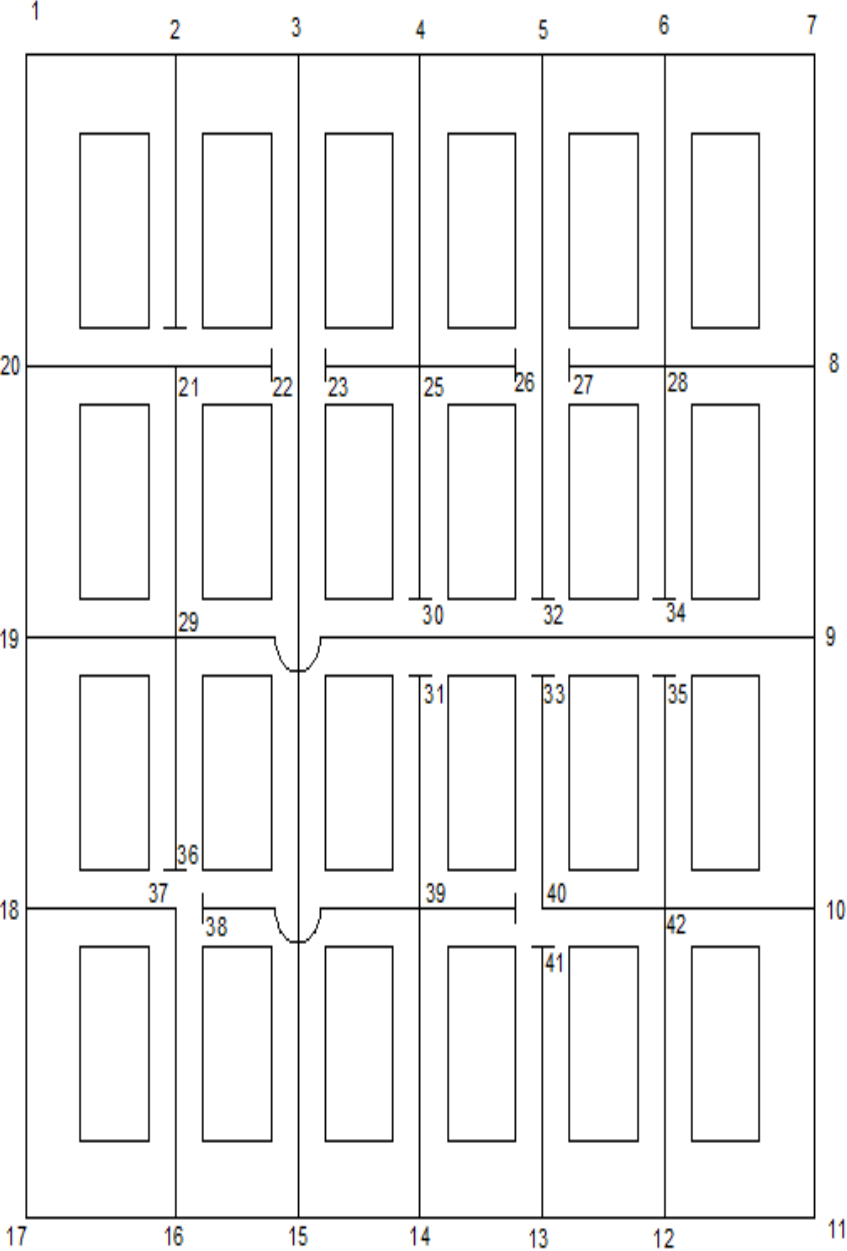
12. Se obtienen las elevaciones piezométricas y las cargas de presión disponibles en cada crucero, considerando el tanque vacío.

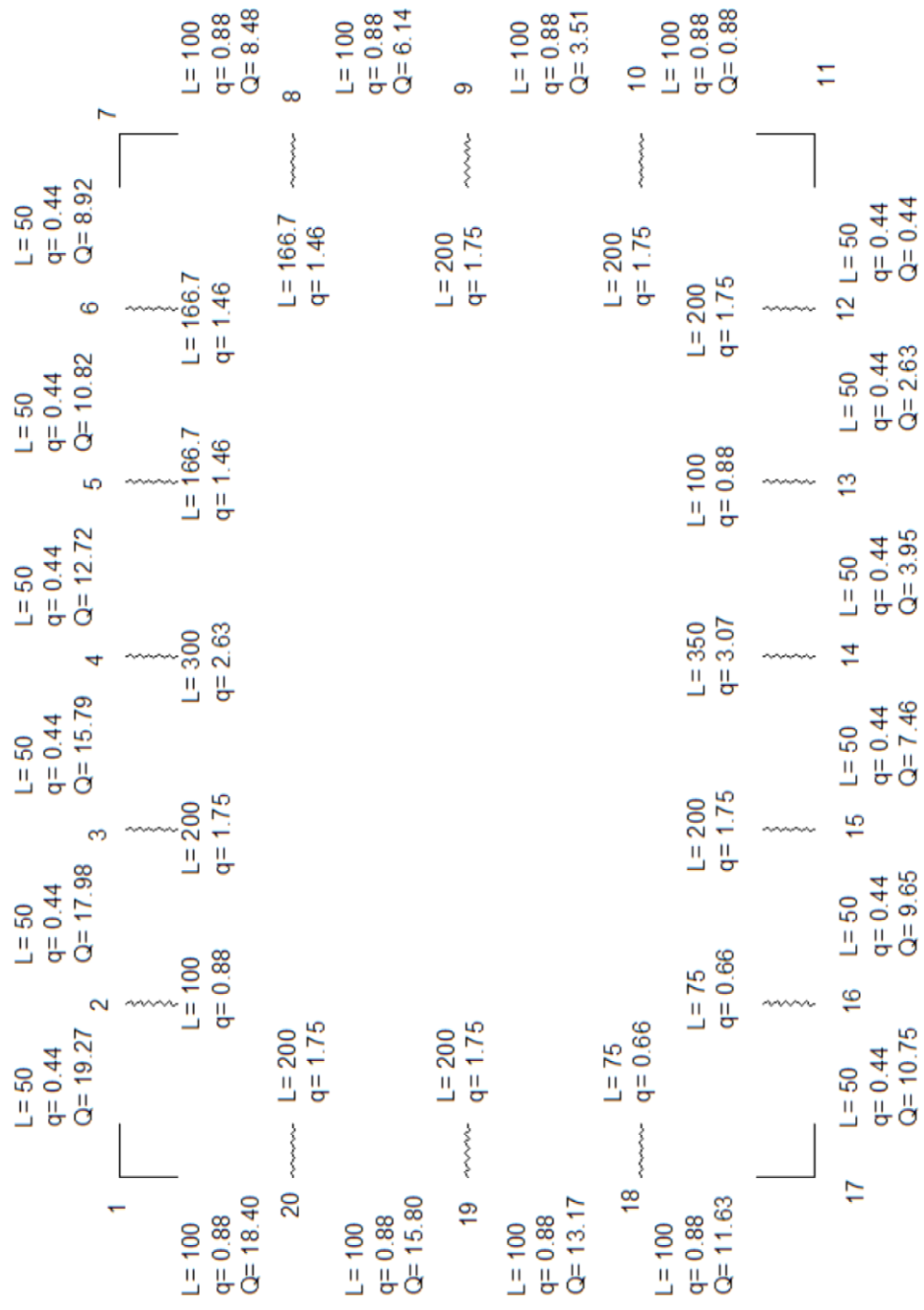
Procedimiento para el cálculo de redes abiertas

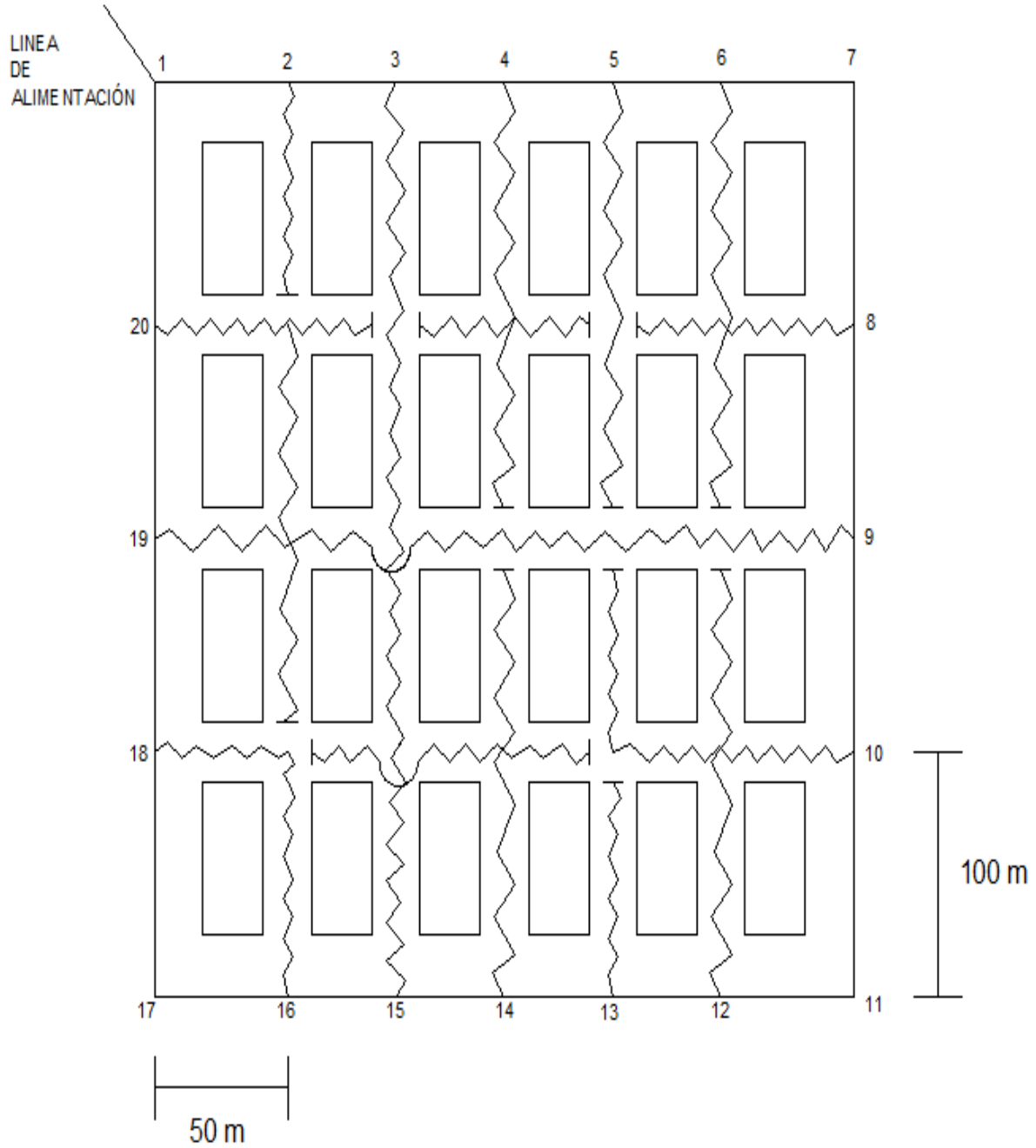
1. Se hace el trazo de la red a partir del tanque
2. Se obtiene el coeficiente de gasto por metro de tubería o gasto específico
3. Se marca en un plano topográfico la que será la línea principal de distribución a partir del tanque
4. Se calculan los gastos principales y secundarios
5. Se calculan para la línea principal los gastos acumulados del final de la red, hasta el inicio de ella
6. Se estiman los diámetros o diámetro de la línea
7. Se determinan las pérdidas de carga por fricción a partir del tanque para cada tramo de la línea principal
8. Se determinan las elevaciones piezométricas y las cargas de presión en cada crucero
9. Se determina el diámetro de las tuberías secundarias
10. Se termina la numeración de los cruceros faltantes y se efectúa su diseño, colocando las válvulas de seccionamiento en forma adecuada

Las redes primarias o el circuito se dividen en dos ramales y el diámetro mínimo a utilizar es de 100 mm (4 pulg.) Aunque en zonas rurales se acepta hasta 50 mm (2 pulg.). Para las redes secundarias su diámetro estará comprendido entre 50 y 60 mm y no se calculan hidráulicamente, su trazo puede ser biplanar o monoplanar.

CRUCEROS. Sirven para hacer las conexiones de las tuberías en los cruceros, para cambios de dirección y de diámetro, interconexiones, instalación de válvulas de seccionamiento, etc., se utilizan piezas especiales. Las tees, codos y tapas ciegas deberán llevar atraques de concreto.







EJEMPLO

Calcular la red de distribución y el volumen de regularización para una localidad cuya población de proyecto es de 10,000 habitantes y la dotación asignada es de 150 l/h/día.

1. CÁLCULO DE LOS GASTOS

- Gasto Medio Diario= $Q_{md} = \frac{(10,000) (150)}{86,400} = 17.36 \text{ lps}$
- Gasto Máximo Diario= $Q_{MD} = (1.4) (17.36) = 24.31 \text{ lps}$
- Gasto Máximo Horario= $Q_{MH} = (1.55) (24.31) = 37.67 \text{ lps}$

2. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE REGULARIZACIÓN

$$\text{Volumen de regularización} = V_T = (11) (24.31) = 267.41 \text{ m}^3$$

La traza urbana es la que se presenta en el siguiente croquis con la probable forma de instalación de las tuberías que conducirán el agua a los lotes, la cual presenta distintas maneras de instalación.

3. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA RED

a) Circuito→	1400 m
b) Redes de Relleno→	<u>2900 m</u>
TOTAL	4300 m

4. CÁLCULO DEL GASTO ESPECÍFICO O GASTO POR METRO LINEAL
(DENSIDAD LINEAL)

$$q_{\text{esp}} = \frac{37.67}{4300} = 0.00876 \text{ l/m}$$

5. Se realiza un croquis en el cual se escriben las longitudes de las tuberías, donde se colocarán los valores de los gastos por tramo o parciales (q_t) y los gastos acumulados (Q_a).

6. Cálculo de las longitudes que parten de cada cruce. Se suman todas las longitudes de las tuberías de relleno o secundarias y se divide el total entre el número de cruces que las alimentan.

7. Cálculo de los gastos parciales, éste se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$q_t = (q_{\text{esp}}) (\text{Longitud del Tramo})$$

8. Se coloca el punto de equilibrio (PE), su probable posición es en la parte opuesta a la entrada del agua al circuito.

9. Se suman los gastos acumulados, iniciando en el punto de equilibrio y terminando en el punto de alimentación a la red, en cada uno de los ramales del circuito, el resultado de la suma de los valores obtenidos para cada circuito de ser el gasto máximo horario, en caso de que no sea, se debe compensar la sumatoria para que

el resultado final sea el gasto máximo horario, La suma de los gastos acumulados de cada ramal, no será la mitad del gasto máximo horario.

$$QMH = \sum Q_{\text{acum. Ramal 1}} + \sum Q_{\text{acum. Ramal 2}}$$

$$\sum Q_{\text{acum. Ramal 1}} / \sum Q_{\text{acum. Ramal 2}}$$

10. Con estos datos se procede a llenar la tabla de cálculo para redes cerradas o circuitos utilizando el método de Cross procediendo de la siguiente manera:

LLENADO DE LA TABLA DE CÁLCULO

COLUMNA 1 → En esta columna se escriben el nombre o número del circuito y de sus ramales.

COLUMNA 2 → Se escriben los tramos en que están divididos los ramales, dejando al final de cada ramal un espacio para colocar los valores de las sumatorias (1-2, 2-3, etc.)

COLUMNA 3 → Se colocan los gastos acumulados compensados de cada tramo en litros por segundo.

COLUMNA 4 → Se escribe la longitud de cada tramo en metros.

COLUMNA 5 → Se escribe el diámetro de la tubería de cada tramo en centímetros o en pulgadas obteniéndolas mediante la fórmula:

$$Q = (1.5) Q^{1/2}$$

COLUMNA 6 → Se calculan las pérdidas por fricción de cada tramo utilizando la fórmula:

$$H_f = KLQ^2$$

Al terminar de llenar esta columna se debe verificar el equilibrio del circuito, realizando lo siguiente: Se suman las pérdidas por fricción de cada ramal y se debe obtener:

$$\sum H_f \text{ Ramal 1} = \sum H_f \text{ Ramal 2}$$

En caso de que esto no suceda se procederá a corregir los gastos de los ramales para que se cumpla el enunciado anterior.

Se puede dar por equilibrado el circuito cuando la diferencia de las sumatorias de los ramales sea igual a 1 o menor.

Para efectuar la corrección se procede de la siguiente manera:

COLUMNA 7 → Se efectúa la división para cada tramo del circuito de la pérdida por fricción (Columna 6) entre el gasto (Columna 3) y se obtiene la sumatoria del circuito de este resultado, con este dato se calcula la corrección mediante la siguiente fórmula:

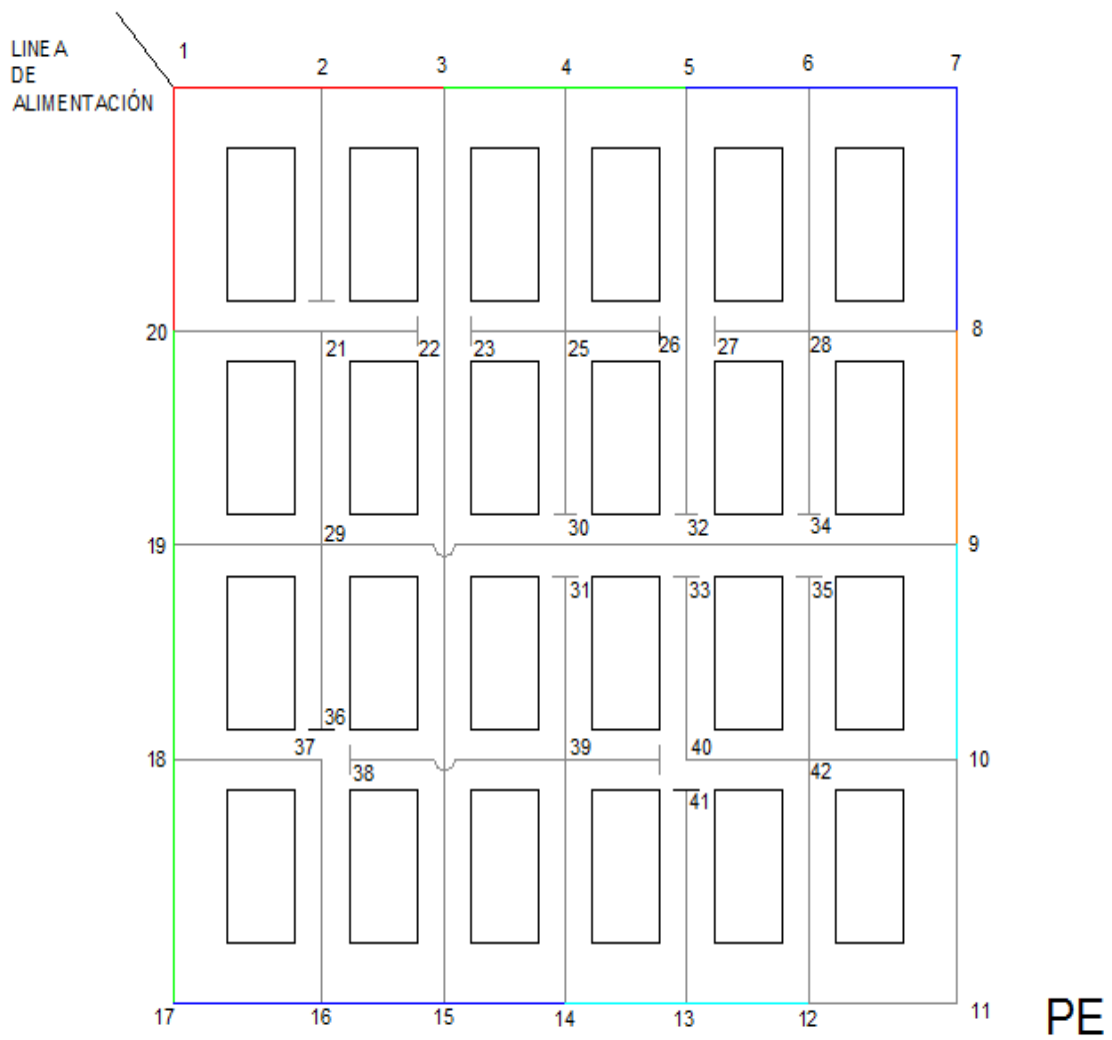
$$\text{Corrección } C = \frac{\text{Diferencia de } H_f \text{ entre ramales}}{2 \text{ veces } \sum H_f/Q}$$

COLUMNA 8 → El valor de la corrección obtenida se escribe en cada uno de los renglones por tramo y se le coloca un signo positivo o negativo de acuerdo al valor de las sumatorias de las pérdidas por fricción.

El signo positivo se pondrá en las correcciones del ramal cuya sumatoria de las pérdidas por fricción sea menor y el negativo en el ramal en que la suma de las pérdidas por fricción sea mayor.

COLUMNA 9→ En esta columna se escribe el gasto modificado, el cual resulta de la suma o resta de la corrección al gasto acumulado (Columna 3).

