

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.**

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

**REVISIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD  
DE CALTZONTZIN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE URUAPAN,  
MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de  
Ingeniero Civil

presenta:

**José Gerardo Aguilar Román.**

**Asesora: I.C. Sandra Natalia Parra Macías.**

Uruapan, Michoacán, Marzo del 2010.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## INDICE.

### Introducción.

Antecedentes.	. . . . .	1
Planteamiento.	. . . . .	2
Objetivos.	. . . . .	3
Hipótesis.	. . . . .	3
Justificación	. . . . .	4

### Capítulo 1.- Sistema de agua potable y alcantarillado sanitario

1.1 Conceptos generales	. . . . .	5
1.2 Periodo de proyecto	. . . . .	13
1.3 Vida útil.	. . . . .	13
1.4 Proyectos de agua potable	. . . . .	14
1.5 Gastos de diseño	. . . . .	16
1.6 Velocidades máxima y mínima	. . . . .	17
1.7Cálculo de pérdida de energía	. . . . .	18
1.8 Zanjas para instalación de tuberías	. . . . .	20
1.9 Proyectos de alcantarillado sanitario	. . . . .	23
1.10 Variables hidráulicas permisibles.	. . . . .	25
1.11 Pérdidas de carga por fricción.	. . . . .	26
1.12 Zanjas para instalación de tuberías.	. . . . .	27

1.13 Plantillas . . . . .	28
---------------------------	----

## **Capítulo 2.- Red de distribución de agua potable**

2.1 Generalidades de hidráulica . . . . .	31
2.2 Red de distribución. . . . .	34
2.3 Tipos de presiones. . . . .	36
2.4 Redes de distribución . . . . .	38
2.5 Componentes de una red de distribución . . . . .	43

## **Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y microlocalización**

3.1 Generalidades . . . . .	64
3.1.2 Alcance del proyecto. . . . .	65
3.2 Entorno geográfico. . . . .	65
3.3 Informe fotográfico. . . . .	68

## **Capítulo 4.- Metodología, análisis e interpretación de resultados**

4.1 Método empleado. . . . .	70
4.2 Enfoque de investigación. . . . .	71
4.2.1 Alcance. . . . .	72
4.3 Diseño de investigación. . . . .	72
4.4 Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	73
4.5 Descripción del procedimiento de investigación. . . . .	74
4.6 Análisis e interpretación de resultados. . . . .	75



# INTRODUCCION

## **Antecedentes.**

El agua es un componente esencial de la naturaleza para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida y ha estado presente en la tierra por más de 3,000 millones de años. Que comprende tres cuartas partes de la superficie terrestre.

El agua proviene de la palabra latín “aqua” y esta molécula es formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno ( $H_2O$ ), la cual se puede encontrar en tres fases, en la más común que es la sustancia líquida, pero se puede encontrar en forma sólida, en lo que se conoce como hielo y de igual forma se tiene la fase gaseosa también conocida como vapor.

El agua hoy en día es un componente básico para la comunidad, la cual ayuda a cumplir con las necesidades de aseo, salud, vida y orden domestico. Todo esto por medio de un sistema de distribución de red de agua potable, la cual abastece a una vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa por medio de una obra de ingeniería civil.

En la ciudad de Uruapan se cuenta con varios estudios para la determinación y la forma de cómo abastecer a la sociedad de agua potable y su uso, en la

Universidad Don Vasco A.C. se cuenta con los siguientes estudios; sistema de agua potable para la colonia la Santa Cruz publicada en el año 2001 por el Ing. Carlos Alberto Caballero García, el cual hace mención del sistema que se empleó en esa colonia. Otro estudio es el de Abastecimiento de agua potable y Red de Distribución para las Colonias y Fraccionamiento de San Rafael en la zona Oriente de Uruapan, Mich. por el Ing. Felipe Zacarías Gómez en el año 2002 por lo consecuente cumple con su objetivo el de abastecer de tal líquido a determinada población sobre todo para resolver sus necesidades de orden doméstico y por último el estudio de Fugas de Redes de Distribución de agua potable por el ingeniero Héctor González Luna, en el año 1986, el cual indica el uso adecuado del agua, control del sistema de abastecimiento y los volúmenes de agua no controlados.

### **Planteamiento del Problema.**

En la actualidad la ciudad de Uruapan ha ido expendiéndose con una rapidez en todas sus direcciones han surgido nuevas colonias y fraccionamientos, por lo que se tiene el problema con los habitantes con respecto a los servicios como es el agua.

La necesidad de una revisión en el Sistema de agua potable para la localidad de Calzontzin en Uruapan Mich. es de gran importancia para los habitantes de esta localidad, cuenta con un sistema de red de agua potable pero se carece de planos, se infiere que se puso de manera arbitraria por entrevista con el jefe de tenencia y hace mención de que la tubería que se instaló es de 3" de diámetro en la tubería

principal, por lo que en la actualidad este servicio es insuficiente por el incremento de la población en estos últimos años . Al contar con este servicio los habitantes en dicha localidad mejorarán su calidad de vida y cubrirá con sus necesidades.

Un mal diseño de un Sistema de Distribución de Red de agua potable provoca un problema entre los habitantes de la localidad por el simple hecho de que alguna persona se quede sin servicio o éste sea insuficiente.

Un buen diseño de un sistema de Distribución de Red de Agua Potable mantiene a todos los habitantes de la localidad con una satisfacción por el servicio que se les esta ofreciendo.

### **Objetivos.**

Objetivo general:

Revisar el Sistema de Agua Potable para la localidad de Caltzontzin en Uruapan, Mich.

Objetivos específicos:

Definir una Red de distribución

Definir una Red de agua potable

Señalar los requisitos mínimos para que el agua sea potable.



### **Pregunta de investigación.**

¿El diseño actual de la red agua potable es el adecuado?

¿Se puede hacer una mejora?

¿Qué es una Red de Distribución?

¿Qué es un sistema de distribución de una red de agua potable?

### **Justificación.**

La presente investigación percibe un análisis de cómo mejorar el Sistema de Agua Potable para la localidad de Caltzontzin ubicado en el municipio de Uruapan, Mich., la cual da un beneficio colectivo que es de suma importancia para los habitantes de dicha localidad, los cuales al obtener este servicio tienen una mejor calidad de vida.

Al mismo tiempo aporta a la ingeniería una solución factible para la elaboración de un Sistema de Distribución de Red de Agua Potable, considerando algunos aspectos críticos y dando solución en la presente investigación. Otro beneficiario es el investigador, ya que adquiere un conocimiento más y al mismo tiempo da una solución al problema, aplicando los conocimientos teóricos en algo práctico.

De la misma manera se beneficia los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco al tener un ejemplo más de algo teórico que se lleva a la práctica, así mismo a su vez profundizando y actualizando el conocimiento para cualquier consulta de colegas o estudiantes.

# CAPÍTULO 1

## **SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO.**

En el presente capítulo se estudiarán los conceptos generales relacionados con sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, así como sus componentes.

### **1.1 Conceptos Generales.**

El Agua potable es aquella que puede ser consumida por personas y animales sin peligro de presentar enfermedades, en pocas palabras es el agua bebible. La cual se puede conseguir por medio de captación de agua, conducción, regularización, y distribución.

Un sistema de captación de agua consiste en el acaparamiento y almacenamiento de agua pluvial; es importante esta fuente de abastecimiento para el uso y consumo humano, pecuario y agrícola. Es una viabilidad técnica y económica ya que consiste principalmente en la precipitación, la cual es almacenada en depósitos para su posterior uso.

Una línea de conducción está conformada por un conjunto de conductos y accesorios, lo que permite transportar el agua proveniente de sistema de captación a un tanque de regularización o a una red de distribución, todo esto por medio de conducción de gravedad y conducción por bombeo. La conducción por gravedad

puede ser por canales a cielo abierto o por tuberías, lo que depende de las características topográficas del lugar. Para la conducción por bombeo se hace un estudio para determinar el diámetro de la tubería y los accesorios más factibles para su operación, dando a todo esto un servicio continuo a un bajo costo tanto de operación como de mantenimiento.

Las obras de regularización y almacenamiento son estructuras diseñadas para contener el volumen de agua requerido por la población para garantizar su abasto de manera continua y permanente. Para ello se debe hacer un estudio técnico y económico para proyectar la estructura de tal manera que beneficie a la comunidad tanto en lo económico como en lo servicial.

La capacidad de captación, conducción y regularización se calcula con el gasto máximo diario.

Una red de distribución es el conjunto de tuberías y accesorios que proporcionan el agua de consumo en condiciones correctas en cuanto a calidad como en cantidad a cada uno de los usuarios a través de las calles. Su capacidad se calcula con el gasto máximo horario. Consta de tuberías principales, secundarias y terciarias. Las tuberías principales son las que más gasto llevan y de ahí se derivan las tuberías secundarias, las cuales son las que van distribuidas entre las calles y que llevan un menor gasto, de aquí se derivan las tuberías terciarias que son las que van a las tomas domiciliarias.

La población de proyecto, según la CNA (1994), es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del periodo de diseño del sistema de agua potable y alcantarillado.

La población de proyecto comprende desde los fraccionamientos, colonias, y zonas urbanas lo cual se calcula por el número de predios multiplicado por el índice de nacimiento que es de 3.5 Hab/Vivienda multiplicado por un periodo económico; cuando se desconoce el número de habitantes éste se puede calcular por medio de una investigación de datos censales históricos como son los del INEGI, por No. de contratos de energía eléctrica y se multiplica por el índice de nacimiento y por el periodo económico, lo que da lo que es la población de proyecto.

Hay varios métodos para predecir la población de proyecto: Método de proyección, Método de población Aritmética, Método de población Geométrica, Método Grafico, Método de crecimiento general de población, Método de Incrementos Diferenciales, Método de crecimiento por comparación y el Método de Mínimos Cuadrados estos dos últimos son los más recomendados, por lo que se mencionan a continuación.

En cuanto al método de crecimiento por comparación, como su nombre lo dice consiste en comparar el crecimiento de la población de una ciudad estudiada con otra ciudad de igual característica o similar en cuanto al número de habitantes y su punto de vista socioeconómico la cual se saca una tasa media de crecimiento entre ellas.

