

UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE ANGAHUAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

presenta:

Noel Rodríguez Virelas.

Asesora: I.C. Sandra Natalia Parra Macías.

Uruapan, Michoacán, Marzo del 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre:

Por que, gracias a ella soy lo que ahora represento en la vida, ha sido la mejor cimentación en mi vida. Te agradezco de todo corazón mamita preciosa por estar ahí cuando mas lo he necesitado.

A mi Padre:

Tu que nos haz demostrado que a base de esfuerzo y sacrificio se logra lo que mas se anhela en la vida. También te debo agradecer todo lo que me apoyaste y me sigues apoyando para seguir adelante, gracias te quiero mucho.

A mis hermanos:

En mi vida han sido demasiado importantes, y en la trayectoria de mi profesión me apoyaron al máximo anímicamente y económicamente, les agradezco por ser otro pedazo de mi corazón, gracias los amo.

A Ti:

También te quiero agradecer a "TI", por todo y cada uno de los momentos tan bellos y maravillosos que le aportaste a mi vida y a mi corazón, **TE QUIERO MUCHO.**

Estoy infinitamente agradecido con cada una de las personas que he mencionado, ya que todas aportaron un pedacito de amor y de aliento para seguir adelante en mi vida.

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	4
Objetivo.	5
Pregunta de investigación.. . . .	6
Justificación.	7
Marco de referencia.	8

Capítulo 1.- Generalidades.

1.1.- Población de proyecto.	9
1.1.1.- Método de crecimiento por comparación.	10
1.1.2.- Método de mínimos cuadrados.	10
1.2.- Periodo de diseño.	11
1.2.1.- Vida útil.	11
1.3.- Consumo.	12
1.3.1.- Consumo domestico.	12
1.3.2.- Consumo no domestico.	14
1.3.2.1.- Consumo comercial.	14

1.3.2.2.- Consumo industrial.	14
1.3.2.3.- Usos públicos.	14
1.4.- Demanda.	15
1.4.1.- Demanda actual.	15
1.4.2.- Perdidas físicas.	16
1.4.3.- Predicción de la demanda.	17
1.5.- Dotación.	17
1.6.- Coeficientes de variación.	17
1.7.- Gastos de diseño.	18
1.7.1.- Gasto medio diario..	18
1.7.2.- Gastos máximos diario y horario.	19
1.8.- Velocidades máximas y mínimas.	20
1.9.- Cálculos de pérdidas de energía.	21
1.9.1.- Pérdidas de carga por fricción.	21
1.9.2.- Ecuación de Darcy – Weisbach.	21
1.9.3.- Variación del coeficiente de fricción con la edad de la tubería.	23
1.10.- Coeficientes de regularización.	24
1.10.1.- Zanjas para instalación de tuberías.	31
1.10.2.- Ancho y profundidad de la zanja.	31

1.10.3.- Plantilla o cama.	34
------------------------------------	----

Capitulo 2.- Redes de Distribución de Agua Potable

2.1.- Red de distribución.	36
2.2.- Componentes de una red.	37
2.2.1.- Tuberías.	37
2.2.1.1.- Tuberías de plástico.	39
2.2.1.2.- Tuberías de fibrocemento.	45
2.2.1.3.- Tuberías de hierro fundido.	47
2.2.1.4.- Tuberías de concreto.	48
2.2.1.5.- Tuberías de acero.	50
2.2.2.- Piezas especiales.	51
2.2.3.- Válvulas.	56
2.2.4.- Cajas rompedoras de presión.	58
2.2.5.- Bombas.	58
2.2.6.- Hidrantes.	61
2.2.7.- Tanques de distribución.	61
2.2.8.- Pozos.	62
2.2.9.- Tomas domiciliarias.	62

2.3.- Presiones disponibles.	63
2.4.- Presiones admisibles.	63
2.5.- Zonas de presión.	64
2.6.- Tipos de proyectos de redes.	64
2.7.- División de una red de distribución.	65
2.8.- Atraques.	66

Capitulo 3.- Resumen Ejecutivo de Macro y Microlocalización.

3.1.- Objetivo.	68
3.2.- Alcance del proyecto.	68
3.3.- Resumen ejecutivo.	69
3.4.- Entorno geográfico.	69
3.4.1.- Macrolocalización.	70
3.4.2.- Microlocalización.	71
3.5.- Geología regional y de la zona de estudio.	73
3.6.- Hidrología regional y de la zona en estudio.	74
3.7.- Climatología regional y de la zona en estudio.	75
3.8.- Uso del suelo regional y de la zona de estudio.	76
3.9.- Informe fotográfico.	77

3.10.- Estado físico actual..	85
3.11.- Alternativas de solución.	85
3.12.- Planteamiento de alternativas.	85
3.13.- Gastos de diseño.	86

Capitulo 4.- Metodología, Análisis e Interpretación de Resultados.

4.1.- Método empleado.	88
4.1.1.- Método matemático.	88
4.1.2.- Método Analítico.	89
4.2.- Enfoque de la investigación.	89
4.2.1.- Alcance.	90
4.3.- Diseño de la investigación.	90
4.3.1.- Investigación transeccional o transversal.	90
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.	91
4.5.- Descripción del procedimiento de investigación.	93
4.6.- Análisis e interpretación de resultados.	94
4.7.-Càlculo hidráulico de la red.	94
4.8.- Memoria descriptiva.	94
Conclusiones.	99

Bibliografía..	100
-----------------------	-----

Anexos.

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

Desde la existencia de las grandes ciudades antiguas, el ingeniero ha tenido una función muy importante, debido a que sin el suministro de agua potable la vida en las ciudades sería casi imposible, no sólo por la importancia de este vital líquido, sino por la necesidad que conlleva para la existencia de la humanidad, así como el crecimiento de las ciudades día a día es mucho más grande, por lo tanto, es una meta mucho más grande para el ingeniero, ya que se hace más difícil y compleja la situación conforme crecen las ciudades.

Los sistemas modernos de abastecimiento de agua potable se componen de distintos puntos, instalaciones para la captación, almacenamiento, bombeo y distribución de agua potable, entre otras. Las obras de captación y almacenamiento permiten reunir las aguas de los ríos, manantiales y el agua subterránea, y por lo tanto esto nos permite una distribución del vital líquido, ya sea por bombeo o gravedad lo cual es importante para la ciudadanía.

En todos los tiempos, las ciudades han debido preocuparse de su suministro de agua potable, incluso las ciudades antiguas se dieron pronto cuenta de que sus suministros locales les eran insuficientes (manantiales, arroyos y pozos profundos), para cubrir las modestas demandas sanitarias de entonces, por lo cual orilló a los ciudadanos a construir fuentes lejanas, las cuales a base de la gravedad hacían llegar el vital líquido a la ciudadanía.

Las obras en la antigüedad, tenían un grave problema de que no se contaba con materiales que les fueran adecuados, por que normalmente los materiales que se utilizaban para la distribución de agua, eran hechos de madera, arcilla o plomo, por sus características estas tuberías no resistían gran presión ya que estos materiales son muy débiles y tendían a tronar o aparecer grietas por varias partes de las líneas de conducción.

Hacia el siglo XVI, fue cuando se experimento con hierro fundido. El hierro fundido tubo excelentes resultados por su gran funcionalidad y bajo costo para la tubería en los sistemas de agua potable.

En la actualidad el problema del agua potable se ha ido agravando ya que los mantos friáticos están poco a poco agotando el agua, y pues esto esta siendo un grave problema para la sociedad.

A continuación se presentarán algunos antecedentes históricos de algunas tesis encontradas del mismo tema de investigación.

En la Universidad Don Vasco se encontraron tesis relacionadas con el tema expuesto anteriormente:

Destaca una tesis, la cual es importante para esta investigación, ya que es de gran apoyo. El autor de esta tesis es: Carlos Alberto Caballero García, y la tesis se titula SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA LA SANTA CRUZ, 2001. El principal motivo de este tema de investigación es solucionar los problemas que tiene la colonia, para una mejor funcionalidad. Se llegó a la conclusión de que se diseñó el sistema dando solución a la colonia.

Por su parte, Felipe Zacarías Gómez, en su tesis titulada “ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y RED DE DISTRIBUCION PARA LAS COLONIAS Y FRACCIONAMIENTOS DE SAN RAFAEL EN LA ZONA ORIENTE DE URUAPAN, MICH.”, 2002. Se llegó a los resultados que se pretendían, ya que en cuanto al abastecimiento se hicieron algunas sugerencias ya que no era suficiente con el que se contaba. Por otra parte se diseño la red y se propusieron las tuberías y las piezas especiales, y se le dio solución al tema de investigación.

Planteamiento del problema.

El problema del agua potable es importante para la sociedad, ya que es vital para la sobrevivencia del ser humano, por ello se proponen diseños de red de distribución de agua potable para que así todos los ciudadanos tengan en sus respectivas casas el suministro de agua potable.

Por lo tanto, en este estudio se pretende hacer, el diseño de un sistema de agua potable para una comunidad rural denominada Angahuan en el estado de Michoacán.

El proyecto se diseñará y analizará con las normativas de la Comisión Nacional de Agua, ya que son las que rigen el diseño de agua potable en todo el país.

El diseño contemplará los siguientes puntos:

- 1) Diseñar la red para ver si la fuente de abastecimiento fue la apropiada.
- 2) Diseño hidráulico de la línea de conducción.
- 3) Diseño hidráulico de la red de distribución.
- 4) Modelación de la red de distribución.
- 5) Ubicación y diseño de la obra de captación.

Objetivo.

En el presente proyecto se presenta como propuesta de solución la red de distribución de agua potable, así como algunas propuestas y sugerencias.

Objetivo general.

Se diseñará la red de distribución de agua potable para el beneficio de la sociedad que habita en la población y se proyectará a futuro para su mejor funcionalidad.

Objetivos particulares.

- Diseñar la red de la red de agua potable para la población de Angahuan, Michoacán.
- Diseñar una red de agua potable para la población, para solucionar las distintas necesidades que existen en cuanto al agua.
- Solucionar los problemas que se puedan presentar por las pendientes que existen en la población.
- Verificar si el agua proporcionada es suficiente, y de no ser así aportar propuestas.
- Proponer tuberías que tengan una vida útil a largo plazo.
- Verificar la economía del proyecto.

Pregunta de investigación.

El agua, es muy importante para la sociedad y para todo ser viviente. La escasez de agua esta siendo un problema, ya que en los manantiales, lagos, presas, etc, es menor el flujo de agua, debido a que no se ha sabido aprovechar y administrar su uso.

El agua es un elemento esencial para la vida, por lo que en la antigüedad las poblaciones estaban construidas cerca de los ríos, lagunas o manantiales, pero en la actualidad debido a la necesidad de un espacio para vivir, se encuentran lejanos todos estos puntos del vital liquido, por ello la necesidad de la red de distribución de agua potable. Es por esto que se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Será adecuado el diseño de la red de agua potable para la población de Angahuan, Michoacán?

Justificación.

El diseño de este proyecto tiene como finalidad, diseñar un proyecto de solución de agua potable y además proponer materiales innovadores y económicos.

Con este proyecto se tendrán grandes ventajas, ya que al hacer el diseño se buscarán alternativas económicas y duraderas, por otra parte darle solución a la comunidad de Angahuan, Michoacán, a su sistema de agua potable.

Se beneficiarán con el proyecto los siguientes:

- La comunidad en general de Angahuan, Michoacán, ya que el sistema de agua potable es importante para todo ser humano.
- Todos los estudiantes en general, pero cabe mencionar que los más beneficiados son los alumnos de ingeniería civil, ya que este tema es vital para la licenciatura ya mencionada.
- La ingeniería en general, ya que este tipo de proyectos son de los más importantes para el desarrollo de cualquier ciudad o población.

Los sistemas de red de agua potable, son muy importantes para una ciudad o poblado, ya que gracias a ellos tenemos el vital líquido en nuestras casas para las necesidades del ser humano.

Marco de referencia.

La localidad de **Angahuan** está situada en el Municipio de Uruapan (en el Estado de Michoacán de Ocampo). Tiene 4330 habitantes. **Angahuan** está a 2340 metros de altitud.

Angahuan se encuentra a unos 37 km de la ciudad de uruapan, Michoacán, este pintoresco pueblo esta lleno de tradiciones, las cuales son el orgullo para la localidad, fue fundado antes de la conquista. Es uno de los pocos lugares de la sierra michoacana que han conservado su aspecto original, con casas de madera (trojes) techadas con tejamanil.

Se encuentra también el centro turístico de Angahuan, que además de ofrecer servicios de restaurante, cabañas, áreas de campismo y un museo museográfico, tiene el atractivo de estar situado a muy corta distancia del volcán Parícutín y de las ruinas del pueblo de San Juan Parangaricutiro, desde ahí se pueden emprender paseos a caballo hasta la zona del volcán.

Con el simple hecho de hablar de Michoacán, se habla de cultura y tradición, de los pueblos y rancherías en que existen tradiciones que alimentan el alma de las personas y por qué no decirlo, de los turistas que llegan para celebrar junto con nosotros y saborear los esquicitos platillos de la región como son (Churipo, curundas, sopa tarasca, etc.).

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

En este primer capítulo se abordarán los distintos métodos a utilizar, para los cálculos que se necesitan para el proyecto que se analizará, además de algunos coeficientes para la determinación de los gastos de la tubería, y por último algunas definiciones que ayuden a la comprensión del proyecto a desarrollar.

1.1.- Población de proyecto.

La población de proyecto se le llama a la cantidad de personas que se calcula tener en una localidad o población al final del periodo de diseño del sistema de agua potable.

Esta población se calcula para cada grupo demográfico, partiendo de datos establecidos por los censos a través de la historia, las tasas de crecimiento, los planes que se tengan para el desarrollo urbano y también en base a la economía de las poblaciones, entre otras.

Existen distintos métodos de predicción de la población de proyecto, se presentarán dos como los más usuales.

- Método de crecimiento por comparación.
- Método de ajuste por mínimos cuadrados.

1.1.1. Método de crecimiento por comparación.

Como su nombre lo dice, por comparación, éste consiste en comparar la tendencia del crecimiento histórico de la población estudiada contra el de otras ciudades con mayor número de habitantes, casi idénticos desde un punto de vista socioeconómico, y adoptar la tasa media de crecimiento de ellas.

Los distintos factores que deben considerarse para determinar la similitud son: proximidad geográfica, actividad económica, porcentajes de población de cada nivel socioeconómico, clima, entre otros.

1.1.2.- Método de mínimos cuadrados.

“Este procedimiento consiste en calcular la población de proyecto a partir de un ajuste de los resultados de los censos en años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a éstas, difieran lo menos posible de los datos observados.” (CNA; 1994: 5)

“Para determinar la población de proyecto, será necesario considerar el modelo matemático que mejor represente el comportamiento de los datos de los censos históricos de población (lineal, exponencial, logarítmica o potencial), obteniendo a las constantes “a” y “b” que se conocen como coeficientes de la regresión.” (CNA; 1994: 5)

“Existe un parámetro que sirve para determinar que tan acertada fue la elección de la curva o recta de ajuste a los datos de los censos. Este se denomina coeficiente de correlación “r”, su rango de variación es de -1 a +1 y conforme su valor

absoluto se acerque mas a 1 el ajuste del modelo a los datos será mejor.” (CNA; 1994: 5)

1.2.- Periodo de diseño.

“Los periodos de diseño van de la mano con los aspectos económicos, que están en función del costo del dinero, esto es, de las tasas de interés real, entendiéndose por tasa de interés real el costo del dinero en el mercado menos la inflación. Mientras mas alta es la tasa de interés más conveniente diferir las inversiones, lo que implica reducir los periodos de diseño, cabe señalar que no se deben desatender los aspectos financieros, esto es, los flujos de efectivo del Organismo Operador que habrá de pagar por las obras y que la selección del periodo de diseño habrá de atender tanto al monto de las inversiones en valor presente como a los flujo de efectivo.” (CNA; 1994: 8-9)

Con lo ya mencionado anteriormente, se recomienda que el periodo de diseño sea de cinco años, con excepción de algunas obras que no se puedan ampliar fácilmente.

1.2.1.- Vida útil.

Es la etapa que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin que se tenga gastos de operación y mantenimiento elevados, que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por ser insuficiente.

En este lapso esta determinado por la misma duración de los materiales de los que están hechos los componentes, por lo que se espera que este periodo sea

mayor que el periodo de diseño. Existen otros factores que determinan la vida útil de las obras de agua potable, son la calidad del líquido a manejar, la operación y el mantenimiento de los sistemas.

Existen muchos factores los cuales se deben de tener en cuenta para su correcta funcionalidad, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular, para establecer adecuadamente el periodo de vida útil de cada una de las partes del sistema de agua potable.

1.3.- Consumo.

Se le llama consumo al suministro de agua potable que normalmente utilizan los usuarios, sin que se consideren pérdidas en el sistema. Existen muchas formas de expresarlas, por ejemplo, en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día.

El tipo de usuario es el que determina el consumo de agua, esta dividido según sea el uso: doméstico y no doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencial, medio y popular. Por otra parte el consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; a su vez, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (donde se encuentran las fábricas).

1.3.1.- Consumo doméstico.

El consumo doméstico se refiere al agua usada por las viviendas. Depende principalmente del clima y la clase socioeconómica de los usuarios. El consumo

doméstico medio puede presentar diferencias, por diversas causas, entre las cuales se presentan las siguientes: La presión en la red, la intermitencia en el servicio, la suficiencia del abastecimiento de agua y el precio del agua.

“La CNA (Comisión Nacional del Agua) a través del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua), desarrolló un estudio de actualización de dotaciones en el país, del que se obtuvo como resultado una serie de valores de consumo doméstico por clase socioeconómica y clima, que se dan, de tal forma que sirva al ingeniero proyectista de guía, en el caso que no cuente con tal información de la localidad en estudio.” (CNA; 1994: 10)

Tipos de usuarios domésticos	
CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50m ² o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño o compartiéndolo.

Tabla 1.1 (CNA; 1994: 10)

1.3.2.- Consumo no doméstico.

1.3.2.1.- Consumo comercial.

Éste se utiliza en zonas de comercios y servicios por personas que no habitan en ellas. De acuerdo con el tipo de actividad comercial del consumidor, los consumos varían de acuerdo a rangos establecidos en tablas.

1.3.2.2.- Consumo industrial.

Este consumo lo constituye el agua de uso en las empresas, hoteles y fábricas, y se determina el consumo en función del tipo de industria.

Dependiendo a las actividades de las industrias, el consumo se divide en dos tipos: a) Industrial de servicios y, b) Industrial de producción. Dentro del primero se encuentran los hoteles y el uso del personal de cada uno de los empleados, existen tablas las cuales varían dependiendo al consumo, el segundo es de acuerdo al tipo de industria que se trata.

1.3.2.3.- Usos públicos.

Esta agua esta destinada en lugares como; instalaciones de salud, educación, recreación, seguridad, riego de parques y jardines, combate de incendios, entre otros. También hay casos especiales, por ejemplo, pequeñas localidades, donde no se considera necesario la instalación de una válvula contra incendios, de cualquier forma el honorable cuerpo de bomberos tiene que hacer un estudio para ver si es necesario colocar dicha válvula.

1.4.- Demanda.

1.4.1.- Demanda actual.

La demanda se basa en la suma de los consumos para cada tipo de usuario, más las pérdidas físicas que se generan. Existen distintos tipos de consumos, por tipo de usuario:

- **Consumo Doméstico.-** Se multiplica el consumo, per cápita de cada sector socioeconómico por la población correspondiente.
- **Consumo comercial.-** Es el producto del consumo de cada local por el total de locales, de los comercios que existen en el sistema.
- **Consumo industrial de servicios.-** Es la multiplicación de los consumos de cada trabajador por el total de trabajadores de cada una de las industrias de la localidad.
- **Consumo industrial de producción.-** Se obtiene en base a cada industria, de acuerdo con las necesidades que presenten cada una de ellas.
- **Consumos públicos.-** Es el producto de consumo, en hospitales y escuelas, de cada persona que existe en cada dependencia.
- **Pérdidas de agua.-** Esta pérdida es el volumen que se pierde en el sistema de distribución.