COLUMNA 10→ Con el gasto corregido se calculan nuevamente las pérdidas por fricción de todos los tramos y se realiza la sumatoria por ramal para obtener la igualdad buscada en la Columna 6, en caso de que esto no suceda se repiten los pasos 7, 8, 9 y 10 hasta que se logre la igualdad o se tenga la diferencia de una unidad.



NOMENCLATURA

- ROJO-----8"
- VERDE-----6"
- AZUL-----5"
- NARANJA-----4"
- AZUL CIELO---3"
- GRIS-----2"

CIRCUITO		TRAMO	GASTO (Lps)	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (Pulg)	H0 (m)	H/Q	CORRECCIÓN	Q1 (Lps)	H1 (m)
PROP	COMUN									
	1	1-2	19.27	50	8	0.076	0.004	-0.20	19.07	0.075
	1	2-3	17.98	50	8	0.066	0.004	-0.20	17.78	0.065
	1	3-4	15.79	50	6	0.240	0.015	-0.20	15.59	0.234
	1	4-5	12.72	50	6	0.156	0.012	-0.20	12.52	0.151
	1	5-6	10.82	50	5	0.294	0.027	-0.20	10.62	0.283
	1	6-7	8.92	100	5	0.200	0.022	-0.20	8.72	0.191
	1	7-8	8.48	100	5	0.361	0.043	-0.20	8.28	0.345
	1	8-9	6.14	100	4	0.609	0.099	-0.20	5.94	0.571
	1	9-10	3.51	100	3	0.959	0.273	-0.20	3.31	0.857
	1	10-11	0.88	100	2	0.521	0.592	-0.20	0.68	0.326
					TOTAL	3.482			TOTAL	3.098
	2	1-20	18.43	100	8	0.14	0.008	+0.20	18.63	0.143
	2	20-19	15.80	100	6	0.481	0.030	+0.20	16.00	0.493
	2	19-18	13.17	100	6	0.334	0.025	+0.20	13.37	0.344
	2	18-17	11.63	100	6	0.261	0.022	+0.20	11.83	0.269
	2	17-16	10.75	50	5	0.290	0.027	+0.20	10.95	0.301
	2	16-15	9.65	50	5	0.234	0.024	+0.20	9.85	0.244
	2	15-14	7.46	50	5	0.140	0.019	+0.20	7.66	0.147
	2	14-13	3.95	50	3	0.608	0.154	+0.20	4.15	0.670
	2	13-12	2.63	50	3	0.269	0.102	+0.20	2.83	0.312
	2	12-11	0.44	50	2	0.065	0.148	+0.20	0.64	0.13
	2				TOTAL	2.822			TOTAL	3.053
					Dif. Hf	0.200			Dif. Hf	0.045

6.- SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

6.- SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Con la finalidad de retirar el agua que ya fue utilizada en una localidad, llamada agua residual o servida se requiere la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario con el propósito de alejar las aguas negras y con ello evitar enfermedades de tipo hídrico.

El sistema de alcantarillado, está compuesto por todos o algunos de los siguientes elementos: red de atarjeas, colectores, interceptores, emisores, planta de tratamiento de aguas residuales, estaciones de bombeo, sitio de vertido o descarga y obras conexas o accesorias. El destino final del agua residual puede ser un cuerpo receptor o el reúso de ella, todo depende de las condiciones de la zona y de la economía, el tamaño de las obras de alcantarillado, estará sujeto a las condiciones del proyecto considerando siempre que se debe construir por etapas.

Los sistemas de alcantarillado, generalmente se construyen combinados, es decir para retirar tanto las aguas negras como las pluviales. El tiempo ha demostrado que este tipo de alcantarillado genera problemas en su operación por lo que en la actualidad deben diseñarse y construirse separados.

El encauzamiento de las aguas residuales, requiere de la aplicación de lineamientos técnicos los cuales permitirán la elaboración de proyectos económicos, eficientes y seguros, debiéndose plantear las alternativas necesarias de acuerdo a las obras principales que tenga cada una de ellas, considerando los aspectos constructivos, así como los costos de construcción, operación y mantenimiento para cada una de las alternativas seleccionadas. El periodo de diseño se define de acuerdo a sus componentes.

RED DE ATARJEAS. La red de atarjeas es la parte del sistema de alcantarillado que tiene como función recolectar y transportar las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales para conducir los caudales acumulados hacia los colectores o emisores.

Esta red está constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas residuales, se inicia en la descarga domiciliaria o albañal, cuyo diámetro en la mayoría de los casos es de 15 cm siendo éste, el diámetro mínimo aceptable, la conexión entre el albañal y la red exterior debe ser hermética y direccionada en el sentido del flujo del agua en las tuberías de la calle.

La red de atarjeas se localiza generalmente al centro de las calles y va recogiendo las aportaciones de las descargas domiciliarias o albañales. El diámetro mínimo que se acepta es de 20 cm y su diseño y trazo está totalmente condicionado por la topografía de la zona, debiendo cumplir con los límites de velocidad máxima y mínima, sin perder de vista que en la gran mayoría de los casos su funcionamiento hidráulico es por gravedad y que en este caso el agua funciona como medio de transporte.

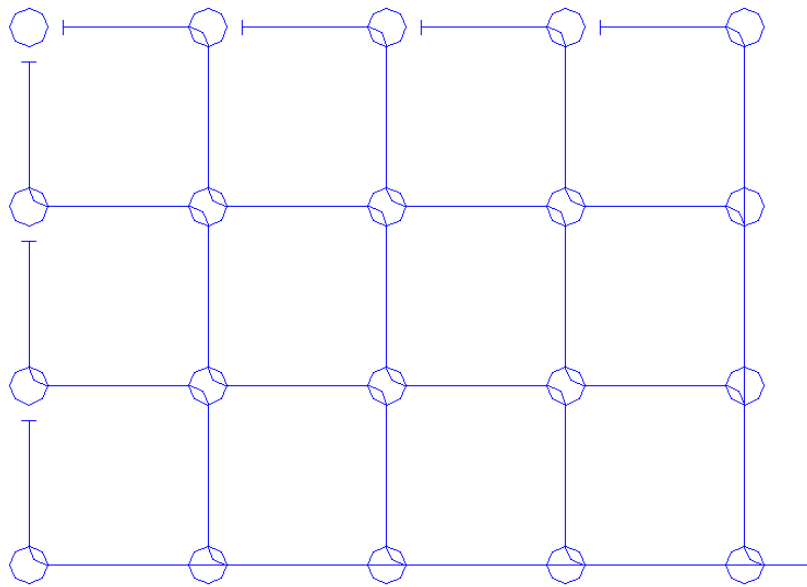
Para ligar dos tramos de la red de atarjeas, se utiliza una estructura denominada pozo de visita.

Con el objetivo primordial de aprovechar al máximo la capacidad de la tubería empleada, en el diseño hidráulico de las atarjeas se debe considerar el diámetro mínimo verificando que cumpla con las condiciones de proyecto.

El trazo geométrico de la red de atarjeas usualmente se efectúa coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle (al centro) y dependerá de las curvas de nivel, los trazos más usuales son los siguientes:

TRAZO EN BAYONETA. Se denomina así al trazo que tiene un desarrollo en zigzag o en escalera. Las ventajas de utilizar este trazo son: permite un mayor desarrollo de las atarjeas, pudiendo controlar mejor las pendientes topográficas, incrementa el número de descargas logrando mejorar las condiciones hidráulicas.

TRAZO EN BAYONETA



TRAZO EN PEINE. Este trazo se forma cuando existen varias atarjeas con tendencias de paralelismo y descargan su contenido en una tubería de mayor diámetro perpendicular a ellas.

Algunas de las ventajas y desventajas que se consideran para este tipo de trazo son las siguientes:

VENTAJAS:

Se garantiza una aportación rápida y directa a la tubería común de cada peine y a los colectores, logrando con ello establecer rápidamente el régimen hidráulico instaurado.

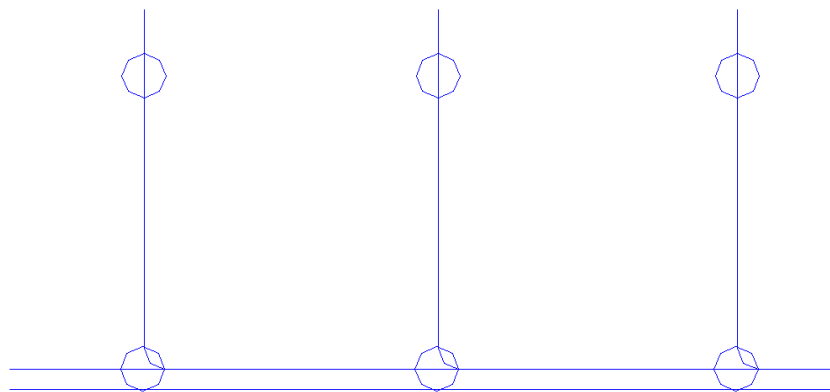
Se tiene un gran número de valores para las pendientes, siendo esto muy útil cuando la topografía es accidentada.

DESVENTAJAS:

Motivado generalmente por el corto desarrollo, se desaprovecha la capacidad de las tuberías.

En muchas ocasiones, como al inicio de la atarjea se tiene poca profundidad, para poder descargar al conducto se requiere de la construcción de una gran cantidad de pozos de visita, elevando con ello el costo de la construcción.

TRAZO EN PEINE



TRAZO COMBINADO. El trazo combinado es la unión de los dos trazos anteriores y éste es obligado por las condiciones topográficas de la localidad.

Factores que intervienen en el diseño de la red

a).- Topografía

La circulación del agua en las tuberías es por gravedad, dependiendo del diseño de la red, es necesario verificar la ubicación de colectores y emisores de acuerdo a las pendientes generadas por la topografía de la localidad, esto basado en los planos topográficos con curvas de nivel, planos prediales o de uso del suelo.

b).- Cálculo de gastos

Los gastos a considerar en los proyectos de alcantarillado son: gasto medio, gasto mínimo, gasto máximo y gasto máximo extraordinario. Con el gasto mínimo se revisa la velocidad mínima de flujo y con el gasto máximo extraordinario se realiza el diseño hidráulico de cada tramo y se revisa la velocidad máxima del flujo del agua.

c).- Diseño hidráulico

Con los datos topográficos y el plano catastral, se definen las áreas de la población que requieren del proyecto, así como sus etapas de construcción inmediata y futura.

El primer paso consiste en efectuar el trazo geométrico de la red atarjeas, colectores y emisores, realizando varias alternativas, para poder seleccionar la mejor de acuerdo a sus características técnicas y económicas.

Posteriormente se calculan las pendientes y las elevaciones de todos y cada uno de los tramos de tubería de acuerdo al tipo de material con que está construida y se calculan los diámetros, se debe procurar que la tubería vaya lo más paralela posible al perfil topográfico del terreno.

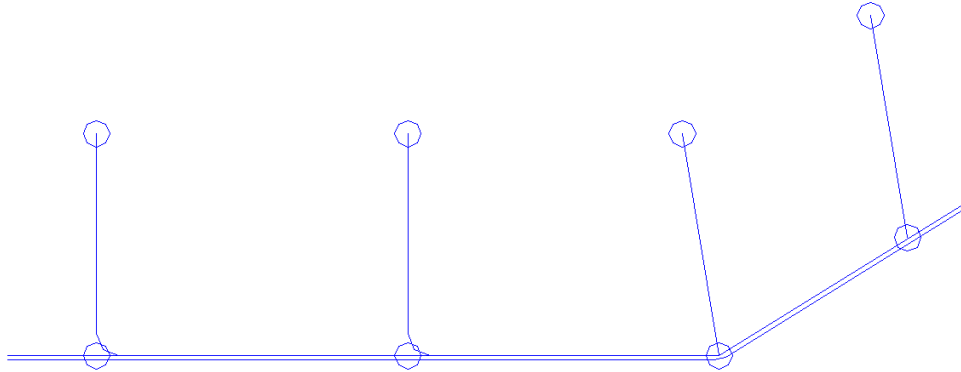
COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES. Estas partes del alcantarillado, por razones de economía deben funcionar como todo el resto del proyecto por gravedad y solamente en condiciones muy especiales funcionarán por bombeo.

TRAZO DE COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES. Para la recolección final de las aguas residuales de una localidad, es necesario trazar geoméricamente esta serie de tuberías configuradas de acuerdo a: la topografía del lugar, el trazo de las calles, el o los sitios de vertido, y a la ubicación de la o las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En todos estos casos, se deberá efectuar una serie de alternativas con la finalidad de ubicar adecuadamente el sitio para las estaciones de bombeo (de ser necesarias), así como los de las plantas de tratamiento y analizar estas alternativas con el objetivo de seleccionar la que sea más adecuada técnica y económicamente. Los patrones de trazo más usuales son:

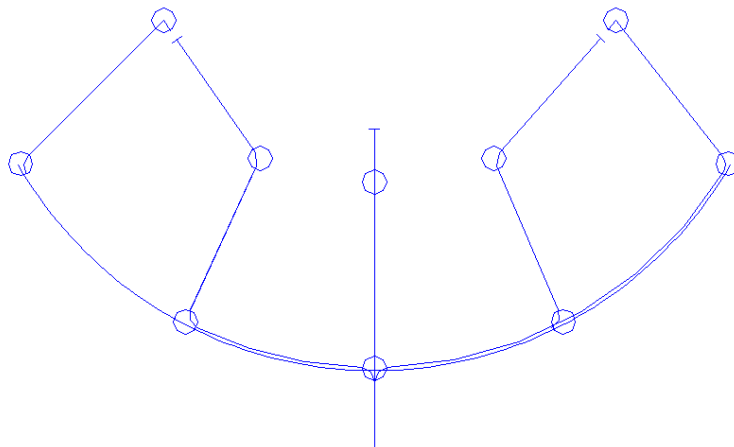
TRAZO PERPENDICULAR. Cuando una localidad está ubicada a lo largo de una corriente y el terreno tiene una suave pendiente hacia ella, la mejor manera de coleccionar las aguas residuales es colocando las tuberías perpendiculares a la corriente y adicionarle un interceptor paralelo a la corriente.

TRAZO PERPENDICULAR



TRAZO RADIAL. En este trazo, las aguas residuales fluyen hacia fuera de la localidad en forma radial por medio de los colectores.

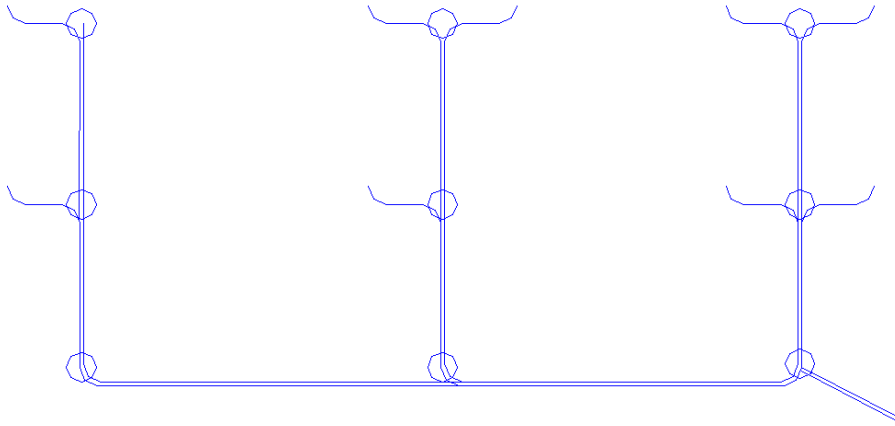
TRAZO RADIAL



TRAZO EN FORMA DE INTERCEPTORES. Cuando se tiene que recolectar las aguas residuales de una población cuyas curvas de nivel son más o menos paralelas sin

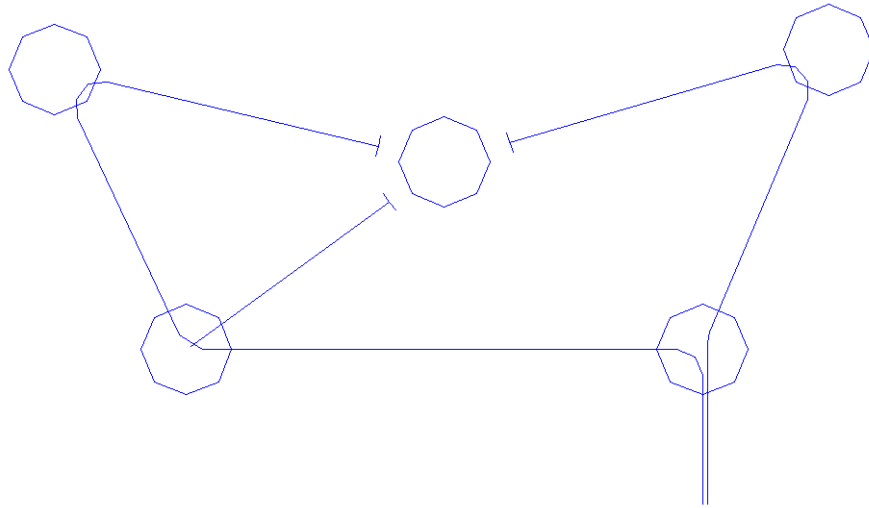
grandes desniveles y cuyos colectores se conectan a un interceptor que transporta el agua hacia una planta de tratamiento se puede emplear este tipo de trazo.

TRAZO INTERCEPTOR



TRAZO EN FORMA DE ABANICO. Cuando la localidad se encuentra en un valle, se utilizan líneas de tuberías convergentes hacia el colector, el cual se localiza en el interior de la localidad generando que exista una sola tubería de descarga.

TRAZO EN ABANICO



Los factores que intervienen en el diseño de los colectores son los siguientes;

- Topografía.- La circulación del agua debe tender a ser por gravedad, dependiendo del trazo correcto de las tuberías, y las pendientes se obtienen de acuerdo a la topografía de la zona, utilizando un plano con curvas de nivel.
- Gastos.- Para calcular los gastos de los colectores y emisores que son, el gasto medio, gasto mínimo, gasto máximo y gasto máximo extraordinario, se utilizan las fórmulas indicadas para cada uno de ellos. El gasto del emisor es igual al caudal total del sistema de alcantarillado.
- Diseño hidráulico.- Con base en la información topográfica se definen las mejores rutas del trazo geométrico de los colectores, interceptores y emisores, teniendo en cuenta la principal alternativa técnico-económica. El primer paso consiste en efectuar el trazo para varias alternativas y elegir la mejor dentro de un óptimo funcionamiento.

Con los resultados anteriores se debe revisar la red de atarjeas y en caso de ser necesario modificar los trazos de proyecto.

En los pasos siguientes, se deben calcular las pendientes y elevaciones de plantilla de todos y cada uno de los tramos de tubería, se selecciona el tipo de tubería y se calculan los gastos.

Para las profundidades de instalación de las tuberías, con la finalidad de poder calcular las cotas de plantilla, se debe considerar lo siguiente: la topografía (trazo), los colchones mínimos (tipo de tubería), las velocidades, máxima y mínima (pendientes).

La elección de la pendiente se hace de manera que la tubería satisfaga con el menor diámetro, la capacidad de conducción requerida sin exceder los límites de profundidad mínima, pendientes y velocidades, máxima y mínima.

COLECTORES Y EMISORES. El diseño hidráulico de estas partes de un sistema de alcantarillado, se confecciona de la misma manera en que se realiza el cálculo de la red de atarjeas, es decir aplicando los mismos procedimientos.

EMISORES. Los emisores tienen como objetivo conducir el caudal de aguas residuales de la red de alcantarillado, hacia la planta de tratamiento y de ella al sitio de vertido final, trabajan por gravedad o por presión dependiendo de las condiciones topográficas de la zona y de las del proyecto.

Esta tubería se diseña para conducir el gasto máximo extraordinario, en el tramo comprendido del colector o colectores hasta la planta de tratamiento y para el gasto de producción de la planta de tratamiento hasta el sitio de vertido.

Los emisores pueden ser construidos como canales siempre y cuando conduzcan agua tratada, en caso de ser diseñados como conductos abiertos se deben revisar todos los fenómenos hidráulicos que se presentan en este tipo de conductos, sobre todo el del remanso con la finalidad de evitar su influencia en estructuras construidas aguas arriba y evitar posibles desbordes del agua residual que provoque contaminaciones al terreno.

En caso de que el emisor trabaje a presión, el diámetro de él se calculará utilizando el procedimiento del diámetro económico, también deberán considerarse los fenómenos transitorios para diseñar la protección de las tuberías.

Si el perfil por donde va la tubería es muy accidentado, es conveniente colocar en las crestas válvulas de admisión y expulsión de aire.

SITIO DE VERTIDO. Para la disposición final o vertido de las aguas residuales, es necesario considerar una estructura de descarga cuyas características dependerán del sitio elegido, el caudal de descarga, el tipo de conducción (canal o tubería) entre otras particularidades.

Esta estructura puede verter el gasto que conduce el emisor a un cuerpo de agua (río, lago, mar), pozo de absorción, riego etc. y puede ser a la presión atmosférica o en forma sumergida; en todos estos casos mencionados anteriormente es requisito indispensable que el agua sea tratada, aunque la construcción de la planta de tratamiento se programe y realice posteriormente.