Para sacar la tasa de crecimiento de de la población entre dos datos censados bien para un año se aplica la siguiente ecuación.

$$i = \left( \left( \frac{P_{i+1}}{P_i} \right)^{1/t} - 1 \right) 100 \quad (1)$$

Donde:

$i$  = Tasa de crecimiento en el periodo  $t_i - t_{i+1}$

$P_{i+1}$  = Población en el año  $t_{i+1}$

$P_i$  = población en el año  $t_i$

$t$  = Numero de años entre la población  $P_{i+1}$  y la población  $P_i$

Método de mínimos cuadrados consiste en hacer un ajuste de los resultados de los censos en años anteriores para calcular la población de proyecto mediante una curva o recta del modo que sea lo menos posible que difieran estos puntos. Esto se hace por medio de modelos matemáticos el cual se busca el que represente mejor los datos de los censos de la población, ya sea en forma lineal, exponencial, algorítmica o potencial de tal manera que se llega a los coeficientes de regresión llamadas "a" y "b". y para verificar que tan acertada fue la elección de la curva o recta se comprueba con un coeficiente de correlación llamado "r" el cual debe de andar en un rango de más menos 1 y entre mas se acerque a 1 en valor absoluto mejor será la precisión.

Cuando el valor de los datos de los censos se ajuste a una recta para cualquier año "t" es un ajuste lineal y se utiliza la siguiente expresión:

$$P = a + bt \quad (2)$$

Para determinar los coeficientes de regresión se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$a = \left( \sum P_i - b \sum t_i \right) / N \quad (3)$$

$$b = \left( N \sum t_i P_i - \sum t_i \sum P_i \right) / \left( N \sum t_i^2 - \left( \sum t_i \right)^2 \right) \quad (4)$$

Donde:

N = Número total de datos

$\sum t_i$  = Suma de los años con información

$\sum P_i$  = Suma del número de habitantes

Con estos datos ya se puede calcular la población para cualquier año futuro mediante el ajuste lineal simplemente supliendo el valor de tiempo, "t" en la expresión (2).

Para determinar el coeficiente de correlación “r” es:

$$r = \left( N \sum E_t P_i - \sum E_t \sum P_i \right) / \sqrt{\left( N \sum E_t^2 - \left[ \sum E_t \right]^2 \right) \left( N \sum P_i^2 - \left[ \sum P_i \right]^2 \right)} \quad (5)$$

Cuando el valor de los datos de los censos se ajuste a una curva para cualquier año “t” es un ajuste No-lineal por lo tanto sería una curva exponencial y se utiliza la siguiente expresión:

$$P = ae^{bt} \quad (6)$$

Para determinar los coeficientes de regresión para un ajuste exponencial se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$a = e^{\left[ \sum E_t \ln P_i - b \sum E_t \right] / N} \quad (7)$$

$$b = \left( N \sum E_t \ln P_i - \sum E_t \sum \ln P_i \right) / \left( N \sum E_t^2 - \left[ \sum E_t \right]^2 \right) \quad (8)$$

Donde:

ln = Logaritmo natural



De igual manera se sustituye el valor de “t” para obtener la población futura en la expresión (6).

Para determinar el coeficiente de correlación “r” es:

$$r = \frac{N\sum t_i (\ln P_i) - \sum t_i \sum \ln P_i}{\sqrt{\left[ N \sum t_i^2 - \left[ \sum t_i \right]^2 \right] * \left[ N \sum \ln P_i^2 - \left[ \sum \ln P_i \right]^2 \right]}} \quad (9)$$

Para el ajuste logarítmico la población futura se calcula con la expresión siguiente:

$$P = a + b(\ln t) \quad (10)$$

Para determinar los coeficientes de regresión se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$a = \left( \sum P_i - b \sum \ln t_i \right) / N \quad (11)$$

$$b = \left( N \sum \ln t_i P_i - \sum \ln t_i \sum P_i \right) / \left[ N \sum (\ln t_i)^2 - \left( \sum \ln t_i \right)^2 \right] \quad (12)$$

De igual manera se sustituye el valor de “t” para obtener la población futura en la expresión (10).

Para determinar el coeficiente de correlación “r” es:

$$r = \frac{N \sum t_i (\ln t_i) P_i - \sum \ln t_i \sum P_i}{\sqrt{\left[ N \sum (\ln t_i)^2 - \left[ \sum \ln t_i \right]^2 \right] * \left[ N \sum P_i^2 - \left[ \sum P_i \right]^2 \right]}} \quad (13)$$

Para el ajuste potencial la población futura se calcula con la expresión siguiente:

$$P = at^b \quad (14)$$

Para determinar los coeficientes de regresión para un ajuste exponencial se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$a = e^{[\sum \ln P_i - b \sum \ln t_i] / N} \quad (15)$$

$$b = \frac{\left[ N \sum \ln t_i \ln P_i - \sum \ln t_i \sum \ln P_i \right]}{\left[ N \sum (\ln t_i)^2 - \left[ \sum \ln t_i \right]^2 \right]} \quad (16)$$

De igual manera se sustituye el valor de “t” para obtener la población futura en la expresión (14).

Para determinar el coeficiente de correlación “r” es:

$$r = \frac{NE(Int_i)(InP_i) - EInt_i EInP_i}{\sqrt{\left[ N E(Int_i)^2 - [ EInt_i ]^2 \right] * \left[ N E(InP_i)^2 - [ EInP_i ]^2 \right]}} \quad (17)$$

Por lo tanto, la tasa de crecimiento de población adquirida por cualquier ajuste para el año  $t_{i+1}$  se hace con la expresión (1) y se compara con la tasa de crecimiento censada para determinar la más justa.

### **1.2 Periodo de proyecto.**

El periodo de proyecto es el lapso de tiempo en el cual se calcula que la obra por construir debe de funcionar en perfectas condiciones y que debe de ser menor que su vida útil, la cual esta relacionada con el aspecto económico.

### **1.3 Vida útil**

De acuerdo con la CNA (1994) la vida útil de una obra es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados, que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente.

Este lapso de tiempo depende del tipo de material con el que se esté trabajando, el fluido que se maneje, la operación y el mantenimiento del sistema, por lo que debe de ser mayor que el periodo de proyecto.

#### **1.4 Proyectos de agua potable**

El consumo de agua potable, con lo que se calcularon la dotación que es la cantidad de agua necesaria para cada habitante, tomando en cuenta todos los servicios y pérdidas físicas del sistema y sus unidades son en LTS/HAB/DIA y que para una zona rural son de 150 LTS/HAB/DIA y para una zona urbana es de 220 LTS/HAB/DIA.

El consumo de agua se determina con base en el tipo de usuarios que es domestico y no doméstico, en el doméstico se divide según la clase socioeconómica de la población, ya sea residencial que son las casas solas o departamentos de lujo que cuente con mas de 50m<sup>2</sup> o mas de jardín, cisterna, lavadora, dos o más baños etc., la clase media son las casas que tienen un baño un jardín de 15 a 35 m<sup>2</sup> y un tinaco, la clase popular son las vecindades y casas habitadas por un a o varias familias con un jardín de 2 a 8 m<sup>2</sup> y un baño, en el no doméstico se divide en la zona comercial, servicios públicos e industrial.

A la suma de todos los consumos ya mencionados para cada tipo de usuarios más las pérdidas físicas, es lo que se conoce como demanda actual.

Las pérdidas físicas son simplemente las fugas en las líneas de conducción, en las tomas domiciliarias, en los tanques y en la red de distribución, que dependen del tipo de material, la presión del trabajo, la calidad de tubería, el proceso constructivo y el mantenimiento que se le dé, para detectar estas fugas se hace una inspección y un aforo para ver a que se deben estas fugas que pueden ser por tomas clandestinas, por mala medición, por fugas en tuberías o en tomas domiciliarias.

El Volumen diario de pérdidas físicas se calcula con la siguiente expresión:

$$V_p = V_{fr} + V_{ft} \quad (18)$$

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  $m^3$

En base a los usuarios por sus actividades y labores requieren de una cierta demanda de agua, la cual varía de forma horaria y diaria. Debido a estas variaciones el abastecimiento de agua potable no es constante, por lo que se requiere obtener los coeficientes de variación para determinar los gastos máximo diario y máximo horario.

Con relación a la CNA (1994), los coeficientes de variación diaria y horaria medios que se obtuvieron del estudio de "Actualización de dotaciones en el país" llevado a cabo por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua donde se determinó la variación de consumo por hora y por día dichos valores son:

Para el coeficiente de variación diaria ( $CV_d$ ) es de 1.40 y para el coeficiente de variación horaria ( $CV_h$ ) es de 1.55.

## 1.5 Gastos de diseño.

Gasto medio diario es el consumo promedio por día que requiere una población y se calcula con la siguiente expresión.

$$Q_{med} = (DP)/(86,400) \quad (19)$$

Donde:

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

D = Dotación, en l/hab/día

P = Número de habitantes.

86,400 = segundos/día

Al consumo máximo diario y máximo horario requerido por la población se le llama gasto máximo diario y gasto máximo horario que simplemente es el gasto medio por los coeficientes de variación, como se muestra en las siguientes expresiones:

$$Q_{Md} = Q_{med} * CV_d \quad (20)$$

$$Q_{Mh} = Q_{med} * CV_h \quad (21)$$

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

En la tabla 1. Se presentan los gastos a utilizar para el diseño de estructuras en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Tabla 1. Gasto de diseño para estructuras de agua potable, CNA (1994)		
TIPO DE ESTRUCTURA	DISEÑO CON GASTO MAXIMO DIARIO	DISEÑO CON GASTO MAXIMO 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 de distribución		x

### 1.6 Velocidades máxima y mínima.

Por las características del material de la tubería y la magnitud de los fenómenos transitorios, o sea, el golpe de Ariete, se manejan velocidades máximas y mínimas. La velocidad máxima es aquella en la cual no deberá provocar erosiones en las paredes de la tubería, la velocidad mínima es aquella que no permite la precipitación de partículas. En la tabla 2. Se presenta, las velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías de diferente tipo de material.

Tabla 2. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías, CNA (1994)		
MATERIAL DE LA TUBERIA	VELOCIDAD (m/s)	
	MAXIMA	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

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

### 1.7 Cálculo de pérdidas de energía.

Las pérdidas de energía se calculan por la fricción que hay entre el agua y la tubería y es llamado cálculo de pérdidas por fricción utilizando el modelo de Darcy – Weisbach con la siguiente ecuación.

$$h_f = (f) (L) (v^2) / ( (D) (2g) ) \quad (22)$$

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<sup>2</sup>

Para determinar el valor del coeficiente de fricción “f” se utiliza la siguiente expresión:

$$f = 0.25 / \left[ \text{Log} \left[ \left( \frac{\gamma}{D} \right) / 3.71 + \left( \frac{5.74}{Re^{0.90}} \right) \right] \right] \quad (23)$$

Donde:

f = Coeficiente de “fricción”, adimensional

$\gamma$  = Rugosidad, en mm (tabla 3.)