Existen factores que determinan la demanda como: las clases socioeconómicas, porcentaje de población de cada estrato socioeconómico, tamaño de población, clima, entre otros.

1.4.2.- Pérdidas físicas.

Son aquellas pérdidas que surgen en a través de las líneas de conducción, tanques, red de distribución y tomas domiciliarias, que en ocasiones son importantes y pueden perjudicar los sistemas mencionados anteriormente.

“El volumen diario de pérdidas físicas, V_p , que se considera para el cálculo de las demandas y dotaciones será el obtenido con la ecuación 1”. (CNA; 1994: 13)

$$V_p = V_{fr} + V_{ft} \quad (1)$$

Donde:

V_p = Volumen de pérdidas, en m^3 .

V_{fr} = Volumen de fugas en red, en m^3 .

V_{ft} = Volumen de fugas en tomas domiciliarias, en m^3 .

Existen distintos factores los cuales son causantes de las pérdidas tales como: la presión de trabajo, la calidad de la tubería y los accesorios, el proceso constructivo, el tipo de material, la antigüedad y el mantenimiento preventivo, por ello estas consideraciones son importantes para el proyectista, para que se tomen en cuenta y así utilizar factores de seguridad.

De antemano se debe considerar un valor comprendido entre el 40% y el 60% del volumen suministrado, lo cual es el estudio de la mayoría de las ciudades de todo México.

1.4.3.- Predicción de la demanda.

Cuando se diseña un proyecto, se tiene que analizar a futuro, ya que es importante determinar la demanda que se tendrá. Esta demanda se calcula con base en los consumos de las diferentes clases socioeconómicas, la actividad comercial, industrial, la demanda actual, el pronóstico de crecimiento de la población y su actividad económica.

1.5.- Dotación.

La dotación es el consumo diario que se le asigna a cada habitante, considerando toda el agua que puede utilizar cada persona, por ejemplo, para servicios de aseo personal y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual, las unidades están dadas en l/hab/día.

1.6.- Coeficientes de variación.

De acuerdo con la CNA, la demanda varía en forma diaria y horaria, debido a que los requerimientos de agua para un sistema de distribución no son constantes durante el año, ni el día. Es necesario obtener los gastos Máximo Diario y Máximo Horario, los cuales se pueden determinar multiplicando el coeficiente de variación diaria por el gasto medio diario y el coeficiente de variación horaria por el gasto máximo diario respectivamente.

A continuación se presenta una tabla, donde se muestran los gastos utilizados para el diseño de las estructuras en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Gasto de diseño para estructuras de agua potable		
TIPO DE ESTRUCTURA	DISEÑO CON GASTO MÁXIMO DIARIO	DISEÑO CON GASTO MÁXIMO HORARIO
Fuentes de abastecimiento	X	
Obra de captación	X	
Línea de conducción antes del tanque de regularización	X	
Tanque de regularización	X	
Línea de alimentación a la red		X
Red d distribución		X

Tabla 1.2 (CNA; 1994: 15)

1.7.- Gastos de diseño.

1.7.1.- Gasto medio diario.

“El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio”. (CNA; 1994: 16)

$$Q_{med} = \frac{DP}{86,400}$$

Donde:

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

D = Dotación, en l/hab/día.

P = Número de habitantes.

86,400 = Segundos/día.

1.7.2.- Gastos máximos diario y horario.

Son los que satisfacen las necesidades de una población en un día de máximo consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo. Todos estos estudios se hacen con los máximos gastos para que los resultados del proyecto no queden faltos o escasos del vital líquido.

Existen dos fórmulas con las cuales son importantes para encontrar los resultados de los gastos y parten del gasto medio:

$$Q_{Nd} = CV_d \times Q_{med}$$

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

Donde:

Q_{Md} = Gasto máximo diario, en l/s.

Q_{Mh} = Gasto máximo horario, en l/s.

CV_d = Coeficiente de variación diaria.

CV_h = Coeficiente de variación horaria.

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

1.8.- Velocidades máximas y mínimas.

“Las velocidades permisibles del líquido en un conducto están gobernadas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos transitorios. Existen límites tanto inferiores como superiores. La velocidad mínima de escurrimiento se fija, para evitar la precipitación de partículas que arrastre el agua. La velocidad máxima será aquella con la cual no deberá ocasionarse erosión en las paredes de las tuberías. En la siguiente tabla se presentan valores de estas velocidades para diferentes materiales de tuberías”. (CNA; 1994: 17)

VELOCIDADES MÁXIMAS Y MINIMAS PERMISIBLES EN TUBERIAS		
MATERIAL DE LA TUBERIA	VELOCIDAD (m/s)	
	MÁXIMA	MINIMA
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.00	0.30
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores	3.50	0.30
Concreto presforzado	3.50	0.30
Acero con revestimiento	5.00	0.30
Acero sin revestimiento	5.00	0.30
Acero galvanizado	5.00	0.30
Asbesto cemento	5.00	0.30
Fierro fundido	5.00	0.30
Hierro dúctil	5.00	0.30
Polietileno de alta densidad	5.00	0.30
PVC (policloruro de vinilo)	5.00	0.30

Tabla 1.3 (CNA; 1994: 17)

Nota: La velocidad máxima es considerando que se han resuelto los problemas asociados a fenómenos transitorios.

1.9.- Cálculos de pérdidas de energía.

1.9.1.- Pérdidas de carga por fricción.

Los coeficientes de fricción son las variables de diseño, y son las que permiten calcular las pérdidas de energía en el escurrimiento por un conducto.

Existe un modelo el cual es utilizado para el diseño de conductos a presión de sistemas de agua potable, para obtener las perdidas de energía se utiliza el modelo de Darcy – Weisbach.

Darcy – Weisbach, su modelo tienen un fundamento teórico, respecto al esfuerzo cortante entre la pared de la tubería y el líquido, así como la viscosidad del líquido.

El modelo considera tres tipos de regímenes de flujo (laminar, transición y turbulento), como se ha podido observar en redes de agua potable y líneas de conducción, se han detectado tramos en los que el flujo se comporta, en el rango de transición o turbulento.

1.9.2.- Ecuación de Darcy – Weisbach.

“Se usará para el cálculo de perdidas por fricción en el diseño de conductos a presión para agua potable, la formula”. (CNA; 1994: 18)

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D 2g}$$

Donde:

H_f = Pérdida de energía por “fricción”, en m

f = Coeficiente de “fricción”, adimensional

L = Longitud de la tubería, en m

D = Diámetro interno del tubo, en m

V = Velocidad media, en m/s

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2

Para encontrar el valor del coeficiente de fricción “ f ”, se usa la formula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

Donde:

f = Coeficiente de “fricción” (adimensional)

ε = Rugosidad, en mm

Re = Número de Reynolds, (adimensional)

D = Diámetro interior del tubo, en mm

El número de Reynolds está dado por la expresión que a continuación presenta la siguiente formula:

$$R_e = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

V = Velocidad media en el conducto, en cm/s

D = Diámetro interno del tubo, en cm

ν = Viscosidad cinemática del agua en cm²/s

De acuerdo con CNA (1994), la viscosidad cinemática ν tiene variación con la temperatura, por ejemplo para una temperatura de 2°C la viscosidad cinemática del agua es 1m²/seg.

1.9.3.- Variación del coeficiente de fricción con la edad de la tubería.

Con base en lo señalado por la CNA (1994), las tuberías con el paso del tiempo tienen un deterioro o un desgaste con el paso del agua, por lo cual el tiempo no es el único factor que influye en este problema.

En base a estudios que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua realizó en el estado de chihuahua, con tuberías de asbesto cemento con diferentes edades de operación, se determinaron los coeficientes de fricción para, tuberías de asbesto cemento de diferentes clases, diámetros nominales desde 10" (254 mm) hasta 30" (762 mm) y con edades de operación desde 0.3 hasta 34 años.

1.10.- Coeficientes de regularización.

“La regularización tiene por objeto cambiar el régimen de suministro (captación conducción), que normalmente es constante, a un régimen de demandas (de la red de distribución), que siempre es variable”. (CNA; 1994: 24)

Como señala la CNA (1994), la función de un tanque de regularización, es la estructura destinada para cumplir esta función, y debe cumplir un servicio eficiente, bajo distintas normas estrictas de higiene y seguridad, para que el costo de inversión y mantenimiento sea mínimo.

Partiendo de lo dicho por la CNA (1994), el gasto máximo diario es lo que indica que capacidad debe tener el tanque, y la ley de demandas de la localidad, calculándose por métodos analíticos y/o gráficos.

“El coeficiente de regularización, está en función del tiempo (número de horas por día) de alimentación de las fuentes de abastecimiento al tanque requiriéndose almacenar el agua en las horas de baja demanda, para distribuirla en las de alta demanda”. (CNA; 1994: 25)

De conformidad con la CNA (1994), se cambia el horario de alimentación si la capacidad de regularización varía, aunque el número de horas de alimentación permanezca constante.

Es importante considerar para el cálculo de la capacidad de los tanques, el número de horas, de alimentación, como su horario, el cual estará en función de las políticas de operación y los costos de energía eléctrica.

“La CNA y el JIVITA analizaron demandas para diferentes ciudades del país, asimismo, el Banco Nacional Hipotecario Urbano y de Obras Públicas, S.A., actualmente Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), elaboró un estudio en la ciudad de México. Las variaciones del consumo promedio, expresado como porcentajes horarios del gasto máximo diario se muestran a continuación”. (CNA; 1994: 26)

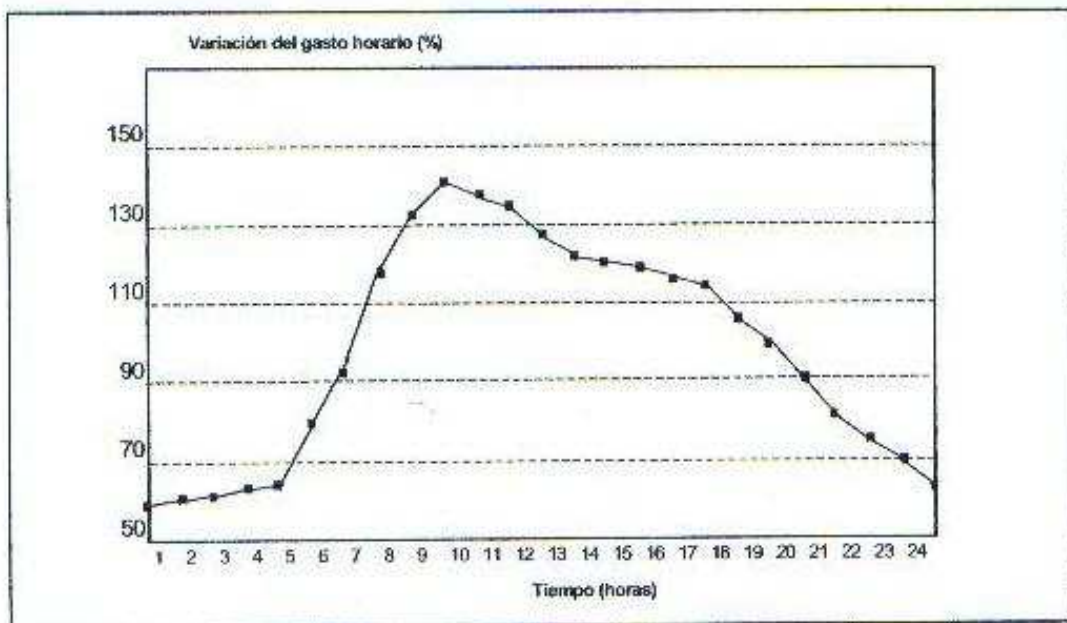


Tabla 1.4.- Variación del gasto horario.

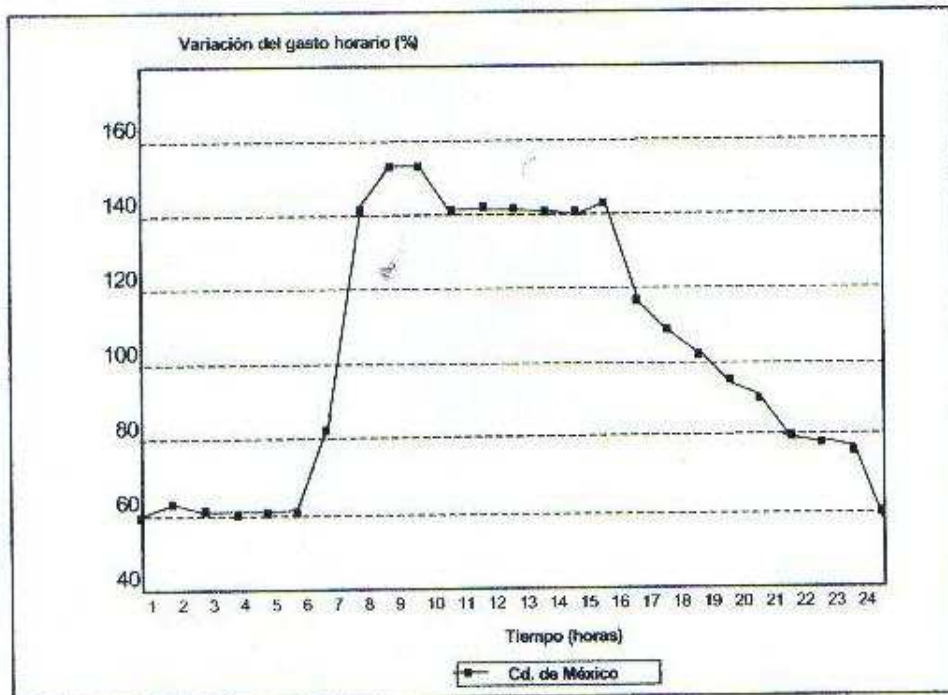


Tabla 1.5.- Variación del gasto horario de la ciudad de México.

Lámina 6		Lámina 7	
Hora	Variación del gasto horario (%)	Hora	Variación del Gasto horario
0-1	60.6	0-1	61.0
1-2	61.6	1-2	62.0
2-3	63.3	2-3	60.0
3-4	63.7	3-4	57.0
4-5	65.1	4-5	57.0
5-6	62.8	5-6	56.0
6-7	93.8	6-7	78.0
7-8	119.9	7-8	138.0
8-9	130.7	8-9	152.0
9-10	137.2	9-10	152.0
10-11	134.3	10-11	141.0
11-12	132.9	11-12	138.0
12-13	128.6	12-13	138.0
13-14	126.6	13-14	138.0
14-15	121.6	14-15	138.0
15-16	120.1	15-16	141.0
16-17	119.6	16-17	114.0
17-18	115.1	17-18	106.0
18-19	112.1	18-19	102.0
19-20	105.6	19-20	91.0
20-21	90.1	20-21	79.0
21-22	78.4	21-22	73.0
22-23	71.0	22-23	71.0
23-24	65.1	23-24	57.0

Tabla 1.6 (CNA; 1994: 28)

Coeficiente de regularización para suministro de 24 horas/día.

HORAS	SUMINISTRO (ENTRADAS) O BOMBEO EN %	DEMANDAS (SALIDAS)		
		DEMANDA HORARIA EN %	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS ACUMULADAS
0-1	100	60.60	39.40	39.40
1-2	100	61.60	38.40	77.80
2-3	100	63.30	36.70	114.50
3-4	100	63.70	36.30	150.80
4-5	100	65.10	34.90	185.70
5-6	100	82.80	17.20	202.90
6-7	100	93.80	6.20	209.10
7-8	100	119.90	-19.90	189.20
8-9	100	130.70	-30.70	158.50
9-10	100	137.20	-37.20	121.30
10-11	100	134.30	-34.30	87.00
11-12	100	132.90	-32.90	54.10
12-13	100	128.80	-28.80	25.30
13-14	100	126.60	-26.60	-1.30
14-15	100	121.60	-21.60	-22.90
15-16	100	120.10	-20.10	-43.00
16-17	100	119.60	-19.60	-62.60
17-18	100	115.10	-15.10	-77.70
18-19	100	112.10	-12.10	-89.80
19-20	100	105.60	-5.60	-95.40
20-21	100	90.10	9.90	-85.50
21-22	100	78.40	21.60	-63.90
22-23	100	71.00	29.00	-34.90
23-24	100	65.10	34.90	0.00
TOTAL	2400	2400		

Tabla 1.7 (CNA; 1994: 29)

Q_{md} = Gasto máximo diario

C = Capacidad de regularización

R = Coeficiente de regularización

$$ct = 209.1 + 95.4 = 304.50$$

$$R = (304.50/100)(3600/100) = 10.96, \text{ se aproximará a } 11.0$$

$$C = 11.00 Q_{md}$$

“Cuando se modifique el horario de bombeo a un periodo menor de 24 h/día, se debe cambiar el gasto de diseño de la fuente de abastecimiento y conducción, incrementándolo proporcionalmente a la reducción del tiempo de bombeo; el gasto de diseño se obtiene con la siguiente expresión”: (CNA; 1994: 31)

$$Q_d = \frac{24 Q_{Md}}{t_b}$$

Donde:

Q_d = Gasto de diseño en l/s

Q_{Md} = Gasto máximo diario en l/s

T_b = Tiempo de bombeo en horas/día

Como lo menciona la CNA (1994), cualquiera de las alternativas de la reducción del tiempo de bombeo, se tiene que considerar que habrá un incremento en los costos de la infraestructura de la conducción y fuente de abastecimiento, la antes mencionada debe satisfacer el incremento de caudal.

A continuación se mostrarán algunos coeficientes de regularización calculados a partir de la curva de algunas ciudades estudiadas; como ejemplo. Cuando no se conoce la ley de demandas de una localidad en particular se utilizan estos valores.

Coeficiente de regularización	
TIEMPO DE SUMINISTRO AL TANQUE (hr)	COEFICIENTE DE REGULARIZACIÓN (R)
24	11.0
20 (De las 4 a las 24 hrs.)	9.0
16 (De las 5 a las 21 hrs.)	19.0

Tabla 1.8 (CNA; 1994: 32)

De la misma manera en la siguiente tabla se muestran los valores de coeficientes de regularización para la ciudad de México, para los distintos tiempos de bombeo.

Coeficiente de regularización para la ciudad de México	
TIEMPO DE SUMINISTRO AL TANQUE (hr)	COEFICIENTE DE REGULARIZACIÓN (R)
24	14.3
20 (De las 4 a las 24 hrs.)	9.6
16 (De las 6 a las 22 hrs.)	17.3

Tabla 1.9 (CNA; 1994: 33)

De conformidad con CNA (1994), para determinar la capacidad del tanque de regularización es necesario utilizar la siguiente ecuación, más el volumen considerado para situaciones de emergencia.

$$C = RQ_{Md}$$

Donde:

C = Capacidad del tanque, en m^3 .

R = Coeficiente de regularización.

Q_{Md} = Gasto máximo diario, en l/s.

1.10.1.- Zanjas para instalación de tuberías.

Como señala la CNA (1994), las tuberías se instalan, dependiendo de la topografía; bien puede ser en la superficie o enterradas, lo mas ideal es que toda la tubería se instale enterrada, ya que la vida útil será mucho mayor. Otros de los factores importantes son la clase de tubería que se instala y el tipo de terreno.

Para que se obtenga una máxima protección en las tuberías, lo mas recomendable es que se coloquen en zanjas. Además beneficia a la circulación de los automovilistas, el tipo de instalación que se adopte, debe considerar otros factores relacionados con la protección de la línea, como son el deterioro o maltrato de animales, la exposición a los rayos solares, variación en la temperatura, entre otros.

1.10.2.- Ancho y profundidad de la zanja.

Según la CNA (1994), existen criterios los cuales deberán tomarse en cuenta, para determinar el ancho de la zanja para alojar las tuberías, se presentarán a continuación los distintos criterios:

Para tuberías con diámetro exterior menor a 50 cm, el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 50 cm.

Para tuberías con diámetro exterior mayor o igual a 50 cm, el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 60 cm.

“Los anchos de las zanjas que resulten de los cálculos se deberán redondear a múltiplos de cinco”. (CNA; 1994: 32)

También es importante mencionar la profundidad de la zanja, por ello se presentaran algunos criterios los cuales se tienen que tomar en cuenta, para que funcionen correctamente las tuberías y no resulten daños a la hora de que se transite por el lugar.