ASPECTOS A CONSIDERAR. Como se mencionó, el vertido final del gasto de aguas residuales que conduce el alcantarillado sanitario, se realizará posterior a su tratamiento, por lo que el dimensionamiento de esta estructura se considerará para el gasto de producción de la planta de tratamiento; en caso de que se programe a futuro la construcción de la planta, el gasto de diseño de la estructura de vertido, será el gasto máximo extraordinario; para el diseño es necesario considerar lo siguiente:

- a).- Localización adecuada del sitio de vertido, procurando que quede lo más alejado posible de la zona urbana.
- b).- Si la descarga se realiza a una corriente de agua superficial se pueden considerar una o varias salidas a distintos niveles de acuerdo a la fluctuación del tirante del río, siempre aguas debajo de la localidad y verificando el uso que tenga el agua de esta corriente aguas abajo.

La disposición final de las aguas residuales puede hacerse de varias formas, siendo las más comunes las siguientes:

VERTIDO EN CORRIENTES SUPERFICIALES. Los ríos y arroyos, han sido utilizados como el principal sitio de vertido, aun cuando el agua residual no se haya tratado, causando con esto la contaminación de las corrientes superficiales.

Para tratar de evitar lo anterior es importante saber los usos que hagan de la corriente aguas abajo, para con ello determinar el tipo de tratamiento que se la debe realizar al agua residual. Para el diseño de la estructura de descarga se debe considerar lo siguiente:

- Gasto mínimo y máximo de las aguas residuales que se descargarán
- Secciones topográficas (transversales) en la zona de vertido, indicando los niveles de aguas mínimas, máximas normales y máximas extraordinarias, esto se realizará en un tramo recto de la corriente
- Características geotécnicas del cauce
- Elevación de la plantilla del emisor

VERTIDO EN TERRENOS. Este tipo de vertido se efectúa para utilizar las aguas residuales tratadas para riego de cosechas (terrenos agrícolas) o recarga de acuíferos, la información necesaria para poder diseñar este tipo de descarga es la siguiente:

- Gasto mínimo y máximo de las aguas residuales
- Tipo de suelo
- Permeabilidad del terreno y facilidad de drenado
- Elevación del nivel freático
- Topografía del terreno y de la zona del emisor

Si se utiliza tubería en el emisor, la plantilla debe ser lo más superficial posible y se debe procurar lograr una descarga por gravedad.

Se debe tener un especial cuidado si este tipo de descarga se utiliza para el riego de hortalizas, en cuyo caso el agua residual debe ser tratada adecuadamente para no contaminar los vegetales que se cultiven.

VERTIDO AL MAR. En las localidades costeras, se utiliza el mar como cuerpo receptor de las aguas residuales, para ello es necesario colocar una tubería (emisor marino) cuya longitud debe ser lo suficientemente grande para evitar que las mareas regresen las aguas contaminadas a las playas, también es necesario estudiar las corrientes marinas con la finalidad de evitar lo anterior.

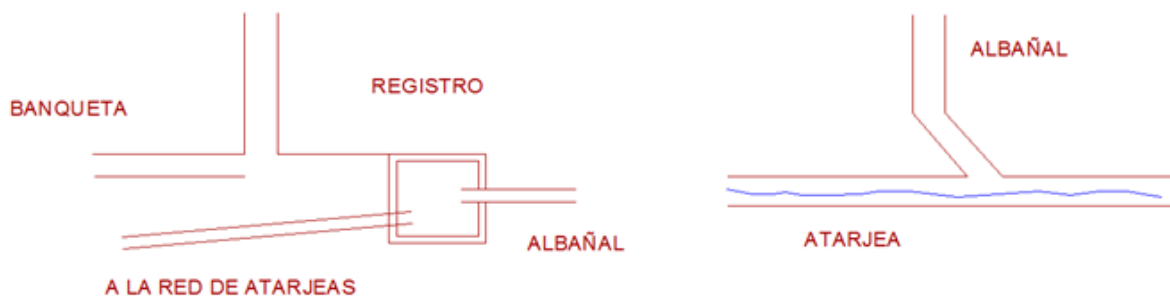
VERTIDO EN LAGOS Y LAGUNAS. Este tipo de vertido no es recomendable, ya que el cuerpo receptor está estanco, en caso de usarse, el agua residual de ser previamente tratada de acuerdo al uso que se le de al cuerpo receptor y la descarga debe ser ahogada, esto lógicamente encarece la obra.

RECARGA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. Las aguas residuales, también pueden ser utilizadas para recargar los acuíferos. Puede hacerse mediante el uso de pozos de absorción o bombearse hasta los acuíferos, para ello es indispensable efectuar estudios geohidrológicos y considerar el adecuado tratamiento de las aguas para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas.

OBRAS CONEXAS. Las obras conexas o accesorias que requiere un sistema de alcantarillado sanitario son necesarias para una mejor operación; a continuación se describen someramente algunas de ellas.

DESCARGA DOMICILIARIA. La descarga domiciliaria también conocida como albañal, es una tubería con un diámetro generalmente de 15 cm. como mínimo, la cual desaloja las aguas negras de las casas hacia la red de atarjeas. Su conexión a la atarjea debe ser hermética y su unión se realiza por medio de piezas especiales que encauzan el agua de la descarga en el sentido del flujo del agua en la atarjea.

DESCARGA DOMICILIARIA



POZOS DE VISITA. Los pozos de visita son estructuras que desempeñan varias funciones en un sistema de alcantarillado y las cuales son: cambio de dirección, cambio de diámetro de la tubería, cambio de pendiente, como estructura de limpieza, inspección, ventilación y unión de varias tuberías.

Se construyen de distintos materiales, deben ser herméticos para evitar la salida del agua residual hacia el terreno así como la entrada del agua freática a las tuberías.

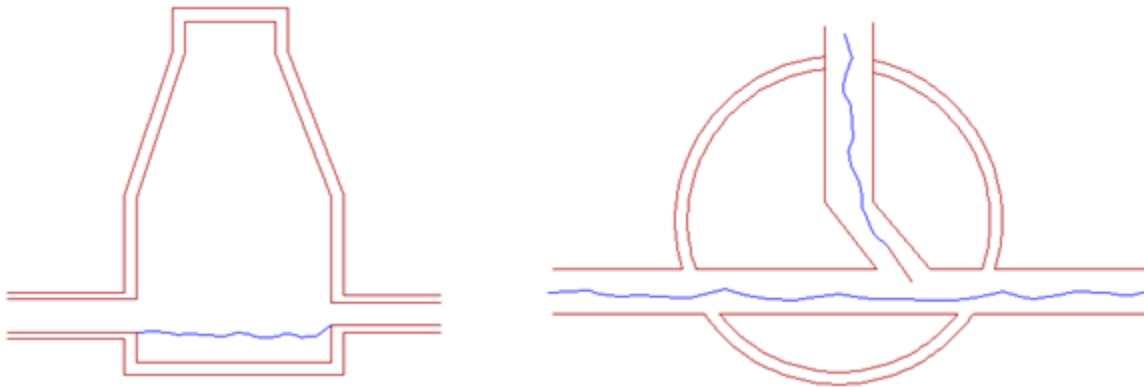
Los pozos de visita se clasifican en: pozos comunes, pozos especiales, pozos de caída, pozos caja.

POZOS COMUNES Y ESPECIALES. Los pozos de visita tienen forma cilíndrica y troncocónica, son amplios para que puedan entrar personas a realizar el trabajo de mantenimiento, deben tener un brocal de concreto o fierro y una tapa.

La clasificación de comunes o especiales se debe al diámetro de la tubería.

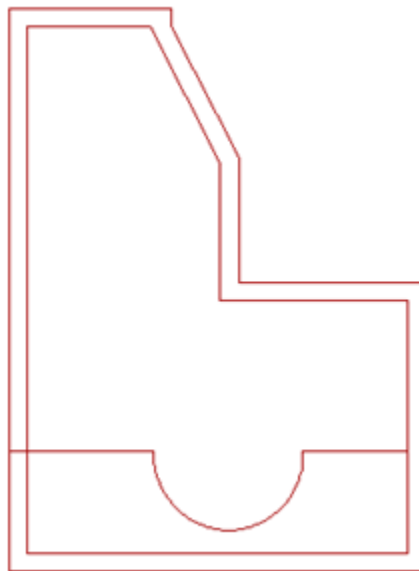
En la parte inferior deben tener una media caña (canal) para encauzar el caudal de las aguas residuales, se les coloca una escalera marina para que el personal de operación y mantenimiento pueda descender a realizar su trabajo.

POZO DE VISITA COMÚN



POZOS CAJA. Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique. Estas estructuras se utilizan para diámetros mayores a 76 cm.

POZO CAJA



CAMBIOS DE DIRECCIÓN. Para los cambios de dirección las deflexiones requeridas se pueden efectuar de la siguiente manera: si el diámetro es menor a 61 cm, los cambios de dirección hasta de 90° pueden realizar en un solo pozo común; si el diámetro es mayor a 61 cm, puede utilizarse un pozo especial o un pozo caja si el ángulo de deflexión es menor a 45° , si se requieren deflexiones mayores a 45° se pueden emplear cuantos pozos sean necesarios.

CONEXIONES. Para un buen funcionamiento hidráulico es conveniente que en las conexiones se igualen los niveles de las claves de los tubos, las uniones de ejes y plantillas en tubos de diferentes diámetros también pueden realizarse si así lo estipula el proyecto.

SEPARACIÓN ENTRE POZOS DE VISITA. La separación máxima entre dos pozos de visita debe ser la adecuada para que las operaciones de limpieza e inspección se puedan realizar con facilidad, para lo cual se recomiendan las siguientes distancias.

- Si la tubería es de 20 a 60 cm la distancia será de 125 m
- Si la tubería es de 76 a 122 cm la distancia será de 150 m
- Si la tubería es de 152 a 244 cm la distancia será de 175 m

Las separaciones anteriores por necesidades de las distancias entre cruceros en las calles, se pueden incrementar hasta en un 10%, y en casos muy especiales considerar la longitud de la línea de limpieza con que cuente el Organismo Operador.

ESTRUCTURAS DE CAIDA. Por las situaciones topográficas altimétricas que presente la localidad, a veces es necesario construir estructuras especiales que en su interior permitan cambios bruscos de nivel, estos elementos se denominan estructuras de caída y se clasifican en:

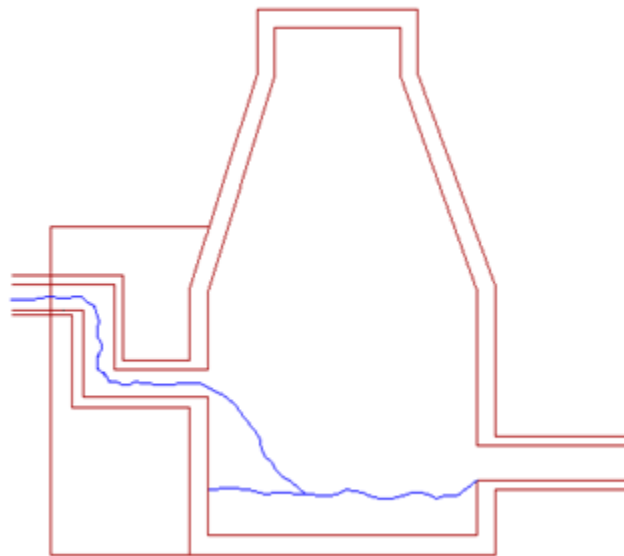
Caída libre. Se pueden efectuar caídas hasta de 40 cm sin utilizar ninguna estructura especial.

Pozos con caída adosada. Son pozos de visita común, especial o pozos caja a los cuales se les construye lateralmente una estructura que permita la caída en las tuberías de 20 y 25 cm de diámetro y desnivel hasta de 2m.

Pozos con caída. Estos pozos en los cuales se puede salvar un desnivel hasta de 1.5 m para diámetros entre 30 y 76 cm, se construyen con una caja y una chimenea y en su interior se coloca una pantalla deflectora, para amortiguar la caída del agua.

Estructuras de caída escalonada. Son pozos caja con caída escalonada que tienen variaciones de 50 en 50 cm, hasta llegar a los 2.5 m como máximo, tienen una chimenea a la entrada y otra a la salida, se utilizan para tuberías con diámetros entre 0.91 y 2.44 m.

POZO CON CAÍDA ADOZADA



Los pozos de visita pueden ser construidos “in situ” o prefabricados, debiendo ser herméticos y su elección depende de un análisis económico.

Otras estructuras conexas especiales son los sifones invertidos, cruces elevados, puentes canales y estaciones de bombeo, las cuales se realizarán de acuerdo a las características topográficas de la localidad.

CÁLCULO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Calcular la red de alcantarillado sanitario para una localidad cuya población de proyecto es de 15,000 habitantes y que tiene asignada una dotación de 200 l/h/día utilizando tubería de concreto.

1. **CÁLCULO DE LA APORTACIÓN** → Se considera el 75% de la dotación.

$$A_p = (0.75) (200)$$

$$A_p = 151 \text{ l/h/día}$$

2. **CÁLCULO DE LOS GASTOS PARA TODA LA POBLACIÓN**

$$Q_{md} = \frac{(150) (15,000)}{86,400} = 26.04 \text{ litros}$$

$$Q_{mind} = (0.5) (26.04) = 13.02 \text{ litros}$$

$$Q_{maxd} = (M) (Q_{md})$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.5}} = 2.78$$

$$Q_{\max d} = (2.78) (26.04) = 72.39 \text{ litros}$$

$$Q_{\max \text{.ext.}} = (1.5) (72.39) = 108.59 \text{ litros}$$

La traza urbana es la que se muestra en el siguiente croquis con sus curvas de nivel y las cotas de cruceros en el siguiente croquis se ejemplifican el trazo de la red de atarjeas y colector.

3. CÁLCULO DE LA LONGITUD TOTAL DE LAS TUBERÍAS

$$\text{Longitud del Colector} = 300 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de la Red de Atarjeas} = 4000 \text{ m}$$

$$\text{TOTAL} = 4300 \text{ m}$$

4. CÁLCULO DE LA DENSIDAD LINEAL

$$DI = \frac{15,000}{4,300} = 3.49 \text{ hab/m}$$

5. Se calculan todas las pendientes del terreno entre cruceros de cables, donde en cada crucero se colocará un pozo de visita. La pendiente se obtendrá dividiendo el desnivel existente entre dos cruceros, entre la distancia que hay entre ellos.

Tramo A-B

$$\text{Desnivel} = 103.30 - 102.90 = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{0.40}{50.00} = 0.008$$

El resultado se expresa en milésimas

0.008 = 8 milésimas

Con los datos anteriores se procede al llenado de la tabla de cálculo de la siguiente manera:

COLUMNA 1 → En esta columna se colocan las letras que marcan el tramo del colector que se calcula o se pueden poner los nombres de las calles.

COLUMNA 2 → Se escribe la distancia que existe entre cruceo y cruceo propia del tramo que se está calculando.

COLUMNA 3 → En esta columna se coloca el valor de la suma de todas las tuberías que llegan al inicio del tramo que se está analizando o calculando.

COLUMNA 4 → En esta columna se escribe la suma de las longitudes de la tubería que llegan a la parte final del tramo que se está calculando. Al final del análisis de esta columna, el valor que se obtenga deberá ser el mismo que se calculó como la longitud total de la tubería.

COLUMNA 5 → Aquí se presentará el número de habitantes que se descargan a la tubería de ese tramo y se calcula multiplicando el valor de la longitud de la tubería acumulada por el dato obtenido en la densidad lineal. Al final el número de la población servida debe coincidir con el número de habitantes de proyecto.

COLUMNA 6, 7, 8, 9→ En estas columnas se calculan los gastos indicados calculando el coeficiente de Harmon para cada tramo. Al igual que en las columnas 4 y 5, en el último tramo deben aparecer los valores calculados como datos de proyecto para toda la población.

COLUMNA 10→ Se calculará la pendiente de cada tramo a analizar y el valor se escribirá en milésimas.

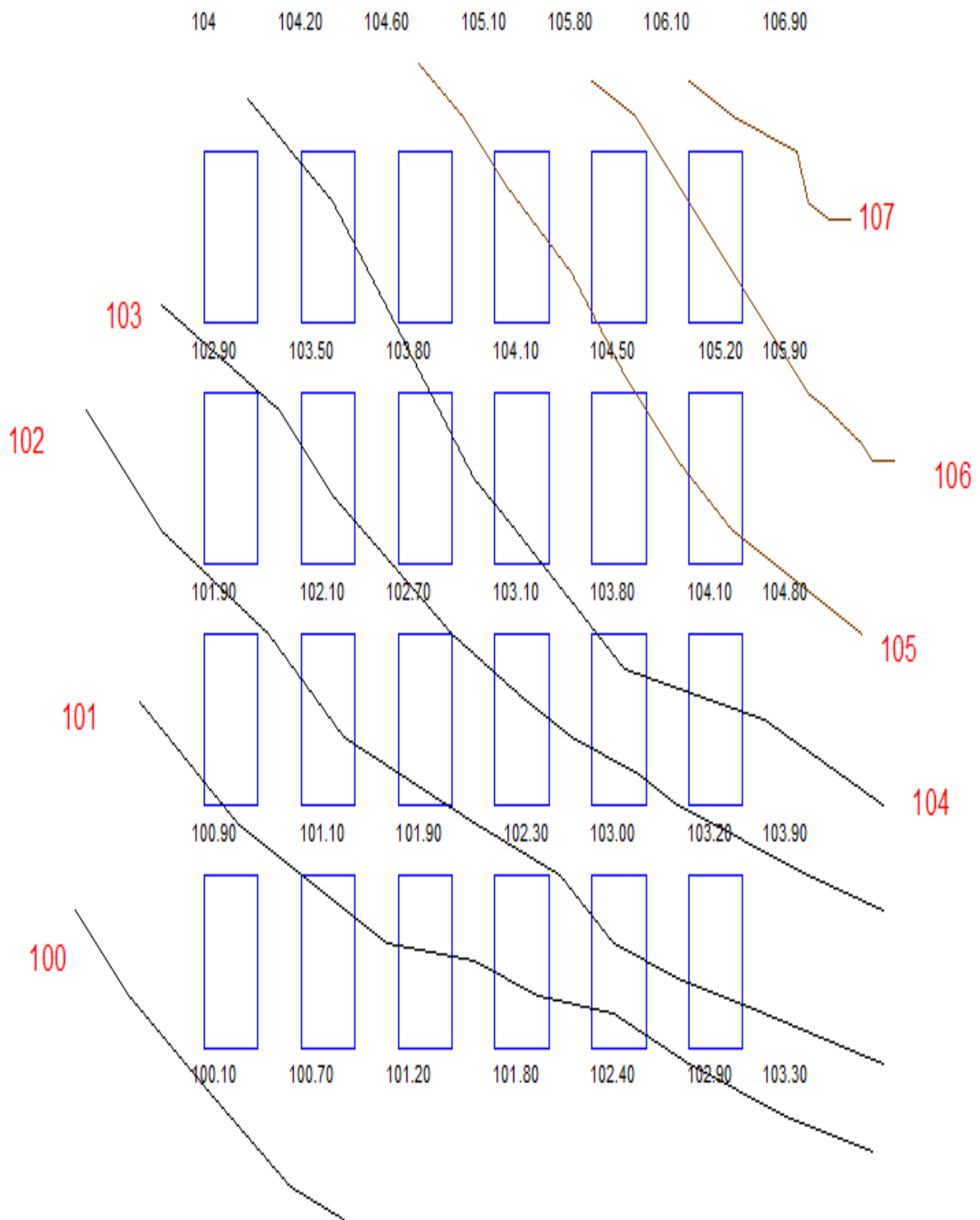
COLUMNA 11→ Mediante la fórmula $Q = \frac{[(3.21) (Q) (n)]^{3/8}}{S^{1/2}}$ se calculará el diámetro

de la tubería para cada tramo que se analice.