Re = Número de Reynolds, adimensional

D = Diámetro interno del tubo, en m

Para el cálculo del Número de Reynolds se utiliza la siguiente expresión:

$$Re = (v D) / \beta \quad (24)$$

Donde:

v = Velocidad media en el conducto, en m/s

D = Diámetro interno del tubo, en m

$\beta$  = Viscosidad cinemática del agua es 1 m<sup>2</sup>/s, en cm<sup>2</sup>/s

Tabla 3. Rugosidad de algunos materiales $\gamma$ , CNA (1994)	
MATERIAL	$\gamma$ en mm
Cobre, PVC, polietileno de alta densidad	0.0015
Fierro fundido	0.005 a 0.03
Acero	0.04 a 0.10
Asbesto cemento	0.025
Concreto	0.16 a 2.0

### 1.8 Zanjas para instalación de tuberías.

Por lo general las tuberías se instalan en zanjas para su protección o sobre la superficie dependiendo de la topografía, la clase de material y el tipo de terreno. Además se deben tomar en cuenta otros factores como son: la exposición al los rayos solares, el deterioro o maltrato de animales, la variación de temperatura y contra el paso de vehículos.

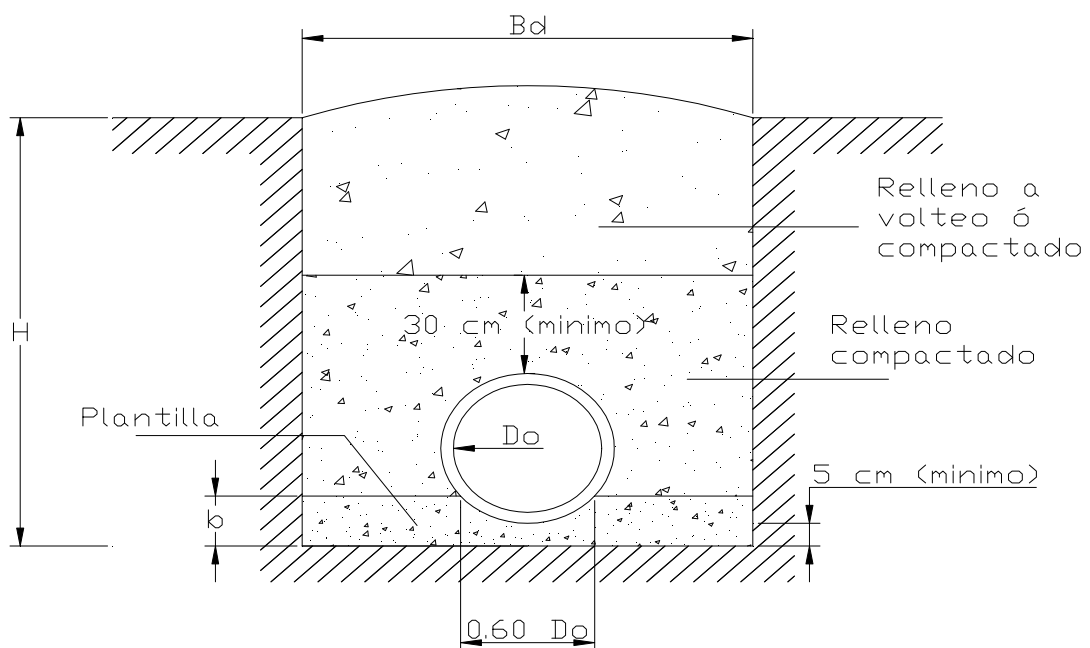
Para la determinación de esta zanja en tanto a su profundidad como en lo ancho se guiará por la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones de zanjas y plantillas para tubería de agua potable y alcantarillado, CNA (1994)					
DIÁMETRO (cm)	NOMINAL (pulgadas)	ANCHO (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR DE LA PLANTILLA (cm)	VOLUMEN DE ESCAVACIÓN (m <sup>3</sup> /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

Para las tuberías de PVC siempre se instalarán en zanjas y, por otro lado, las tuberías de acero, hierro galvanizado, concreto y hierro dúctil se podrán instalar en la superficie siempre y cuando se garantice su protección y seguridad.

La tubería deberá de colocarse sobre una plantilla o cama, la cual debe de ser de un material fino en el fondo de la zanja y debe de cubrir el 60% del diámetro exterior por la superficie inferior, se procede a cubrir el tubo granular fino instalado a mano y compactado cuidadosamente con equipo manual hasta cubrir 30 cm de espesor por encima del lomo de la tubería en capas de no más de 15 cm de espesor, el resto de la zanja se procede hacer el relleno a volteo y compactado según sea el caso como se muestra en la siguiente figura1.

Figura 1. Plantilla y relleno de zanja



## 1.9 Proyectos de alcantarillado sanitario.

Drenaje sanitario es el agua servida o agua residual que produce una población incluyendo el comercio y la industria o mejor conocida como aguas negras, el cual requiere de la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario.

Es llamada aportación de agua residual al volumen diario suministrado a la red de alcantarillado. Esta aportación es el 75% de la dotación de agua potable y se expresa del a siguiente manera:

$$A_p = 0.75 * D \quad (25)$$

Donde:

$A_p$  = Aportación de aguas negras, en l/hab/día

$D$  = Dotación, en l/hab/día

Gastos de diseño

Se calcula gasto promedio de aguas negras en cada tramo de la red con la siguiente expresión:

$$Q_{MED} = (A_p * P) / (86,400) \quad (26)$$

Donde:

$Q_{MED}$  = Gasto medio de aguas negras, en l/s

$A_p$  = Aportación de aguas negras, en l/hab/día

$P$  = Número de habitantes. (Población de proyecto)

86,400 = segundos/día

Para el gasto mínimo,  $Q_{mim}$  se calcula:

$$Q_{mim} = 0.5 Q_{MED} \quad \text{no debe ser menor de 1.5 l/s} \quad (27)$$

El gasto máximo instantáneo,  $Q_{Minst}$  depende del coeficiente de armon (M)

donde:

$$M = 1 + (14 / (4 + P^{1/2})) \quad (28)$$

Donde P es la población en miles y si es menor de 1,000 habitantes, entonces el coeficiente de armon (M) es igual a 3.8, pero si la población es mayor que 63,454 habitantes  $M = 2.17$

Por lo tanto la expresión queda:

$$Q_{Minst} = M * Q_{MED} \quad (29)$$

Donde:

$Q_{Minst}$  = gasto máximo instantáneo, en l/s.

$M$  = Coeficiente de Harmon o de variación máxima instantánea.

El gasto máximo extraordinario es agua residual con descarga mayor, por el simple hecho de tomar en cuenta las aguas pluviales de patios y azoteas. También es el gasto que se utiliza para diseño de un proyecto de alcantarillado el cual es afectado por un coeficiente de seguridad,  $CS = 1.5$ . y se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_{\text{Mext}} = CS * Q_{\text{Minst}} \quad (30)$$

### **1.10 Variables Hidráulicas permisibles.**

Las variables hidráulicas permisibles en un sistema de alcantarillado son las velocidades, pendientes y diámetros.

La velocidad permisible es de 0.3 m/s, es la mínima que se considera por no presentarse depósitos, ni azolves ni taponamientos. Y la velocidad máxima permisible es la que se revisa con el gasto máximo extraordinario, la cual evita la erosión de las paredes de la tubería.

La pendiente permisible es para evitar los taponamientos, los azolves en las tuberías, las excavaciones que deben ser mínimas y a su vez tomando en cuenta la velocidad permisible.

Se debe tener un diámetro permisible mínimo y máximo, el diámetro permisible mínimo debe de ser por lo menos de 8" para evitar obstrucciones en la

tubería, el máximo debe de estar en función del gasto máximo extraordinario de diseño el tipo de tubería y los diámetros comerciales.

### 1.11 Pérdidas de carga por fricción.

Para que el flujo de alcantarillado sea factible la tubería debe de trabajar como canal o sea a flujo a superficie libre, para esto se calcula con la fórmula de Manning, ya que es la que más que se asemeja a flujo de superficie libre, de lo contrario la tubería trabajaría a presión, por lo que se utiliza la siguiente expresión:

$$V = (1 / n) * (r_h^{2/3} S^{1/2}) \quad (31)$$

Donde:

V = Velocidad, en m/s.

$r_h$  = Radio hidráulico, en m.

S = Pendiente del gradiente hidráulico, adimensional.

n = Coeficiente de fricción, adimensional. (Tabla 5.)



Tabla 5. Coeficientes de fricción (n) para usarse en la ecuación de Manning. CNA (1994)	
MATERIAL	n
PVC y polietileno de alta densidad	0.009
Asbesto-cemento	0.010
Fierro fundido nuevo	0.013
Fierro fundido usado	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto áspero	0.016
Concreto presforzado	0.012
Concreto con buen acabado	0.014
Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

El radio hidráulico se calcula:

$$r_h = A / P_m \quad (32)$$

Donde:

A = Área transversal del flujo, en m<sup>2</sup>.

P<sub>m</sub> = Perímetro mojado, en m.

### 1.12 Zanjas para instalación de tuberías.

Es el mismo caso en el ancho de la zanja para el sistema de agua potable y el de alcantarillado.

Con respecto en la profundidad cambia principalmente porque debe de cumplir con un colchón mínimo para la tubería (tabla 6.), esto para evitar rupturas del conducto y el fácil manejo en la conexión de descargas domiciliarias.