La profundidad mínima será de 70 cm en tuberías de hasta 51 mm de diámetro y en adelante será igual al diámetro exterior del tubo, más 5 cm, más el colchón indicado en la siguiente tabla:

Dimensiones de zanjas y plantillas para tuberías de agua potable y alcantarillado					
DIAMETRO NOMINAL		ANCHO Bd	PROFUNDIDAD H	ESPESOR DE LA PLANTILLA	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN
(cm)	(pulgadas)	(cm)	(cm)	(cm)	(m3/m)
2.5	1	50	70	5	0.35
3.8	1 1/2	55	70	5	0.39
5.1	2	55	70	5	0.39
6.3	2 1/2	60	100	7	0.60
7.5	3	60	100	7	0.60
10.0	4	60	105	10	0.63
15.0	6	70	110	10	0.77
20.0	8	75	115	10	0.86
25.0	10	80	120	10	0.96
30.0	12	85	125	10	1.06
35.0	14	90	130	10	1.17
40.0	16	95	140	10	1.33
45.0	18	110	145	10	1.60
50.0	20	115	155	11	1.78
61.0	24	130	165	13	2.15
76.0	30	150	185	14	2.77
91.0	36	170	210	15	3.57
107.0	42	190	230	17	4.37
122.0	48	210	245	20	5.14
162.0	60	250	300	23	7.50
183.0	72	280	340	27	9.52
213.0	84	320	380	30	12.16
244.0	98	350	415	34	14.53

Tabla 1.10 (CNA; 1994: 34)

Para el caso de tuberías de materiales como asbesto-cemento y PVC, se deberá observar lo que se presenta a continuación.

La tubería de asbesto-cemento debe alojarse en zanja para obtener la máxima protección y sólo en casos excepcionales se podrá instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad.

En caso de tuberías de PVC su instalación será siempre en zanjas, ya que es más fácil de que puedan dañarlo.

De conformidad con CNA (1994), las tuberías de acero, fierro galvanizado, concreto y hierro dúctil se podrán instalar superficialmente garantizando una protección y seguridad.

1.10.3.- Plantilla o cama.

“La plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocando sobre el fondo de la zanja, que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60% de su diámetro exterior. El resto de la tubería debe ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente con equipo manual y humedad óptima, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería. Este relleno se hace en capas que no excedan de 15 cm de espesor. El resto de la zanja podrá ser rellenado a volteo, o compactado según sea el caso: si la tubería se instala en zona urbana con tránsito vehicular intenso todo el relleno será compactado, y si se instala en zonas con poco tránsito vehicular o rurales será a volteo”. (CNA; 1994: 34)

A continuación se presenta una imagen, donde se observa con claridad como debe estar la zanja, con todas las especificaciones que por ley debe llevar.

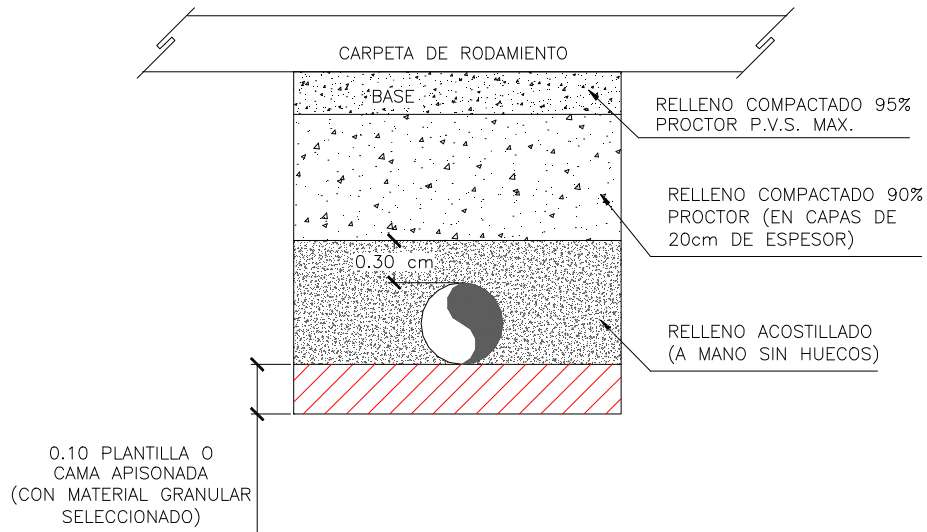


Fig. 1.1 (CNA; 1994: 35)

El espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será dependiendo el diámetro de la tubería que se este utilizando, en casos de instalar tubería de acero y si la superficie del fondo de la zanja lo permite, no es necesario la plantilla. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la plantilla de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, con tierra o arena suelta.

CAPÍTULO 2

REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

En este segundo capítulo, los sistemas hidráulicos requieren aplicar grandes fuerzas para regular o dirigir la forma mas conveniente por ello en el presente capítulo se abordará lo que son las redes de distribución de agua potable, así como las definiciones de, red de distribución, componentes de una red, presiones disponibles, zonas de presión, tipos de proyectos de redes, entre otras, con la finalidad de conocer los principales factores que intervienen en un proyecto.

2.1.- Red de distribución.

Las redes de distribución, son un conjunto de tuberías (primarias, secundarias y terciarias), las cuales hacen la función de distribuir el agua, desde un tanque de almacenamiento, manantial, etc., hasta la toma domiciliaria o a los hidrantes públicos. La finalidad de esta es proporcionar agua a los usuarios para consumo domestico, publico, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como para incendios.

Existen normas las cuales especifican por medio de pruebas o reglas que garantizan cuando el agua es considerada potable, la norma es la NOM-127-SSA1, Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben

cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

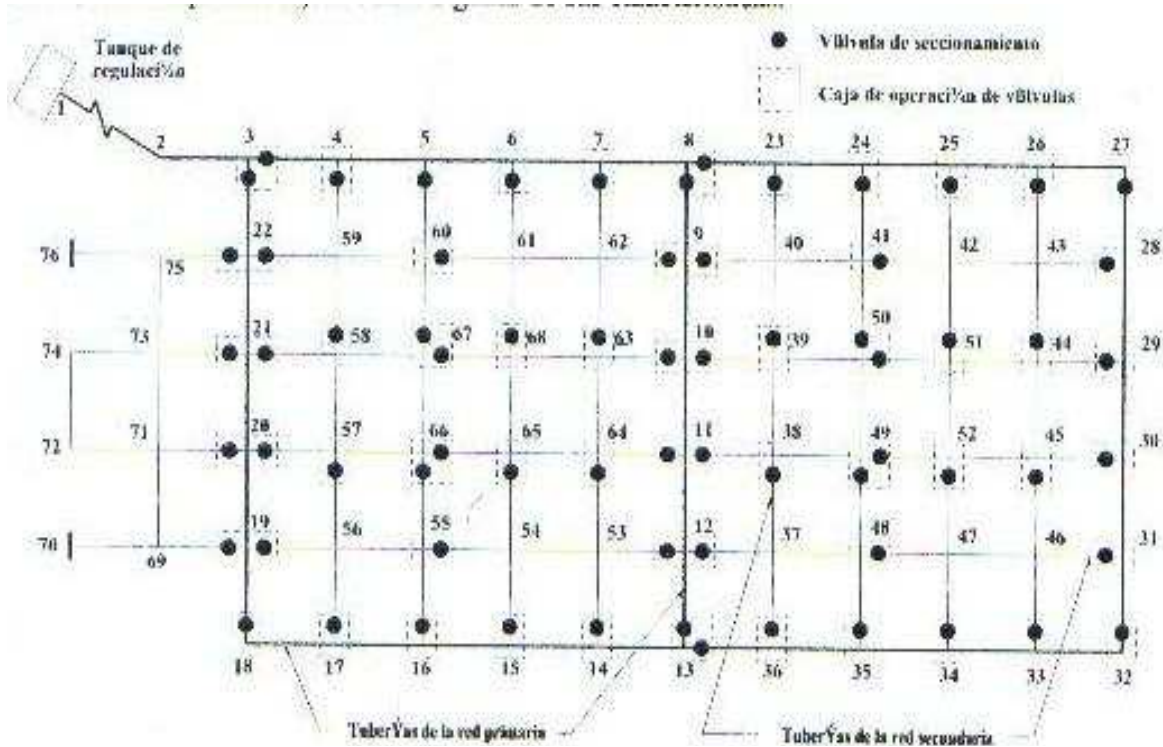


Fig. 2.1.- Red secundaria convencional.

2.2.- Componentes de una red.

Las redes de distribución generalmente se componen de las siguientes: tuberías, piezas especiales, válvulas, hidrantes, tanques de distribución, toma domiciliaria, rebombeo y cajas rompedoras de presión.

2.2.1.- Tuberías.

Las tuberías consisten de dos o más tubos ensamblados mediante un sistema de unión que permite la conducción de un fluido, para que se pueda trasladar de un lugar a hacia otro.

Las tuberías tienen que tener una resistencia mayor que la máxima carga estática que se puede presentar. La carga máxima de un punto se calcula restando la cota de la carga estática en dicho punto. En los tramos que se encuentran con desniveles muy suaves, la carga máxima estática es el mayor valor de los calculados para los dos extremos.

Para que una tubería sea económica, intervienen varios factores. Primero se encuentran los costos de adquisición, así como su resistencia durante el manejo y transporte. Algunos aspectos como largos tiempos de entrega, dificultad en obtener material adicional, o regresar piezas dañadas o defectuosas incrementan el tiempo y costo del proyecto.

Finalmente, las tuberías tienen que mantener la calidad del agua sin añadir sabores, olores, o sustancias químicas al agua transportada. Es importante señalar que las uniones entre la tubería, deben estar completamente selladas para que no infiltre contaminación y dañen el agua.

Partiendo de lo señalado por la CNA (1994), existen distintos tipos de materiales, los cuales son usados actualmente en México, para los sistemas de abastecimiento de agua potable, por ejemplo, están las tuberías de: plástico-poli (cloruro de vinilo) (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD), fibrocemento (FC) antes denominado asbesto-cemento (AC), hierro fundido, concreto presforzado, así como acero.

A continuación se presentarán detalladamente las características de las tuberías y los distintos sistemas de unión de los diversos materiales, con respecto a las normas con las que se fabrican.

2.2.1.1.- Tuberías de plástico.

Se fabrican en color blanco en base a la Norma Mexicana NMX-E-143 vigente, donde se clasifican de acuerdo a su sistema de unión en un sólo tipo y un sólo grado de calidad como espiga-campana, y por que es resistente a la presión de trabajo.

Presión máxima de trabajo en tuberías de PVC

Clase	Presión máxima de trabajo	
	MPa	kgf/cm ²
5	0.5	5
7	0.7	7
10	1.0	10
14	1.4	14
20	2.0	20

Tabla 2.1 (CNA; 1994: 14)

“La junta espiga-campana se forma al insertar el extremo liso del tubo en el extremo campana del siguiente tubo. Para garantizar la unión hermética se coloca un anillo de material elástico. Tiene como ventajas el funcionar como junta de dilatación, así como el permitir deflexiones y realizar la prueba hidrostática al terminar su instalación. Este tipo de junta es ampliamente utilizada en la tubería de PVC, concreto y hierro fundido”. (CNA; 1994: 15)

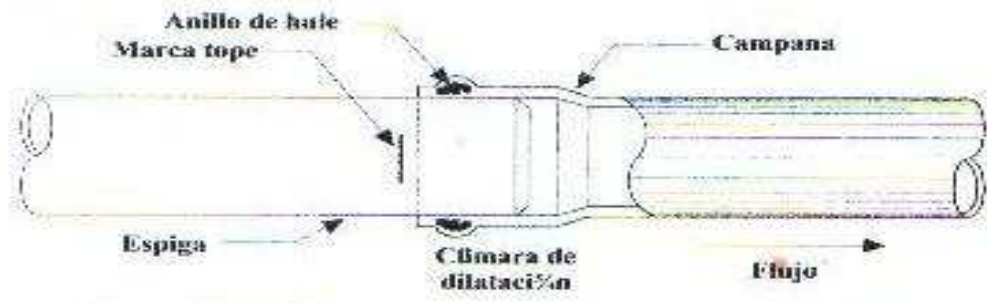


Fig. 2.2 (CNA; 1994: 15)



Figura 2.9a Unión por medio de coples de fibrocemento.

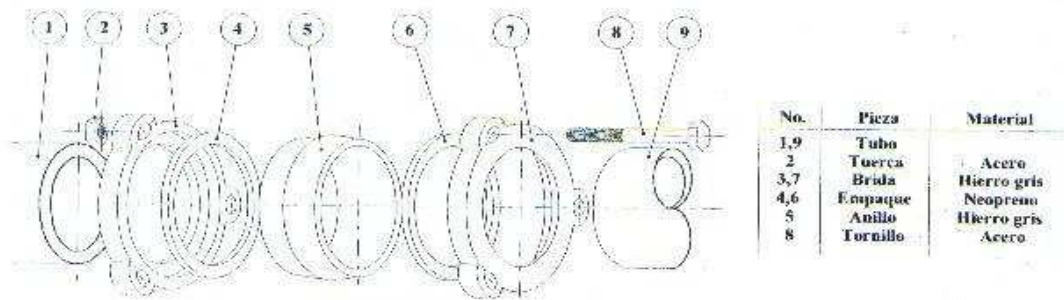


Figura 2.9b Piezas que conforman una junta Gibault.

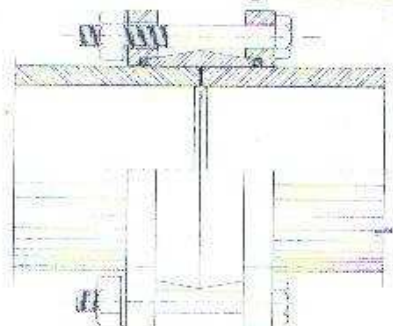


Figura 2.9c Corte de una junta Gibault armada.

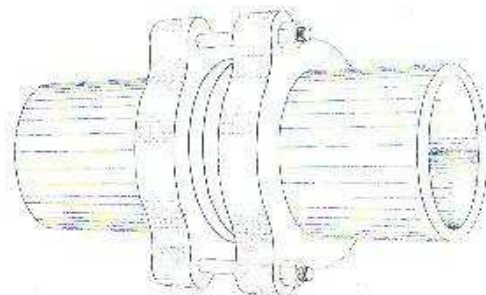


Figura 2.9d Junta Gibault.

Fig. 2.3 (CNA; 1994: 16)

Las tuberías se manejan en distintos diámetros nominales de 50 a 630 mm (50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500 y 630 mm) con longitud útil de 6 m. A continuación se mostraran las ventajas de las tuberías de PVC incluyen:

1.- Hermeticidad. El PVC por naturaleza impide filtraciones y fugas, se recomienda la unión espiga-campana con anillo de hule integrado porque actúa como junta de dilatación.

2.- Las tuberías tienen pared interior lisa, por esto presentan muy bajas pérdidas por fricción, por lo cual tienen alta eficiencia en la conducción de fluidos.

3.- Resistencia a la corrosión. Por lo tanto no requiere recubrimientos, forros o protección catódica.

4.- Resistencia química. El PVC es altamente resistente al ataque químico de suelos agresivos, de aguas conducidas, y en general de ácidos, álcalis y soluciones salinas. Además resiste al ataque de algas, hongos y bacterias.

5.- Ligereza. Debido a que es muy ligero es sencillo de transportar, manejar y colocar.

6.- Flexibilidad. Puede permitir cierta deflexión durante la colocación.

7.- Resistencia a la tensión. Se comporta favorable ante los movimientos tectónicos, cargas externas muertas y vivas, así como ante sobrepresiones momentáneas.

8.- Facilidad de instalación. Se puede manejar y cortar en obra.

9.- Y una de las cosas más importantes, no altera la calidad del agua.

Así como existen ventajas, hay algunas desventajas las cuales las presentare a continuación.

1.- Se pueden dañar susceptiblemente durante su manejo. En dado caso que tuviera algunos pequeños golpes o raspaduras, puede afectar su resistencia, durante la excavación o relleno de las zanjas. Cuando en un 10% se dañe, es recomendable repararlo o cambiarlo, ya que puede presentar algún desperfecto en la conducción.

2.- Las temperaturas son muy importantes para este tipo de tuberías, ya que en temperaturas menores a 0°C, el PVC reduce su resistencia al impacto.

3.- En temperaturas mayores a 25°C, se recomienda reducir la presión de trabajo.

4.- La exposición prolongada a los rayos solares reduce su resistencia mecánica.

“Los tubos de polietileno (PE), serie métrica, se fabrican de acuerdo a las especificaciones contenida en la norma mexicana NMX-E-144 vigente, en color negro, cilíndricos y sin costura. Pueden utilizarse en la conducción de agua potable, agua para riego y residuos industriales a presiones y temperaturas variables”. (CNA; 1994: 16)

De conformidad con la CNA (1994), de acuerdo a la densidad de la materia prima se clasifican en tres tipos:

Tipo I Tubos de polietileno de baja densidad (PEBD) (0.91 a 0.925 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 2.45 MPa (25 kg/cm²).

Tipo II Tubos de polietileno de media densidad (PEMD) (0.926 a 0.940 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 3.13 MPa (32 kg/cm²).

Tipo III Tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) (mayor o igual a 0.941 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 4.90 MPa (50 kg/cm²).

Existen cinco clases por su presión máxima:

Presión máxima de trabajo en tuberías de PE		
Clase	Presión máxima de trabajo	
	Mpa	kgf/cm2
2.5	0.25	2.5
4	0.39	4
6	0.59	6
8	0.78	8
10	0.98	10

Tabla 2.2 (CNA; 1994: 17)

Los diámetros que se manejan en tubos de polietileno, va desde 12 mm hasta 1000 mm (12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 560, 630, 710, 900 y 1000 mm). Pueden variar las paredes del tubo, están en función del tipo y clase del tubo.

“Los tubos de polietileno cuentan con las mismas ventajas que el PVC: hermeticidad, alta capacidad de conducción, inmunidad a la corrosión, resistencia

química, ligereza, flexibilidad, facilidad de instalación, y no alteran la calidad del agua. Además tiene otras ventajas". (CNA; 1994: 17)

1.- Termofusión. Se unen por medio del calor y uniendo las piezas.

2.- Economía. Se economiza en las zanjas, debido a que éstas son mas angostas y por lo tanto existe economía en las líneas de conducción.

3.- Compresibilidad. En diámetros hasta de 100 mm normalmente se colocan debería colocarse válvulas de seccionamiento, ya que con estas tuberías se construye la caja de operación de válvulas, pero no se colocan válvulas. En su lugar se utiliza una prensa portátil que al ejercer presión en la tubería corta el flujo.

4.- Rapidez de instalación. Por la presentación en rollos, requiere sólo una unión en tramos largos con lo cual se agiliza su instalación.

5.- Compatibilidad. Hay adaptadores especiales para cada tipo de unión. Los materiales que son compatibles con estas tuberías son, PVC, cobre, FC o acero.

6.- Durabilidad. Este tipo de tuberías casi no requieren de mantenimiento, y sin embargo tienen una vida útil de 50 años y 15 años de resistencia a la intemperie.

Entre sus desventajas se muestran las siguientes:

1.- Este tipo de tuberías son muy costosas en comparación a los demás materiales.

2.2.1.2.- Tuberías de fibrocemento.

Como lo señala la CNA (1994), están hechos de cemento, fibras de asbesto y sílice. Lo señalan las especificaciones en la Norma Mexicana NMX-C-012 vigente. De esta forma, hay tubos de cuatro o cinco metros de longitud útil y coples de fibrocemento como sistema de unión, sus diámetros nominales van desde 75 hasta 2000 mm (75, 100, 150, 200, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750, 900, 1000, 1050, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900 y 2000 mm). Estos diámetros corresponden a los diámetros interiores.

Los coples son tubos cortos con ambos extremos en disposición semejante a una unión campana. Los tubos son de extremos espiga. Y esta unión es utilizada en tuberías de fibrocemento.