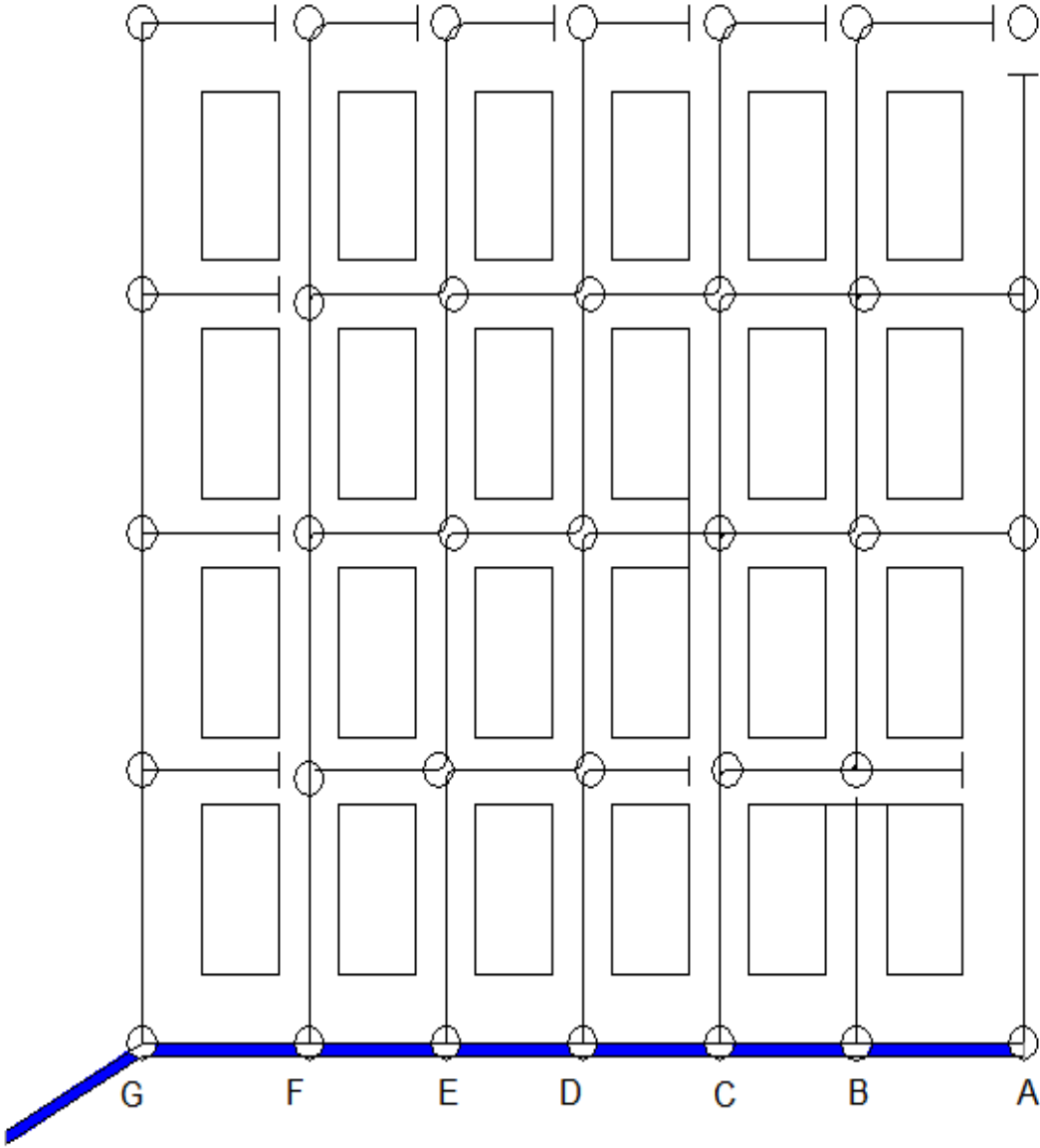
COMUMNA 12→ Utilizando la fórmula $Q = \frac{0.3117 (d^{8/3}) (s^{1/2})}{n}$ se calcula el gasto

a tubo lleno.

COLUMNA 13→ Mediante la fórmula de Manning $V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$ se calcula la velocidad a tubo lleno.



NOTA: Los valores presentados corresponden a las cotas de cruce de calles.



ALCANTARILLADO PARA AGUAS NEGRAS

TABLA DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS

CRUCERO (Nombre de Calles)	LONGITUDES EN METROS			POBLACIÓN SERVIDA (Acumulada)	GASTOS DE AGUAS NEGRAS (L.P.S.)				PENDIENTE (Milésimas)	DIÁMETRO (Cm)	FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	
	PROPIA DEL TRAMO	TRIBUTARIA EN EL CRUCERO	ACUMULADA PARA EL TRAMO		MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO	MÁXIMO EXTRAORDINARIO			TUBO LLENO	
											GASTO (L)	VELOCIDAD (m/s)
A-B	50	300	350	1221	1.06	2.12	7.95	11.93	8	20	30.60	0.944
B-C	50	100	500	1744	1.52	3.03	11.00	16.50	10	20	34.20	1.055
C-D	50	1050	1600	5581	4.85	9.69	31.01	46.52	12	25	68.00	1.341
D-E	50	150	1800	6279	5.45	10.90	34.34	51.51	12	25	68.00	1.341
E-F	50	300	2150	7500	6.51	13.02	40.10	60.15	10	25	62.00	1.225
F-G	50	1500	3700	12907	11.21	22.41	63.64	95.46	12	30	111.00	1.514
G-S.V.	-	600	4300	15000	13.02	26.04	72.39	108.59	12	30	111.00	1.514

7 .- NOCIONES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

7.- NOCIONES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

El sistema de alcantarillado pluvial, tiene como función primordial recoger y retirar el agua de lluvia que se capta en las calles y áreas verdes de una localidad para tratar de evitar las probables inundaciones que puedan presentarse en épocas de lluvias.

Al ingeniero civil se le presenta en el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, la gran dificultad de considerar la tormenta adecuada (cantidad de lluvia) para su cálculo. Además el problema se complica por el desmedido crecimiento de la mancha urbana en una localidad, incrementando con esto las áreas impermeables y con ello el volumen de escurrimiento. De la misma manera la falta de voluntad de las autoridades para realizar este tipo de obras dado que económicamente no son redituables.

Para que el proyectista conozca la cantidad del agua de lluvia que es obligatorio utilizar en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial es necesario apoyarse en los datos que proporcionan los pluviómetros y los pluviógrafos.

Con el pluviómetro se mide la altura del agua de lluvia en una probeta graduada, donde cada milímetro equivale a un milímetro de lluvia por metro cuadrado, y cada centímetro por metro cuadrado equivale a un litro.

Con el pluviógrafo se obtiene un registro de altura contra tiempo, esto se mide mediante una gráfica que recibe el nombre de pluviograma.

INTENSIDAD DE LLUVIA. La intensidad de la lluvia, es la cantidad de agua promedio que cae durante una tormenta y se mide al dividir la cantidad o volumen de lluvia entre el tiempo que dura la tormenta o la precipitación, pero este dato no es suficiente para

proyectar un sistema de alcantarillado pluvial, para esto es necesario conocer la rapidez de variación de la altura de la lluvia con respecto al tiempo, a ello se le llama intensidad de lluvia.

$$I = \frac{H}{T}$$

I= intensidad de lluvia en mm/hora

H= altura de lluvia (cm)

T= tiempo de duración de la lluvia (min)

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO. Como no toda el agua de lluvia que cae en una localidad escurre por la superficie, hay que considerar únicamente la parte de ella que realmente escurre. Con este dato y el volumen llovido, se calcula el coeficiente de escurrimiento o de escorrentía, el cual se representa con la letra “C”.

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

Los principales factores que determinan el coeficiente de escorrentía son: la permeabilidad, la evaporación, la vegetación y la distribución de la lluvia; a continuación se presentan algunos valores de “C” que se utilizan para diferentes zonas de una localidad:

Zonas mercantiles 0.70 a 0.90

Zonas comerciales 0.60 a 0.85

Zonas industriales 0.55 a 0.80

Zonas residenciales

- | | | |
|----|---------------------------|-------------|
| a) | Departamentos | 0.50 a 0.70 |
| b) | Casas de tipo residencial | 0.25 a 0.50 |
| c) | Parques y jardines | 0.05 a 0.25 |
| d) | Áreas no desarrolladas | 0.10 a 0.25 |

CURVAS DE FRECUENCIA. Con los datos que se obtienen de los pluviógrafos; durante varios años, se construyen registros que permiten conocer las intensidades de las lluvias y la frecuencia con que suceden, lo que da origen a unos datos históricos o un estudio estadístico de las intensidades de las lluvias.

En una lluvia, lo que interesa es conocer la intensidad máxima ya que es la que tiene un mayor peso en el diseño.

La lluvia como cualquier otro fenómeno se presenta cíclicamente y entre más intensa sea, más rara vez se presenta; relacionando la intensidad con el tiempo en una gráfica se obtiene la llamada “Curva de Precipitaciones”.

ESTIMACIÓN DE GASTOS. Para estimar los gastos pluviales, existen varios métodos, todos ellos consideran el área de captación y la intensidad de la lluvia, que es función del tiempo de concentración.

El “tiempo de concentración” es el tiempo en que la gota de agua que cae en la zona más lejana del área de aportación tarda en llegar al sitio de concentración. En un sistema de alcantarillado pluvial, este tiempo está formado por dos tiempos, uno de ellos llamado tiempo de ingreso y el otro tiempo de escurrimiento.

El “tiempo de ingreso”, es el tiempo que tarda en escurrir una gota de agua desde el sitio más alejado del área de captación hasta entrar en el tramo de alcantarillado más cercano,

depende entre otras cosas de la rugosidad del terreno, la pendiente topográfica del área, etc.

El “tiempo de escurrimiento”, se considera el tiempo que tarda en escurrir una gota de agua dentro de una atarjea y generalmente se mide este tiempo entre dos pozos de visita.

Dado que la velocidad media del agua no puede establecerse fácilmente, es necesario suponerla considerando la pendiente del terreno.

Conociendo el tiempo de concentración, éste se sustituye en las ecuaciones de intensidad, para con ello llegar a obtener unas fórmulas empíricas y con ellas poder calcular el gasto pluvial, en estas fórmulas se consideran: la intensidad de la lluvia, el área de captación y el coeficiente de escorrentía, siendo la más usual la del “Método Racional” y que se expresa de la siguiente manera,

$$Q = 27.78CIA$$

Donde:

Q = Gasto pluvial en lps.

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la lluvia en mm/hora

A = Área por drenar en hectáreas

27.78 = Coeficiente para uniformizar unidades

Para diseñar un colector de drenaje pluvial se siguen los pasos que a continuación se mencionan:

- 1.- Se calculan las áreas y los coeficientes de escurrimiento utilizando un plano topográfico y aplicando las fórmulas adecuadas.
- 2.- Se define la frecuencia de diseño.
- 3.- Se calcula la intensidad de la lluvia y se propone la sección del conducto y se calculan a su vez los tiempos de escurrimiento, recorrido en tuberías y de concentración.
- 4.- Se calcula el gasto a desalojar y se verifica la sección propuesta, posteriormente se analiza el conducto trabajando a tubo lleno.
- 5.- De la misma manera se calculan los tramos subsecuentes del colector.
- 6.- Los ramales se calculan de la misma forma.

8.- NOCIONES DE TRATAMIENTOS DE AGUA.

8.- NOCIONES DE TRATAMIENTOS DE AGUA.

Este tema requiere de un curso especial para los tratamientos del agua, ya sea para potabilizarla o tratar el agua residual.

En este espacio solo se presentará de manera sucinta la forma que en general tienen los tratamientos de agua.

POTABILIZACIÓN. El tratamiento de agua cruda que tiene como finalidad hacerla apta para el consumo humano se llama “potabilización”. Aunque el estudio de este proceso requiere como ya se mencionó, un curso especial, en este caso se presentarán someramente algunos de los procesos de potabilización.

En nuestro país, la ley indica que todo abastecimiento de agua para una localidad y cuya fuente de captación sea de aguas superficiales, debe tener en su sistema el proceso de potabilización, como este proceso generalmente es caro, lo único que se efectúa en la mayoría de los centros urbanos es una desinfección del agua con la finalidad de eliminar las bacterias.

El primer paso para efectuar este proceso consiste en conocer la calidad físico-química y bacteriológica del agua para con ello saber el tipo de tratamiento a emplear, lo cual se logra realizando los análisis necesarios.

Los procesos de potabilización comprenden generalmente: aireación, coagulación, ablandamiento, eliminación de fierro y manganeso, eliminación de olor y sabor, sedimentación, filtración y desinfección, la aplicación de estos pasos requiere de conocimientos especializados. A continuación se describen someramente algunos de estos pasos.

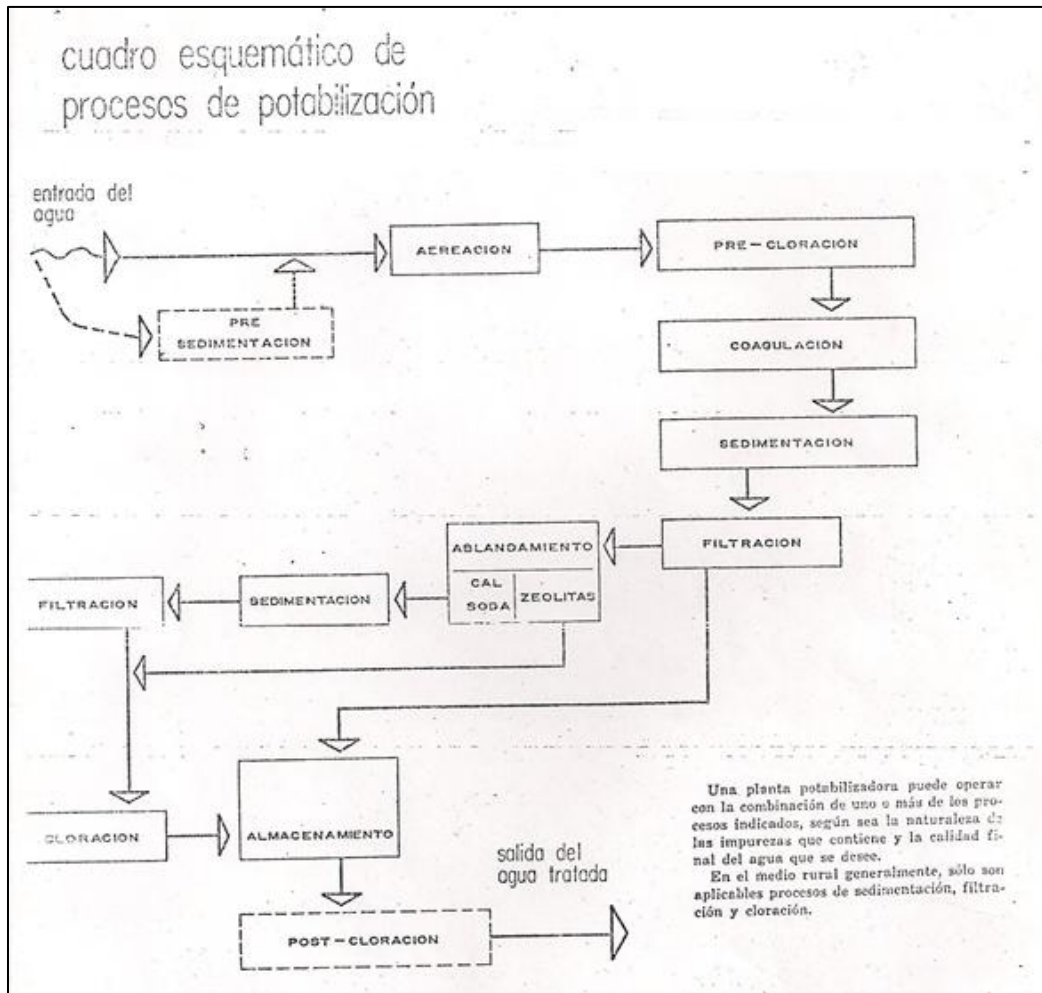
SEDIMENTACIÓN. Es el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas contenidas en el agua, puede ser simple o secundaria. La simple se emplea para quitar los sólidos más pesados sin la necesidad de utilizar un tratamiento especial, únicamente dejando reposar el agua o disminuyendo su velocidad, entre más sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento de sólidos haciendo al agua más transparente. Un reposo prolongado natural, propicia el mejoramiento de la calidad del agua, por la acción del aire y los rayos solares mejora el olor y el sabor, oxida el fierro y elimina algunas sustancias perjudiciales para el ser humano.

La secundaria se emplea, para eliminar las partículas que no se depositan con un reposo prolongado y que son la principal causa de la turbiedad, esta acción se logra agregando algunas sustancias con las que se desarrolla la coagulación, la cual consiste en que se agrupen las partículas pequeñas para formar una partícula de mayor tamaño y peso, para que posteriormente se presente la sedimentación.

FILTRACIÓN. Este proceso llamado también “clarificación” se realiza generalmente después de la sedimentación y su función es detener las partículas o sólidos en suspensión, también se pueden detener ciertas bacterias pero no garantiza la potabilización del agua.

CLORACIÓN. Este paso consiste en agregar al agua gas cloro o pastillas de hipoclorito de sodio o calcio; cuya finalidad principal es la de matar a las bacterias que están en ella, a este proceso se le conoce también con el nombre de desinfección.

La colocación física de una planta de tratamiento de potabilización, se determina de acuerdo a situaciones topográficas y económicas, pero generalmente si la fuente de abastecimiento provee a una sola localidad, la potabilizadora estará antes de la regularización y lo más cerca posible o dentro de la población, si la fuente abastece a dos o más localidades la mejor posición será cercana a la fuente de abastecimiento.



FUENTE C.N.A.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Toda vez que el agua potable ya ha sido utilizada en una localidad, ésta presenta una contaminación, lo que genera que el uso del líquido sea restringido, a su vez esta agua contaminada se convierte en un elemento

altamente peligroso para la salud humana, motivo por el cual es necesario tratar de regresarla a su forma original (hasta donde sea posible), con la finalidad de quitarle el peligro que representa y con ello poder volver a utilizarla una vez que mediante un proceso de tratamiento se le retiran los elementos que en mayor o menor grado la contaminaron.

El reúso que se la dará al agua residual es un parámetro importante para definir el tipo y grado de tratamiento que es necesario efectuar para obtener la calidad del agua requerida; pero a su vez es muy importante saber cuales son los elementos contaminantes que es conveniente retirar de ella para lograr el objetivo buscado.

Las aguas residuales de una localidad, están contaminadas con materia orgánica, pero si en la población existe alguna industria que descargue sus aguas al sistema de alcantarillado, la situación para el tratamiento se complica ya que aunada a la materia orgánica, se encontrarán elementos químicos.

Lo anterior ha originado que la legislación vigente en nuestro país, indique que las industrias traten sus aguas antes de descargarlas al sistema de alcantarillado de la ciudad, y que con ello tengan una calidad que permita que con el tratamiento que se haga a la totalidad de las aguas residuales se logre como producto final un agua con la calidad requerida.

Las aguas residuales de una localidad, generalmente presentan dos tipos de contaminantes como se acaba de mencionar, materia orgánica y productos químicos, lo que da como resultado los dos tipos de tratamientos que deben emplearse: tratamiento biológico o tratamiento químico, dependiendo de cuál sea el contaminante prevaleciente.

Pero a su vez es indispensable saber con mayor precisión cuales son los contaminantes específicos y la cantidad de cada uno de ellos que contiene el agua residual, para con ello

poder diseñar los tratamientos adecuados; los tratamientos a emplear deben ser el biológico en cualquiera de sus formas para las aguas residuales domésticas y el químico para las industriales.

En este escrito nos centraremos únicamente en las generalidades del tratamiento biológico. Antes de iniciar la somera explicación de un tratamiento de este tipo, es necesario indicar el porqué de los fracasos de tantas plantas de tratamiento de aguas residuales, nos centraremos únicamente en el que se genera por el desconocimiento de las aguas a tratar.

En algunos reglamentos de construcción de fraccionamientos, se exige se erija una planta de tratamiento de aguas residuales como requisito para poder fraccionar, esta disposición motiva que la planta que se diseñe esté condenada al fracaso, ya que no se sabe que tipos de contaminantes y en que cantidades hay que retirar del agua.

Lo anterior, se soluciona de manera eficaz, construyendo la planta cuando el fraccionamiento ya esté en uso y se puedan “caracterizar” (conocer) las aguas residuales, es decir se les puedan realizar los análisis físicos químicos y bacteriológicos, para conocer los componentes que la integran y sus cantidades, y con ello diseñar el tratamiento adecuado.

Para realizar estos análisis, se deben tomar muestras representativas de las aguas residuales, durante las 24 horas del día y durante varios días, ya que la calidad de las aguas residuales cambia constantemente, estas muestras deben ser analizadas por laboratorios que estén certificados para realizar este tipo de análisis; por lo que las muestras obtenidas deben conservarse en refrigeración hasta que se efectúen los análisis, para inhibir los procesos biológicos.

PARÁMETROS BÁSICOS DE LOS ANÁLISIS.

ANÁLISIS FÍSICOS. Los análisis de este tipo que deben realizarse son: temperatura, color, olor y turbiedad.

ANÁLISIS QUÍMICOS. Estos análisis, proporcionan datos específicos con respecto al estado de contaminación y descomposición y son los siguientes: sólidos totales, sólidos volátiles y sólidos sedimentables, oxígeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno, alcalinidad, acidez, potencial de hidrógeno (pH) y detergentes.

ANÁLISIS BIOLÓGICOS. Este tipo de análisis para las aguas residuales comprenden: análisis bacteriológicos y microscópicos.

Con estos análisis de las aguas a tratar, ya se está en posibilidad de diseñar el tratamiento adecuado.