Tabla 6. Colchón mínimo, CNA (1994)	
DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO (cm)	COLCHON MINIMO (m)
Hasta 45	0.9
Mayor de 45 y 122	1.0
Mayor de 122 y 183	1.3
Mayores de 183	1.5

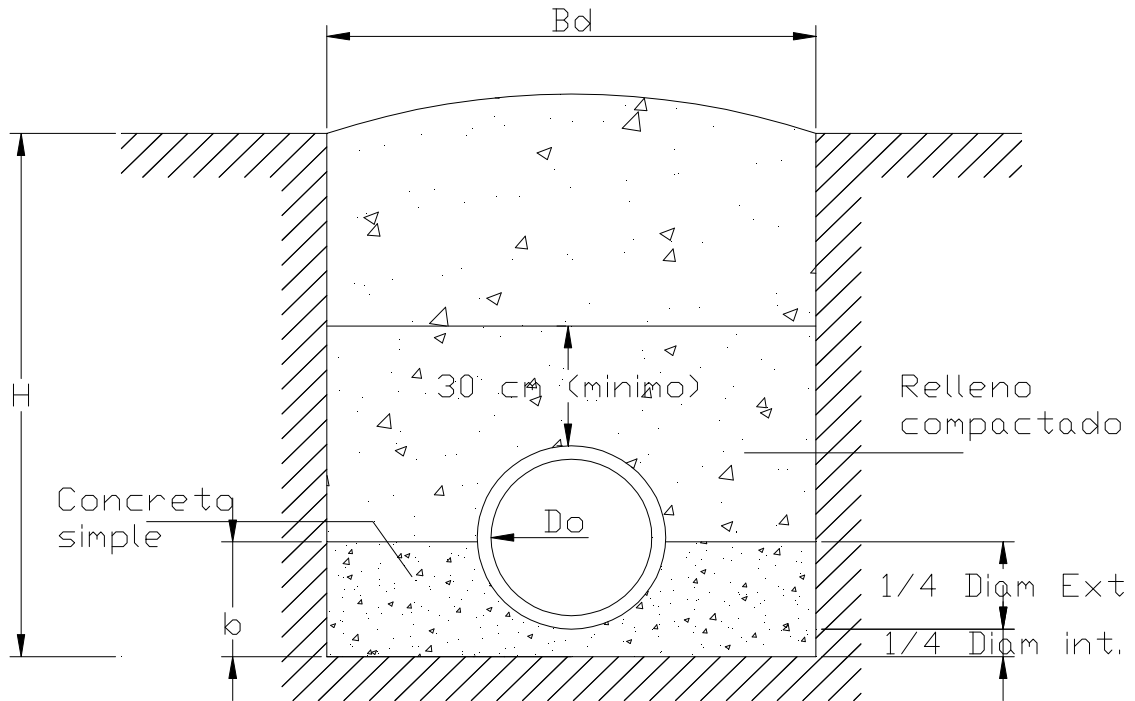
### **1.13 Plantillas.**

De acuerdo con la CNA, (1994) deberá colocarse en el fondo de las zanjas en que se instalen las tuberías una plantilla que ofrezca la consistencia necesaria para mantenerlas en su posición en forma estable, existen dos tipos de clases de plantilla la clase A y la clase B.

Plantilla clase A.

Esta plantilla consiste en que la tubería debe apoyarse en concreto simple o arena húmeda compactada, con un espesor mínimo en la parte inferior del tubo y el concreto debe de rodear por lo menos un cuarto de diámetro de la tubería como se muestra en la figura 2.

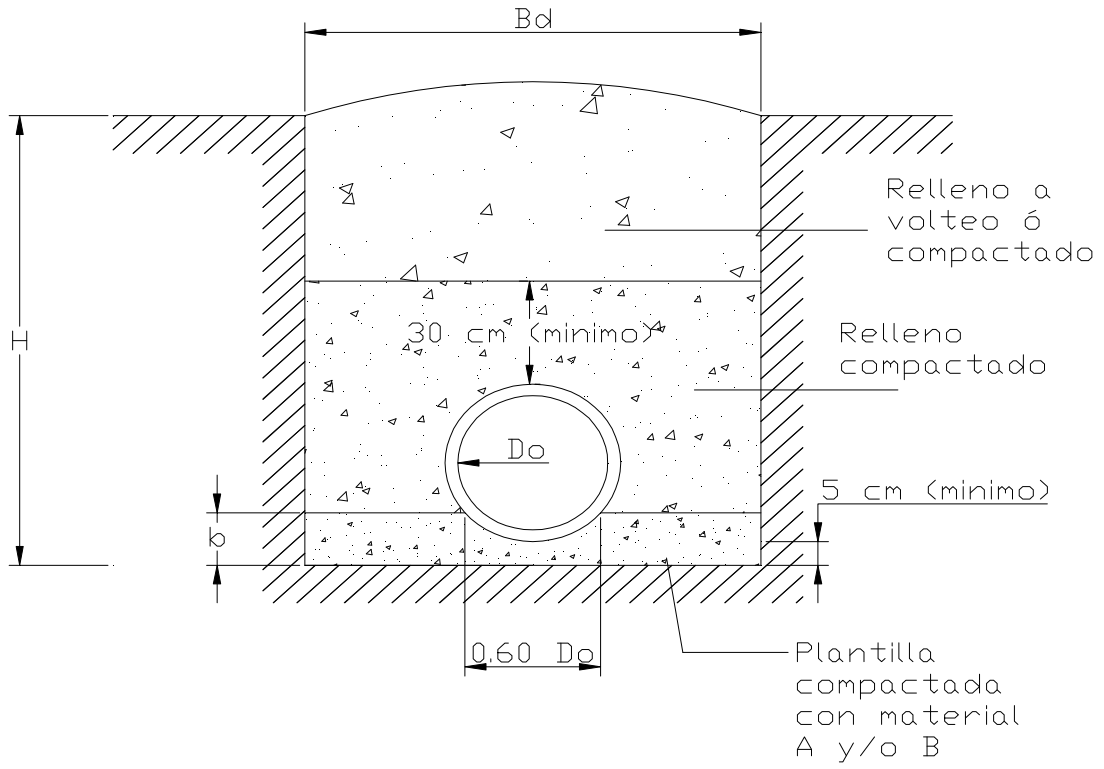
Figura 2. Plantilla clase A



### Plantilla clase B

La tubería deberá de colocarse sobre una plantilla o cama, la cual debe de ser de un material fino en el fondo de la zanja y debe de cubrir el 60% del diámetro exterior por la superficie inferior, como se muestra en la siguiente figura 3.

Figura 3. Plantilla clase B



## **CAPÍTULO 2**

### **RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.**

En el presente capítulo se explicaran las generalidades de la hidráulica y lo que es una red de distribución y sus componentes.

#### **2.1 Generalidades de hidráulica.**

El comportamiento de los fluidos es estudiado por una rama de la mecánica ya sea en reposo o movimiento, que viene hacer la mecánica de los fluidos y la hidráulica.

De acuerdo con Saldarriaga (2009) un fluido es una sustancia que no puede resistir esfuerzo cortante y adopta la forma del recipiente que lo contenga.

Las propiedades de los fluidos se dividen tres: Estática de los fluidos, Flujo de fluidos y Compresibilidad.

1.-Estática de de los fluidos que su vez se dividen dos; peso especifico y propiedades importantes.

2.-Flujo de fluidos que se compone de la densidad y la viscosidad.

3.-Compresibilidad que es la que lleva a los principios de termodinámica.

Estas propiedades de los fluidos se describen continuación:

Isotropía: Tiene las mismas propiedades en todas las direcciones y sentidos en la misma calidad.

Homogeneidad: Se refiere a que los fluidos no deben tener partículas que no les pertenecen a ellos.

Continuidad: Indica que la masa de los líquidos no debe variar aun estando en movimiento.

Peso específico: Es el peso de la unidad de volumen del líquido, esto quiere decir que el peso ( $w$ ) entre el volumen ( $v$ ) es su peso específico ( $K$ ) y sus unidades son  $\text{Kg/m}^3$ , el peso específico para el agua pura y a  $4^\circ\text{C}$  es de  $1000 \text{ Kg/m}^3$  y a nivel del mar.

Densidad: ( $\rho$ ) Es la masa por unidad de volumen, esto quiere decir que es la masa ( $m$ ) dividida por su volumen ( $v$ ).

Densidad relativa: Es la relación que existe entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua.

Viscosidad: Se determina como la cantidad de resistencia opuesta a las fuerzas cortantes que son principalmente a las interacciones y cohesiones de las moléculas del fluido, esta viscosidad disminuye con la temperatura y en el caso de los gases aumenta, en el caso de movimiento de los fluidos entre más viscoso más lento y en los menos viscosos más rápido.

Cohesión y Capilaridad: El agua tiene una viscosidad realmente pequeña puede desarrollar fuerzas de cohesión muy grandes, los fenómenos de capilaridad son debidos a la cohesión y a la adhesión de los líquidos.

La elevación o caída de un líquido en tubo capilar depende de las magnitudes relativas de cohesión y la adhesión del líquido a las paredes del tubo que lo contiene.

Según Saldarriaga (2009), la tensión superficial se define como la fuerza superficial por unidad de longitud sobre la cual actúa, esto es cuando una molécula en el interior de un fluido está sometida a fuerzas de atracción en todas las direcciones y la suma vertical de ellas es cero entonces esta molécula flotaría, pero si la molécula está en la superficie del fluido está accionada por una fuerza cohesiva hacia adentro la cual es perpendicular a la superficie; por lo tanto requiere un trabajo mover las moléculas hacia la superficie.

La tensión superficial de un fluido es el trabajo a realizar para llevar las moléculas en cantidad suficiente desde la parte de adentro del fluido hasta la superficie.

Compresibilidad: Los fluidos líquidos son poco compresibles casi nada, los que son muy compresibles son los fluidos gaseosos. Salvo excepciones particulares se considera a los líquidos como absolutamente incompresibles.

Módulo de Elasticidad: Se le conoce como módulo de elasticidad volumétrico del agua a la relación del incremento de presión unitaria correspondiente al incremento de volumen por unidad de volumen y para el agua a 10°C es de  $E=2.07 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ .

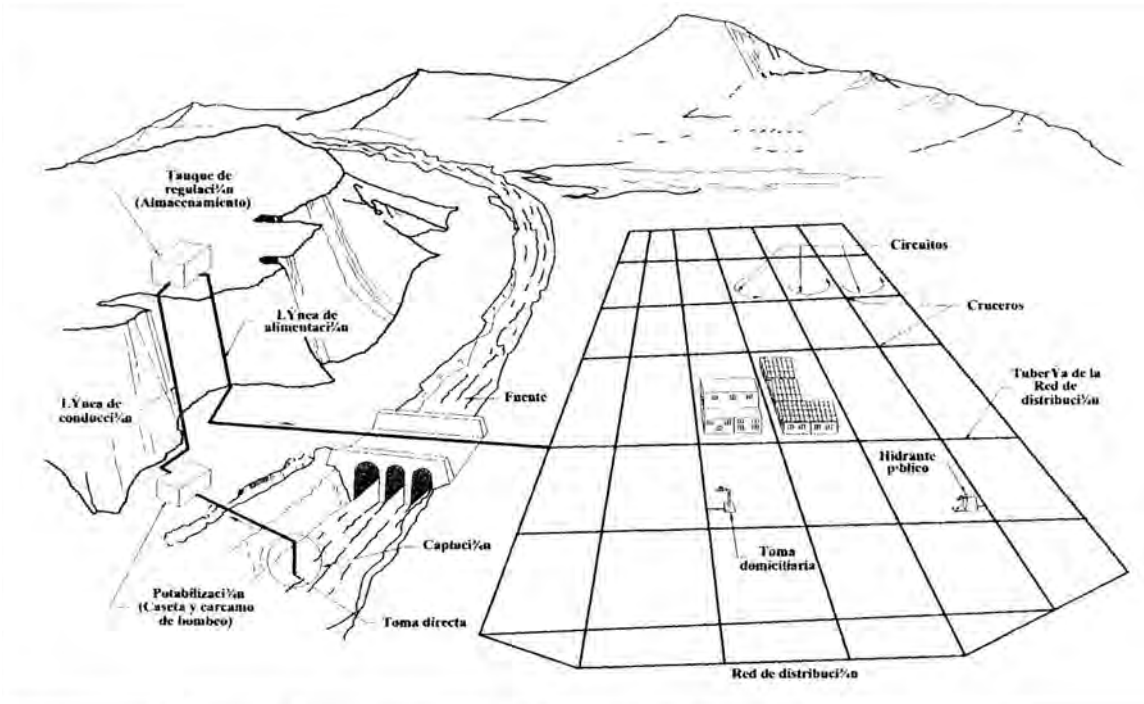
Presión: Es una magnitud de la fuerza normal por la unidad de área superficial, la cual no tiene propiedades direccionales. En el fluido la presión se transmite con igual intensidad en ambas direcciones y ejerce normalmente a cualquier superficie plana, por lo que se proporciona como una cantidad escalar.

Para la medición de las presiones se utiliza el manómetro. En las tuberías se cuenta con dos tipos de presiones que son: presión normal que actúa sobre las paredes de la tubería y la presión tangencial que actúa sobre la longitud de la tubería en base a la altura o carga de presión que es representada por la altura de una columna de fluido homogéneo.

## **2.2 Red de distribución.**

Una red de distribución es el conjunto de tuberías por medio de circuitos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde los tanques de regularización o almacenamiento hasta la cometa del usuario-, con el fin de proporcionar un servicio a los usuarios de consumo doméstico, comercial e industrial figura 4. Este servicio debe de cubrir todo el tiempo necesario para que el usuario tenga la cantidad, la calidad y la presión requerida por el usuario para que pueda ser considerada como agua potable y que además debe de cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 vigente de acuerdo con la CNA (1996).





**Fig. 4** Red de distribución

Las tuberías que conforman una red de distribución de agua potable es uno de sus principales componentes conjunto con su sistema de nodos y su ensamble, dependiendo de su función se divide en red primaria y red secundaria, cuando la tubería es conducida desde el tanque de regularización hasta su distribución se le conoce como red de distribución primaria o red de alimentación, este tipo de tubería es de mayor diámetro por ser la que alimenta principalmente a la red de distribución secundaria, esta red secundaria abarca la mayoría de las calles a toda la localidad por lo que es constituida por diámetros menores para tener un ahorro económico en la red de distribución, estas tuberías forman un sistema de uniones o nodos unidas por piezas especiales las cuales permiten llevar la ramificación, intersecciones,

modificaciones de diámetro, cambio de direcciones, derivaciones y formar deflexiones pronunciadas.

También permite el control del agua por medio de válvulas que no es otra cosa más que otro accesorio, el cual permite disminuir o parar el flujo del agua ya sea por seccionamiento de tramos para dividirlos con el fin de darles mantenimiento, controlar el gasto, la presión o simplemente una revisión. Otro componente de la red de distribución son las tomas hidratantes formadas por una simple conexión especial instalada en ciertos puntos de la red ubicadas en cierta distancia con el fin de abastecer al usuario, por lo común se instalan en comunidades pequeñas donde no cuentan con los recursos económicos necesarios para el servicio de agua potable la cual es llevada a las casas en contenedores o recipientes, también es utilizada para proveer el agua para combatir el fuego, después le sigue la toma domiciliar que es la tubería que permite el abastecimiento desde la red de distribución hasta el predio del usuario por medio de un conjunto de piezas y tubos que demuestra la eficiencia y la calidad del sistema de distribución.

### **2.3 Tipos de presiones.**

Existen dos tipos de presiones: presiones disponibles y presiones admisibles. Las presiones disponibles o libres se calculan para los cruceros de las tuberías tomando las presiones con relación al nivel de la calle, se dice que la presión o carga hidráulica es la diferencia entre la cota piezométrica en este punto y la cota del cruce de la tubería. Las presiones admisibles son las presiones mínimas y máximas que rigen en una red de distribución para su buen funcionamiento y

economía dependen de dos factores relevantes: la topografía de la localidad y la necesidad del servicio, lo cual lleva a adquirir las presiones permisibles máximas y mínimas en la red de distribución, por lo que garantiza el suministro mínimo de la demanda y cuando se tiene el caso de que se rebasa estas presiones se hace una zonificación o división de presiones mediante válvulas, descargas directas al tanque o uso de válvulas reductoras de presión en las zonas bajas y en las zonas altas se maneja por bombeo.

Según la CNA (1996) son posibles tres esquemas de suministro a zonas de presión. La primera es suministro en serie que es cuando se tiene una red dividida en zonas de presión, generalmente no es posible que cada una tenga su propia fuente de abastecimiento. Así, la zona de presión que recibe el agua deberá abastecer a las colindantes por medio de la descarga directa a tanques, cajas rompedoras de presión o válvulas reductoras de presión, en un terreno descendente o por bombeo en caso ascendente. La segunda es suministro en paralelo que es cuando cada zona de presión se abastece mediante líneas de conducción independientes y que poseen su propio tanque de regularización. Y por último el tercer suministro que es combinado y es utilizado cuando la red de distribución se abastece mediante varias fuentes. Cada una de ellas lo hace a una parte de la red, y esas partes se unen entre sí tanto en serie como en paralelo.

## **2.4 Redes de distribución.**

Existen dos tipos de proyectos de redes de distribución: las nueva y las de rehabilitación. En la primera es cuando se solicita por primera vez el servicio de agua potable o cuando hay una ampliación de una red existente y la cual sea de mayor magnitud, la segunda es cuando se hace un mejoramiento a red o se tenga que incrementar la capacidad de la misma.

Una red de distribución se basa en esquemas o configuraciones de tuberías para abastecer las tomas domiciliarias ya sea en una red cerrada, abierta o combinada por medio de circuitos que no es más que un conjunto de tuberías conectadas entre sí formando polígonos donde el agua fluye por todas las tuberías que la componen.

Una red de distribución cerrada está conformada por lo menos por un circuito formando una especie de malla por lo que en caso de una falla el agua fluye por otras tuberías sin dejar de abastecer la red, lo malo es que no es fácil de localizar las fugas.

Cuando las tuberías se ramifican en forma de árbol y sin formar circuitos se le denomina red de distribución abierta, se utiliza este tipo de red cuando el poblado es muy disperso y cuando la topografía es muy irregular. Este tipo de red tiene la desventaja que puede formarse crecimientos bacterianos a consecuencia de tener

extremos muertos, también se interrumpe el servicio cuando es necesario una reparación y baja la presión cuando se tiene una ampliación de red.

Se le llama red combinada al presentar ambas configuraciones en el caso de emplear ramificaciones en redes cerradas.

La red de distribución se divide en red primaria y red secundaria, la red primaria es la principal que rige el funcionamiento de la red la cual permite conducir el agua para la distribución de la red secundaria, la tubería que conforma esta red se le considera un diámetro mínimo de 100 mm a excepción de colonias urbanas populares se puede aceptar un diámetro de 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm aunque en grandes urbes se puede aceptar a partir de 500 mm, la red secundaria es la que va hasta las tomas domiciliarias mejor conocida como tubería de relleno, se tiene tres tipos de red secundaria la convencional, en dos planos y en bloques.

Según la CNA (1996), la red secundaria convencional de la tubería se une a la red primaria y trabaja como red cerrada, suelen tener válvulas tanto en las conexiones con la red primaria como en los cruceros de la secundaria. Ver la figura 5.

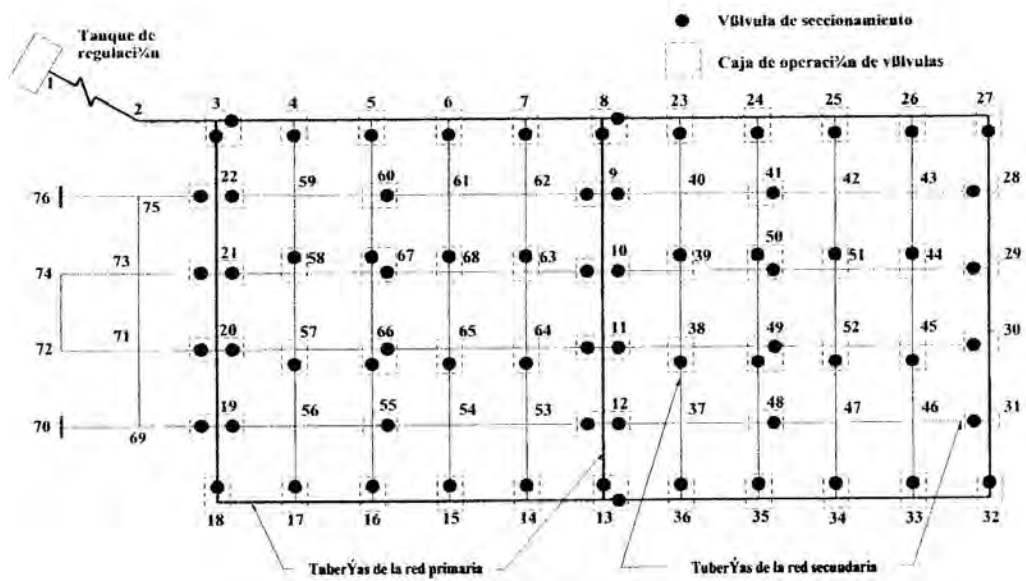


Figura 5. Red Secundaria Convencional

La red secundaria en dos planos la tubería se conecta en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos o en solo crucero de la red primaria, en el caso de las líneas exteriores a ellos funciona como líneas abiertas, en este tipo de red la tubería que cruza no se une tal como se muestra en la figura 6.