Presión interna de trabajo de las tuberías de FC

Clase	Presión interna de trabajo	
	MPa	kgf/cm ²
A-5	0.5	5
A-7	0.7	7
A-10	1.0	10
A-14	1.4	14
A-20	2.0	20

Tabla 2.3 (CNA; 1994: 19)

Adicionalmente, los tubos de fibrocemento se clasifican en dos tipos de acuerdo a su alcalinidad:

Tipo I Estos tubos tienen contenidos de hidróxido de calcio mayores al 1.0%.

Tipo II En cambio estos tubos contienen hidróxido de calcio menores al 1.0%.

Con base en lo señalado por la CNA (1994), los tubos de fibrocemento, de acuerdo a su tipo, dependerá de la agresividad del agua, también de la presencia de sulfatos. La tubería Tipo II es mucho más resistente a la agresividad del agua y los sulfatos.

Las ventajas de estas tuberías son las siguientes:

- 1.- Ligereza.
- 2.- Normalmente no se corroe.
- 3.- Inmunidad a la corrosión electroquímica.
- 4.- Mucha capacidad de conducción, es decir, bajo los coeficientes de fricción.

Y sus desventajas son:

- 1.- Fragilidad
- 2.- Número de coples (son mucho mas debido a que los tubos son mas cortos y por lo tanto se requieren mas).
- 3.- En caso de requerir la perforación y el corte en obra, existe mucho mayor riesgo debido al polvo que desprende, es dañino para la salud (se tiene que usar mascarilla).

2.2.1.3.- Tuberías de hierro fundido.

“El hierro fundido (HF) o colado ha sido empleado para fabricar tuberías, piezas especiales y válvulas. En México, debido a los menores costos de otros tipos de tuberías los tubos de hierro fundido han sido desplazados en la construcción de redes de distribución. Sin embargo, aún se utilizan en estaciones de bombeo e instalaciones donde se requiere rigidez y resistencia al impacto y a la corrosión. El hierro fundido se emplea aún en la fabricación de piezas especiales y válvulas, las cuales pueden ser usadas en tuberías de diversos materiales”. (CNA; 1994: 19)

Según la CNA (1994), hay dos tipos de hierro fundido, el hierro gris y el hierro dúctil. El hierro dúctil supera al hierro gris, en la cual mediante tratamientos especiales se logran metales de mayor dureza y resistencia. Las resistencias se han aumentado gracias a los diversos revestimientos que se les aplican, uno de los más comunes son el mortero de cemento en el interior, lo cual evita la formación de óxido.

La tubería de hierro dúctil se pueden unir con distintos materiales o juntas: bridas, mecánica, enchufe-bola o submarina, y espiga-campana con anillos de hule.

“La junta bridada es ampliamente utilizada en sistemas de tuberías expuestos (plantas de tratamiento e instalaciones de bombeo, así como instalaciones industriales) donde se requiere rigidez, resistencia, facilidad de intercambio de tubos, así como la impermeabilidad de la junta”. (CNA; 1994: 20)

Las tuberías enterradas no se recomiendan, ya que pueden afectar la tubería. La rigidez de la junta provoca que se acumulen esfuerzos en los tubos y esto

provoca una ruptura. Estos esfuerzos pueden producirse por cargas estáticas o dinámicas, también los movimientos sísmicos o asentamientos del terreno.

Ventajas de este tipo de tubería:

- 1.- Una vida útil muy grande.
- 2.- Alta resistencia mecánica.
- 3.- Resistente a la corrosión.
- 4.- Libre de mantenimiento.
- 5.- Puede ser soldado fácil y económico.

Ahora presentare las desventajas de estas tuberías:

- 1.- Pueden sufrir corrosión eléctrica o química.
- 2.- Peso relativamente alto.
- 3.- Los tubos de hierro fundido no se fabrican en México, por lo tanto se tienen que exportar.

2.2.1.4.- Tuberías de concreto.

Normalmente las tuberías de concreto son utilizadas en líneas de conducción que en las redes de distribución, esto no quiere decir que no se puedan utilizar en las tuberías principales de la red primaria en el caso de redes de gran tamaño. Las tuberías de concreto que se utiliza en agua potable es de concreto presforzado.

Cuando se fabrican tubos de concreto presforzado, se hacen a partir de un tubo primario o núcleo, este puede que no contenga acero de presfuerzo longitudinal. Cuando el concreto alcanza su resistencia a la compresión, se le enrolla el acero de presfuerzo transversal en forma helicoidal y después se reviste con concreto.

Estos tubos se especifican en base a la Norma Mexicana NMX-C-252 vigente, donde se detalla la calidad de los materiales, la longitud de cada tubo (de 4 a 8 m), también todas las características de los materiales. Los diámetros que se especifican son del diámetro interior (de 400 a 5000 mm).

Como ventajas de la tubería de concreto se presentan las siguientes:

- 1.- Alta resistencia mecánica.
- 2.- Alta capacidad de conducción.
- 3.- Larga vida útil.
- 4.- Muy poco mantenimiento.

Y como desventajas están las siguientes:

- 1.- Posible corrosión cuando se encuentran en condiciones ácidas o alcalinas.
- 2.- Los daños a este tipo de tubería, es difícil de reparar.
- 3.- Puede resultar complicado realizar conexiones.

2.2.1.5.- Tuberías de acero.

Partiendo de lo dicho por la CNA (1994), las tuberías de acero son utilizadas cuando existen fuertes presiones y se requieren grandes diámetros. La única diferencia que existe entre los dos tipos de tuberías es, que las de concreto son generalmente enterradas y las de acero pueden estar expuestas, de lo contrario si se enterraran tendrían que recubrirse, ya que podrían dañarse.

Los diámetros pequeños son usados en redes de distribución, de 50.4 mm (2") hasta 152.4 mm (6"), los cuales normalmente se recubren con zinc, tanto por el interior como por el exterior, y estos se denominan galvanizados. Si no tuvieran este recubrimiento se les llamaría tubos negros.

Esta tubería se fabrica con las Normas Mexicanas NMX-B-10 y NMX-B-177. Estas normas se refieren a las tuberías de acero con o sin costura, negros o galvanizados. Sin embargo, la NMX-B-10 trata tubos al carbono en diámetros de 3.175 mm (1/8") hasta 406.4 mm (16"), y la NMX-B-177 a los tubos de acero en diámetro de 3.175 mm (1/8") hasta 660.4 mm (26").

De conformidad con la CNA (1994), las dos normas clasifican a los tubos según su proceso de fabricación en 3 tipos, como se muestran a continuación.

- 1.- "F" Soldado a tope con soldadura continua por calentamiento en horno.
- 2.- "E" Soldado por resistencia eléctrica.
- 3.- "S" Sin costura.

“La norma NMX-B-177 divide a su vez a los tipos “E” y “S”, de acuerdo a las propiedades mecánicas del acero, en grados “A” y “B”. El grado “B” en sus dos tipos “E” y “S” posee mayor resistencia a la tensión y de fluencia”. (CNA; 1994: 22)

Dentro de las ventajas de las tuberías de acero tenemos las siguientes:

- 1.- Alta resistencia mecánica.
- 2.- En comparación con tuberías de concreto o hierro fundido resulta más ligera.
- 3.- Muy fácil transporte e instalación.

Y como desventajas:

- 1.- No soporta cargas externas grandes, pues es susceptible al aplastamiento.
- 2.- Por ser metal, presenta corrosión.

2.2.2.- Piezas especiales.

De acuerdo con la CNA (1994), son los accesorios de la tubería y estos permiten formar cambios de dirección, ramificaciones e intersecciones, así como conexiones incluso entre tuberías de distintos materiales y diámetros. También permiten la inserción de válvulas y la conexión con estaciones de bombeo y otras instalaciones hidráulicas.

Así como existen tuberías de distintos materiales, también hay piezas especiales de cada uno de los materiales, como son: hierro fundido, fibrocemento, PVC, polietileno, concreto presforzado y acero. También se dispone de accesorios

complementarios empleados para formar uniones como: juntas mecánicas, empaques y tornillos de acero con cabeza y tuerca hexagonal estándar.

A continuación se presentará una imagen de las piezas especiales que se utilizan en las distintas tuberías.

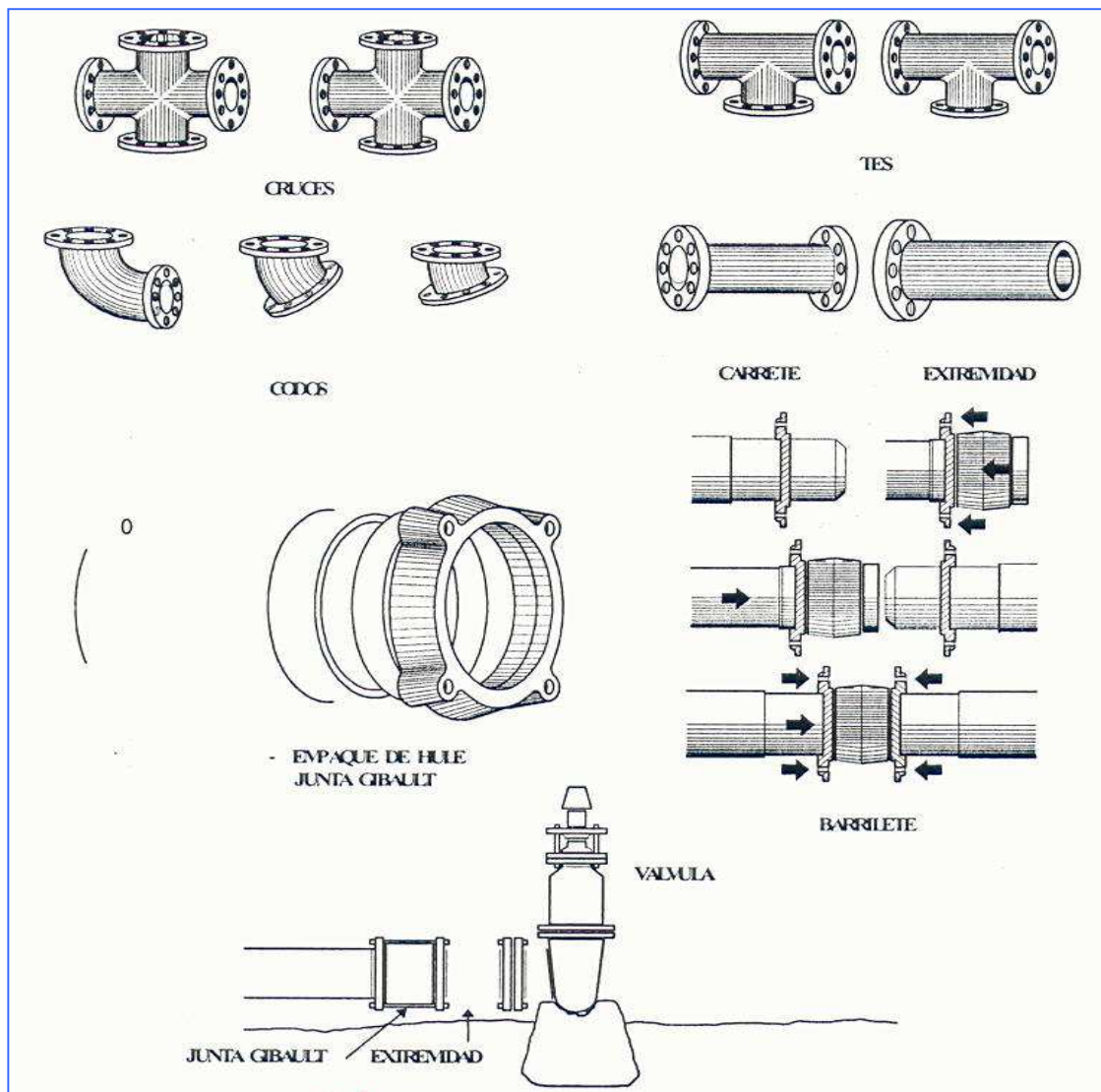


Fig. 2.4 (CNA; 1994: 23)

Piezas especiales de PVC Hidráulico.

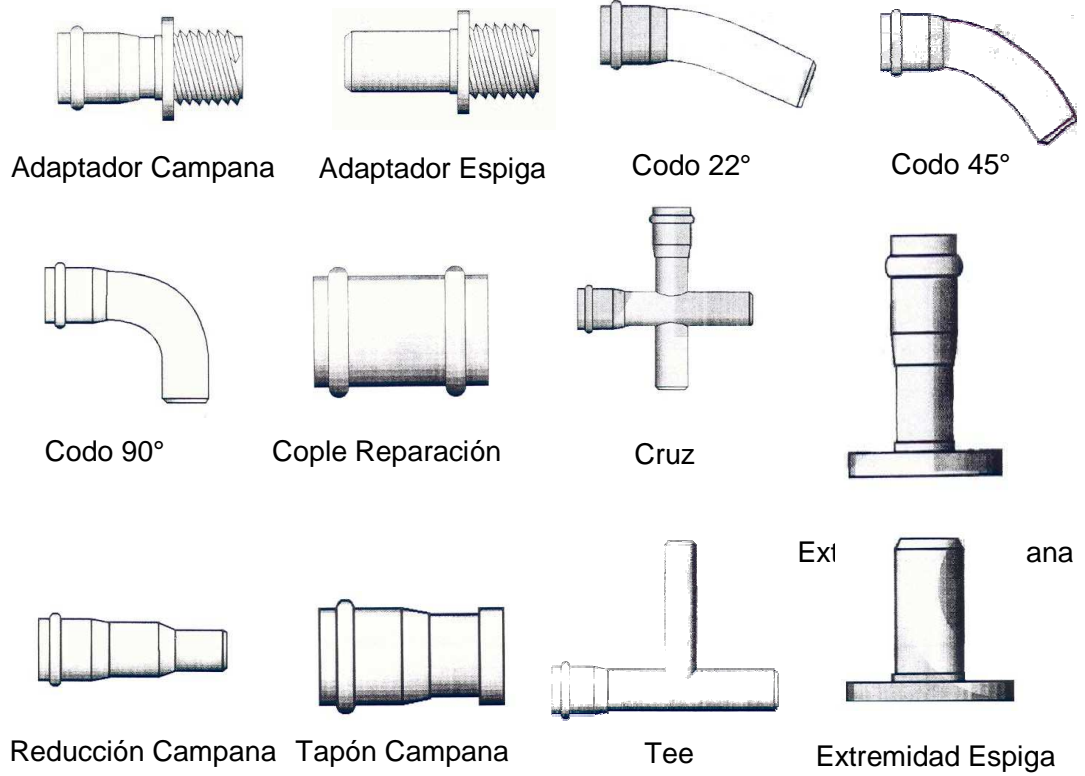


Fig. 2.5 (CNA; 1994: 24)

Piezas especiales de Hierro Dúctil.

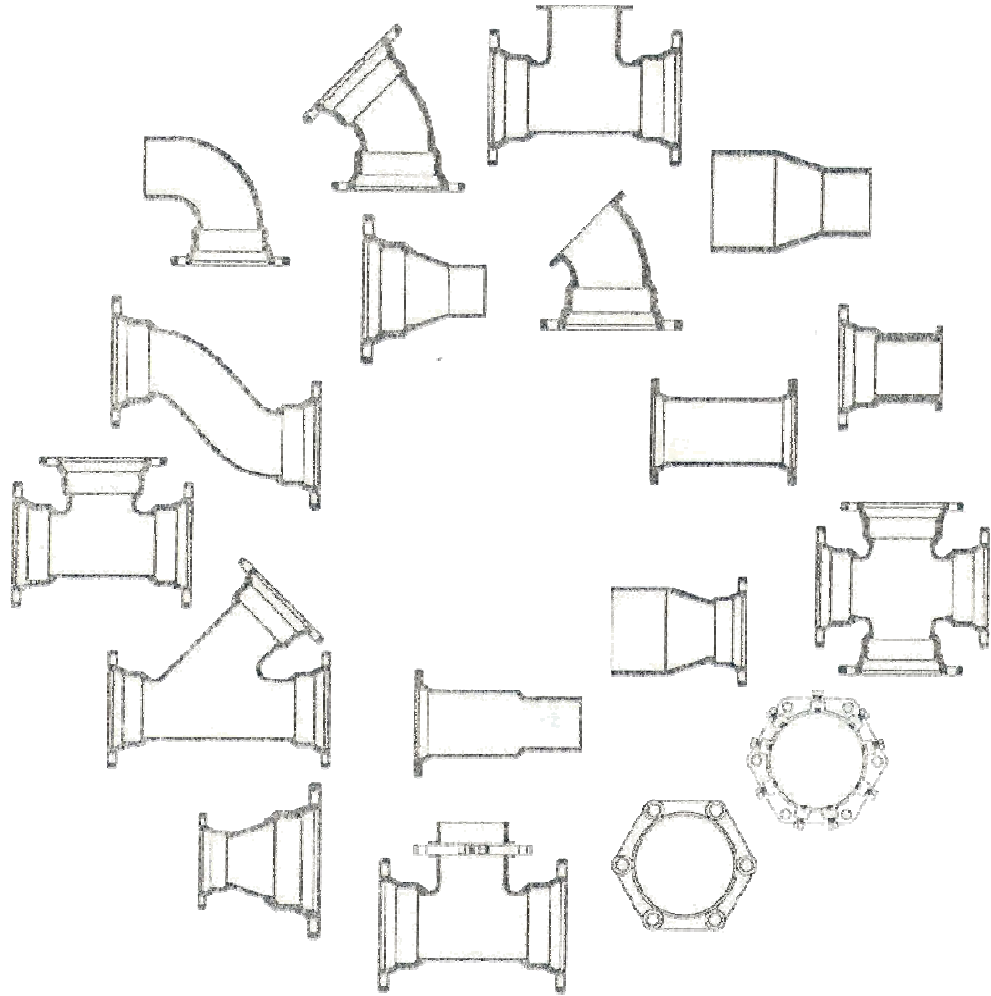


Fig. 2.6 (CNA; 1994: 25)

Piezas especiales de Acero.

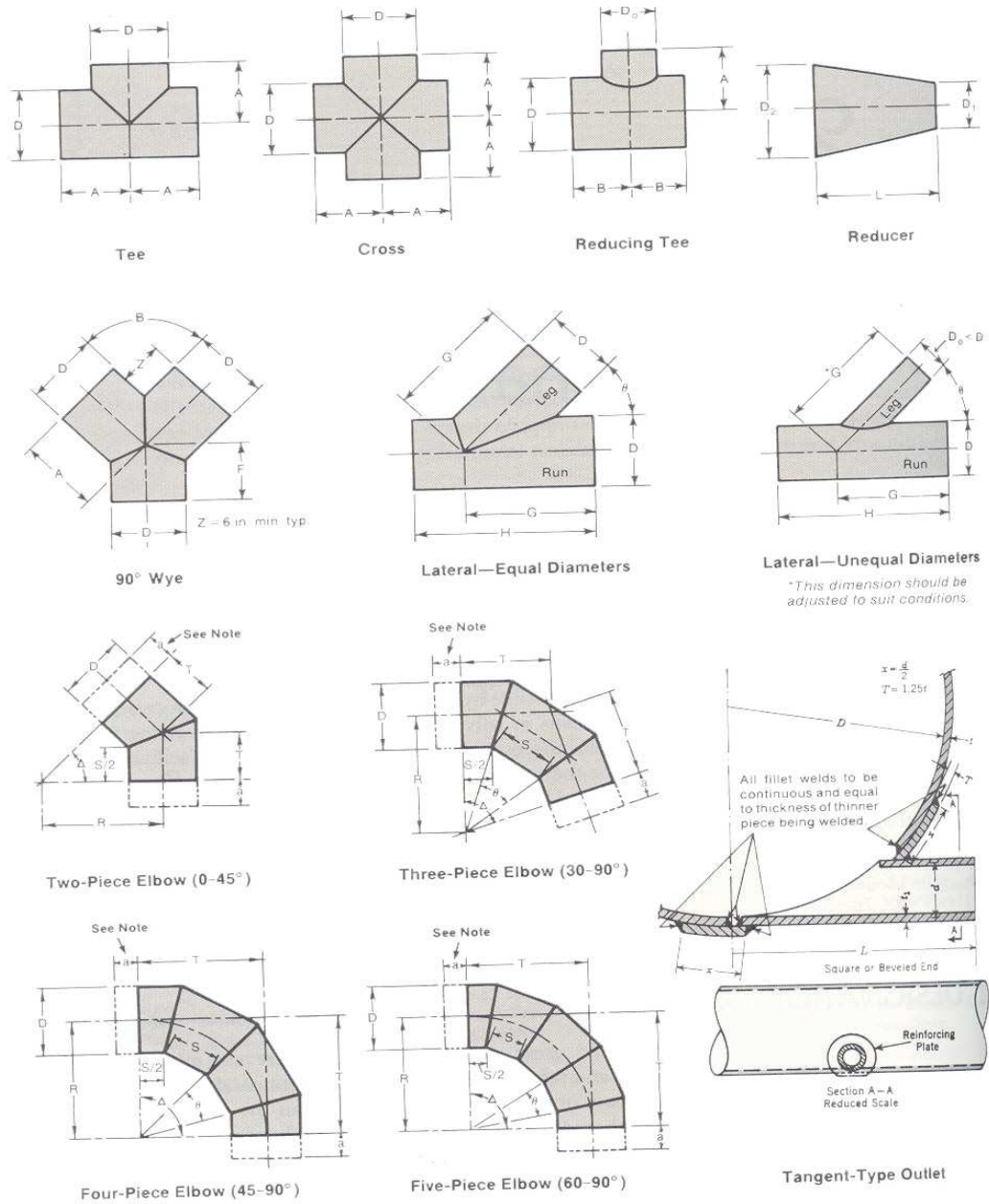


Fig. 2.7 (CNA; 1994: 26)

2.2.3.- Válvulas.