MÉTODOS DE TRATAMIENTO. Existe un gran número de tratamientos cuya aplicación depende de la calidad del agua que se desee obtener, los distintos procesos de tratamiento se agrupan de la siguiente manera

Tratamiento físico o primario

Tratamiento biológico o secundario

Tratamiento químico o terciario

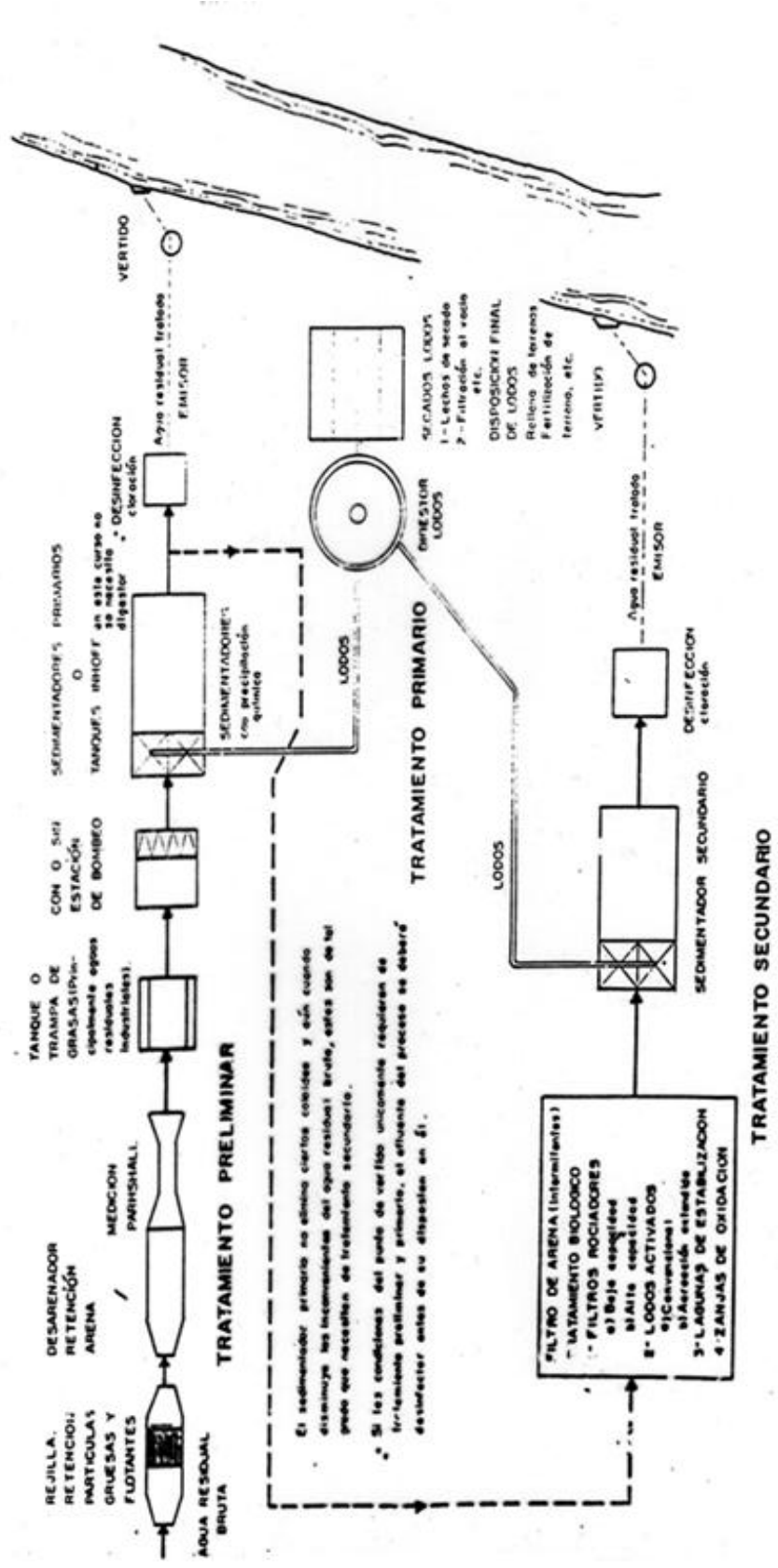
TRATAMIENTO FÍSICO. Este tipo de tratamiento tiene como finalidad detener y eliminar la materia sólida y flotante.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO. Este tratamiento recibe el agua de un tratamiento primario y en él, se remueve la materia putrescible, depende principalmente de organismos aerobios y anaerobios, cuya función es la de descomponer la materia orgánica y transformarla en sólidos orgánicos estables.

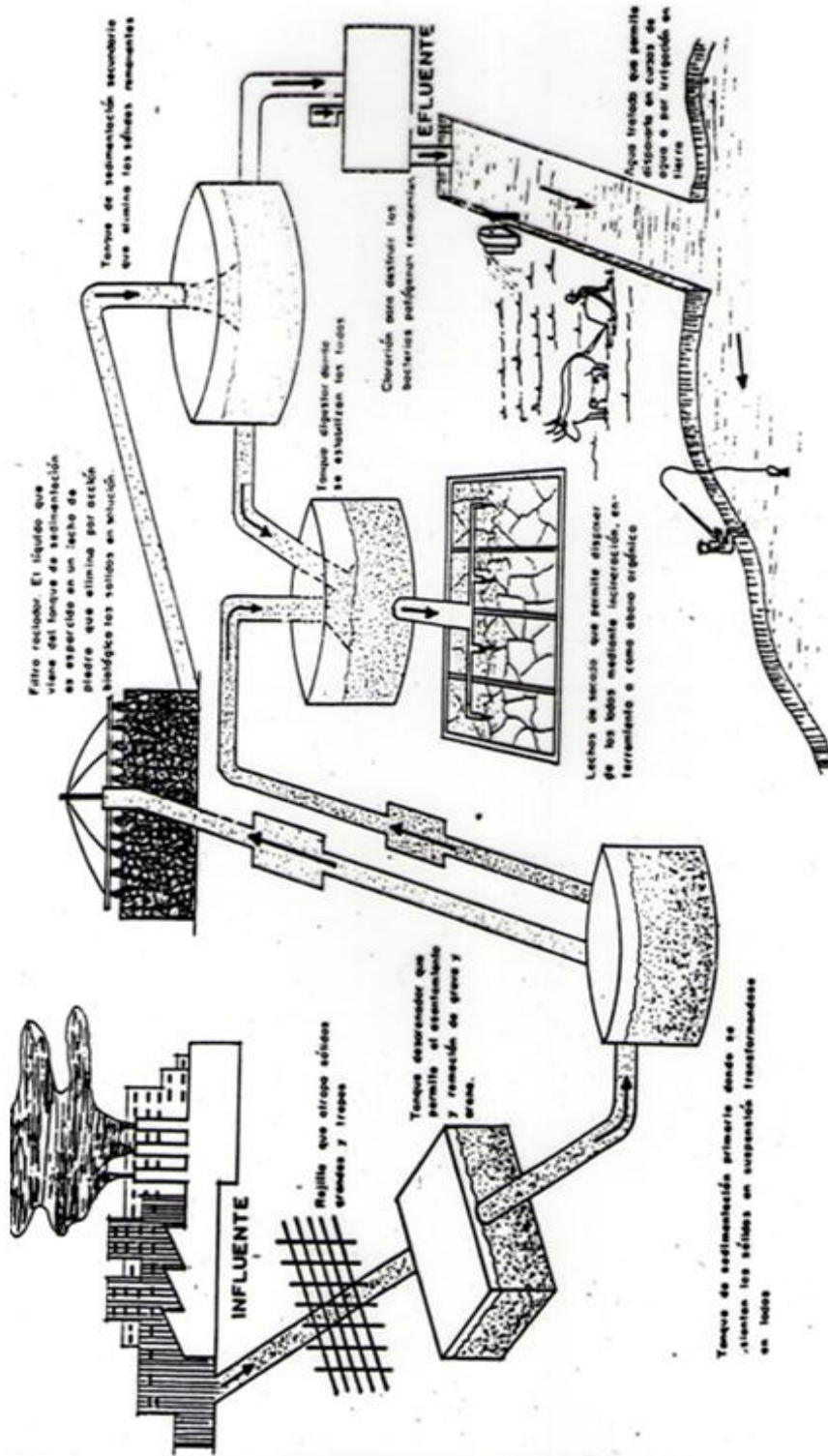
TRATAMIENTO QUÍMICO. Este tipo de tratamiento, se aplica solamente cuando las aguas residuales contienen sólidos finos que no pueden sedimentarse.

CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL.- El reglamento sanitario indica como mínimo los siguientes parámetros para poder descargar el agua a un cuerpo receptor:

Sólidos sedimentables	1.0 ml/l
Grasas y aceites	70.0 mg/l
Materia flotante	Ninguna que pueda ser retenida por la malla de 3 mm
Temperatura	35 ⁰ C
pH	4.5 – 10



FUENTE C.N.A.



FUENTE C.N.A.

9.- ANEXO

9.- ANEXO

Con la finalidad de complementar este manual de Diseño para Proyectos de Hidráulica Urbana, será elaborado un proyecto de este tipo para una comunidad cercana a la ciudad de Xalapa, Veracruz, en él se plasmará todo lo mencionado en el Manual; dándole un mayor énfasis a la recopilación y análisis de los datos necesarios para la conformación del Estudio Socio-Económico, ya que este tipo de trabajo tiene un gran contenido social y económico, el cual por la formación de carácter técnico que el estudiante de Ingeniería Civil adquiere prioritariamente en las aulas, queda delegado y no se le concede la importancia debida.

Estudio Socio-Económico.

Este estudio Socio-Económico, es la base para los planes de desarrollo de las comunidades, motivo por el cual se supone que las autoridades municipales y/o estatales ya lo realizaron, y en cuyo caso deberán proporcionarlo al ingeniero para que lo utilice en el análisis de los datos básicos a considerar para la realización de un proyecto de hidráulica urbana.

Este estudio debe contemplar las siguientes partes:

Antecedentes:

Causas que generan la necesidad del proyecto.

Antecedentes generales.

Estudio Socio-Económico.

Características generales de la localidad y municipio.

Información básica.

Descripción de los sistemas hidráulicos actuales.

Alternativas.

Evaluación económica de las alternativas.

Proyecto.

Un estudio de factibilidad técnica y económica, tiene como finalidad principal la realización de un proyecto, en este caso particular de hidráulica urbana, con la garantía de que durante su ejecución, analizando minuciosamente todos los factores técnicos, sociales, económicos y políticos que intervengan se asegure el cumplimiento del compromiso (financiero) que se adquiere, preparando todos los lineamientos y criterios para la elaboración del proyecto.

Los elementos a considerar los cuales ya fueron enunciados, se exponen seguidamente con mayor claridad.

Antecedentes.

Es necesario determinar, la forma histórica como la población a estudiar, ha venido resolviendo las necesidades en cuanto a los servicios de agua potable y alcantarillado se refiere, con lo que se establecerán las causas que provocan la necesidad de elaborar los estudios y proyectos que resultarán en las obras necesarias; las causas podrán ser las siguientes u otras, las cuales deben ser fundamentadas.

Causas que originan la necesidad de los servicios.

Las causas que pueden generar la realización de un proyecto y obra de hidráulica urbana son varias, pero todas y cada una de ellas tendrán unas características especiales que deberán ser tomadas en cuenta a la hora de efectuar el proyecto, entre algunas de las causas a considerar podemos encontrar las siguientes:

Necesidad local del abastecimiento; es una de las causas más generalizadas y puede tener distintos orígenes como pueden ser: carencia total del servicio, por ser una comunidad que nunca lo ha tenido, ampliación de los servicios existentes por crecimiento

de la demanda originado por un incremento en el tamaño de la localidad, contaminación de la fuente de abastecimiento, esto se generaliza cuando la fuente es de origen superficial, baja del caudal de la fuente, esta situación se puede presentar por varios motivos, entre los cuales se enuncian los siguientes, sequía prolongada como las que se han presentado últimamente, desvío del cauce de la corriente, extracción desmedida local o aguas arriba, etc.

Desarrollo integral de una zona, este fenómeno se ha mostrado en algunos lugares del estado de Veracruz como son las zonas petroleras, zonas turísticas, etc.

Creación de un nuevo polo habitacional, este es el caso de los habitantes desplazados por la creación de embalses generados por las presas, o por fenómenos naturales como son los derrumbes de cerros, nacimiento de volcanes, etc.

Presión política, este suele ser uno de los factores más recurrentes en este caso y que se presenta generalmente cuando es temporada de elecciones.

Estas y otras causas se presentan en todos los sistemas hidráulicos urbanos, como es el agua potable y el alcantarillado sanitario y el pluvial.

Por lo expuesto anteriormente y una vez determinada la razón por la cual es necesario generar el estudio, proyecto y obra, se procederá a buscar, recopilar y analizar toda la información disponible que tenga relación con el proyecto a efectuar, en todas las dependencias oficiales (locales, municipales, estatales y federales) así como en oficinas particulares.

Con la información anterior se deberá elaborar un informe preliminar de la investigación realizada y con ello determinar y efectuar ajustes a la concepción inicial del proyecto.

Estudio Socio-Económico.

En este apartado se indicarán algunas de las bases necesarias para el desarrollo de los proyectos, todas ellas tendrán su apoyo en los trabajos que son el resultado del motivo de la generación de los proyectos y serán complementados con un análisis de los sectores productivos, de las características de la población, así como de los ingresos de los

habitantes, lo que dará como finalidad el conocimiento de la situación económica de los pobladores de la localidad.

La información a considerar se logrará integrando los datos que a continuación se mencionan.

Características Generales de la Localidad y Municipio.

Una de las características importantes a considerar es la política, es decir la forma de gobierno que tienen el municipio y sobre todo la localidad a estudiar.

Otras características a verificar son las geográficas, es decir su ubicación en la Tierra, altura sobre el nivel del mar, latitud y longitud.

Muy importante es conocer las características climatológicas, temporada y cantidad de lluvias, estiaje, temperatura máxima, temperatura mínima y sobre todo la temperatura media anual, que servirá como base para designar la dotación que se le aplicará a la población.

De la misma manera es muy importante conocer todo lo referente a las vías de comunicación o sea la forma de llegar al municipio y a la localidad a beneficiar con los servicios hidráulicos urbanos.

Igualmente se deben conocer las características económicas de los habitantes, es decir la cantidad de dinero que ganan (salario), esta información será básicamente sobre los pobladores de la localidad.

En caso de que el ingeniero considere necesario evaluar otras características que puedan tener influencia en el estudio, éstas deberán ser consideradas para tener al final un documento más completo.

Información Básica.

La información básica necesaria para la elaboración de los proyectos de hidráulica urbana, es requisito recabarla con el mayor cuidado, ya que ella aportará datos relevantes que tendrán una influencia significativa en el estudio que se realice.

Dicha información deberá buscarse en la mayoría de los casos solamente para la localidad y en otros para el municipio y la localidad.

Como primer punto de esta información, en un plano catastral actualizado de la localidad deberán ubicarse las zonas socioeconómicas, también definidas como uso del suelo y que son: zonas comerciales, industriales, de servicios, habitacionales divididas en residenciales de primera y segunda, populares, fraccionamientos, turísticas (hoteles), etc. Estas zonas deberán tener distintas dotaciones y el promedio de ellas será la dotación a considerar para la localidad.

Seguidamente se conforma la documentación que contenga la información estadística de la localidad, la cual contendrá los siguientes rubros.

Censos de la localidad, como mínimo de los tres últimos años (no se deben considerar los conteos poblacionales) este dato deberá ser tomado del INEGI, y cuya finalidad será obtener la proyección poblacional (población futura o de proyecto).

En caso de que la localidad en estudio ya cuente con los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, se deberá consignar el porcentaje de población que cuenta con estos servicios y en caso de que se pueda obtener, el número de personas por conexión (índice de hacinamiento).

Dato importante a conocer es el grado de alfabetización de la población, es decir cuál es el grado de escolaridad que tiene, esta información puede ser en porcentaje o cuantitativa.

Cuantos habitantes están cursando o han cursado, primaria, secundaria, preparatoria, profesional, posgrado, o algún tipo de capacitación.

De la misma manera se debe conocer a la población económicamente activa, dividida de acuerdo a los sectores productivos (primario, secundario, etc.), el resultado se puede presentar en porcentaje o cuantitativamente.

También es necesario conocer los tipos de familia y las clases de viviendas que existen, en este caso, se indica si las casas son de un nivel o varios, si son de tabique, concreto,

madera, u otro material, si tienen piso de tierra o de cemento, si cuentan con baño, cuantos cuartos tienen, etc.

Otro dato a tomar en cuenta es la vida promedio de las personas de la localidad, es decir informarse sobre los índices de mortalidad, causas que generan las muertes, dando mayor énfasis a la mortalidad infantil y a la incidencia de enfermedades de tipo hídrico, sin dejar de considerar otro tipo de causas.

Igualmente se deberá tomar en cuenta como se encuentra fraccionada la población de la localidad de acuerdo a sus creencias religiosas.

Otra información necesaria es saber porcentualmente con que servicios públicos cuenta la localidad, como son el número de tomas de agua potable, número de descargas domiciliarias, número de acometidas de energía eléctrica, cuantos habitantes cuentan con servicio médico proporcionado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), por el Instituto de Servicios de Seguridad Sociales para Trabajadores del Estado (ISSSTE), por la Secretaría de Salud (SSA), etc.

Los siguientes datos a considerar deberán presentarse en una forma cuantitativa únicamente y son todos los servicios generales con que cuenta la localidad.

De enseñanza o educación, el número de planteles preescolares, escuelas primarias, secundarias, preparatorias, de profesional medio, de profesional superior, técnicas, de capacitación, de postgrado, etc.

De comunicación, en este caso se indicará cuantas oficinas de teléfonos existen y de que empresas son, cuantas casetas, cuantas oficinas de correos, cuantas de telégrafos, cuantas de radiocomunicación, cuantos locales de internet, todos los locales a considerar deberán ser públicos, no particulares (en domicilios).

De salud, se deberá indicar el número de hospitales que tenga la localidad y si pertenecen a alguna dependencia oficial como puede ser el ISSSTE, el IMSS, la SSA o si son particulares.

Servicios médicos asistenciales, aquí es necesario indicar el número de Clínicas y Casas de Salud que existan en la localidad, diciendo a quién pertenecen. En estos dos rubros de salud, de ser posible se hará constar el número de profesionales que trabajan (médicos, enfermeras, et.).

También es necesario mostrar el número de mercados y centros comerciales que hay en la localidad indicando a que cadena pertenecen.

Pasando a los servicios administrativos, se mencionará con cuantas y cuales oficinas gubernamentales cuenta la localidad diciendo si son federales, estatales o municipales.

Así mismo se mencionará si cuenta con servicios de: vigilancia, recolección de basura y quién los proporciona, de transporte, terrestre, aéreo, marítimo y si son locales o foráneos (estatales, nacionales o internacionales).

De la misma manera se indicará si existen servicios bancarios, el número de sucursales y sus respectivos nombres.

Con mayor profusión se deberá realizar un análisis de los sectores de la economía de la localidad, indicando también como está la concentración de la riqueza y el nivel de empleo para cada uno de los sectores económicos (sector primario, sector secundario y sector terciario).

PROYECTO DE HIDRÁULICA URBANA PARA LA LOCALIDAD DE TLACOLULAN.

El proyecto de hidráulica urbana que aquí se presenta se elaboró para la localidad de Tlacolulan, cabecera municipal del mismo nombre del estado de Veracruz.

El municipio de Tlacolulan se encuentra ubicado cercano a la ciudad de Xalapa, capital del Estado, en la zona montañosa de la Sierra de Chiconquiaco, aproximadamente a 17 Km. de la capital Xalapa, las coordenadas geográficas de la cabecera municipal son: 19⁰ 40' latitud norte y 97⁰ 00' longitud oeste (desde el meridiano de Greenwich), con una altura sobre el nivel medio del mar de 1740 m.

Los límites del municipio son los siguientes: al norte con el municipio de Tenochtitlan, al sur con los municipios de Acajete y el de Rafael Lucio, al este con los municipios de Tonayan, Coacoatzintla y Rafael Lucio, y al oeste con los municipios de Tatatila y Las Vigas de Ramírez (fuente INEGI).

El área del municipio es de 106 Km. lo que representa el 0.1472% con respecto al área total del Estado.

Geología.

Pertenece a la provincia geológica del eje neovolcánico, la cual atraviesa al Estado aproximadamente en su porción central, siguiendo una dirección este-oeste, extendiéndose desde el sur de Papantla hasta el norte de Córdoba, está constituida principalmente por rocas ígneas de composición andesítica, riolítica y basáltica que fueron depositadas durante el Cenozoico Superior en forma de derrames, tobas, brechas y cenizas volcánicas.

Estratigrafía.

Pertenece a la formación Taman constituida por montañas con pendientes suaves y sus afloramientos aparecen al sureste de Tlapacoyan. En esta región existen calizas del Cretácico Inferior integrantes de la formación Tamaulipas, que se localizan al sureste de Tlapacoyan y al noreste de Jilotepec. Concurren además afloramientos de rocas de las distintas etapas geológicas.

Fisiografía.

El municipio de Tlacolulan, pertenece a la Provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y particularmente a la Subprovincia de los Lagos y Volcanes del Anahuac, que consta de sierras volcánicas con llanuras y vasos lacustres (INEGI).

Hidrografía.

El municipio de Tlacolulan, se encuentra regado por pequeños arroyos ubicados en la cuenca del río Actopan, el cual nace en la montaña del Cofre de Perote (río Sedeño), al

poniente de la ciudad de Xalapa, pasa al norte de ella y se pierde bajo la lava en los terrenos del paraje denominado Paso del Toro, continuando su curso subterráneo hasta el Descabezadero, en este lugar principia el río Actopan,

También en las faldas del Cofre de Perote a una altura de 3000 msnm. nace el río Vigas que es el que atraviesa el municipio de Tlacolulan, en su recorrido recibe el agua de varios afluentes que conformarán el río Naolinco, el cual se incorporará al río Sedeño para desembocar en el río Actopan y continuar su recorrido hacia la desembocadura al mar en el sitio conocido con el nombre de Barra de Chachalcas.