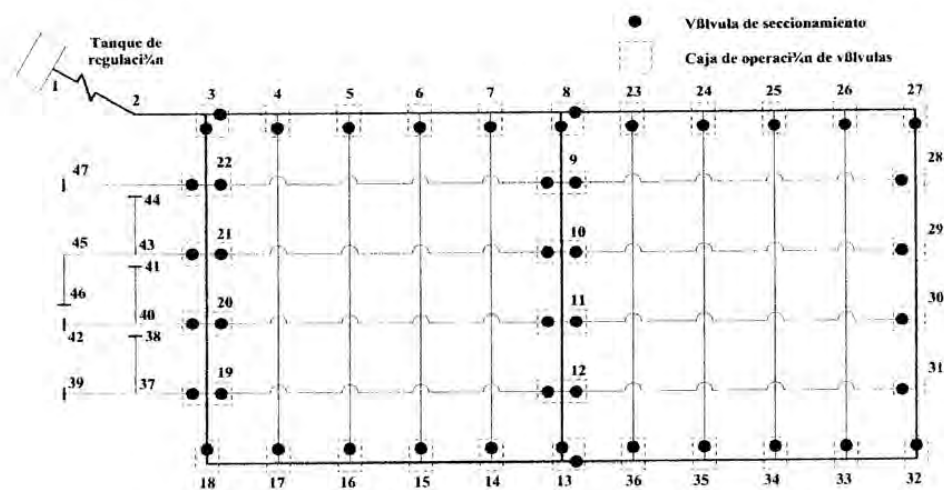


Figura 6. Red Secundaria en dos planos

La red secundaria en bloques las tuberías secundarias forman bloques que se unen a la red primaria solamente en dos puntos y la red primaria no tiene conexiones domiciliarias. La longitud total de las tuberías secundarias dentro de un bloque normalmente es de 2,000 a 5,000 m. y a su vez la red secundaria dentro de un bloque puede ser convencional. Figura 8.

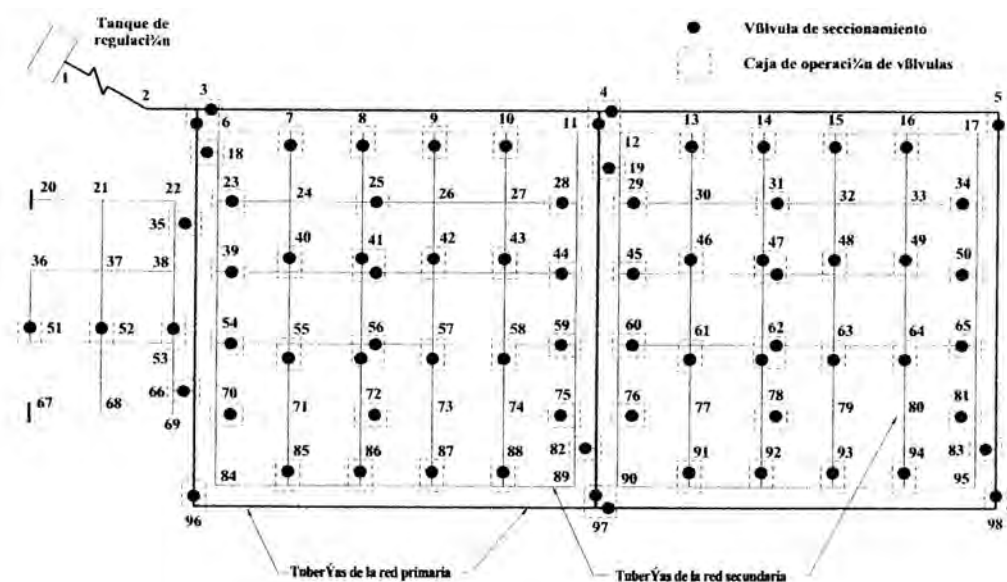


Figura 8. Red Secundaria convencional en Bloques.

Existen tres formas de distribución del agua en una red como son: por gravedad, por bombeo y por distribución mixta que dependen de las condiciones locales en que viven los usuarios.

Cuando es por gravedad se cuenta con un tanque de almacenamiento en un punto más elevado desde el cual fluye agua por gravedad hacia la población de tal

manera se tiene una presión suficiente y prácticamente constante en la red para el servicio de la población. Este método es el más práctico y confiable que debe utilizar siempre y cuando se tenga cotas de terreno altas para la ubicación del tanque, la línea de alimentación del tanque hacia el poblado se diseña con el gasto máximo horario  $Q_{mh}$  en el día de máxima demanda para asegurar las presiones requeridas de la red.

Por bombeo puede ser de forma directa a la red sin contar con un tanque de almacenamiento, el cual debe de abastecer de forma directa a la red por lo que conduce a que la línea de alimentación se diseñada por el gasto máximo horario  $Q_{mh}$  en el día de máxima demanda, lo que significa que depende del suministro de energía eléctrica y si esta llega a fallar se obtiene una interrupción total del servicio de agua por otro lado varia el consumo en la red y su presión, por lo que se debe de considerar varias bombas para satisfacer las necesidades de los usuarios. El bombeo también puede ser con excedencias a tanques de regulación, en donde el tanque se ubica después de la red en el lado contrario a la entrada del agua por bombeo, todas las tuberías principales se conectan directamente con la tubería que une las bombas con el tanque de tal manera que cuando hay un bajo consumo de agua él se encuentra llenando y cuando hay un mayor consumo el agua del tanque ayuda abastecer a la red. Esta tipo de forma no es muy recomendable, solo en casos muy excepcionales por su alto costo económico.

La distribución mixta es una combinación de las dos formas anteriores pero que tampoco se recomienda.



## **2.5 Componentes de una red de distribución.**

Conforme a la CNA (1996) una red de distribución se compone a partir de tuberías, piezas especiales (agrupadas en cruceros) válvulas de diversos tipos, hidrantes contra incendio y públicos (en pequeñas localidades), tanques de regulación, rebombeos y accesorios complementarios que permiten su operación y mantenimiento.

En la selección los componentes de una red de distribución la tubería tiene un papel relevante, ya que se deben tomar en cuenta características como: resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de conexión, reparación y especialmente la conservación de la calidad del agua que se va a suministrar. La resistencia mecánica de la tubería debe soportar cargas externas (cargas estáticas, dinámicas), cargas internas (presión hidrostática), así como cargas de operación y transitorios hidráulicos.

La resistencia de una tubería debe ser mayor que la máxima carga estática (calculada por medio de la resta la cota de la tubería a la cota de la carga estática en un punto de la red).

La durabilidad de la tubería se define según la CNA (1996) como el grado de servicio satisfactorio y económico en condiciones de uso, a sí mismo la durabilidad

está ligada a la resistencia a la corrosión, pues esta última limita la durabilidad. Sin embargo la capacidad de conducción depende de diversos factores: coeficiente de rugosidad, edad de la tubería y vida útil de la misma.

La economía de la tubería esta definida por factores diversos entre ellos los costos de adquisición, disponibilidad inmediata de tubos y piezas especiales, transporte, instalación y manejo de la misma, ya que piezas dañadas o defectuosas incrementan el tiempo y costo del proyecto. En costo de la instalación es de considerar la longitud, el peso, los revestimientos internos y externos, la resistencia mecánica, el tipo de unión entre otros muchos factores que se deben de tomar en cuenta al considerar los diversos tipos de tuberías.

Si se toma en cuenta que las uniones de la tubería (referido en CNA (1996) como el empleo de enlazar los tubos o tramos de tubería) proveen cierto grado de deflexión es importante entonces elegir correctamente el tipo de unión.

Aunque los aspectos antes mencionados deben tomarse en cuenta como factores que proporcionan la calidad de la tubería en conjunto con los materiales de esta, sin embargo es relevante que estos mantengan la calidad del agua, no añadiendo sabores o sustancias químicas a esta.

Existen numerosos tipos de materiales utilizados para la fabricación de tuberías, pero en la actualidad sean puesto de manifiesto ciertos factores que han desplazado materiales, dejando otros cuantos vigentes en la actualidad como: los

tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) que se fabrican en color blanco de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-E-143 vigente, donde se clasifican de acuerdo a su sistema de unión en un solo tipo y un solo grado de calidad como espiga-campana y por su resistencia a la presión de trabajo en cinco clases (Tabla 7)

Tabla 7. Presión máxima de trabajo

clase	Presión maxima de trabajo	
	Mpa	kg/cm2
5	0.50	5
7	0.70	7
10	1.00	10
14	1.40	14
20	2.00	20

La junta espiga campana está dada por la inserción del extremo liso del tubo en el extremo campana del siguiente tubo (Fig. 9).

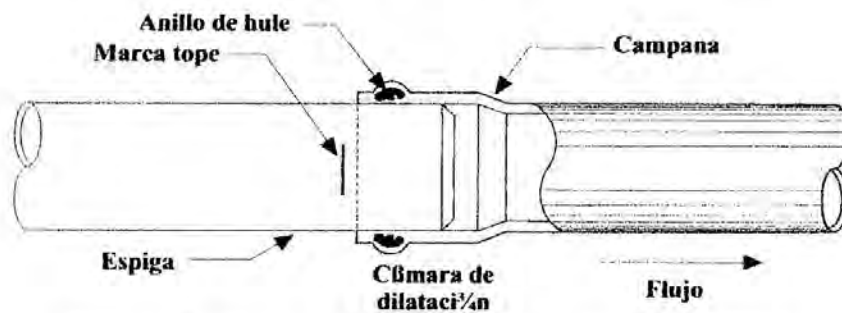


Figura 9 Unión de espiga-campana en tubería

Este tipo de junta es ampliamente usada en tuberías de PVC, concreto y hierro fundido, con el objetivo de garantizar la unión herméticamente se coloca un anillo de material elástico. Se habla de su serie métrica en tubería de PVC se fabrican en diámetros nominales de 50 a 630 mm, con una longitud útil de seis metros y con un espesor variable. La tubería de PVC posee ventajas tales como: hermeticidad, pared de interior lisa, resistencia a la corrosión, resistencia química, ligereza, flexibilidad, resistencia a la tensión, facilidad de instalación y lo más importante no altera la calidad del agua. Dentro de las desventajas: es susceptible a daños durante su manejo, reducción de su resistencia de impacto a temperaturas menores de 0 °C y a temperaturas mayores de 25 °C reduce la presión del trabajo, así mismo con su exposición prolongada a los rayos solares provoca la reducción a la resistencia.

Los tubos de polietileno (PE) se fabrican en color negro, cilíndricos y sin costuras de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-E-144 y se clasifican de acuerdo a sus densidades en tres tipos: desde 25kg/cm hasta 50kg/cm. Este tipo de tuberías se utilizan en agua potable, agua de riego, residuos industriales a presiones y temperaturas variables. Figura 8.