“Las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión. Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. Así, existen accionadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, los cuales se usan en plantas de tratamiento o en instalaciones donde se requiere operar frecuentemente las válvulas. En redes de distribución son mas usuales las válvulas que se operan manualmente mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales”. (CNA; 1994: 27)

Partiendo de lo dicho por la CNA (1994), se dividen en dos clases las válvulas, según su función: 1) Aislamiento o seccionamiento y 2) Control. También según su tipo las válvulas de aislamiento pueden ser: de compuerta, de mariposa, o de asiento (cilíndrico, cónico o esférico). Las válvulas de control pueden ser: de altitud, de admisión y expulsión de aire, controladores de presión, de globo, de retención (check), o de vacío (de desagüe).

a) Válvulas de compuerta: Estas válvulas se emplean con el objeto de aislar (bloquear) en un momento dado algún elemento o sección del sistema para efectuar una reparación, inspección o dar mantenimiento, sin que se interrumpa totalmente el servicio. En diámetros mayores a 400 mm (16”), se recomienda una válvula de paso, estas permiten igualar las presiones en ambos lados de la válvula, para que sea más fácil el cerrarla o abrirla.

b) Válvulas de mariposa: Este tipo de válvulas operan por medio de una flecha que acciona un disco haciéndolo girar centrado en el cuerpo. Estas válvulas pueden sustituir a las de compuerta cuando hay diámetros grandes y presiones bajas en la línea.

c) Válvulas de asiento: Según la CNA (1994), lo que las mueve es un cilindro, cono o esfera, en lugar de un disco. Este elemento posee una perforación igual al diámetro de la tubería, por lo que generalmente requiere un giro de 90° para pasar de abertura total a cierre o viceversa.

d) Válvulas de altitud: Estas válvulas controlan el nivel del agua en un tanque en el sistema de distribución con excedencias a tanques.

e) Válvulas para admisión y expulsión de aire: Partiendo de lo señalado por la CNA (1994), estas válvulas son instaladas para permitir la entrada y salida de aire a la línea. Lo anterior puede requerirse durante las operaciones de llenado o vaciado de la línea. Evitan la formación de vacíos parciales en la línea durante su vaciado, que pudieran causar el colapso o aplastamiento de la tubería.

f) Válvulas controladoras de presión: Reducen las presiones aguas arriba a una presión prefijada aguas abajo, independientemente de los cambios de presión y gasto. Estas se emplean generalmente para abastecer a zonas bajas de servicio. Tienen la ventaja de ajustarse a las condiciones de la tubería, sean estas variables o no. Sin embargo existe una variedad de válvulas controladoras de presión, ya que lo importante, como bien su nombre lo dice controlan las presiones en las tuberías.

g) Válvulas de globo: Este tipo de válvulas son de gran volumen y presentan una alta resistencia al paso del agua por lo que se emplean, en tuberías de pequeños diámetros como los que se tienen en los sistemas rurales. Constan de un disco horizontal accionado por un vástago para cerrar o abrir un orificio por el que pasa el agua. Este mecanismo se encuentra dentro de una caja de fierro fundido con extremos de brida para utilizar eventualmente los diámetros grandes y de rosca para los pequeños.

h) Válvulas de retención: También llamadas válvulas check, son automáticas y se emplean para evitar contraflujos, es decir, flujo en dirección contraria a la de diseño. Estas se colocan donde el agua contenida en la tubería puede revertir su dirección de flujo durante el paro de una bomba o el fallo de energía eléctrica y dañar instalaciones hidráulicas tales como bombas y sus respectivos motores. También impide el vaciado de la línea.

2.2.4.- Cajas rompedoras de presión.

De conformidad con la CNA (1994), las cajas rompedoras de presión se colocan cuando las pendientes están muy prolongadas, para minimizar las excesivas presiones que puedan surgir durante el transcurso de la tubería, y puedan dañar toda la tubería de la red de distribución.

2.2.5.- Bombas.

“Las bombas y las turbinas forman parte de las maquinarias para fluidos denominadas “turbomaquinaria”, debido a que se conectan a una flecha rotatoria. En el caso de las turbinas, la flecha rotatoria se encarga de transmitir la energía mecánica extraída del agua en movimiento a un generador para producir energía eléctrica. Por otra parte, las bombas reciben la energía mecánica proveniente de un

motor a través de la flecha con el fin de elevar la presión del agua para conducirla en las tuberías". (CNA; 1994: 33)

Con base a lo señalado por la CNA (1994), casi todos los sistemas de distribución de agua potable y líneas de conducción de agua, colocan bombas en sus instalaciones para trasladar el agua a través del sistema o para mantener las presiones requeridas. Esto permite que:

a) Elevar el agua desde pozos, norias o de fuentes superficiales o subterráneas a plantas de almacenamiento en partes altas para, así por medio de la gravedad o bombeo, distribuir el agua hacia la población.

b) Incrementar la presión para servir áreas de servicio ascendentes.

c) Bombear químicos en unidades de tratamiento, transportar el agua en las instalaciones de tratamiento, retrolavado de filtros, desalojar tanques sedimentadores y remover sólidos depositados.

"Las bombas en general, permiten trasladar fluidos agresivos o no, ya sean líquidos, gases, o sólidos y semisólidos, a diferentes temperaturas. Existen diseños como ampliaciones y fabricantes por lo que resulta difícil mencionarlas a todas. Sin embargo, se pueden clasificar de acuerdo al principio de su funcionamiento". (CNA; 1994: 33)

Puede haber de desplazamiento positivo y dinámicas o cambiadoras de impulso.

Partiendo de lo dicho por la CNA (1994), las bombas de desplazamiento positivo, se basan en cambios de volumen y esto hace que force al fluido en la circulación como es el llenado de una cámara a través de una cavidad, luego su

llenado y empuje del fluido a través de otra cavidad. Esto hace que maneje fluidos sea cual sea su viscosidad.

Las bombas dinámicas, en éstas no existe un volumen cerrado y su funcionamiento se basa en transmitir un impulso o movimiento al fluido por medio de placas o álabes de rápido movimiento agrupados en un impulsor. Este tipo de bombas provee mayores gastos que las de desplazamiento positivo con mayor uniformidad, pero estas son poco efectivas con líquidos que tienen alta viscosidad. Además necesitan del “cebado”, esto consiste en llenar la cavidad del impulsor con el líquido a conducir, ya que si contiene aire, no pueden succionar el líquido de su entrada. Una bomba dinámica puede proveer gastos hasta de 20 m³/s, pero usualmente con incrementos moderados de presión.

La clasificación de las bombas es de acuerdo al mecanismo o diseño mecánico y puede ser en:

- 1) De desplazamiento positivo.
 - a) Alternativas: De pistón o émbolo y de diafragma.
 - b) Rotativas: Rotativa de pistones, engranajes externos, engranajes internos, rotor lobular, paletas (deslizantes, servicio pesado, oscilantes, excéntrica-paleta, rodillo-paleta y flexible) y husillo (simple o de estator flexible y rígidas).
- 2) Dinámicas o cambiadoras de impulso.
 - a) Rotodinámicas: De flujo radial (centrifuga), axial y mixto.

2.2.6.- Hidrantes.

“Los hidrantes son conexiones especiales de la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendios”. (CNA; 1994: 31)

Con base en lo señalado por la CNA (1994), los hidrantes públicos, son llaves colocadas en ciertas distancias, para abastecer a unos cuantos domicilios.

En cambio los hidrantes contra incendios se colocan en distancias menores, ya que como su nombre lo dice estos están colocados para ser usados en caso de incendios, son de fácil acceso ya que en ellos se pueden conectar mangueras, para combatir los incendios.

2.2.7.- Tanques de distribución.

También se les llama almacenamientos, estos son utilizados en los sistemas de distribución de agua, ya que con ello se asegura la cantidad y la presión que requiere la red. Dependiendo de la construcción, bien pueden ser superficiales o elevados. Los superficiales se emplean cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio.

“Es conveniente recordar que la línea de conducción se diseña con el gasto máximo diario Q_{md} , mientras que la línea de alimentación y la propia red de distribución se diseña con el gasto máximo horario Q_{mh} en el día de máxima demanda. De esta forma la red y la línea de alimentación conducen un mayor gasto durante las horas de mayor demanda mientras que la línea de conducción conduce

un gasto menor, pero el abastecimiento esta asegurado por la existencia del tanque de regularización. Con estas disposiciones se tiene una mayor economía en la línea de conducción". (CNA; 1994: 32)

2.2.8.- Pozos.

Como lo señala la CNA (1994), el agua subterránea es muy importante para una red de distribución, ya que este tipo de agua no requiere de mantenimiento y su captación es más económica que en los embalses. Otra de las ventajas del agua subterránea es que las cantidades de agua son mas seguras y las sequias no le afectan mucho.

El agua subterránea se aprovecha construyendo pozos, los cuales son excavaciones o perforaciones verticales. En estas perforaciones puede brotar el agua y así puede ser extraída del subsuelo.

2.2.9.- Tomas domiciliarias.

Estas tomas tienen como finalidad extraer de la red de distribución el agua, para así conducirla a las instalaciones hidráulicas de cada uno de los domicilios.

Para la toma domiciliaria existen diámetros que generalmente son los siguientes: 13 o 19 mm. En el mercado existen gran cantidad de materiales y piezas especiales las cuales son usadas para la toma domiciliaria

“En general, la toma domiciliaria se puede clasificar como metálicas o combinadas. En las primaras, las tuberías del ramal y del cuadro son metálicas, y en las segundas, el ramal es de material plástico. La toma domiciliaria metálica se

instala con cobre (flexible en el ramal y rígido en el cuadro) o de cobre (flexible) en el ramal y hierro galvanizado en el cuadro. Por otra parte las tomas domiciliarias combinadas emplean polietileno de alta densidad (PEAD) en el ramal y cobre (rígido) o hierro galvanizado en el cuadro”. (CNA; 1994: 35)

2.3.- Presiones disponibles.

“La presión o carga hidráulica que actúa en un punto de una tubería se define por la diferencia entre la cota piezométrica en este punto y la cota del centro de la tubería”. (CNA; 1994: 7)

De conformidad con la CNA (1994), es común manejar presiones en las redes de distribución, con relación al nivel de la calle en vez de referirlas al centro del tubo. En este caso se les llama presiones disponibles o libres y se calculan para los cruceros de las tuberías.

2.4.- Presiones admisibles.

Una de las cosas que son muy importantes es la presión mínima, ya que se debe verificar en la red de distribución de tal manera que en todos los puntos se tenga una presión por lo menos igual a ésta en la hora de máxima demanda y , se garantice un suministro mínimo. Por otra parte, la máxima se presentará cuando exista muy poca demanda y la red siga funcionando a presión.

La topografía es el establecimiento de estas condiciones en una localidad, como resultado de esto, en los puntos más elevados, la presión disponible en las horas de máximo consumo no debe ser inferior a la presión mínima requerida; en

cambio, en los mas bajos, esta presión no debe ser superior a la presión máxima especificada.

2.5.- Zonas de presión.

“Las zonas de presión son divisiones realizadas en la red de distribución debido a la topografía, el tamaño o las políticas de operación de la localidad”. (CNA; 1994: 7)

Las zonas de presión suelen intercomunicarse entre si para abastecerse en forma ordinaria cuando se tiene sólo una fuente, o extraordinaria cuando se tienen varias fuentes. Las válvulas son las que hacen posible la interconexión entre las zonas de presión, descarga directa a tanque o uso de válvulas reductoras de presión en el caso de las zonas bajas, o de rebombeo a zonas altas.

2.6.- Tipos de proyectos de redes.

Es importante mencionar que la mayor parte de las obras que se llevan a cabo de red de distribución de agua potable, son para mejorar o ampliar las redes que ya existen, solamente en una pequeña proporción es para servicio a zonas nuevas o aisladas. Por ello los dos tipos de proyectos, uno es el de rehabilitación y los nuevos.

De conformidad con la CNA (1994), los de rehabilitación se llevan a cabo cuando se debe modificar alguna parte de la red para mejorar, en cuanto al funcionamiento hidráulico, cuando hay cambios en el uso del suelo o ampliaciones a la zona de servicio.

Por otra parte, los proyectos nuevos, son aquellos que se requieren cuando se debe dar servicio por primera vez a una zona, o cuando se amplía una red la cual ya existe que por su dimensión en proyecto ya no se cataloga como rehabilitación.

2.7.- División de una red de distribución.

“Una red de distribución se divide en dos partes para determinar su funcionamiento hidráulico: la red primaria, que es la que rige en funcionamiento de la red, y la red secundaria o “de relleno”. (CNA; 1994: 8)

Según la CNA (1994), la red primaria es la que permite conducir el agua por medio de líneas troncales o principales y que alimentan a las redes secundarias. Para las redes primarias el mínimo del diámetro es de 100 mm, sin embargo, en colonias urbanas populares se acepta un diámetro de 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm.

En cambio la red secundaria propiamente distribuye el agua hasta la toma domiciliaria, y existen 3 tipos de red secundaria:

1.- Red secundaria convencional: Los conductos en esta red se unen a la red primaria y funcionan como una red cerrada. En esta red hay válvulas tanto en las conexiones con la red primaria y en los cruces de la secundaria.

2.- Red secundaria en dos planos: Aquí las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos, o bien en un solo cruce de las tuberías primarias en los casos de líneas exteriores. Su longitud varía entre 400 y 600 m, dependiendo del tamaño de la zona

a la que se le da el servicio. Estas líneas se cruzan pero no necesariamente se tienen que conectar.

3.- Red secundaria en bloques: En estas redes las tuberías secundarias forman bloques que se conectan con la red primaria solamente en 2 puntos y la red principal no recibe conexiones domiciliarias. Las tuberías secundarias su longitud normalmente es de 2000 a 5000 m, la red secundaria dentro de un bloque puede ser convencional o en dos planos.

2.8.- Atraques.

En muchos lugares en una tubería presurizada, puede ocurrir un desequilibrio en las fuerzas hidrostáticas como resultado de la configuración de la tubería. Estas fuerzas desequilibradas se llaman fuerzas de empuje. Las fuerzas de empuje pueden ocurrir en cualquier punto de un sistema de tubería donde hay un cambio de dirección o del área transversal del conducto de agua. Los instaladores de las tuberías deben equilibrar estas fuerzas mediante atraques (normalmente de concreto) o retenedores mecánicos.

A continuación se presentarán ejemplos de la correcta ubicación de los anclajes, las densidades del relleno deben ser específicas en el proyecto o similares al terreno natural no alterado.

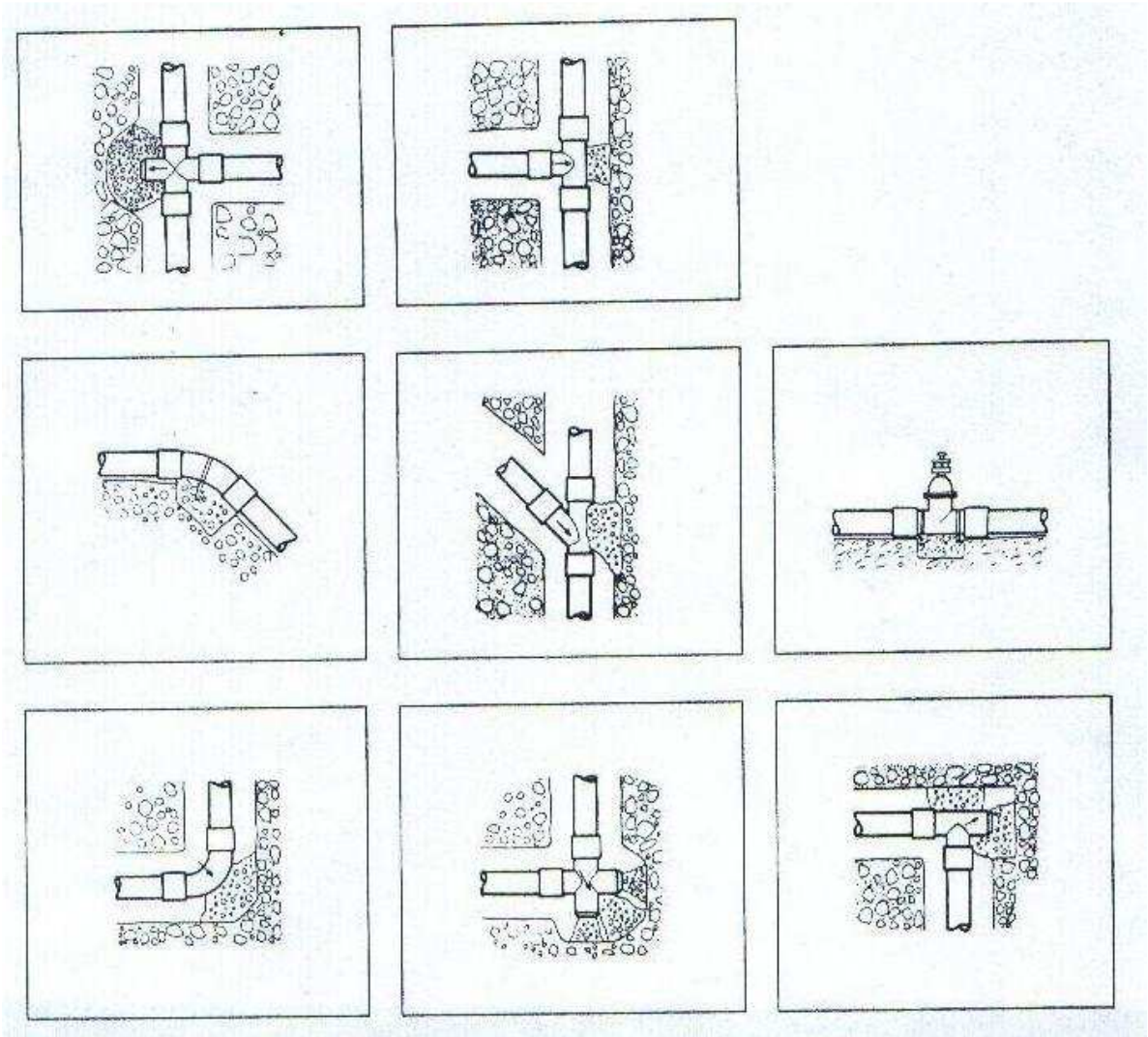


Fig. 2.8 (CNA; 1994: 11)

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En este presente capítulo se abordarán las generalidades del proyecto, también se mostrará el lugar de donde se encuentra el proyecto, partiendo de la localidad, su entorno geográfico, en el cual se describe la localización geográfica, mencionando características físicas del lugar, geológicas, hidrología regional, así como también se presentara un informe fotográfico y descriptivo del lugar.