Clima.

La región de Tlacolulan presenta una temperatura máxima de 18⁰ C, una mínima de 2⁰ C y una media de 15⁰ C. Las condiciones atmosféricas, determinadas por la temperatura, la humedad, los vientos y la presión, generan los dos tipos de masas de aire que la afectan, la tropical originada por los vientos alisios, durante la época de lluvias (junio a septiembre), y la polar (nortes) que aparece en el tiempo de secas, la temperatura promedio del municipio es de 19.6⁰ C.

El tipo de clima según la clasificación de la UNAM/CETENAL es Semicálido Húmedo (A)C(fm) con una temperatura mayor a 18⁰ C en el mes más cálido, en el mes más frío menor a 18⁰ C, con lluvias todo el año, con un porcentaje de lluvia invernal menor a 18 mm. y en el mes más seco la precipitación es mayor a 40 mm.

Edafología.

El tipo de suelo del municipio es Andasol (tierra negra) originado por cenizas volcánicas recientes, el que permite una vegetación de bosques de pino, oyamel, abeto, encino, etc. Se caracteriza por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro y de textura esponjosa con una alta capacidad de retención de agua y nutrientes.

Sus rendimientos agrícolas son muy bajos por la alta susceptibilidad a la erosión, así como su alta fijación de fósforo que no puede ser absorbido por las plantas.

Flora.

Se conoce como flora al conjunto de plantas existentes y en el municipio son mayormente especies silvestres y algunas de ellas son: enebro, oyamel, zacatón, pinos de diversas especies, encinos, nopal y tencho.

El área de bosques cada vez es más reducida y fragmentada, confinándose ésta a las partes altas, se estima que en la zona el 50% del área está siendo utilizada en la agricultura, el 21% cubierta de árboles y el 15% presenta matorrales, de la misma manera se observan zanjas producidas por la erosión hídrica.

Fauna.

La fauna del municipio está compuesta mayormente por especies silvestres como son: el ajolote, camaleón, víboras de cascabel, aguililla de cola roja, pájaro carpintero, tecolote, primavera piñatera, codorniz, ratones y ratas campestres, clarín, ardilla y ya en poco número gato montés, zorra, coyote conejo, etc.

Historia.

Tlacolulan se deriva del náhuatl tlacuilo – lan, que significa “lugar de pintores, escribientes o secretarios”, por ser el lugar centro o cuna de pintores, maestros de escritura jeroglífica llamados “tlacuiles”.

El origen de la localidad de Tlacolulan como asentamiento indígena, se remonta al periodo del horizonte Clásico Tardío del año 600 al 900 dc, cuando la capital del Totonacapan era el Tajin, los habitantes de esta región decían haber venido del mar, y su tradición indica que su antiguo origen fue por cuatro personas que salieron del mar llegando del oriente colonizando 13 pueblos en un espacio de cuatro leguas en el año 971 de nuestra era.

Esta localidad está considerada como uno de los pueblos totonacas prehispánicos más antiguos de la comarca de Xalapa, fue centro de una importante confederación de pueblos unidos por lazos de origen, costumbres, sangre, economía y afectos, pero además por la fuerza de una organización política, que uniendo esfuerzos, superaban

problemas de las guerras, trabajo y economía, esta confederación fue conocida como Hueycalli cuyo significado es “la gran casa o provincia”.

Fue durante la colonia española que Tlacolulan concede a Xalapa el derecho político y se funda en ella la Alcaldía Mayor que regía los destinos de la Confederación.

En esta época, la localidad conservó su carácter hegemónico con la población indígena por sus trabajos de tipo agrícola y artesanal.

En el México independiente, su posición estratégica entre las ciudades de Puebla y Xalapa, la consolidó como un baluarte para las guerrillas, sobre todo por las neblinas que la cubrían casi todo el año y los cerros circundantes.

En la época de la invasión francesa a nuestro país, en el año de 1863, siendo gobernador de Veracruz Ignacio de la Llave, Tlacolulan fungió temporalmente como capital del estado.

En el año de 1879, por decreto, la Villa de Tlacolulan se convierte en la cabecera municipal de su propio municipio, y un año después entra en operación la mina de carbón mineral en el Cerro del Cuervo.

La situación de estar supeditada la localidad a la ciudad de Xalapa, por su característica de ciudad capital, permanece hasta nuestros días, motivada por su cercanía y que las comunicaciones terrestres se generaron hacia esta ciudad.

PERFIL SOCIO-ECONÓMICO.

Demografía.

Mediante la Demografía, se puede conocer el tamaño, composición y distribución de la población, es decir su número de habitantes, su forma de crecimiento y organización para el trabajo, su movilidad social, las tasas de crecimiento y defunciones, las causas de morbilidad y mortalidad, prácticas sanitarias y religiosas entre otras cosas, con lo cual se podrá vaticinar su potencialidad futura.

La tasa de crecimiento de la población de Tlacolulan desde que se tienen registros, ha sido muy variable, pero siempre presentando un decremento, teniendo hasta valores

negativos en los últimos años, motivado lo anterior por la migración hacia la ciudad capital Xalapa.

Para determinar las fases socioeconómicas-culturales de la mortalidad, se deben considerar las causas de los fallecimientos, las cuales pueden ser: naturales, accidentales o sociales. Para lo anterior es necesario analizar las tres fases de la historia demográfica de la mortalidad, las cuales son las siguientes: La primera se presenta en la población que vive en las áreas rurales la cual padece patologías infecciosas (gastrointestinales y respiratorias), hambrunas, violencia interpersonal y epidemias, debido a la insalubridad, a la desnutrición y al pensamiento mágico (costumbres ancestrales), la segunda fase contempla las patologías laborales-urbanas y los accidentes de tránsito, y en la tercera fase aparecen las enfermedades degenerativas (cáncer, diabetes, arterioesclerosis, insuficiencia cardíaca, etc.), y las producidas por la alimentación química, las aglomeraciones, la competencia, las tensiones urbanas, los procesos psicotensos los accidentes viales, etc., apareciendo así la salud como un costo más en el presupuesto de la vida urbana.

En la población de Tlacolulan existen estos tres perfiles característicos de enfermedades.

Religión.

En cuanto a las creencias religiosas, la población de Tlacolulan se estima que el 85% de las personas de la cabecera municipal profesan la religión católica, el 12% son protestantes y de otras religiones o cultos y el 3% manifiesta no profesar ninguna, con este dato se presentan a la Parroquia de la Purísima Concepción y la Casa parroquial del mismo nombre como los principales centros de culto de la localidad, pertenecientes a la Arquidiócesis de Xalapa, y el Templo Presbiteriano del Sinai.

Comunicaciones y Transportes.

En el año de 1803, se abre el camino Xalapa, Jilotepec, Tlacolulan y Tatattila, actualmente el municipio cuenta con 2.7 Km. de carreteras pavimentadas de dos carriles y se comunica por este medio con Rafael Lucio, Banderilla, Jilotepec y Xalapa. La localidad

tiene el servicio de telefonía con una agencia de larga distancia automática así como telefonía celular. Cuenta con dos agencias postales y no tiene servicio telegráfico.

Economía.

En el siglo XVII, se descubren en el municipio minas de carbón y plata. La producción agropecuaria, está basada en el cultivo del maíz y el frijol y en ganado bovino, caprino, ovino, porcino y aves. Presenta una incipiente industria en alimentos y bebidas así como en minerales no metálicos. La localidad cuenta con energía eléctrica de la cual alrededor de 220 familias se ven beneficiadas.

Servicios Públicos Municipales.

Agua Potable y Alcantarillado.

La localidad de Tlacolulan cuenta con un pequeño sistema de agua potable que se abastece de un manantial cercano a la localidad de El Arellano, del cual toma su nombre, a una distancia de aproximadamente de 3.5 km. con un gasto capturado de 15 lps. el cual mediante una accidentada línea de conducción con varios años de servicio por lo que está presentando problemas de fugas constantes, este sistema da servicio a 220 casas, lo que equivale a satisfacer la demanda de 1120 habitantes, dando con ello una cobertura del 77%, y el sistema de alcantarillado sanitario tiene una cobertura del 74%, los usuarios del sistema de agua pagan una cuota fija de \$150.00 pesos mensuales por el consumo que realicen.



Tanque de Almacenamiento con el que cuenta Tlacolulan



Servicio de Agua Potable regido por CAEV

Índice y Grado de Marginación.

La cabecera municipal posee un grado de marginación de -1.45, lo que representa un grado bajo, el cual contrasta con el grado alto que presenta el municipio

Educación y Cultura.

La localidad tiene un plantel Preescolar, uno de Educación Primaria, una Telesecundaria y un Telebachillerato, aunque la educación media superior y superior, generalmente la realizan en la ciudad de Xalapa.



Telesecundaria "Ricardo Flores Magón"



Telebachillerato "Tlacolulan"

Gobierno

El Ayuntamiento de Tlacolulan está organizado y estructurado de la siguiente manera;

Presidente Municipal

Síndico Único

Regidor Único de representación proporcional

Las principales comisiones de trabajo que tienen a su cargo las autoridades municipales son las siguientes:

Educación, recreación, cultura, actos cívicos y fomento deportivo a cargo del Regidor Único

Policía y prevención social a cargo del Presidente Municipal y el Síndico Único

Salud Regidor Único

Obras Públicas Regidor Único

Fomento Agropecuario Regidor Único

Para hacer más eficiente su administración y servicios en las distintas regiones del municipio, se apoyan en autoridades auxiliares, entre las que se pueden contar a los delegados, subdelegados, jefes de sector, jefes de manzana y agentes municipales, La elección de estas autoridades se efectúa de acuerdo a lo estipulado en la Ley Orgánica del Municipio Libre y a los respectivos reglamentos.

En cuanto a la regionalización política, el municipio corresponde al IX Distrito Electoral Federal cuya cabecera es Perote y al X Distrito Electoral Local con cabecera en Perote.

Fotografía de la Localidad



Palacio Municipal de Tlacolulan



Palacio Municipal con el Escudo de la Localidad



Calle Principal de Acceso



Parque Central de Tlacolulan



Iglesia Principal de Tlacolulan



Salón de Usos Múltiples de la Localidad

Antecedentes del Proyecto.

Para la realización del proyecto de hidráulica urbana de la cabecera municipal de Tlacolulan, se tomaron en consideración las indicaciones que las autoridades municipales presentaron, ya que con las adecuaciones requeridas para complementarlo y que sea un proyecto ejecutivo cuya finalidad sea la construcción del sistema de abastecimiento de agua en primera instancia (cuantificación, precios unitarios, costo total actualizado de la obra y el esquema de financiamiento y recuperación), y de ser posible la obra de alcantarillado sanitario,

Las recomendaciones principales recabadas en entrevistas con las autoridades municipales son las siguientes: solicitaron que se considerara toda la red hidráulica y sanitaria como nueva ya que la existente es vieja y además no cuentan con planos de ninguna especie ni existe un padrón de tomas y descargas domiciliarias actualizado y confiable. Por este motivo, el proyecto que aquí se realizó, es como si la población no contara con esos servicios. Existieron más recomendaciones, las cuales en su mayoría

corresponden al proceso constructivo y a un estudio tarifario que se salen de los alcances de este proyecto de carácter netamente hidráulico.

Otra solicitud que fue tomada en cuenta, es la de considerar la misma fuente y no modificar la línea de conducción existente, situación que nuevamente nos obligó a calcular únicamente el volumen de la regularización y la red de agua potable, así como la red de alcantarillado sanitario.

Número de habitantes (censos)

Para realizar cualquier tipo de proyecto de abastecimiento de agua, es necesario conocer primero el número de habitantes existentes en el área o municipio a servir. El número de habitantes por población tiende a aumentar con el paso de los años, es por eso que al realizar proyectos de ésta naturaleza, se tiene que hacer una estimación a futuro considerando un porcentaje de incremento y de desarrollo de la comunidad.

A continuación se muestra el número de habitantes de la localidad de Tlacolulan desde 1900 hasta 2010 de acuerdo con la investigación efectuada en el INEGI:

AÑO	NÚMERO DE HABITANTES (INEGI)
1900	434
1910	1244
1920	457
1930	633
1940	765
1950	829
1960	753
1970	963
1980	1167
1990	1058
2000	1177
2010	1453

CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE PROYECTO

La “población de proyecto”, también conocida como “población futura” se definirá basándose en el crecimiento histórico de la localidad y los años a los que se proyectará el sistema de abastecimiento, esto será de acuerdo con el tipo de población. Los métodos

por medio de los cuales se puede calcular la población de proyecto, son: Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, Malthus, Crecimiento por Comparación, Ajuste por Mínimos Cuadrados, éstos dos últimos son los recomendados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), etc.

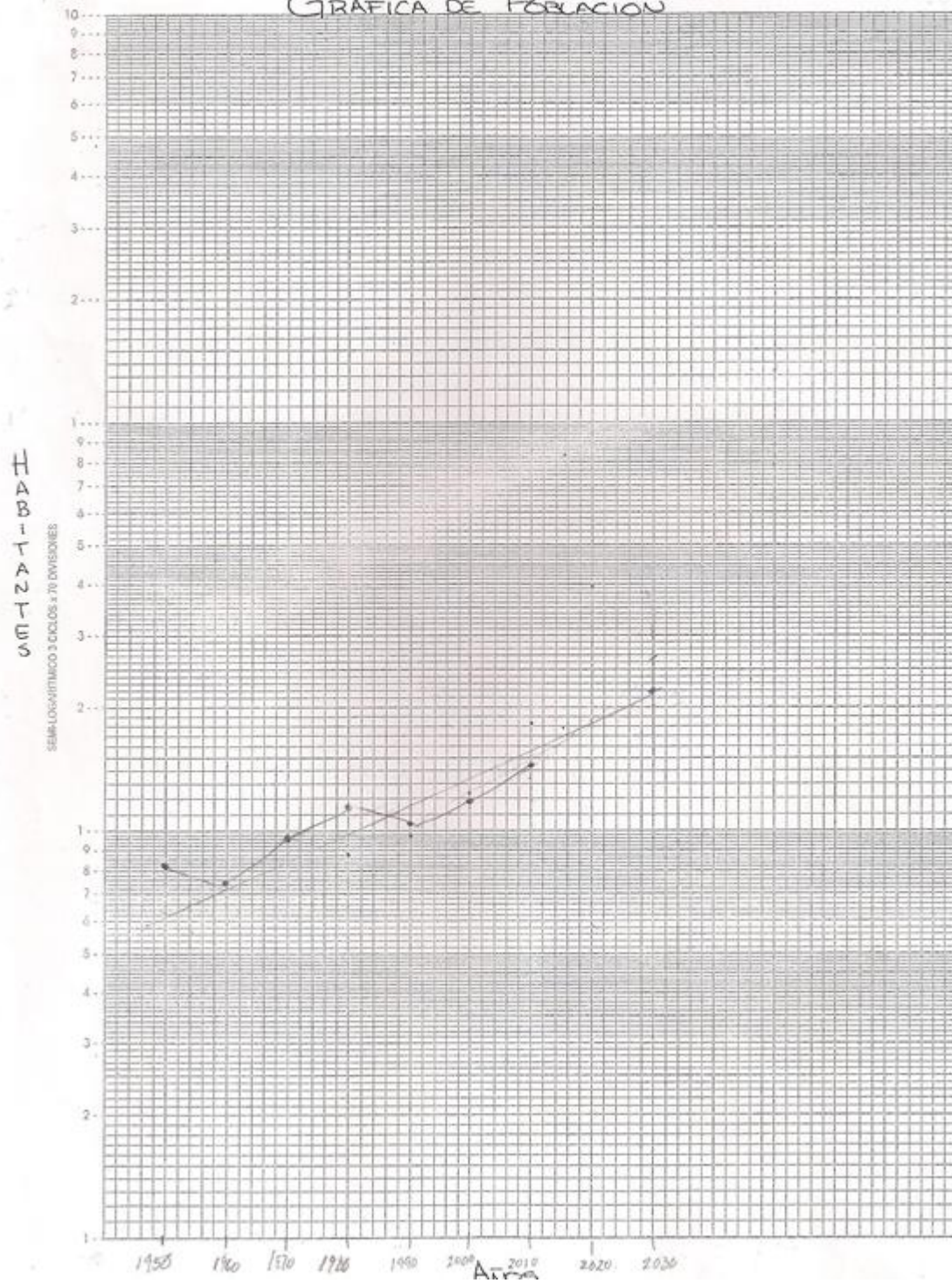
Para el cálculo de la población futura, se utilizarán los datos censados a partir de 1950 y el dato a encontrar será para el año 2030, es decir, se proyectará la población a 20 años.

MÉTODO GRÁFICO

Utilizando una hoja con división semilogarítmica se representa como a continuación se muestra.

La gráfica muestra una población aproximada de 2000 habitantes.

GRÁFICA DE POBLACIÓN



Población Futura = 2180 habitantes

MÉTODO ARITMÉTICO

Este método supone que el crecimiento poblacional es constante y por lo cual se debe obtener el promedio anual en años anteriores y aplicarlo para obtener la población futura.

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{Pa - P}{n}$$

Donde:

Pf → Población Futura

Pp → Población Pasada

Pa → Población Actual

n → Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

N → Diferencia de tiempo en años entre Pf y Pp

I → Incremento Medio Anual

Pa (2010) = 1453 habitantes

Pp (1950) = 829 habitantes

$$I = \frac{1453 - 829}{7} = 89.142 \text{ Hab. /año}$$

$$Pf = 1453 + (89.142) (20) = 3235.84$$

Población Final (2030) = 3236 habitantes

MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

Para éste método se emplean las siguientes ecuaciones obteniéndose un ajuste lineal.

$$P = a + bt$$

$$a = \frac{\sum P + \sum t (b)}{N}$$

$$b = \frac{N \sum tP - \sum t \sum P}{N (\sum t^2) - (\sum t)^2}$$

N	t	P	t ²	P ²	tP
1	1950	829	3802500	687241	1616550
2	1960	753	3841600	567009	1475880
3	1970	963	3880900	927369	1897110
4	1980	1167	3920400	1361889	2310660
5	1990	1058	3960100	1119364	2105420
6	2000	1177	4000000	1385329	2354000
7	2010	1453	4040100	2111209	2920530
\sum	13860	7400	27445600	8159410	14680150

$$b = \frac{7 (14'680,150) - (13,860) (7400)}{7 (27'445,600) - (13,860)^2}$$

$$b = \frac{102'761,050 - 102'564,000}{192'119,200 - 192'099,600}$$

$$b = \frac{197,050}{19,600}$$

$$B = 10.054$$

$$a = \frac{7400 - (10.054) (13,860)}{7}$$

$$a = \frac{7400 - 139,348.44}{7}$$

$$a = -18,849.78$$

$$P = (-18,849.78) + (10.054) (2030)$$

$$P = 1559.84$$

Población Final (2030)= 1560 habitantes

MÉTODO GEOMÉTRICO

Este método supone un incremento constante pero no en forma absoluta sino en porcentajes, por lo cual se calcula una cifra promedio y se aplica a los años futuros.

$$\text{Log Pf} = \text{Log Pa} + N \text{Log} (1 + r)$$

Log (1 + r) Es el promedio de la diferencia de logaritmos de las poblaciones futura y actual por decenio.

$$\text{Log} (1 + r) = \frac{\text{Log Pf} - \text{Log Pa}}{10}$$

AÑO	POBLACIÓN	LOG POBLACIÓN	DIFERENCIA	DIFERENCIA/n
1950	829	2.918554531		
1960	753	2.876794976	-0.04175955	-0.004175955
1970	963	2.983626287	0.10683131	0.010683131
1980	1167	3.067070856	0.08344457	0.008344457
1990	1058	3.024485668	-0.04258519	-0.004258519
2000	1177	3.070776463	0.0462908	0.00462908
2010	1453	3.162265614	0.09148915	0.009148915
		Σ	0.24371108	0.024371108

$$\text{Promedio} = \frac{0.024371108}{6} = 0.004061$$

$$\text{Log Pf} = 3.162265614 + 20 (0.004061)$$

$$\text{Log Pf} = 3.24348$$

$$\text{Pf} = 1751,80$$

Población Final (2030) = 1752 habitantes

MÉTODO DE MALTHUS

Para la resolución de éste método, se hace uso exclusivamente de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_a (1 + a)^x$$

AÑO	POBLACIÓN	INCREMENTO	INCREMENTO/DEC
1950	829		
1960	753	-76	0.090832328
1970	963	210	0.127888446
1980	1167	204	0.121183801
1990	1058	-109	0.090659811
2000	1177	119	0.111247637
2010	1453	276	0.123449448
		Σ	0.665261471

$$\text{Promedio} = \frac{0.665261471}{6} = 0.11087$$

$$P_f = 1453 (1 + 0.11087)^2$$

$$P_f = 1793.05$$

Población Final (2030) = 1793 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.