Tabla 8. Presión máxima de trabajo en tuberías de PE

clase	Presión maxima de trabajo	
	Mpa	kg/cm2
2.5	0.25	2.5
4	0.39	4
6	0.59	6
8	0.78	8
10	0.98	10

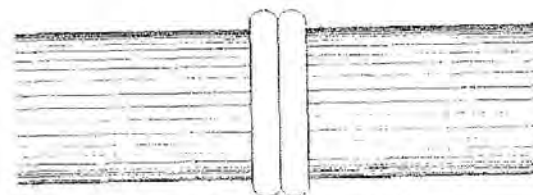
Las ventajas obtenidas al utilizar tubos de polietileno son las siguientes: hermeticidad, alta capacidad de conducción, inmunidad a la corrosión, resistencia química, ligereza, flexibilidad, facilidad de instalación, no altera la calidad del agua, termofusión, economía, compresibilidad, rapidez de instalación, durabilidad. Figura 10.



**Fundido a presión baja**



**Fundido a presión correcta**



**Fundido a sobrepresión**

Figura 10 Unión por termofusión.

Otra opción de tubería dentro de las redes de distribución se encuentra las tuberías de hierro fundido (HF) o colado, se utilizan en estaciones de bombeo e instalaciones donde se requiere rigidez y resistencia al impacto y a la corrosión. En este tipo de tuberías se dispone de dos tipos de hierro: hierro gris y hierro dúctil, estos tipos de tuberías pueden ser unidos mediante: uniones de tipo bridas, mecánica, enchufe-bola o submarina y espiga-campana con anillo de hule.

Las juntas bridas poseen dos anillos idénticos hechos de material de la tubería (bridas) y perforados para fijarse entre sí por medio de tornillos. Cada uno se fija en cada uno de los extremos de los tubos por unir con cualquier método. Este tipo de junta es utilizada en sistemas de tuberías expuestos donde se requiere rigidez, resistencia, facilidad de intercambio de tubos así como impermeabilidad. El anterior procedimiento se ilustra en la siguiente figura 11.

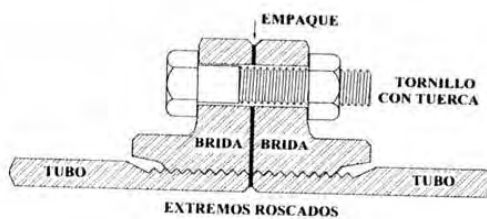


Figura 11. Unión de brida

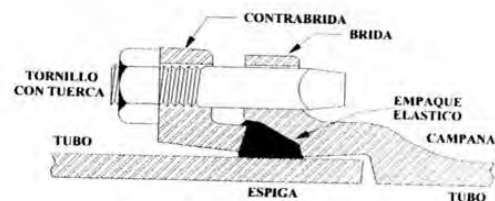


Figura 12. Unión Mecánica

Las juntas mecánicas (Figura 12) consisten en unir un tubo con un extremo bridado (brida fija) y en disposición campana con otro tubo espiga o liso empleando una contrabrida (brida móvil) y un anillo de sellado.

Y por última un tipo de junta muy común es la tipo espiga-campana, descrita en el texto anteriormente y la cual se ilustra en la figura 13. Siguiendo:



Figura 13. Unión espiga-campana

Si tomamos en cuenta que el soporte, la presión y la resistencia son piezas fundamentales, entonces debemos de tomar en cuenta las tuberías de acero, que se utilizan donde es necesario el soporte de altas presiones y grandes diámetros. Este tipo de tubería está fabricado de acero con o sin costura, negro o galvanizado por inmersión en agua caliente para usos comunes esto de acuerdo a las Normas Mexicanas NMX-B-10 y NMX.B.177. Ambas normas clasifican a los tubos según su proceso de fabricación en tres tipos: A) tipo "F" soldado a tope con soldadura continua por calentamiento en horno, B) "E" soldado por resistencia eléctrica y finalmente tipo "S" sin costura.

El sistema de unión empleado en las tuberías de acero puede ser: soldadura (Figura 14.) bridas (Figura 13.), coples (Figura 14.).

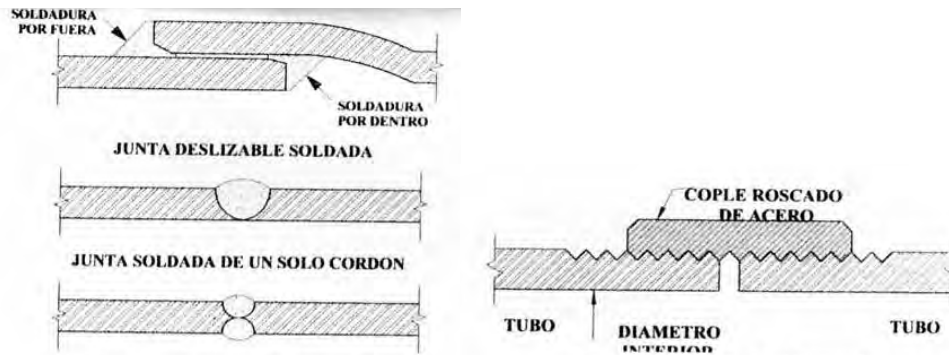
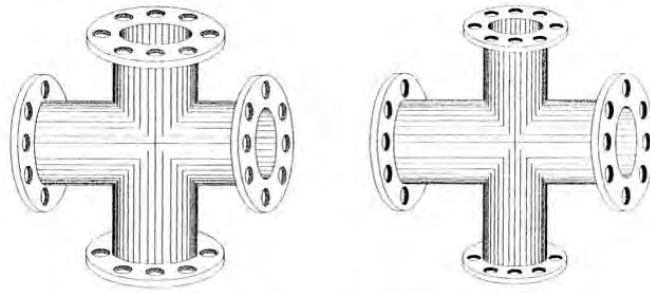


Figura 14 Unión por Soldadura y Unión de cople roscado

Dentro de las ventajas (ver figura 16.) que encontramos al utilizar tubería de acero se encuentran: alta resistencia mecánica, ligera y fácil de transportar e instalar. Sin embargo se deben tomar cuenta también sus desventajas siendo estas: no soporta cargas externas grandes, pues es susceptible al aplastamiento, presenta corrosión y crea altos costos de mantenimiento (ver figura 16.) y cuenta con una serie de piezas especiales como son: cruces, codos, tes, carrete y extremidad figura 15.

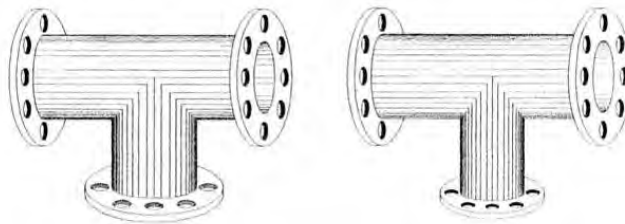




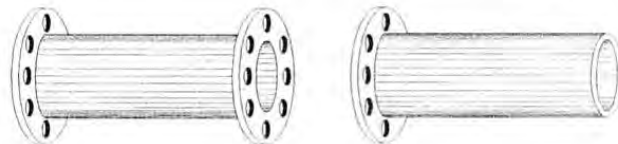
### **CRUCES**



### **CODOS**



### **TES**



### **CARRETE**

### **EXTREMIDAD**

Figura 15. Piezas especiales de Fierro Fundido con Bridas

MATERIAL Y DIÁMETROS USUALES	SISTEMA DE UNIÓN	PIEZAS ESPECIALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fibrocemento (FC), antes (Asbesto-cemento) (AC) (75 a 2,000 mm)	- Coples de fibrocemento con anillos de hule. - Junta Gibault.	- Piezas de hierro fundido con bridas que se unen con extremidades bridadas y juntas Gibault a la tubería de fibrocemento. - Piezas de hierro fundido con extremos lisos que se unen con juntas Gibault. - Piezas de fibrocemento (en diámetros pequeños).	- Bajo costo. - Bajo coeficiente de rugosidad. - Ligereza. - Hasta cierto grado es resistente al ataque de ácidos, álcalis, sales y otras sustancias químicas. - Generalmente no se corroe. - No favorece la formación de incrustaciones en las paredes.	- Frágil; puede agrietarse o romperse durante las maniobras de transporte, manejo, almacenaje e instalación.
Hierro fundido (HF) (100 a 1,600 mm)	- Acoplamiento espiga-campaña con anillo de hule. - Extremos bridados. - Junta mecánica. - Junta Gibault.	- Se fabrican de hierro fundido con extremos lisos, campana, campana para junta mecánica, y bridados.	- Larga vida útil. - Alta resistencia a impactos durante el transporte, manejo e instalación. - Alta resistencia a la corrosión, pero susceptible a la tuberculización. - Alta resistencia al aplastamiento o fractura por cargas externas. - Puede ser cortado o perforado en la obra. - Mantenimiento casi nulo.	- Susceptible a la corrosión eléctrica o química si no es protegido. - Alto peso, por lo cual es difícil su manejo. - Mayor costo que otros tipos de tuberías. - En caso de requerirse, debe importarse, lo cual implica mayor costo.
Concreto presforzado (760 a 2,750 mm)	- Acoplamiento espiga-campaña con anillo de hule. - Uniones bridadas.	- Piezas de alma de acero recubierta de concreto, con extremos espiga-campaña, extremos lisos o bridadas.	- Alta capacidad de conducción. - Alta resistencia mecánica a presiones internas y cargas externas. - Larga vida útil. - Bajo mantenimiento.	- Pueden ser atacadas por sulfatos si no se usa cemento resistente. - Difícil de reparar. - Conexiones complicadas.
Acero (50.4 (2") a 355.6 mm (14")), galvanizado (50.4 (2") a 152.4 mm (6"))	- Soldadura. - Extremos bridados. - Juntas mecánicas para extremos lisos o ranurados.	- En general, se fabrican de tramos de tubería unidos con soldadura.	- Resiste presiones internas elevadas. - Mayor ligereza y bajo costo en comparación con tuberías de hierro fundido o de concreto. - Fácil adaptación a cualquier tipo de montaje.	- Es susceptible a la corrosión por lo que deben protegerse tanto el interior con el exterior (en el caso de tuberías no galvanizadas). - No soporta cargas externas ni vacíos parciales, pues es susceptible al aplastamiento. - Requiere mantenimiento periódico.

Figura 16 (primera parte).- ventajas y desventajas de los diferentes materiales.