3.1.- Objetivo.

El objetivo principal del proyecto es revisar la red de distribución de la red de agua potable de la comunidad de Angahuan, Michoacán, cumpliendo con las especificaciones que marcan las normas para la construcción de dicho proyecto.

3.2.- Alcance del proyecto.

En este proyecto se darán a conocer los procedimientos, así como el análisis para la construcción de la red de distribución de agua potable antes mencionada, y así hacer la comparación del proyecto existente con el que se presentará. Para dar a conocer si el proyecto actual se construyó con eficiencia o si las tuberías fueron las adecuadas, para las dimensiones del proyecto y, por último, para analizar si el proyecto lo apegaron a las normas correspondientes.

3.3.- Resumen ejecutivo.

Este proyecto se logró gracias a la información que proporcionó CAPASU (Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Uruapan), dentro de la información recaudada están: los planos (levantamiento topográfico, perfiles, secciones), y algunos datos hidrológicos de la zona. Es importante la información proporcionada por CAPASU, ya que con dicha información se pueden hacer los cálculos necesarios para el proyecto.

En dicho proyecto se revisarán los diámetros de las tuberías, gastos y la demanda que existe en la localidad, para verificar si es adecuado el proyecto actual y si las tuberías fueron las adecuadas. Para verificar estos datos se tuvieron que hacer revisiones en el sitio y sobre esto analizar las tuberías y compararlas con las propuestas en este proyecto.

3.4.- Entorno geográfico.

En este tema se analizará la micro y macrolocalización de la zona de proyecto y la región de la población de Angahuan, Michoacán, se estudiará la topografía, la geología, la hidrología y el uso del suelo de esta región.

3.4.1.- Macrolocalización.



Figura 3.1.- Ubicación del estado de Michoacán.

Fuente: http://pickatrail.com/jupiter/location/north_america/mexico/map/michoacan.gif

Partiendo de los resultados del Segundo Censo de Población y Vivienda 2005 (referido al 17 de octubre de 2005), Michoacán contaba con 3.966.073 habitantes, con una tasa de crecimiento de -0,1% anual en el periodo 2000-2005. De hecho, fue la única entidad federativa con crecimiento poblacional negativo durante el periodo mencionado. El estado cuenta con una extensión territorial que representa el 3.0 % de la superficie del país y con 58.585 kilómetros cuadrados, de latitud norte 20°24', latitud sur 17°55' y 100° 4' de longitud oeste. Colinda con los estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro al norte,

al este con Querétaro, México y Guerrero, al sur con Guerrero y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

3.4.2.- Microlocalización.

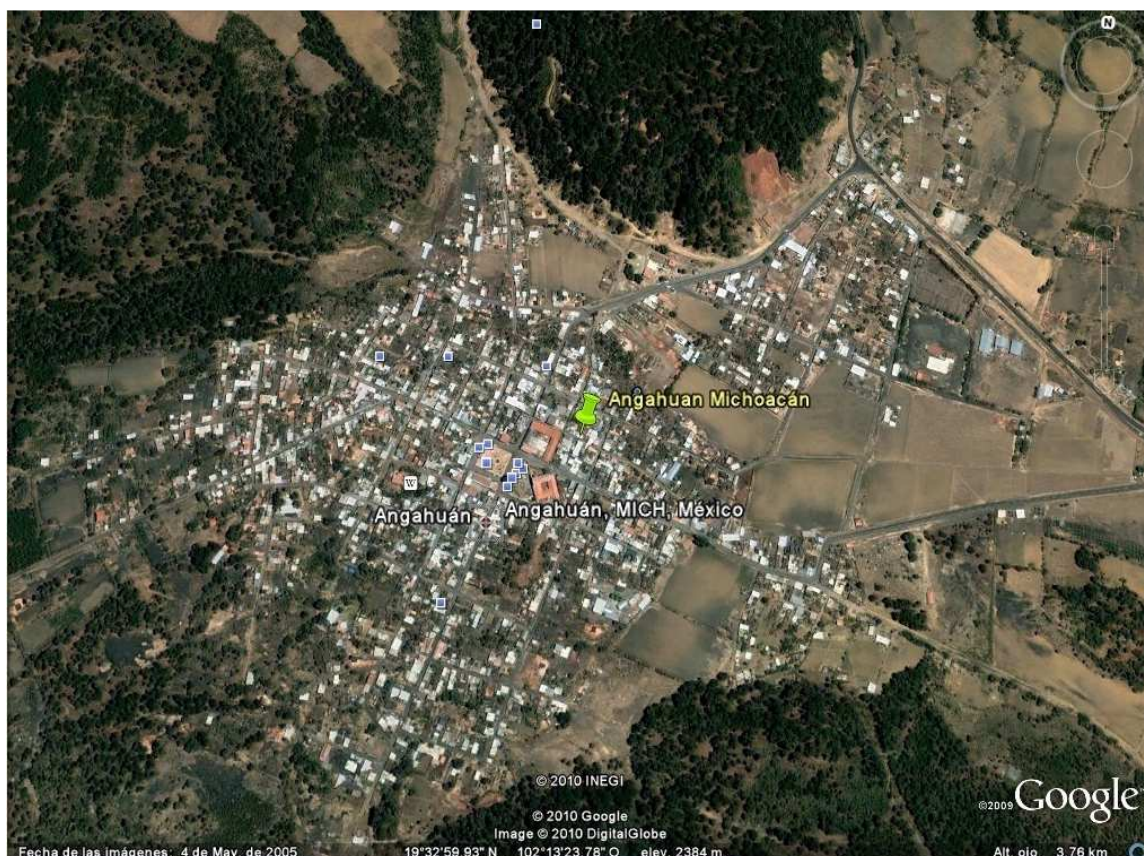


Figura 3.2.- Foto satelital de la población de Angahuan Michoacán.

Fuente: Google earth 2009

En Michoacán existen muchas poblaciones purépechas, y una de ellas es la comunidad de Angahuan. Está situada a unos 32 kilómetros de la ciudad de Uruapan, Michoacán, la segunda ciudad más grande del estado.

La palabra Angahuan, significa “Lugar después de la pendiente”, esta comunidad es de las comunidades de la meseta purépecha que aún conservan sus tradiciones y costumbres, el idioma es purépecha.

Cerca de esta comunidad se encuentra el volcán paricutín el cual hizo erupción en el año de 1943, y cabe mencionar que a consecuencia del nacimiento de dicho volcán sepulto el pueblo de parangaricutiro y dejó unas ruinas las cuales son muy visitadas por muchos turistas de varias partes de la república incluso del extranjero.

Una de las cosas que puede ofrecer la región, son las artesanías, paseos turísticos, hospedajes en hoteles de gran prestigio y con un estilo tradicional, además de entre muchas cosas más, están los paseos a caballo por las ruinas hasta llegar al volcán paricutín.



Figura 3.3.- Ubicación de Angahuan Michoacán.

Fuente: <http://www.travelamap.com/mexicomichoacan.gif>

3.5.- Geología regional y de la zona de estudio.

Partiendo de lo dicho por Ávila García (1996), Angahuan está dentro de las zonas más altas del estado de Michoacán, unido a esto pasa el eje neo volcánico, debido a su fisiografía existen grandes montañas volcánicas. La geología de la región es demasiado complicada, ya que recientemente se formó el volcán parícutín y debido a esto sigue en actividad volcánica, en el año de 1943 estalló en erupción, y no está exento de volver a tener actividad.

El ambiente geológico está constituido por rocas ígneas extrusivas e intrusivas. Las rocas extrusivas más antiguas son andesitas de posible edad preterciaria que afloran al sur de la región. Por otro lado, se tiene rocas volcánicas de edad cenozoica, que consisten en basaltos, andesitas y tobas riolíticas.

En la región debido a la erupción del volcán (Parícutín), encontramos rocas de origen volcánico (ígneas) este tipo de rocas están caracterizadas por su alta permeabilidad, porosidad y grado de fractura.

En esta región encontramos, que los suelos son de color negro y pardo-rojizo, muy ligero y su espacio poroso es abundante, su textura es de migajón arcillosa, con una permeabilidad media y drenaje moderado, estos suelos son característicos de las zonas con bosques de encino y pino.

3.6.- Hidrología regional y de la zona en estudio.

Partiendo de lo dicho por Ávila García (1996), a pesar de que en la Meseta existe una abundante precipitación (más de 1200 mm al año) y extensa cubierta forestal, sus particulares condiciones geológicas y topográficas impiden la formación de lagos y ríos en su interior. Sólo afloran manantiales y norias de pequeño caudal (menores a los 5 litros por segundo). En sus alrededores se forman cuerpos de agua, manantiales y ríos de abundante caudal y hay un sin número de pozos profundos (Uruapan, Los Reyes, Pátzcuaro, Zamora). Esto es por sus condiciones biofísicas y climáticas (abundante precipitación, alta permeabilidad del suelo, elevada topografía, vegetación forestal dominante) que facilitan la recarga de acuíferos.

Como bien se sabe, el agua es un recurso de limitada disponibilidad natural, la situación que ha vivido la población desde la época prehispánica ha sido muy difícil: desde recorrer largas distancias y esperar noches y días enteros para obtener un poco de agua, hasta consumirla en condiciones de baja calidad (sedimentos y materia orgánica). Por ejemplo, en los meses más críticos (marzo a mayo) se raciona el agua, por acuerdo comunal, para garantizar un volumen mínimo necesario por familia; y en los meses de julio a septiembre se complementa el abastecimiento a través del aprovechamiento del agua de lluvia que se capta de los techos de las casas.

El agua, sin duda, es de vital importancia para los seres humanos y además tiene un valor sociocultural muy alto. Y no puede ser la excepción para los habitantes de la Meseta Purépecha, no sólo porque es un recurso muy escaso, sino porque tiene un carácter sagrado y divino que se refleja en los mitos, rituales y fiestas existentes.

3.7.- Climatología regional y de la zona en estudio.

De conformidad con Ávila García (1996), casi toda la región purépecha, particularmente la Meseta, presenta climas templados subhúmedos con lluvias en verano, se caracteriza por ser templado subhúmedo con lluvias en verano y con porcentaje de lluvia invernal menor a 5; es el más húmedo de los subhúmedos. En la parte oriente y en algunos cerros y montañas se tiene el clima, que es semifrío húmedo con lluvias en verano y porcentaje de precipitación invernal menor de 5; es el más húmedo de su tipo. En la parte sur se tiene un clima templado húmedo con lluvias abundantes en verano y con porcentaje de lluvia invernal menor de 5.

3.8.- Uso del suelo regional y de la zona de estudio.

Las unidades familiares realizan una gran cantidad de actividades para la reproducción social y la obtención de ingresos, por ejemplo, un autor señala como actividades distintivas la agricultura, el comercio, el trabajo asalariado en la agricultura o la producción artesanal de madera y la migración temporal.

- 1) Agricultura:** La agricultura es lo mas importante para la región purépecha y uno de los cultivos son principalmente de maíz.
- 2) Ganadería:** Principalmente los animales que aquí se crían son: el ganado vacuno y los borregos (lanar).
- 3) Turismo:** Dentro de la región el turismo es el más importante, ya que en la región se encuentra el volcán (Paricutín), el cual es de atracción nacional e internacional aparte de algunos otros lugares que son de gran belleza.
- 4) Comercio:** Cuenta con artesanías típicas de la región y una gastronomía de gran tradición, entre otros.

3.9.- Informe fotográfico.



Foto 1.- Entrada a la población de Angahuan, Michoacán.



Foto 2.- Jardín principal de la población de Angahuan, Michoacán.



Foto 3.- Existen calles con pendientes prolongadas.



Foto 4.- La población de Angahuan, se encuentra en pozo, y existe variación de pendientes, bien sea a favor o en contra.



Foto 5.- Debido a la topografía, hay cambios mas bruscos de pendientes, a favor y en contra.



Foto 6.- Ubicación del tanque de almacenamiento de agua.



Foto 7.- Tubería de llegada al tanque de almacenamiento de agua.



Foto 8.- Control de agua a través de válvulas.

3.10.- Estado físico actual.

La tubería se encuentra en perfectas condiciones, lo cual es bueno para la población, esto significa que se realizó un trabajo de excelente calidad en la red de distribución de agua potable, sin embargo, uno de los problemas que se encuentra en la población es la insuficiencia de agua, y esto afecta a la población, ya que el líquido es de vital importancia para la sobrevivencia del ser humano.

3.11.- Alternativas de solución.

El hacer pozos no es la mejor solución que se pueda presentar ante el problema, ya que por la altura de la población sería imposible encontrar el agua, sin embargo, no se está exento de hacer perforaciones profundas para encontrar el agua, una de las soluciones que pueden ser redituables para la sociedad es la captación de agua a través de represas, que sería la mejor solución, ya que por las grandes montañas y cerros que hay en el lugar se lograría fácilmente.

Las propuestas que aquí se presentarán ayudarán a que se economice en tuberías y se propongan materiales de mayor calidad para que sea más redituable la construcción de la red de agua potable.

3.12.- Planteamiento de alternativas.

1) Con la disminución de pendientes, se logrará tener una mejor distribución del agua para que no sea necesario bombear el agua, en caso de que las pendientes que se tengan que cubrir sea aguas arriba.

2) Escoger la tubería adecuada para no tener una tubería que esté demasiado sobrada o en su defecto, que esté escasa. Para que sea de mayor funcionalidad.

3.13.- Gastos de diseño.

De conformidad con la CNA (1994), para facilitar el cálculo hidráulico de la red se asume que el consumo se extrae concentrado en sus nudos. Son posibles tres procedimientos para obtener el gasto de demanda de cada nudo. El primero es el más preciso; los otros dos requieren menos información, pero sus resultados son menos confiables.

- 1) Gasto por lote o toma: Conociendo el número de habitantes por lote o toma, se calcula el caudal que se requiere en cada uno multiplicando este número por dotación. De una manera se calcula el consumo para usos habitacionales con los datos del tema "datos básicos", el caudal que entrega un tramo se integra con la suma de los caudales de los lotes atendidos por el tramo. Este caudal se concentra en partes iguales en los dos nudos del tramo.
- 2) Gasto por unidad de área: si nada más se conoce la superficie que se analizara y todavía no se ha lotificado, el gasto total se divide entre el área neta a la que se proporcionara el servicio. El gasto unitario que resulta se multiplica por el área que sirve cada nudo, por lo cual el área por servir en áreas de influencia para las diferentes nodos.
- 3) Gasto por unidad longitudinal: cuando no se conocen las superficies con certeza que atenderá cada tramo, se divide el gasto total de la red entre la

suma de las longitudes de todos los tramos. El gasto unitario resultante se multiplica por la longitud de cada tramo. Para este procedimiento, nada más se usa en el abastecimiento de zonas habitacionales y se recomiendan los otros dos para zonas industriales.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se estudiará la metodología que se empleó para el desarrollo de la tesis, comenzando primeramente con el método empleado, el enfoque de la investigación, su alcance, el diseño de la investigación, instrumentos de recopilación de datos y una descripción del proceso de investigación empleada.

4.1.- Método empleado.

El método empleado que fue utilizado para el presente trabajo fue el método matemático cuantitativo, ya que el proceso constructivo para la red de distribución de agua potable, se eligió este método por la cuestión de que en él, se involucran cálculos para las diferentes situaciones.

4.1.1.- Método matemático.

Este método es el que indica el origen del objetivo y en el se trabaja con números y una serie de cálculos para llegar a los resultados, obtener una comparativa para tener nociones derivadas, de valor económico, de importancia y de gran capacidad.

Partiendo de lo dicho por Mendieta (2005), sea cual sea la investigación que este relacionada con números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones, y tomando en cuenta para una afirmación o negación, está tomándose en cuenta el método cuantitativo.

“Otras de las formas usuales es la comparación. En las cuales se dividen matrices diferenciales, cambios graduales, referencias de campo, análisis de unos factores por otros, se está usando el método comparativo”. (Mendieta; 2005: 49)

4.1.2.- Método Analítico.

Este método distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar cada uno de ellos por separado, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

4.2.- Enfoque de la investigación.

En base a lo dicho por Hernández Sampieri (2005), el presente tema de investigación se enfocó a una investigación cuantitativa, ya que esta nos ofrece una posibilidad de generalizar los resultados mas ampliamente, nos ofrece un control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Aparte facilita la comparación entre estudios muy similares.

En este trabajo de tesis se lleva a cabo el procedimiento de construcción de un sistema de red de agua potable, se está partiendo de un proyecto ya realizado y se va a realizar una comparativa de resultados entre el trabajo real ejecutado contra el proyecto original, por ello se está empleando la investigación cuantitativa para analizar la comparación de resultados y especificar las soluciones adecuadas de los resultados finales.

4.2.1.- Alcance.

En base a lo señalado por Hernández Sampieri (2005), este trabajo de investigación es descriptivo y el planteamiento consiste en describir situaciones, eventos y hechos. Esto quiere decir cómo es y cómo se presenta cada fenómeno estudiado. Los estudios describen y especifican propiedades, y características. Las personas, grupos o comunidades, recolectan, miden o evalúan los distintos puntos a los que se investiga.

Para este trabajo de investigación es necesario partir de un proyecto ya realizado, para verificar si realmente se hizo apegado a las normativas necesarias para su correcta ejecución. Y en base a eso hacer las conclusiones y los análisis, y verificar si coincidió o en donde vario en cuanto a resultados.

4.3.- Diseño de la investigación.

Partiendo de lo dicho por sampieri (2005), esta investigación no es de clase experimental, por lo que se clasifica por su dimensión temporal, un número de momentos o puntos en el tiempo, en el cual se recopilan datos importantes para dicha investigación. Estos diseños se clasifican en transeccionales y longitudinales; en este caso la investigación es de carácter transeccional.

4.3.1.- Investigación transeccional o transversal.

“Los diseños de investigación transeccional o transversal, recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, es tan simple como tomar una fotografía” (Hernández Sampieri; 2005: 270)

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Existe una gran cantidad de métodos, los cuales sirven para la recopilación de datos. En estudios de investigaciones cuantitativos es frecuente que se incluyan varios tipos de cuestionarios al mismo tiempo que pruebas estandarizadas y recopilación de contenidos para análisis estadístico.

Y es por ello que para recopilar datos es necesario lo siguiente:

- a) Seleccionar uno o varios métodos o instrumentos disponibles o desarrollarlos, tanto cuantitativos como cualitativos, ya que depende del enfoque del estudio, del planteamiento del problema y de los alcances de la investigación.
 - b) Aplicar los instrumentos necesarios.
 - c) Preparar las mediciones obtenidas del levantamiento topográfico o los datos levantados para analizarlos correctamente.
- 1) El enfoque cuantitativo, es el encargado de recolectar los datos y esto equivale a medir. Al hablar de medición se habla de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, mediante clasificación o cuantificación, toda investigación cuantitativa mide las variables contenidas en las hipótesis.
 - 2) Existen 2 requisitos para recolección de datos: la confiabilidad y la validez. La primera se refiere al grado en que la aplicación repetida de un instrumento de medición, al mismo sujeto u objeto, produce los mismos resultados. Y la segunda mide realmente las variables que pretende medir.
 - 3) No se puede hablar de una medición perfecta, sin embargo el error de medición debe reducirse a los límites tolerables.

- 4) La confiabilidad cuantitativa se determina calculando un coeficiente de confiabilidad. Existen distintos procedimientos para los cálculos de la confiabilidad cuantitativa son la medida de estabilidad, el método de formas alternas, el método de mitades partidas, el coeficiente alfa de Cronbach y el coeficiente KR-20.

Los pasos genéricos para elaborar un instrumento de medición son los siguientes:

- 1) Listar las variables que se van a medir.
- 2) Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
- 3) Elegir uno ya construido o construir uno propio.
- 4) Indicar los niveles de medición de las variables (nominal, ordinal, por intervalos y de razón).
- 5) Indicar cómo se habrán de codificar los datos.
- 6) Aplicar prueba piloto.
- 7) Construir su versión definitiva.