AÑO	POBLACIÓN	INCREMENTO	INCREMENTO DEL INCREMENTO
1950	829		
1960	753	-76	
1970	963	210	286
1980	1167	204	-6
1990	1058	-109	-313
2000	1177	119	228
2010	1453	276	157
		624	352

Promedio de Incrementos

$$\frac{624}{6} = 104 \qquad \frac{352}{5} = 70.40$$

$$\text{Incremento Decenal} = 104 + 70 = 174$$

Población Futura

2020 = 1627 habitantes

2030 = 1801 habitantes

Población Final (2030) = 1801 habitantes

MÉTODO GEOMÉTRICO LOGARÍTMICO

El modelo geométrico de crecimiento de población se caracteriza por tener una velocidad de crecimiento directamente proporcional al tiempo.

$$\text{Log Pf} = \text{Log Pa} + \frac{\text{Log Pa} - \text{Log Pp}}{10} \wedge n$$

$$\text{Log Pf} = 3.162265614 + \frac{3.162265614 - 3.070776463}{10} \wedge 20$$

$$\text{Log Pf} = \frac{0.09149}{10} \wedge 20$$

$$\text{Log Pf} = (3.162265614 + 0.009149)$$

$$\text{Log Pf} = 3.171414614$$

$$\text{Pf} = 1483.93$$

Población Final (2030) = 1484 habitantes

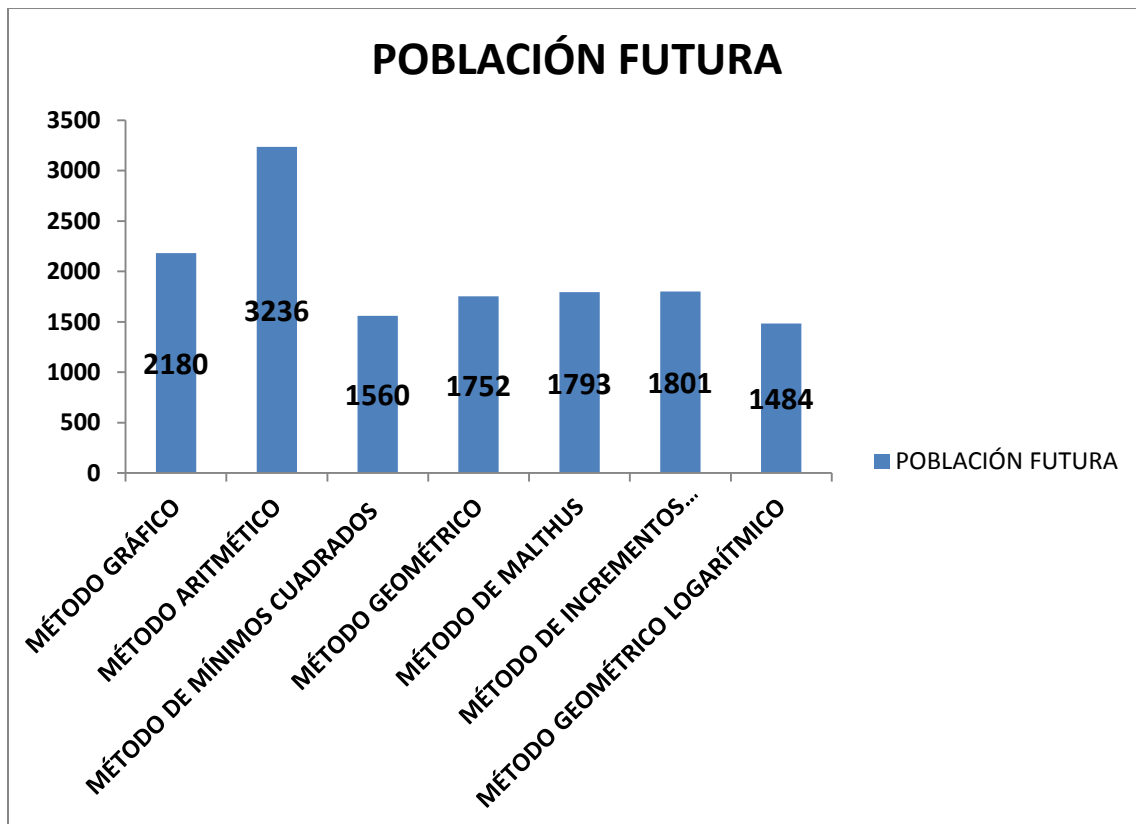
RESUMEN DE POBLACIÓN FUTURA

Con la finalidad de obtener un valor real y aproximado de la población futura para el año 2030, se realiza un promedio con el número de habitantes que se obtuvo en cada uno de los diferentes métodos.

MÉTODO	POBLACIÓN
GRÁFICO	2180
ARITMÉTICO	3236
MÍNIMOS CUADRADOS	1560
GEOMÉTRICO	1752
MALTHUS	1793
INCREMENTOS DIFERENCIALES	1801
GEOMÉTRICO LOGARÍTMICO	1484
	Σ 13,806

$$\text{Promedio} = \frac{13,806}{7} = 1972 \text{ habitantes}$$

Población Final de Proyecto (2030) = 1972 habitantes



CÁLCULO DE LOS GASTOS REQUERIDOS PARA TLACOLULAN

Población de Proyecto (Futura) = 1972 habitantes (2030)

Para el cálculo del consumo de la población por no estar definidas claramente las divisiones de las clases socioeconómicas en la población, ni las zonas de servicios, no se considerará toda la población futura para abastecerla; por lo tanto el cálculo de los gastos se efectúa como a continuación se muestra:

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor de 22	Cálido
De 18 a 22	Semicálido
De 12 a 17.9	Templado
De 5 a 11.9	Semifrío
Menor a 5	Frío

CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín grande, cisterna, lavadora, etc.
Media	Casas y departamentos que cuentan con uno o dos baños, jardín mediano y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias las cuales cuentan con jardín pequeño, con un solo baño o compartiéndolo.

Para elegir una dotación, se tiene que es una población rural (1972 habitantes), la cual presenta una temperatura media anual de 18 °C (templada), por lo tanto se le asigna una dotación de 100 litros por habitante al día tomando como referencia los valores de la siguiente tabla:

DOTACIÓN			
Clima	Residencial	Media	Popular
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado	200	195	100

Con los valores seleccionados de las tablas se procede a calcular los gastos de diseño:

1.1. Gasto Medio Diario= $\frac{(\text{Número de Habitantes}) (\text{Dotación})}{86,400}$

86,400

Gasto Medio Diario= $\frac{(1972 \text{ habitantes}) (100 \text{ litros/habitante/día})}{86,400}$

86,400

Gasto Medio Diario = 2.28 litros por segundo

1.2. Gasto Máximo Diario = (Gasto Medio Diario) (1.40)

Gasto Máximo Diario = (2.28) (1.40)

Gasto Máximo Diario = 3.20 litros por segundo

1.3. Gasto Máximo Horario = (Gasto Máximo Diario) (1.55)

Gasto Máximo Horario = (3.20) (1.55)

Gasto Máximo Horario = 4.95 litros por segundo

Gasto Medio Diario	2.28	l.p.s	0.00228	m ³ /s
Gasto Máximo Diario	3.20	l.p.s	0.00320	m ³ /s
Gasto Máximo Horario	4.95	l.p.s	0.00495	m ³ /s

Una vez que se obtuvieron los gastos de diseño, se procede a efectuar el cálculo del volumen de regularización (capacidad del tanque)

$$V_r = (11.00) (3.20) = 35.20 \text{ m}^3 = 40 \text{ m}^3$$

El tanque de regularización deberá tener una capacidad de 40 m³ aproximadamente y para facilitar su construcción se pensará en un tanque cuyas medidas aproximadas sean de 3.5 x 3.5 x 3.5 = 42.88 m³.

Cálculo del Diámetro de la Línea de Alimentación

Para efectuar éste cálculo se emplea el valor del gasto máximo horario previamente calculado.

$$\text{Gasto Máximo Horario} = 4.95 \text{ l.p.s} = 5 \text{ l.p.s}$$

$$\text{Diámetro} = 1.5 \sqrt{Q}$$

$$\text{Diámetro} = 1.5 \sqrt{5} = (1.5) (2.24) = 3.35 \text{ pulgadas}$$

Diámetro = 4 pulgadas

Cálculo de la Densidad Lineal

$$DI = \frac{\text{Gasto Máximo Horario}}{\text{Longitud Total de la Red}}$$

$$DI = \frac{5 \text{ l.p.s.}}{5342 \text{ m}}$$

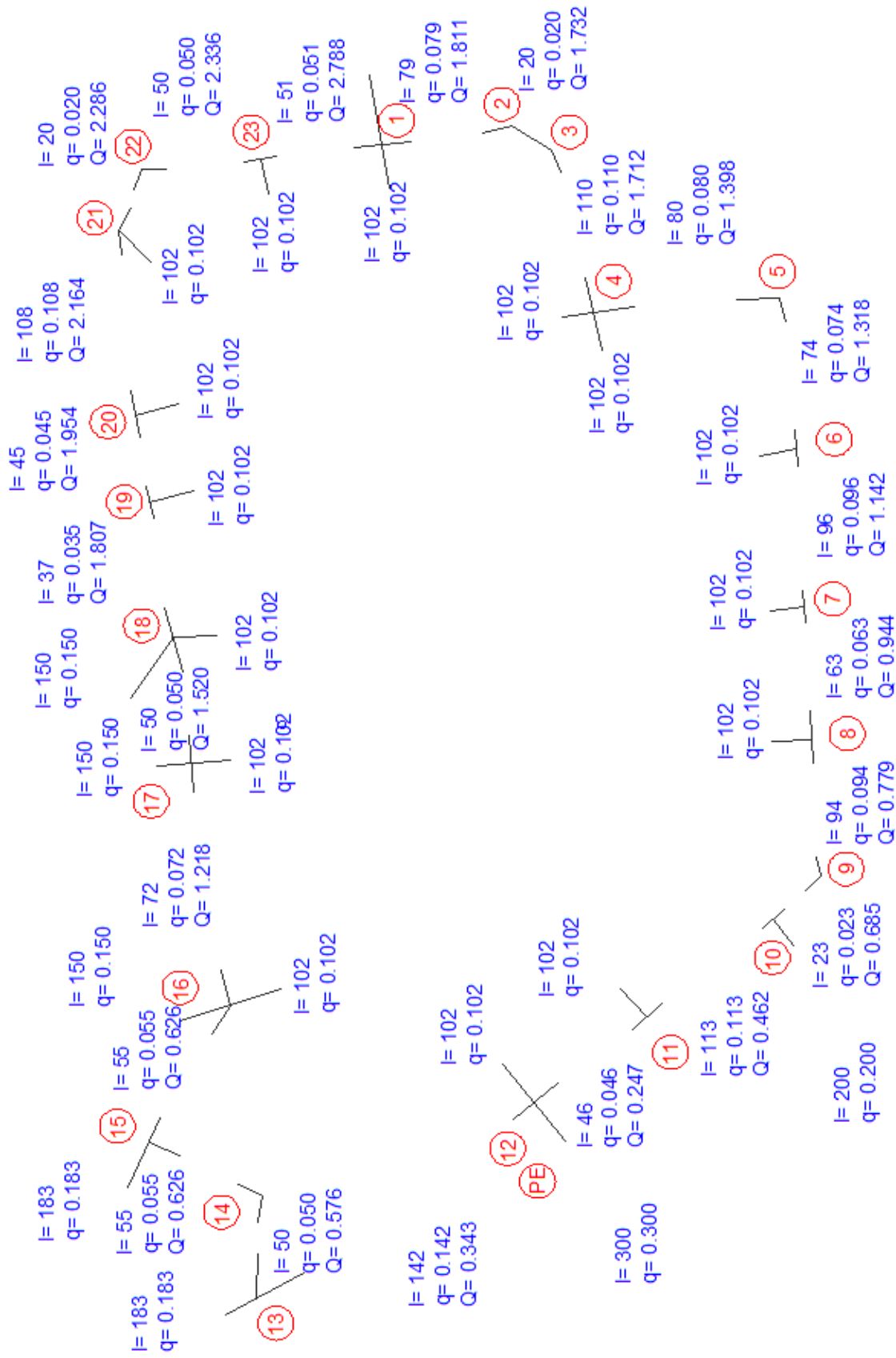
DI = 0.001 litros/metro

Cálculo de los Gastos Parciales del Circuito y de la Red de Relleno.

Cálculo de los Gastos Acumulados.

Estos cálculos se muestran en la siguiente gráfica de la distribución de la red:

GRAFICA DE RED



Cálculo de los Diámetros Aplicando la Fórmula de Dupois

$$\text{Diámetro} = 1.5 \sqrt{Q}$$

El mayor gasto del circuito = 2.791 l.p.s.

$$\text{Diámetro} = 1.5 \sqrt{2.791} = 2.506 \text{ pulgadas} = 2 \frac{1}{2} \text{ pulgadas}$$

El menor gasto del circuito = 0.097 l.p.s.

$$\text{Diámetro} = 1.5 \sqrt{0.097} = 0.467 \text{ pulgadas} = \frac{1}{2} \text{ pulgada}$$

Por lo anteriormente calculado se aplica la normatividad de la CONAGUA y todos los diámetros de la red serán de 2 ½ y 3 pulgadas.

CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Se utilizará una tubería de PVC RD-26 con la finalidad de poder soportar la carga determinada por el terreno y que topográficamente se encontró.

Las pérdidas por fricción se calcularon utilizando la fórmula de Manning:

$$H_f = K L Q^2$$

Donde:

H_f = Pérdida por Fricción en metros

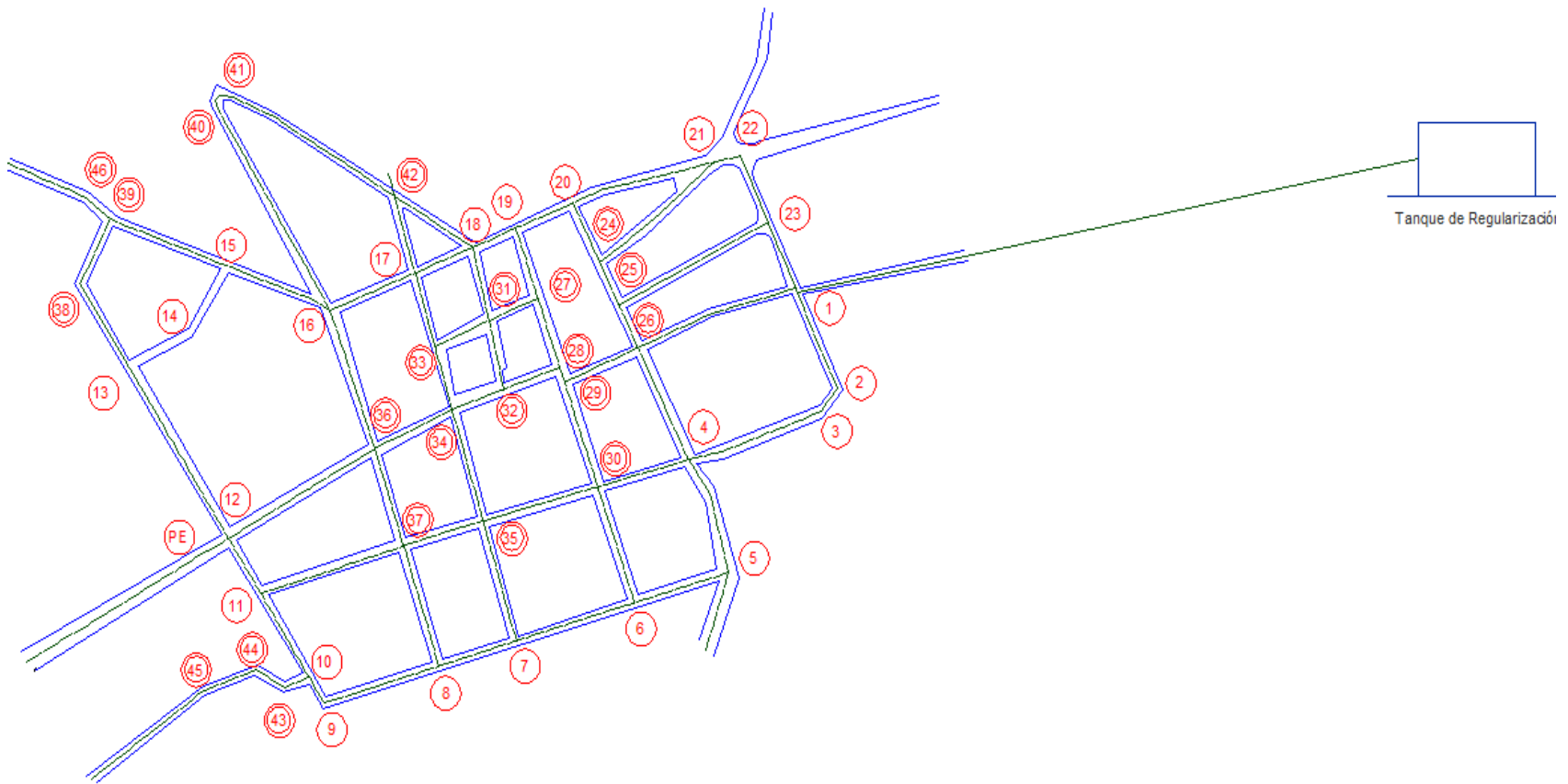
K = Constante (para tubería PVC sería de 0.009)

L = Longitud del tramo en metros

Q = Gasto del tramo en m³/s

Con lo anterior se procede llenado de la tabla:

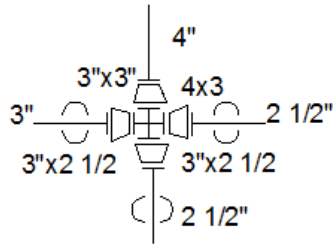
CIRCUITO		TRAMO	Gasto (lps)	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	H0 (m)	H/Q	Corrección	Q1= lps	H comp	Cotas		Carga Disponible
PROP	RAMAL										Piezométrica	Terreno	
		4-2	2.11	79	2.5	0.684				1	1748.99	1724.80	24.10
		2-3	1.732	20	2.5	0.117				2	1748.306	1726.10	22.21
		3-4	1.712	110	2.5	0.627				3	1748.189	1725.10	23.09
		4-5	1.398	80	2.5	0.304				4	1747.562	1719.00	28.56
		5-6	1.318	74	2.5	0.250				5	1747.258	1724.00	23.26
		6-7	1.142	96	2.5	0.243				6	1747.008	1709.00	38.09
		7-8	0.944	63	2.5	0.109				7	1746.765	1706.00	40.77
		8-9	0.779	94	2.5	0.111				8	1746.656	1702.50	44.16
		9-10	0.685	23	2.5	0.017				9	1746.545	1698.50	48.16
		10-11	0.462	113	2.5	0.047				10	1746.528	1699.00	47.55
		11-12	0.247	46	2.5	0.005				11	1746.481	1700.50	45.98
					TOTAL	2.514				12	1746.476	1700.10	46.38
		12-13	0.343	142	2.5	0.032				13	1746.508	1708.50	38.01
		13-14	0.576	50	2.5	0.032				14	1746.54	1703.50	43.04
		14-15	0.626	55	2.5	0.042				15	1746.582	1708.50	38.08
		15-16	0.894	85	2.5	0.132				16	1746.714	1701.90	44.81
		16-17	1.218	72	2.5	0.208				17	1747.14	1703.00	43.52
		17-18	1.52	50	2.5	0.225				18	1747.369	1704.60	41.55
		18-19	1.807	35	2.5	0.222				19	1747.703	1705.90	41.47
		19-20	1.954	45	2.5	0.334				20	1748.097	1706.90	40.8
		20-21	2.169	108	3.0	0.394				21	1748.118	1715.90	32.19
		21-22	2.286	20	3.0	0.081				22	1748.41	1716.00	38.13
		22-23	2.336	50	3.0	0.213				23	1748.391	1722.00	26.39
		23-24	2.788	51	3.0	0.309				24	1748.70	1724.80	23.9
					TOTAL	2.224						Carga	0.29 m
					Diferencia	0.29							



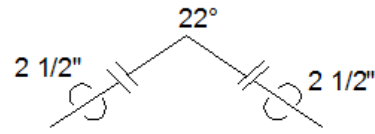
NOTA:  Crucero de Circuito Principal

 Crucero de Red Secundaria

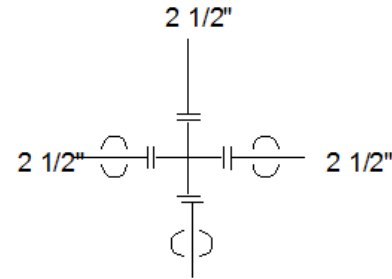
CRUCEROS



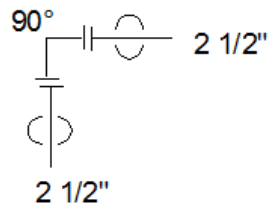
1



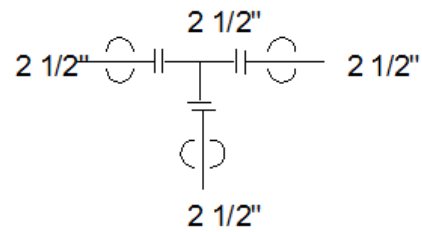
2, 3, 14, 38, 44, 45, 43, 40, 41, 46



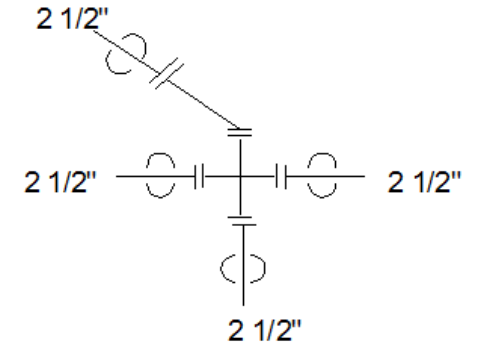
2 1/2" 36, 37, 4, 12, 17, 26, 30, 31, 34, 35