Dentro de la investigación de este proyecto y de acuerdo al tema es necesario utilizar distintos programas computacionales para un correcto funcionamiento del sistema de agua potable. Los programas que se utilizaron fueron los siguientes; Autocad, este se utilizo para dibujar el proyecto a estudiar (niveles, planta, secciones, etc.), así como el Excel para los cálculos de las dimensiones de las tuberías, para así elegir la tubería apropiada y sus piezas especiales.

4.5.- Descripción del procedimiento de investigación.

El presente estudio de investigación se desarrolló partiendo principalmente de la ubicación de la localidad y las necesidades del estudio para posteriormente verificar si se contaba o no con el proyecto de construcción. Después de lo mencionado anteriormente, fue preciso recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportará la revisión de dicho proyecto. Así, fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos. Posteriormente, se realizó la captura de datos usando el programa computacional Autocad, Excel, y se contrastó con la teoría recabada, haciendo un análisis minucioso del proyecto hasta establecer las conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de esta tesis.

4.6.- Análisis e interpretación de resultados.

A continuación se muestran los cálculos de la red de agua potable de la localidad de Angahuan, Michoacán, así como los distintos métodos utilizados para que la red sea de plena satisfacción y sus características adecuadas. También se presentara una descripción detallada de los pasos que se siguieron para realizar los cálculos de la red ya mencionada.

4.7.-Cálculo hidráulico de la red.

Los planos topográficos fueron esenciales para los cálculos de la red de distribución de agua potable de la localidad de Angahuan, Michoacán, ya que en ellos se observa la planimetría de la localidad y se muestran las distancias, que son necesarias para el calculo de la red.

4.8.- Memoria descriptiva.

A continuación se presentarán algunos datos y especificaciones que se tomaron en cuenta para el cálculo, para la correcta elaboración de la red de agua potable de la localidad de Angahuan, Michoacán.

CÁLCULOS.

DATOS:

$P = 6,720$ hab.

$D = 150$ l/hab/día.

$F = 1.4$ Coeficiente de variación diaria.

Como el diseño de la red de distribución de agua potable, se proyectara para 20 años se debe considerar un % de crecimiento anual, que según INEGI es de 2%.

La población real será de:

$P = 9,408$ hab.

Para sacar el gasto medio se utilizó la siguiente fórmula.

$$Q_{med} = \frac{P D}{86,400}$$

$$Q_{med} = \frac{(9,408 \times 150)}{86,400}$$

$$\mathbf{Q_{med} = 16.34 \text{ L/seg}}$$

Después de sacar el gasto medio, se continúa con el gasto máximo diario, y se presenta a continuación:

$$Q_{maxd} = 1.4 Q_{med}$$

$$Q_{maxd} = 1.4 \times 16.34$$

$$\mathbf{Q_{maxd} = 22.88 \text{ L/seg}}$$

Para diseñar la red de distribución se debe partir del gasto máximo horario, como se presenta con la siguiente ecuación:

$$Q_{maxh} = 1.5 \times Q_{maxd}$$

$$Q_{maxh} = 1.5 \times 22.88$$

$$Q_{maxh} = 34.32 \text{ L/seg}$$

Con el gasto máximo horario, es con el que se diseña la red de agua potable ya que es el gasto máximo que puede consumir un habitante por día en una hora pico, y por lo tanto con ese gasto es con el que se diseña. Con estos datos se proponen los diámetros de las tuberías, para que así el cálculo nos arroje los resultados adecuados para la red de distribución de agua potable.

CONCLUSIÓN

El agua es un elemento esencial para la vida, por lo que en la antigüedad las poblaciones estaban construidas cerca de los ríos, lagunas o manantiales, pero en la actualidad debido a la necesidad de un espacio para vivir, se encuentran lejos todos estos puntos del vital líquido, por ello la necesidad de la red de distribución de agua potable.

Los sistemas de red de agua potable, son muy importantes para una ciudad o poblado, ya que gracias a ellos tenemos el vital líquido en nuestras casas para las necesidades del ser humano.

Se diseñó la red de distribución de agua potable para el beneficio de la sociedad que habita en la población y se proyectará a futuro para su mejor funcionalidad.

Finalmente se cumplió el propósito de este trabajo de investigación, ya que se diseñó la red de agua potable y se hicieron las recomendaciones adecuadas, tanto de la tubería como de las piezas especiales y otros factores que conlleva el proyecto. Además de que se realizó apegado a las normativas correspondientes a los sistemas de agua potable.

Se recomienda que se busque otra fuente de abastecimiento, ya que la actual no será suficiente para los años futuros debido al crecimiento anual y a la topografía de la misma, ya que es demasiado irregular y la variación de las presiones será la causa de insuficiencia para la toma domiciliaria.

BIBLIOGRAFIA

Ávila García Patricia (1996)

Escases de Agua en una Región Indígena de Michoacán

El Caso de la Meseta Purépecha

Editorial El Colegio de Michoacán, México

Comisión Nacional del Agua (1994)

Lineamientos Técnicos para la Elaboración de Proyectos de Agua Potable y
Alcantarillado Sanitario

2ª Versión. México

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2005)

Metodología de la Investigación

Editorial Mc Graw Hill. México

Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

Técnicas de Investigación Documental

Editorial Thomson. México

Mendieta Alatorre (2005)

Método de Investigación y Manual Académico

Editorial Porrúa. México

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)

El Proceso de la Investigación Científica

Editorial Limusa, México

OTRAS FUENTES DE INVESTIGACION

<http://www.earth.google.es> (2009)

<http://www.inegi.gob.mx>

http://www.pickatrail.com/jupiter/location/north_america/mexico/map/michoacan.gif

<http://www.travelamap.com.mexicomichoacan.gif>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Angahuan>

Tabla de Cálculo

TABLA DE CALCULO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE METODO HARDY-CROSS/MANNING										
PROYECTO: RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DE ANGAHUAN MICHOACÁN						PROYECTISTA: NOEL RODRIGUEZ VIRELAS				
DESCRIPCION	TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO		COEF. RUGOSIDAD	GASTO		VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA D TUBERIA
	De	a		INTERIOR(mm)	EFFECTIVO(mm)		INICIAL(lps)	FINAL(lps)		
	1	2	241.7518	152.4	152.4	0.009	17.397511	13.87637	0.760705	0.883816
	1	71	72.74822	152.4	152.4	0.009	18.602489	22.12363	1.212821	0.676045
	2	3	176.3358	152.4	152.4	0.009	16.737734	13.21659	0.724536	0.584817
	3	12	74.15862	152.4	152.4	0.009	-1.725181	5.233795	0.286917	0.038569
	3	4	117.1679	152.4	152.4	0.009	17.365133	4.113399	0.225497	0.03764
	3	144	65.79396	152.4	152.4	0.009	0.616534	3.388153	0.185739	0.01434
	4	11	73	152.4	152.4	0.009	17.038699	3.539285	0.194024	0.017362
	4	5	95	152.4	152.4	0.009	1.472443	0.254345	0.013943	0.000117
	5	6	30	152.4	152.4	0.009	-0.230462	2.788837	0.152884	0.00443
	6	7	56.167	152.4	152.4	0.009	-0.312336	2.706962	0.148396	0.007814
	7	8	46.48252	152.4	152.4	0.009	-0.465624	2.553674	0.139993	0.005755
	8	9	45	152.4	152.4	0.009	-0.592482	2.426816	0.133038	0.005032
	9	142	48.98355	152.4	152.4	0.009	0.133683	0.133683	0.007329	0.000017
	9	10	73	152.4	152.4	0.009	-0.849243	2.170055	0.118963	0.006527
	10	23	70.40704	152.4	152.4	0.009	0.424591	2.912191	0.159647	0.011337
	10	22	112.4701	152.4	152.4	0.009	4.430588	2.331758	0.127827	0.01161
	11	16	156.8396	152.4	152.4	0.009	9.393927	2.198209	0.120506	0.014389
	11	10	56.77122	152.4	152.4	0.009	5.90365	3.273121	0.179433	0.011548
	12	13	155.6704	152.4	152.4	0.009	-0.849007	2.436801	0.133586	0.01755
	12	11	113	152.4	152.4	0.009	-1.386957	2.28621	0.12533	0.011214
	13	58	51.25797	152.4	152.4	0.009	1.320504	0.948594	0.052002	0.000876
	13	14	24.29167	152.4	152.4	0.009	-1.485936	2.905284	0.159268	0.003893
	14	15	20.05304	152.4	152.4	0.009	0.054728	0.054728	0.003	0.000001
	14	57	20.05308	152.4	152.4	0.009	6.452218	1.545118	0.084704	0.000909
	14	16	86.20412	152.4	152.4	0.009	-8.059178	1.239143	0.06793	0.002513
	16	17	20.01259	152.4	152.4	0.009	0.671446	2.774049	0.152074	0.002924
	17	54	53.73797	152.4	152.4	0.009	-0.817859	1.179055	0.064636	0.001418
	17	18	51.52279	152.4	152.4	0.009	1.434687	1.540376	0.084444	0.002321
	18	53	52.74526	152.4	152.4	0.009	1.430713	1.287248	0.070567	0.001659
	18	19	53.44687	152.4	152.4	0.009	-0.136639	0.112515	0.006168	0.000013
	19	20	108.2881	152.4	152.4	0.009	-0.275068	0.963841	0.052838	0.00191
	20	36	74.9354	152.4	152.4	0.009	-1.601509	1.493468	0.081872	0.003173
	21	20	64.55821	152.4	152.4	0.009	-1.030907	0.825162	0.045235	0.000835

Tabla de Cálculo

	21	24	65.00032	152.4	152.4	0.009	4.548912	2.091858	0.114676	0.0054
	22	21	64.77126	152.4	152.4	0.009	3.94687	1.84804	0.10131	0.0042
	23	19	63.50776	152.4	152.4	0.009	-13.437285	0.99719	0.054666	0.001199
	23	21	111.5212	152.4	152.4	0.009	-0.252675	1.245169	0.06826	0.003283
	24	25	62.92279	152.4	152.4	0.009	4.371516	1.914463	0.104951	0.004379
	25	26	48	152.4	152.4	0.009	0.652263	0.652263	0.035757	0.000388
	25	35	30	152.4	152.4	0.009	3.547527	1.090474	0.05978	0.000677
	26	34	44.07715	152.4	152.4	0.009	0.120293	0.120293	0.006594	0.000012
	26	27	9	152.4	152.4	0.009	0.400971	0.400971	0.021981	0.000027
	27	28	44	152.4	152.4	0.009	0.276369	0.276369	0.015151	0.000064
	27	32	36.65448	152.4	152.4	0.009	0.100036	0.100036	0.005484	0.000007
	28	30	32.83695	152.4	152.4	0.009	0.089617	0.089617	0.004913	0.000005
	28	29	24.42862	152.4	152.4	0.009	0.066669	0.066669	0.003655	0.000002
	35	42	33.99173	152.4	152.4	0.009	3.465653	1.008599	0.055292	0.000657
	36	131	54.94837	152.4	152.4	0.009	1.338367	0.298985	0.01639	0.000093
	36	37	30.9994	152.4	152.4	0.009	1.239078	2.006883	0.110018	0.00237
	37	43	130.4425	152.4	152.4	0.009	-1.438918	1.001701	0.054913	0.002485
	37	38	74.96791	152.4	152.4	0.009	2.593394	0.92058	0.050466	0.001206
	38	44	80	152.4	152.4	0.009	0.384226	0.801005	0.043911	0.000975
	38	39	100	152.4	152.4	0.009	1.402272	1.001928	0.054926	0.001906
	39	40	32.06709	152.4	152.4	0.009	1.129357	0.729013	0.039965	0.000324
	40	41	85.68856	152.4	152.4	0.009	1.041841	0.641498	0.035167	0.00067
	41	47	59.86818	152.4	152.4	0.009	1.089511	1.089511	0.059727	0.001349
	42	45	180.0071	152.4	152.4	0.009	0.924291	0.924291	0.05067	0.00292
	42	41	69.99678	152.4	152.4	0.009	0.281527	0.68187	0.03738	0.000618
	43	42	96.36905	152.4	152.4	0.009	-1.976034	0.881363	0.048316	0.001421
	44	43	30.78195	152.4	152.4	0.009	0.081886	0.498664	0.027337	0.000145
	45	46	158.6667	152.4	152.4	0.009	0.433025	0.433025	0.023738	0.000565
	47	48	49	152.4	152.4	0.009	0.133728	0.133728	0.007331	0.000017
	47	49	82	152.4	152.4	0.009	0.792393	0.792393	0.043439	0.000978
	49	50	87	152.4	152.4	0.009	0.237436	0.237436	0.013016	0.000093
	49	51	121.3444	152.4	152.4	0.009	0.331167	0.331167	0.018155	0.000253
	52	132	51.12427	152.4	152.4	0.009	-5.521493	0.193188	0.010591	0.000036
	52	36	52.90911	152.4	152.4	0.009	4.383464	1.01691	0.055747	0.001039
	53	133	50.60952	152.4	152.4	0.009	2.075158	0.692565	0.037967	0.000461
	53	52	64.67834	152.4	152.4	0.009	-0.993633	1.354495	0.074254	0.002253
	54	134	51.7681	152.4	152.4	0.009	-1.027237	1.497592	0.082098	0.002204

Tabla de Cálculo

	54	53	51.08521	152.4	152.4	0.009	-0.028721	1.080279	0.059221	0.001132
	55	135	51.34669	152.4	152.4	0.009	6.009966	1.332465	0.073046	0.001731
	55	54	63.1494	152.4	152.4	0.009	0.047978	1.684894	0.092366	0.003404
	56	55	10.03798	152.4	152.4	0.009	6.230288	3.189703	0.17486	0.001939
	57	56	39.77406	152.4	152.4	0.009	6.288941	1.381841	0.075753	0.001442
	58	136	53.85909	152.4	152.4	0.009	0.904024	1.808776	0.099157	0.003346
	58	56	45.03507	152.4	152.4	0.009	-0.031258	1.835257	0.100609	0.00288
	59	58	131.4286	152.4	152.4	0.009	-0.184939	2.958237	0.162171	0.021837
	59	60	51.00501	152.4	152.4	0.009	1.875198	2.608702	0.143009	0.00659
	60	61	74.09046	152.4	152.4	0.009	1.735998	2.469501	0.135378	0.008579
	61	62	98.21416	152.4	152.4	0.009	0.268041	0.268041	0.014694	0.000134
	61	13	57.64831	152.4	152.4	0.009	1.108422	1.841925	0.100975	0.003713
	63	138	34.00729	152.4	152.4	0.009	1.458644	3.568986	0.195652	0.008224
	63	59	22.57202	152.4	152.4	0.009	2.048947	5.925627	0.324844	0.015048
	64	65	64.99954	152.4	152.4	0.009	14.838589	0.901812	0.049437	0.001004
	64	63	107.9891	152.4	152.4	0.009	3.569193	9.556215	0.523873	0.187237
	65	73	50.73332	152.4	152.4	0.009	12.328042	9.86216	0.540645	0.093687
	66	72	197.6042	152.4	152.4	0.009	0.539291	0.539291	0.029564	0.001091
	66	65	49.80332	152.4	152.4	0.009	-2.333154	9.137741	0.500932	0.078954
	67	68	110	152.4	152.4	0.009	0.143435	2.84605	0.156021	0.016917
	67	66	32.00057	152.4	152.4	0.009	-1.657942	9.812953	0.537948	0.058506
	68	64	54.70767	152.4	152.4	0.009	18.702501	10.75275	0.589467	0.120096
	69	68	95	152.4	152.4	0.009	19.008578	8.356207	0.458089	0.125945
	70	69	100	152.4	152.4	0.009	19.267848	8.615477	0.472302	0.140929
	70	67	80.82622	152.4	152.4	0.009	-1.427173	12.74634	0.698756	0.249324
	71	70	25.56552	152.4	152.4	0.009	18.334176	21.85532	1.198112	0.231851
	73	140	132.6369	152.4	152.4	0.009	0.361986	0.361986	0.019844	0.00033
	73	74	52.31246	152.4	152.4	0.009	11.827597	9.361715	0.513211	0.087048
	74	75	129.9555	152.4	152.4	0.009	1.050476	4.452467	0.244085	0.048914
	74	114	140	152.4	152.4	0.009	10.634353	4.76648	0.261299	0.06039
	75	111	82.15718	152.4	152.4	0.009	1.448992	3.134449	0.171831	0.015325
	75	76	55.1707	152.4	152.4	0.009	-0.753184	0.96335	0.052811	0.000972
	76	77	69.88351	152.4	152.4	0.009	-0.903753	0.812781	0.044557	0.000877
	77	78	50	152.4	152.4	0.009	-1.094476	0.622058	0.034101	0.000367
	78	79	66.96682	152.4	152.4	0.009	-1.230933	0.485601	0.026621	0.0003
	79	80	64.38701	152.4	152.4	0.009	0.028252	2.292805	0.125692	0.006426
	80	99	48.53537	152.4	152.4	0.009	5.462751	2.533735	0.1389	0.005916

Tabla de Cálculo

	80	81	50.22777	152.4	152.4	0.009	-0.046949	1.746699	0.095754	0.00291
	81	100	49.32088	152.4	152.4	0.009	-1.582842	1.735245	0.095126	0.00282
	81	82	59.58842	152.4	152.4	0.009	0	0.80794	0.044291	0.000739
	82	83	62.95635	152.4	152.4	0.009	0.181957	1.49363	0.081881	0.002667
	83	132	52.57561	152.4	152.4	0.009	6.604688	0.260592	0.014286	0.000068
	83	84	55.23799	152.4	152.4	0.009	-2.550782	1.108091	0.060746	0.001288
	84	131	49.7917	152.4	152.4	0.009	-0.625508	0.114359	0.006269	0.000012
	84	129	100.7417	152.4	152.4	0.009	-0.529315	0.923691	0.050637	0.001632
	85	84	44.67881	152.4	152.4	0.009	-1.01199	0.08071	0.004425	0.000006
	86	85	45	152.4	152.4	0.009	-0.890054	0.202646	0.011109	0.000035
	87	88	197.1816	152.4	152.4	0.009	0.538138	0.538138	0.029501	0.001084
	87	89	176.6552	152.4	152.4	0.009	0.482119	0.482119	0.02643	0.00078
	87	86	40	152.4	152.4	0.009	-0.767243	0.325457	0.017842	0.00008
	90	91	52.59756	152.4	152.4	0.009	6.88723	0.331634	0.01818	0.00011
	90	87	50	152.4	152.4	0.009	0.36218	1.45488	0.079757	0.002009
	91	83	51.74376	152.4	152.4	0.009	6.602467	0.046871	0.002569	0.000002
	92	93	129.678	152.4	152.4	0.009	0.699452	0.699452	0.038344	0.001205
	93	94	126.6112	152.4	152.4	0.009	0.345541	0.345541	0.018943	0.000287
	95	92	80.4164	152.4	152.4	0.009	7.467685	1.636588	0.089718	0.004089
	96	95	25.01724	152.4	152.4	0.009	9.925951	1.705787	0.093511	0.001382
	97	105	112.3946	152.4	152.4	0.009	0.306742	0.306742	0.016816	0.000201
	98	97	20.85936	152.4	152.4	0.009	5.219868	1.18212	0.064804	0.000553
	99	98	68.80033	152.4	152.4	0.009	5.276797	1.239048	0.067925	0.002005
	99	100	45.13771	152.4	152.4	0.009	-0.134272	0.97446	0.05342	0.000814
	100	104	49.56924	152.4	152.4	0.009	-2.377991	1.389847	0.076192	0.001818
	100	101	59.90732	152.4	152.4	0.009	0.403085	1.062067	0.058223	0.001283
	101	82	49.88963	152.4	152.4	0.009	-1.261476	0.408075	0.022371	0.000158
	101	102	15.07824	152.4	152.4	0.009	0.863471	1.231672	0.06752	0.000434
	102	92	45	152.4	152.4	0.009	0.699508	1.067709	0.058532	0.000974
	103	101	9.946833	152.4	152.4	0.009	-0.501438	0.877332	0.048095	0.000145
	104	95	20.40692	152.4	152.4	0.009	-2.238798	0.150269	0.008238	0.000009
	104	103	52.80884	152.4	152.4	0.009	-0.474292	0.904479	0.049584	0.00082
	106	97	122.8789	152.4	152.4	0.009	5.135681	0.953265	0.052258	0.00212
	107	108	46.68984	152.4	152.4	0.009	0.127424	0.127424	0.006985	0.000014
	107	126	84.90508	152.4	152.4	0.009	-2.008244	0.620229	0.034001	0.00062
	107	106	120.5357	152.4	152.4	0.009	-3.730181	0.655794	0.035951	0.000984
	109	123	32.01252	152.4	152.4	0.009	4.137933	1.120065	0.061402	0.000763

Tabla de Cálculo

	109	107	54.77704	152.4	152.4	0.009	-5.282042	1.732406	0.094971	0.003121
	110	117	250	152.4	152.4	0.009	2.297597	1.019928	0.055913	0.004938
	110	109	51.60309	152.4	152.4	0.009	-2.177421	1.962896	0.107606	0.003775
	111	110	95.15888	152.4	152.4	0.009	-0.795213	1.033981	0.056683	0.001932
	111	112	53	152.4	152.4	0.009	1.760283	1.616546	0.088619	0.00263
	112	113	66.47171	152.4	152.4	0.009	0.181411	0.181411	0.009945	0.000042
	112	109	92.12394	152.4	152.4	0.009	1.182807	1.03907	0.056962	0.001888
	114	127	111.0588	152.4	152.4	0.009	0.444443	0.444443	0.024364	0.000417
	114	110	75	152.4	152.4	0.009	1.056222	2.089675	0.114556	0.006218
	114	115	230	152.4	152.4	0.009	8.546921	1.645594	0.090212	0.011825
	115	116	25.01411	152.4	152.4	0.009	7.919216	1.01789	0.055801	0.000492
	116	117	24.99272	152.4	152.4	0.009	7.850949	0.949623	0.052058	0.000428
	117	118	103.3422	152.4	152.4	0.009	9.39805	1.219055	0.066829	0.002916
	118	119	79.0006	152.4	152.4	0.009	0.215604	0.215604	0.011819	0.00007
	118	120	59.02177	152.4	152.4	0.009	8.900409	0.721414	0.039548	0.000583
	120	124	46.66847	152.4	152.4	0.009	12.214314	1.017449	0.055777	0.000917
	121	120	81.88469	152.4	152.4	0.009	3.474984	0.457115	0.025059	0.000325
	122	121	91.89516	152.4	152.4	0.009	3.698459	0.680591	0.03731	0.000808
	123	122	37.12202	152.4	152.4	0.009	3.949255	0.931386	0.051059	0.000611
	124	125	74.96315	152.4	152.4	0.009	12.086949	0.890084	0.048795	0.001128
	125	126	51.65585	152.4	152.4	0.009	11.882363	0.685499	0.037579	0.000461
	126	106	110	152.4	152.4	0.009	9.201217	0.632826	0.034692	0.000836
	127	128	51.79152	152.4	152.4	0.009	0.141347	0.141347	0.007749	0.00002
	129	130	43	152.4	152.4	0.009	-0.804255	0.648752	0.035565	0.000344
	130	139	100	152.4	152.4	0.009	0.272915	0.272915	0.014961	0.000141
	131	130	102.1878	152.4	152.4	0.009	0.736951	0.973194	0.053351	0.001838
	132	131	57.2213	152.4	152.4	0.009	0.58883	1.124587	0.06165	0.001374
	133	82	60.21278	152.4	152.4	0.009	1.596844	0.440241	0.024134	0.000222
	133	132	60.7739	152.4	152.4	0.009	-0.055187	1.109985	0.06085	0.001422
	134	81	57.10043	152.4	152.4	0.009	-1.389599	0.933566	0.051178	0.000945
	134	133	52.07834	152.4	152.4	0.009	-0.065189	1.325972	0.07269	0.001738
	135	80	51.81761	152.4	152.4	0.009	5.563272	2.16335	0.118595	0.004604
	135	134	48.26287	152.4	152.4	0.009	0.011698	1.201194	0.06585	0.001322
	136	79	48.16511	152.4	152.4	0.009	1.441948	1.989967	0.10909	0.003621
	136	135	66.5581	152.4	152.4	0.009	-0.021729	2.445347	0.134054	0.007557
	137	136	42.87328	152.4	152.4	0.009	0.976281	3.086624	0.169209	0.007755
	138	137	99.86407	152.4	152.4	0.009	1.093289	3.203631	0.175624	0.01946

Tabla de Cálculo

	143	5	120	152.4	152.4	0.009	0.022142	2.793761	0.153154	0.017783
	144	143	32	152.4	152.4	0.009	0.34964	3.121259	0.171108	0.005919

Tabla de Cálculo

	No. de tramos: 189		No. de nodos: 144				
DE CARGA(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
ADICIONAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
0	2424.7	2388.85	2454.7	2453.816184	30	64.966184	
0	2424.7	2389.11	2454.7	2454.020864	30	64.910864	
0	2388.85	2390.06	2453.8162	2453.231367	64.96618	63.171367	
0	2390.06	2390.56	2453.2314	2453.192798	63.17137	62.632798	
0	2390.06	2390.9	2453.2314	2453.185421	63.17137	62.285421	
0	2390.06	2389.05	2453.2314	2453.209006	63.17137	64.159006	
0	2390.9	2390.85	2453.1854	2453.168059	62.28542	62.318059	
0	2390.9	2391.7	2453.1854	2453.185304	62.28542	61.485304	
0	2391.7	2392.55	2453.1853	2453.180874	61.4853	60.630874	
0	2392.55	2392.12	2453.1809	2453.17306	60.63087	61.05306	
0	2392.12	2391.77	2453.1731	2453.167304	61.05306	61.397304	
0	2391.77	2391.66	2453.1673	2453.162273	61.3973	61.502273	
0	2391.66	2396.85	2453.1623	2453.162256	61.50227	56.312256	
0	2391.66	2391.14	2453.1623	2453.156511	61.50227	62.016511	
0	2391.14	2391.19	2453.1565	2453.145174	62.01651	61.955174	
0	2391.14	2392.02	2453.1565	2453.144901	62.01651	61.124901	
0	2390.85	2392.11	2453.1681	2453.156623	62.31806	61.046623	
0	2390.85	2391.14	2453.1681	2453.156511	62.31806	62.016511	
0	2390.56	2393.43	2453.1928	2453.175247	62.6328	59.745247	
0	2390.56	2390.85	2453.1928	2453.168059	62.6328	62.318059	
0	2393.43	2393.35	2453.1752	2453.174372	59.74525	59.824372	
0	2393.43	2392.93	2453.1752	2453.159136	59.74525	60.229136	
0	2392.93	2393.79	2453.1591	2453.159135	60.22914	59.369135	
0	2392.93	2393.21	2453.1591	2453.158227	60.22914	59.948227	
0	2392.93	2392.11	2453.1591	2453.156623	60.22914	61.046623	
0	2392.11	2392.11	2453.1566	2453.153699	61.04662	61.043699	
0	2392.11	2392.24	2453.1537	2453.152281	61.0437	60.912281	
0	2392.11	2392.32	2453.1537	2453.143988	61.0437	60.823988	
0	2392.32	2392.6	2453.144	2453.142329	60.82399	60.542329	
0	2392.32	2391.77	2453.144	2453.143975	60.82399	61.373975	
0	2391.77	2395.13	2453.144	2453.139866	61.37398	58.009866	
0	2395.13	2392.77	2453.1399	2453.136693	58.00987	60.366693	
0	2391.79	2395.13	2453.1407	2453.139866	61.3507	58.009866	

Tabla de Cálculo

0	2391.79	2392.02	2453.1407	2453.135301	61.3507	61.115301	
0	2392.02	2391.79	2453.1449	2453.140701	61.1249	61.350701	
0	2391.19	2391.77	2453.1452	2453.143975	61.95517	61.373975	
0	2391.19	2391.79	2453.1452	2453.140701	61.95517	61.350701	
0	2392.02	2392.36	2453.1353	2453.130922	61.1153	60.770922	
0	2392.36	2392.44	2453.1309	2453.130534	60.77092	60.690534	
0	2392.36	2394.52	2453.1309	2453.130245	60.77092	58.610245	
0	2392.44	2392.52	2453.1305	2453.130522	60.69053	60.610522	
0	2392.44	2392.49	2453.1305	2453.130507	60.69053	60.640507	
0	2392.49	2394.74	2453.1305	2453.130443	60.64051	58.390443	
0	2392.49	2392.67	2453.1305	2453.1305	60.64051	60.4605	
0	2394.74	2394.97	2453.1304	2453.130438	58.39044	58.160438	
0	2394.74	2390.18	2453.1304	2453.130441	58.39044	62.950441	
0	2394.52	2394.16	2453.1302	2453.130676	58.61025	58.970676	
0	2392.77	2391.66	2453.1367	2453.1366	60.36669	61.4766	
0	2392.77	2393.21	2453.1367	2453.134322	60.36669	59.924322	
0	2393.21	2394.76	2453.1343	2453.131837	59.92432	58.371837	
0	2393.21	2392.99	2453.1343	2453.132957	59.92432	60.142957	
0	2392.99	2394.23	2453.133	2453.131983	60.14296	58.901983	
0	2392.99	2393.85	2453.133	2453.131051	60.14296	59.281051	
0	2393.85	2393.57	2453.1311	2453.130728	59.28105	59.560728	
0	2393.57	2394.58	2453.1307	2453.130058	59.56073	58.550058	
0	2394.58	2394.94	2453.1301	2453.128709	58.55006	58.188709	
0	2394.16	2394.96	2453.1307	2453.127756	58.97068	58.167756	
0	2394.16	2394.58	2453.1307	2453.130058	58.97068	58.550058	
0	2394.76	2394.16	2453.1318	2453.130676	58.37184	58.970676	
0	2394.23	2394.76	2453.132	2453.131837	58.90198	58.371837	
0	2394.96	2393	2453.1278	2453.127192	58.16776	60.127192	
0	2394.94	2394.16	2453.1287	2453.128692	58.18871	58.968692	
0	2394.94	2394.82	2453.1287	2453.127731	58.18871	58.307731	
0	2394.82	2394.68	2453.1277	2453.127638	58.30773	58.447638	
0	2394.82	2395.81	2453.1277	2453.127479	58.30773	57.317479	
0	2393.31	2391.95	2453.1379	2453.137832	59.82787	61.187832	
0	2393.31	2392.77	2453.1379	2453.136693	59.82787	60.366693	
0	2392.6	2391.79	2453.1423	2453.141868	60.54233	61.351868	
0	2392.6	2393.31	2453.1423	2453.137868	60.54233	59.827868	
0	2392.24	2391.65	2453.1523	2453.150076	60.91228	61.500076	

Tabla de Cálculo

0	2392.24	2392.6	2453.1523	2453.142329	60.91228	60.542329
0	2392.23	2391.81	2453.1548	2453.153115	60.92485	61.343115
0	2392.23	2392.24	2453.1548	2453.152281	60.92485	60.912281
0	2392.26	2392.23	2453.1568	2453.154846	60.89679	60.924846
0	2393.21	2392.26	2453.1582	2453.156785	59.94823	60.896785
0	2393.35	2390.19	2453.1744	2453.171026	59.82437	62.981026
0	2393.35	2392.26	2453.1744	2453.156785	59.82437	60.896785
0	2386.9	2393.35	2453.1998	2453.174372	66.29976	59.824372
0	2386.9	2388.34	2453.1998	2453.193168	66.29976	64.853168
0	2388.34	2391.7	2453.1932	2453.184589	64.85317	61.484589
0	2391.7	2390.98	2453.1846	2453.184455	61.48459	62.204455
0	2391.7	2393.43	2453.1846	2453.175247	61.48459	59.745247
0	2385.46	2385.83	2453.2148	2453.206582	67.75481	67.376582
0	2385.46	2386.9	2453.2148	2453.199758	67.75481	66.299758
0	2384.45	2385.17	2453.402	2453.401596	68.95204	68.231596
0	2384.45	2385.46	2453.402	2453.214806	68.95204	67.754806
0	2385.17	2384.49	2453.4016	2453.307909	68.2316	68.817909
0	2385.41	2390.58	2453.4806	2453.479459	68.07055	62.899459
0	2385.41	2385.17	2453.4806	2453.401596	68.07055	68.231596
0	2387.52	2385.76	2453.5391	2453.522139	66.01906	67.762139
0	2387.52	2385.41	2453.5391	2453.48055	66.01906	68.07055
0	2385.76	2384.45	2453.5221	2453.402043	67.76214	68.952043
0	2387.02	2385.76	2453.6481	2453.522139	66.62808	67.762139
0	2389.56	2387.02	2453.789	2453.648084	64.22901	66.628084
0	2389.56	2387.52	2453.789	2453.539056	64.22901	66.019056
0	2389.11	2389.56	2454.0209	2453.789013	64.91086	64.229013
0	2384.49	2385.1	2453.3079	2453.307579	68.81791	68.207579
0	2384.49	2383.62	2453.3079	2453.220861	68.81791	69.600861
0	2383.62	2384.49	2453.2209	2453.169921	69.60086	68.679921
0	2383.62	2384.51	2453.2209	2453.160471	69.60086	68.650471
0	2384.49	2384.48	2453.1699	2453.154595	68.67992	68.674595
0	2384.49	2384.45	2453.1699	2453.168949	68.67992	68.718949
0	2384.45	2385.45	2453.1689	2453.168072	68.71895	67.718072
0	2385.45	2386.85	2453.1681	2453.167705	67.71807	66.317705
0	2386.85	2388.06	2453.1677	2453.167405	66.31771	65.107405
0	2388.06	2389.12	2453.1674	2453.148511	65.10741	64.028511
0	2389.12	2388.61	2453.1485	2453.142595	64.02851	64.532595

Tabla de Cálculo

0	2389.12	2390.18	2453.1485	2453.149131	64.02851	62.969131	
0	2390.18	2388.93	2453.1491	2453.146312	62.96913	64.216312	
0	2390.18	2390.4	2453.1491	2453.141646	62.96913	62.741646	
0	2390.4	2390.804	2453.1416	2453.1379	62.74165	62.3339	
0	2390.804	2391.95	2453.1379	2453.137832	62.3339	61.187832	
0	2390.804	2390.8	2453.1379	2453.136612	62.3339	62.336612	
0	2390.8	2391.66	2453.1366	2453.1366	62.33661	61.4766	
0	2390.8	2393.372	2453.1366	2453.13498	62.33661	59.76298	
0	2389.34	2390.8	2453.1359	2453.136612	63.79589	62.336612	
0	2386.27	2389.34	2453.1359	2453.135887	66.86592	63.795887	
0	2383.51	2384.84	2453.136	2453.134918	69.626	68.294918	
0	2383.51	2382.11	2453.136	2453.135223	69.626	71.025223	
0	2383.51	2386.27	2453.136	2453.135922	69.626	66.865922	
0	2383.62	2389.05	2453.138	2453.137902	69.51801	64.087902	
0	2383.62	2383.51	2453.138	2453.136002	69.51801	69.626002	
0	2389.05	2390.804	2453.1379	2453.1379	64.0879	62.3339	
0	2383.79	2384.33	2453.1404	2453.139191	69.3504	68.809191	
0	2384.33	2384.71	2453.1392	2453.138904	68.80919	68.428904	
0	2384.05	2383.79	2453.1445	2453.140396	69.09449	69.350396	
0	2384.6	2384.05	2453.1459	2453.144485	68.54587	69.094485	
0	2385.39	2385.912	2453.14	2453.139835	67.75004	67.228018	
0	2385.8	2385.39	2453.1406	2453.140036	67.34059	67.750036	
0	2388.61	2385.8	2453.1426	2453.14059	64.5326	67.34059	
0	2388.61	2388.93	2453.1426	2453.146312	64.5326	64.216312	
0	2388.93	2386.53	2453.1463	2453.144494	64.21631	66.614494	
0	2388.93	2387.55	2453.1463	2453.141804	64.21631	65.591804	
0	2387.55	2390.4	2453.1418	2453.141646	65.5918	62.741646	
0	2387.55	2387.21	2453.1418	2453.14137	65.5918	65.93137	
0	2387.21	2383.79	2453.1414	2453.140396	65.93137	69.350396	
0	2387.02	2387.55	2453.1419	2453.141804	66.12195	65.591804	
0	2386.53	2384.05	2453.1445	2453.144485	66.61449	69.094485	
0	2386.53	2387.02	2453.1445	2453.141949	66.61449	66.121949	
0	2384.53	2385.39	2453.1422	2453.140036	68.61216	67.750036	
0	2384.43	2384.61	2453.1436	2453.143598	68.71361	68.533598	
0	2384.43	2385.98	2453.1436	2453.142993	68.71361	67.162993	
0	2384.43	2384.53	2453.1436	2453.142156	68.71361	68.612156	
0	2384.83	2384.43	2453.1467	2453.145972	68.31673	68.715972	

Tabla de Cálculo

0	2384.83	2384.43	2453.1467	2453.143613	68.31673	68.713613	
0	2384.8	2387.79	2453.1527	2453.147726	68.35266	65.357726	
0	2384.8	2384.83	2453.1527	2453.146734	68.35266	68.316734	
0	2384.48	2384.8	2453.1546	2453.152664	68.6746	68.352664	
0	2384.48	2384.04	2453.1546	2453.148622	68.6746	69.108622	
0	2384.04	2384.75	2453.1486	2453.148581	69.10862	68.398581	
0	2384.04	2384.83	2453.1486	2453.146734	69.10862	68.316734	
0	2384.51	2384.1	2453.1605	2453.160055	68.65047	69.060055	
0	2384.51	2384.8	2453.1605	2453.152664	68.65047	68.352664	
0	2384.51	2388.66	2453.1605	2453.148646	68.65047	64.488646	
0	2388.66	2388.65	2453.1486	2453.148154	64.48865	64.498154	
0	2388.65	2387.79	2453.1482	2453.147726	64.49815	65.357726	
0	2387.79	2389.339	2453.1477	2453.14481	65.35773	63.806211	
0	2389.339	2393.37	2453.1448	2453.144741	63.80621	59.774741	
0	2389.339	2388.9	2453.1448	2453.144227	63.80621	64.244227	
0	2388.9	2385.98	2453.1442	2453.144581	64.24423	67.164581	
0	2388.9	2388.9	2453.1446	2453.144227	64.24455	64.244227	
0	2384.43	2388.9	2453.1454	2453.144552	68.71536	64.244552	
0	2384.43	2384.43	2453.146	2453.14536	68.71597	68.71536	
0	2385.98	2385.98	2453.1446	2453.143453	67.16458	67.163453	
0	2385.98	2385.98	2453.1435	2453.142993	67.16345	67.162993	
0	2385.98	2384.53	2453.143	2453.142156	67.16299	68.612156	
0	2384.1	2384.4	2453.1601	2453.160035	69.06006	68.760035	
0	2393.372	2392.38	2453.135	2453.134637	59.76298	60.754637	
0	2392.38	2395.6	2453.1346	2453.134495	60.75464	57.534495	
0	2391.66	2392.38	2453.1366	2453.134637	61.4766	60.754637	
0	2391.95	2391.66	2453.1378	2453.1366	61.18783	61.4766	
0	2391.79	2390.4	2453.1419	2453.141646	61.35187	62.741646	
0	2391.79	2391.95	2453.1419	2453.137832	61.35187	61.187832	
0	2391.65	2390.18	2453.1501	2453.149131	61.50008	62.969131	
0	2391.65	2391.79	2453.1501	2453.141868	61.50008	61.351868	
0	2391.81	2389.12	2453.1531	2453.148511	61.34312	64.028511	
0	2391.81	2391.65	2453.1531	2453.150076	61.34312	61.500076	
0	2390.19	2388.06	2453.171	2453.167405	62.98103	65.107405	
0	2390.19	2391.81	2453.171	2453.153115	62.98103	61.343115	
0	2389.39	2390.19	2453.1871	2453.171026	63.79712	62.981026	
0	2385.83	2389.39	2453.2066	2453.187122	67.37658	63.797122	

Tabla de Cálculo

0	2389.91	2391.7	2453.2031	2453.185304	63.29309	61.485304	
0	2389.05	2389.91	2453.209	2453.203087	64.15901	63.293087	