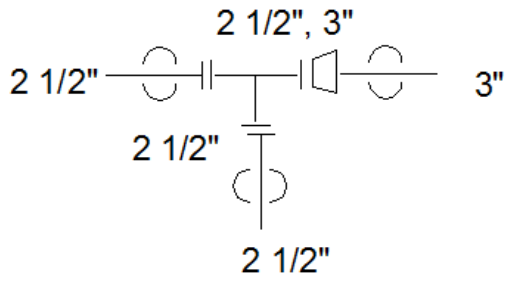
5, 9



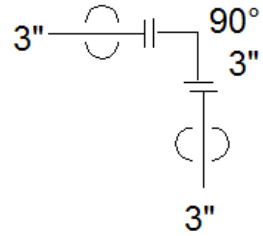
24, 25, 15, 19, 13, 32, 33, 6, 7, 8, 10, 11, 39, 27, 28, 29



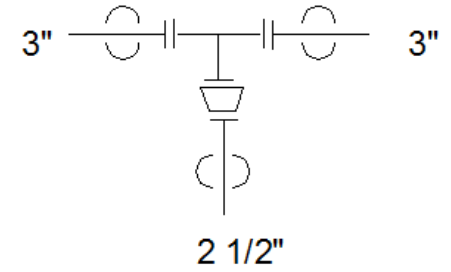
18



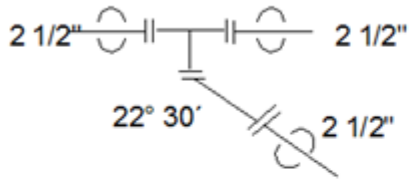
20



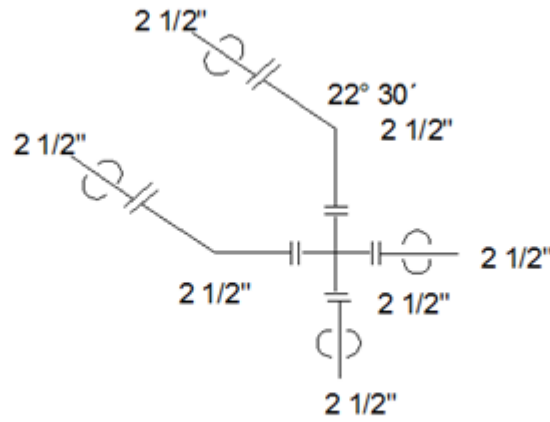
22



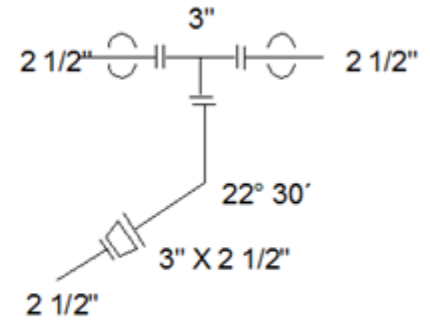
23



42



16



21

CÁLCULO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Población de Proyecto = 1972 habitantes (2030)

Dotación = 100 litros/habitante/día

Aportación 75% de la dotación = 75 litros/habitante/día

Cálculo de los gastos para la red de alcantarillado

$$\text{Gasto Medio} = \frac{(75) (1972)}{86,400} = 1.71 \text{ lps}$$

$$\text{Gasto Mínimo} = (0.5) (1.71) = 0.86 \text{ lps}$$

$$\text{Gasto Máximo Instantáneo} = (M) (1.71)$$

$$\begin{aligned} M (\text{Coeficiente de Harmon}) &= 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.972}} \\ &= 3.59 \end{aligned}$$

$$\text{Gasto Máximo Instantáneo} = (3.59) (1.71) = 6.14 \text{ lps}$$

$$\text{Gasto Máximo Extraordinario} = (1.5) (6.14) = 9.21 \text{ lps}$$

Longitud Total de la Red de Alcantarillado = 4422 m.

Cálculo de la Densidad Lineal (habitantes por metro lineal)

$$\text{DI} = \frac{\text{Número de Habitantes}}{\text{Longitud Total de la Red}} = \frac{1972}{4422} = 0.446 \text{ habitantes/metro}$$

CÁLCULO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA RED

RED DE ATARJEAS	
434	N
683	L
249	K
70	I
1415	I
286	G
170	G
210	F
70	E
48	C
70	A
3705 m	

COLECTOR	
A-B	80
B-C	22
C-D	45
D-E	35
E-F	50
F-G	72
G-H	50
H-I	50
I-J	64
J-K	64
K-L	46
L-M	50
M-N	63
N-Ñ	20
	717 m

Longitud Total de la Red de Alcantarillado

$$3705 + 717 = 4422 \text{ m.}$$

CÁLCULO DEL GASTO MEDIO

$$AB = \frac{(75) (69.58)}{86,400} = 0.06 \text{ lps}$$

$$BC = \frac{(75) (79.39)}{86,400} = 0.07 \text{ lps}$$

$$CD = \frac{(75) (120.87)}{86,400} = 0.10 \text{ lps}$$

$$DE = \frac{(75) (136.48)}{86,400} = 0.12 \text{ lps}$$

$$EF = \frac{(75) (190.00)}{86,400} = 0.16 \text{ lps}$$

$$FG = \frac{(75) (315.77)}{86,400} = 0.27 \text{ lps}$$

$$GH = \frac{(75) (541.44)}{86,400} = 0.47 \text{ lps}$$

$$HI = \frac{(75) (563.74)}{86,400} = 0.49 \text{ lps}$$

$$IJ = \frac{(75) (1263.52)}{86,400} = 1.10 \text{ lps}$$

$$JK = \frac{(75) (1292.06)}{86,400} = 1.12 \text{ lps}$$

$$KL = \frac{(75) (1423.63)}{86,400} = 1.24 \text{ lps}$$

$$LM = \frac{(75) (1750.55)}{86,400} = 1.52 \text{ lps}$$

$$MN = \frac{(75) (1778.65)}{86,400} = 1.54 \text{ lps}$$

$$N\tilde{N} = \frac{(75) (1972.21)}{86,400} = 1.71 \text{ lps}$$

CÁLCULO DEL GASTO MÍNIMO

$$AB = (0.5) (0.06) = 0.03 \text{ lps}$$

$$BC = (0.5) (0.07) = 0.04 \text{ lps}$$

$$CD = (0.5) (0.10) = 0.05 \text{ lps}$$

$$DE = (0.5) (0.12) = 0.06 \text{ lps}$$

$$EF = (0.5) (0.16) = 0.08 \text{ lps}$$

$$FG = (0.5) (0.27) = 0.14 \text{ lps}$$

$$GH = (0.5) (0.47) = 0.24 \text{ lps}$$

$$HI = (0.5) (0.49) = 0.25 \text{ lps}$$

$$IJ = (0.5) (1.10) = 0.55 \text{ lps}$$

$$JK = (0.5) (1.12) = 0.56 \text{ lps}$$

$$KL = (0.5) (1.24) = 0.62 \text{ lps}$$

$$LM = (0.5) (1.52) = 0.76 \text{ lps}$$

$$MN = (0.5) (1.54) = 0.77 \text{ lps}$$

$$N\tilde{N} = (0.5) (1.71) = 0.86 \text{ lps}$$

CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO INSTANTÁNEO

$$Q = (M) (Q_{\text{medio}})$$

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

$$AB = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.06958}} = 4.28$$

$$AB = (4.28) (0.06) = 0.26 \text{ lps.}$$

$$BC = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.07939}} = 4.27$$

$$BC = (4.27) (0.07) = 0.30 \text{ lps.}$$

$$CD = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.12087}} = 4.22$$

$$CD = (4.22) (0.10) = 0.42 \text{ lps.}$$

$$DE = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.13648}} = 4.20$$

$$DE = (4.20) (0.12) = 0.50 \text{ lps.}$$

$$EF = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.190}} = 4.16$$

$$EF = (4.16) (0.16) = 0.66 \text{ lps.}$$

$$FG = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.31577}} = 4.07$$

$$FG = (4.07) (0.27) = 1.10 \text{ lps.}$$

$$GH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.54144}} = 3.96$$

$$GH = (3.96) (0.47) = 1.86 \text{ lps.}$$

$$HI = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0.56374}} = 3.95$$

$$HI = (3.95) (0.49) = 1.93 \text{ lps.}$$

$$IJ = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.26352}} = 3.73$$

$$IJ = (3.73) (1.10) = 4.11 \text{ lps.}$$

$$JK = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.29206}} = 3.73$$

$$JK = (3.73) (1.12) = 4.17 \text{ lps.}$$

$$KL = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.42363}} = 3.70$$

$$KL = (3.70) (1.24) = 4.58 \text{ lps.}$$

$$LM = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.75055}} = 3.63$$

$$LM = (3.63) (1.52) = 5.52 \text{ lps.}$$

$$MN = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.77865}} = 3.62$$

$$MN = (3.62) (1.54) = 5.58 \text{ lps.}$$

$$N\tilde{N} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.97221}} = 3.59$$

$$N\tilde{N} = (3.59) (1.71) = 6.14 \text{ lps.}$$

CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO EXTRAORDINARIO

$$AB = (1.5) (0.26) = 0.39 \text{ lps}$$

$$BC = (1.5) (0.30) = 0.45 \text{ lps}$$

$$CD = (1.5) (0.42) = 0.63 \text{ lps}$$

$$DE = (1.5) (0.50) = 0.75 \text{ lps}$$

$$EF = (1.5) (0.66) = 0.99 \text{ lps}$$

$$FG = (1.5) (1.10) = 1.65 \text{ lps}$$

$$GH = (1.5) (1.86) = 2.79 \text{ lps}$$

$$HI = (1.5) (1.93) = 2.90 \text{ lps}$$

$$IJ = (1.5) (4.11) = 6.17 \text{ lps}$$

$$JK = (1.5) (4.17) = 6.26 \text{ lps}$$

$$KL = (1.5) (4.58) = 6.87 \text{ lps}$$

$$LM = (1.5) (5.52) = 8.28 \text{ lps}$$

$$MN = (1.5) (5.58) = 8.37 \text{ lps}$$

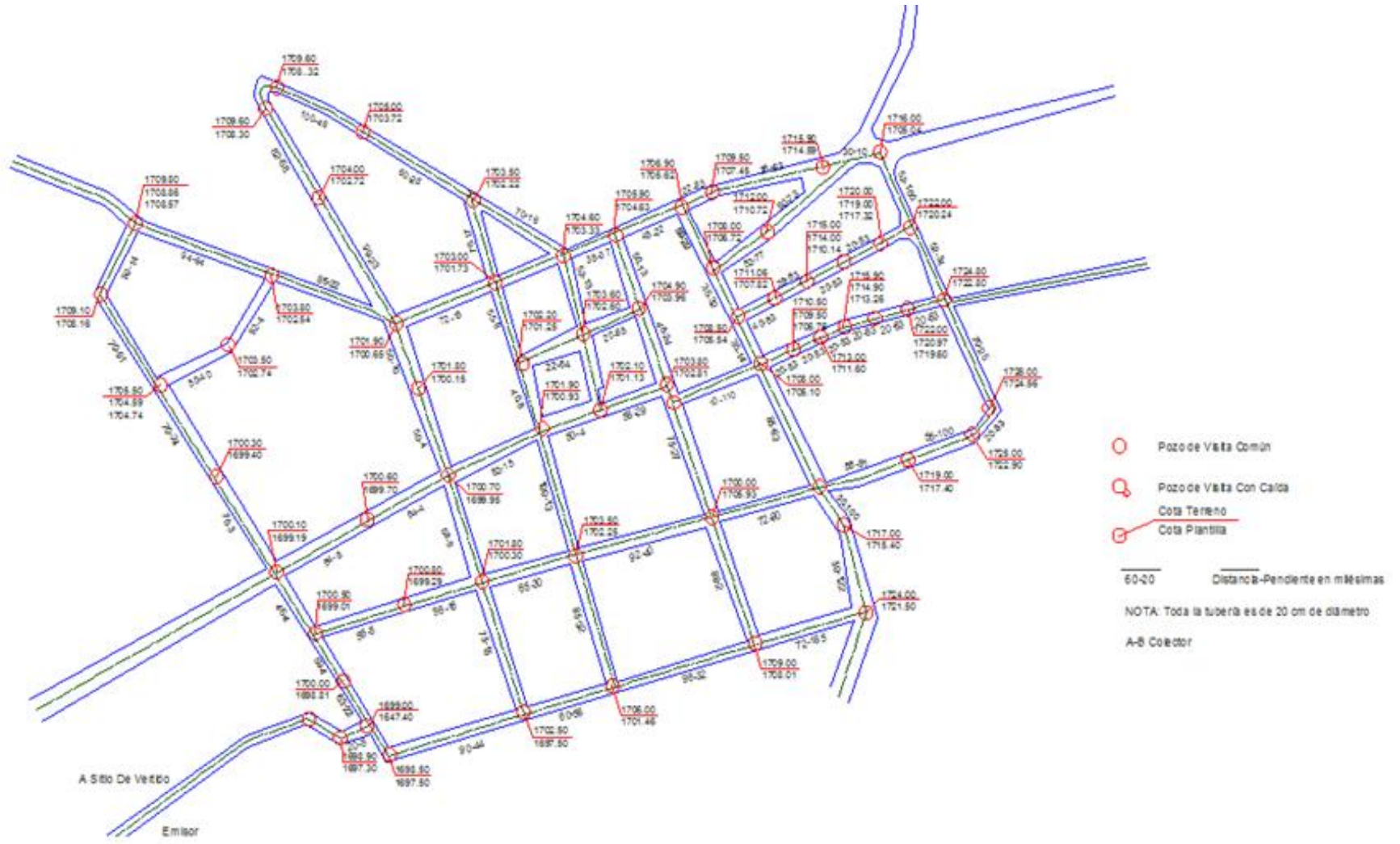
$$M\tilde{N} = (1.5) (6.14) = 9.21 \text{ lps}$$

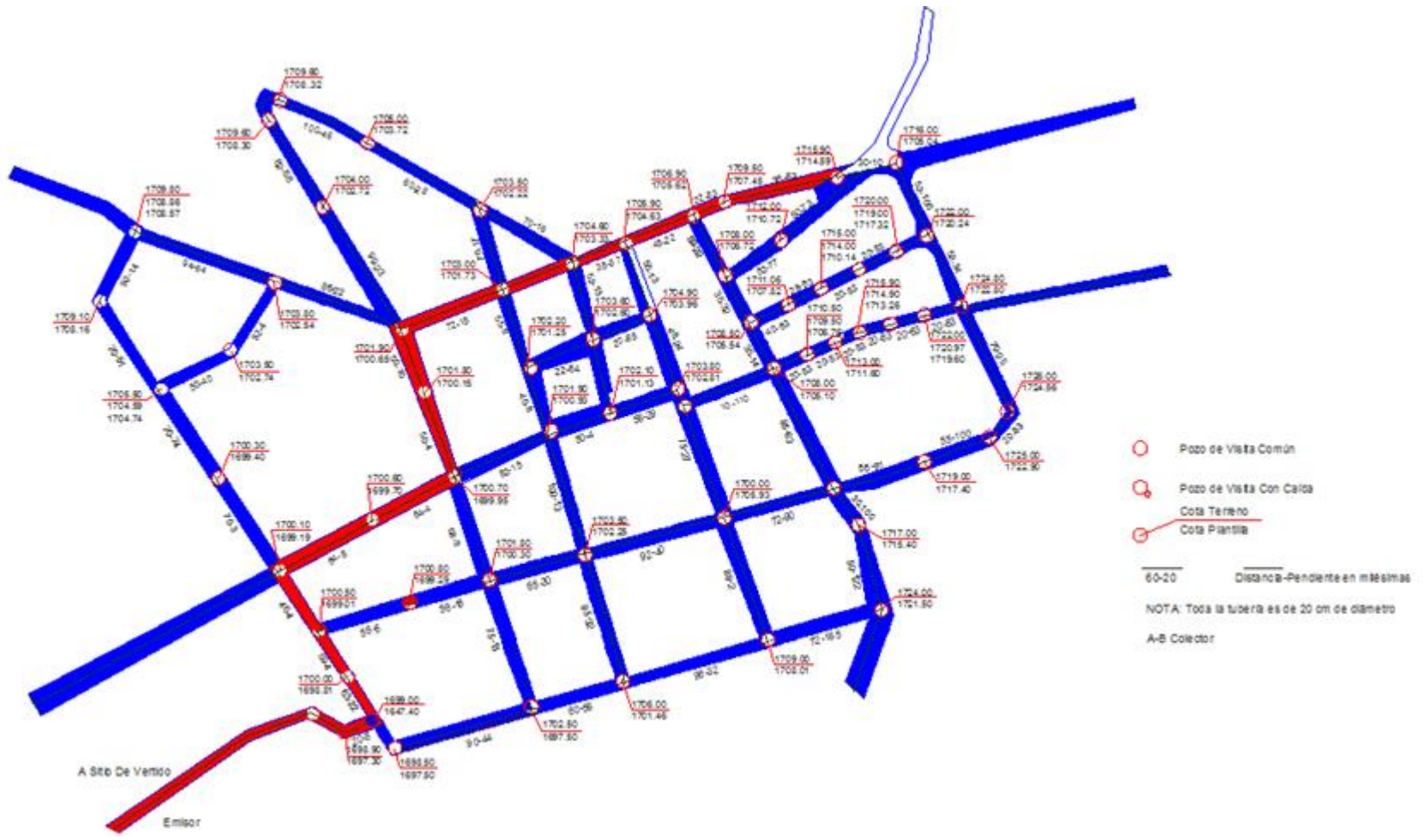
ALCANTARILLADO PARA AGUAS NEGRAS

TABLA DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS

LOCALIDAD: TLACOLULAN VER.

CRUCERO	LONGITUDES EN METROS			POBLACIÓN SERVIDA (ACUMULADA)	GASTOS DE AGUAS NEGRAS (L.P.S.)				PENDIENTE (MM)	DIÁMETRO (CM)	TUBO LLENO	
	PROPIA DEL TRAMO	TRIBUTARIA EN EL CRUCERO	ACUMULADA PARA EL TRAMO		MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO	MÁXIMO EXTRAORDINARIO			GASTO L.P.S.	VELOCIDAD (M/S)
A-B	86	70	156	69.58	0.03	0.06	0.26	0.39	83	20	98.32	3.038
B-C	22	-	178	79.39	0.04	0.07	0.30	0.45	83	20	98.32	3.038
C-D	45	48	271	120.87	0.04	0.1	0.42	0.63	22	20	48.30	1.492
D-E	35	-	306	136.48	0.06	0.12	0.5	0.75	37	20	65.80	2.031
E-F	50	70	426	190.00	0.08	0.16	0.66	0.99	32	20	61.20	1.888
F-G	72	210	708	315.77	0.14	0.27	1.1	1.65	15	20	42.00	1.293
G-H	50	456	1214	541.44	0.24	0.47	1.86	2.79	10	20	34.20	1.055
H-I	50	-	1264	563.74	0.25	0.49	1.93	2.90	2.5	20	17.06	0.527
I-J	64	1505	2833	1263.52	0.55	1.10	4.11	6.17	2.5	20	17.06	0.527
J-K	64	-	2897	1292.06	0.56	1.12	4.17	6.26	8	20	30.06	0.944
K-L	46	249	3192	1423.63	0.62	1.24	4.58	6.87	2.5	20	17.06	0.527
L-M	50	683	3925	1750.55	0.76	1.52	5.52	8.28	2.5	20	17.06	0.527
M-N	63	-	3988	1778.65	0.77	1.54	5.58	8.37	16	20	43.03	1.335
N-Ñ	-	434	4422	1972.21	0.86	1.71	6.14	9.21	5	20	24.20	0.746





10.- BIBLIOGRAFÍA

10. BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos. CNA, 2004.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos. CNA, 2009.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable ya alcantarillado sanitario. CNA, 2004.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos. CNA, 1994.
- Comisión Nacional del Agua. Lo que se dice del agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. CNA, 2005.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas. SAHOP, 1979.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Normas de proyecto para alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la república mexicana. SAHOP, 1979.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Guía General para la Elaboración de proyectos de ingeniería de sistemas de agua potable y alcantarillado. SAHOP, 1979.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Programa Coplamar. Instructivo para estudio y proyecto de obras de abastecimiento de agua potable. SAHOP, 1979.

- Abastecimiento de Agua Potable. Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, Departamento de Ingeniería Sanitaria, 1990.
- Alcantarillado. Jorge Luis Lara González, UNAM, Facultad de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, Departamento de Ingeniería Sanitaria, 1991.
- Manual de Saneamiento, vivienda, agua y desechos. Editorial Limusa, 1999.
- El agua. Manuel Guerrero Legarreta, Fondo de Cultura Económica, 1991.