SISTEMA DE UNIÓN	PIEZAS ESPECIALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule.	- Se fabrican de PVC. - Pueden usarse piezas de hierro fundido en los cruceros, con adaptadores bridados de PVC.	- Bajo coeficiente de rugosidad. - Ligereza. - Instalación rápida, fácil y económica. - Flexibilidad. - Alta resistencia a la tensión. - Alta resistencia a la corrosión y al ataque químico de ácidos, álcalis y soluciones salinas. - Puede realizarse la prueba hidrostática inmediatamente después de su instalación. - Mantenimiento nulo.	- Susceptible a daños durante su manejo. - Con temperaturas menores a 0°C se reduce su resistencia al impacto. - Cuando conduce agua a presión con temperatura superior a 25°C, disminuye la presión máxima de trabajo que puede soportar. - La exposición prolongada a los rayos solares afecta sus propiedades mecánicas.
- Termofusión.	- Se fabrican de polietileno y se unen por termofusión. Pueden acoplarse a piezas especiales de hierro fundido por medio de adaptadores de polietileno.	- Bajo coeficiente de rugosidad. - Flexibilidad. - Ligereza. - Instalación rápida, fácil y económica. - Se puede instalar en zanjas poco profundas sin plantilla. - No presenta corrosión. - En diámetros menores a 100 mm no se requieren válvulas de seccionamiento. - Mantenimiento nulo.	- La presión de trabajo especificada puede alterarse al aumentar la temperatura exterior o interior. - Se deteriora si se expone a la intemperie por periodos prolongados.

Figura 16 (segunda parte).- ventajas y desventajas de los diferentes materiales.

De acuerdo con la CNA (1996) las válvulas se pueden definir como los dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo de los conductos a presión. Las válvulas se pueden accionar manualmente, mecánicamente o bien de forma semiautomática, por lo anterior existen accionadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, utilizados en plantas de tratamiento o en instalaciones donde se requiere el uso de válvulas.

Dentro de las redes de distribución es más común el uso de válvulas operadas manualmente por medio de palancas, volantes y engranes, esto dado porque los cierres en este tipo de válvulas son ocasionales. Las válvulas en la actualidad están diseñadas hidrodinámicamente para disminuir las pérdidas de carga y cavitación.

Una de las utilidades de las válvulas es el aislamiento de tramos de tubería que permiten su reparación o mantenimiento, o bien el evitar flujo o intercambiarlo, cambiar una línea, controlar el gasto, regular los niveles de almacenamiento, controlar los cambios de presión, entrada y salida del aire y prevenir el contraflujo.

Las válvulas se clasifican según su función en:

A) Aislamiento o seccionamiento.- Las cuales pueden ser:

- Válvulas de compuerta: son las más utilizadas en redes de distribución y son empleadas para aislar tramos de tubería, ya sea para revisión o reparación,

poseen como ventajas el ser de bajo costo, con una amplia disponibilidad, baja pérdida de carga y fácil manipulación por el operador. Este tipo de válvulas funciona con una palanca que se mueve verticalmente a través de un cuerpo de la válvula en forma perpendicular al flujo. Los diámetros de este tipo de válvulas son: 75mm, 100mm, 150mm y 200mm.

- Válvulas de mariposa: Estas válvulas se operan por medio de una flecha que acciona un disco y lo hace girar centrando en el cuerpo a la válvula (Figura 17.): Las válvulas de mariposa son de cuerpo corto y están diseñadas especialmente para fungir como reguladoras de gasto y mantener presiones bajas.
- Válvulas de asiento (cilíberíndrica, cónica o esférica): En estas válvulas el elemento móvil es un cilindro o esfera, dicho elemento es igual al diámetro de la tubería. Su característica es regular el gasto en los sistemas de distribución (Figura 17.).

B) De control pueden ser:

- Válvulas de altitud: Se emplean para controlar el nivel de agua en un tanque en los sistemas de distribución con excedencia en los tanques. Suelen ser de dos tipos: en una sola acción y doble acción, o bien denominadas de un solo sentido o dos sentidos de flujo, la primera permite el llenado del tanque hasta un nivel

determinado. O de igual forma las válvulas de altitud están provistas de un flotador. Figura.18

- Válvulas para admisión y expulsión de aire: Son instaladas para permitir la entrada y salida de aire a la línea, evitando así la formación de vacíos parciales en la línea durante su vaciado evitando colapso y aplastamiento en la tubería. Figura 19.
- Válvulas controladoras de presión: Como su nombre lo dice su función es reducir la presión de aguas arriba a una presión prefijada aguas abajo. Se usa para abastecer a zonas bajas de servicio. Existe una amplia variedad de válvulas controladoras de presión así pues están las válvulas reductoras de presión, sostenedoras de presión o aliviadoras de presión, anticipadoras de onda y para el control de bombas.
- Válvulas de globo: Poseen un disco horizontal que se acciona por medio de un vástago que abre o cierra un orificio por donde circula el agua. Este tipo de válvulas se emplea para uso domestico por su tamaño pequeño.
- Válvulas de retención: O también llamadas Check, son de tipo automáticas y se emplean para evitar contraflujo, por lo cual su empleo se limita a tuberías donde existe este, o bien el fallo de energía eléctrica. Figura 20.

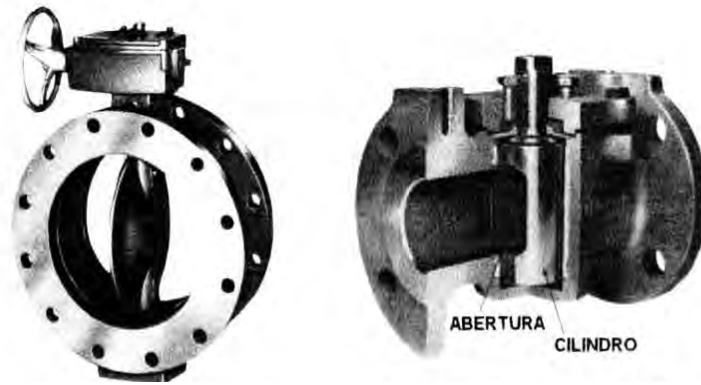


Figura 17. Válvula de mariposa y Válvula de asiento

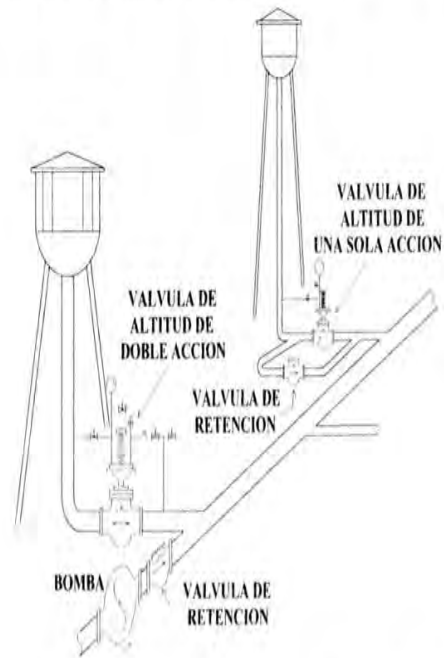


Figura 18. Válvulas de altitud en tanques elevados

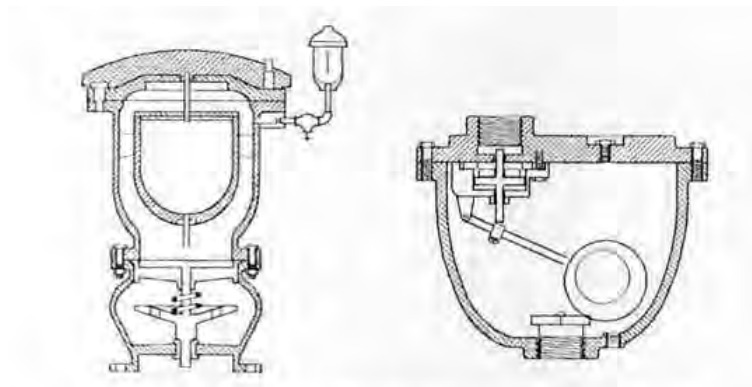


Figura 19. Válvulas de admisión y expulsión de aire.

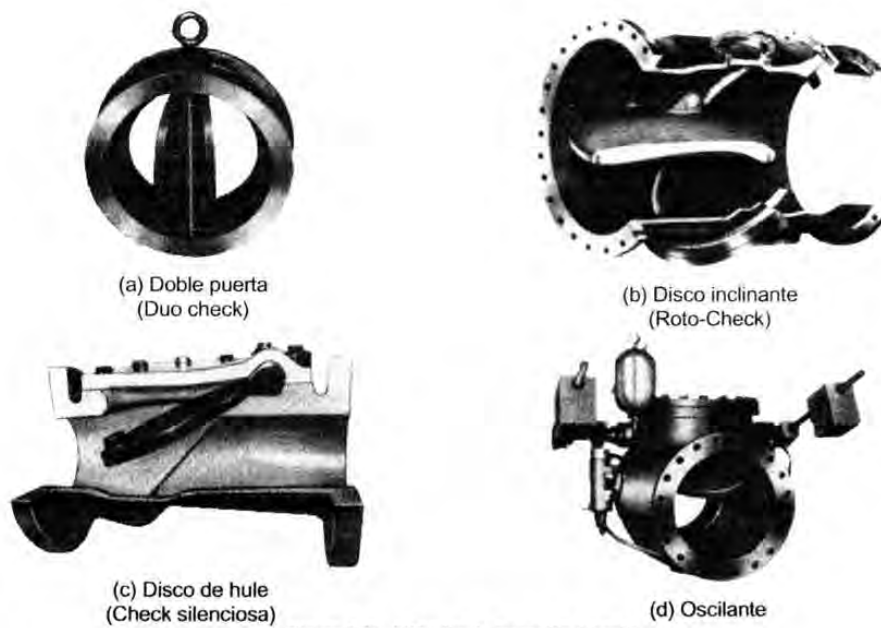


Figura 20. Válvulas de retención.



Según la CNA (1996), los hidrantes son conexiones especiales en la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendios.

Los hidrantes públicos son llaves comunes colocadas en pedestales de concreto o de mampostería que son utilizadas como llaves comunitarias. Colocadas a distancias menores de 200 m y máximas de 500m, este tipo de hidrantes pueden poseer una sola llave (hidrantes simples) y utilizado por no más de 70 personas, o varias llaves (hidrantes múltiples) utilizado por alrededor de 250 a 300 personas.

Los hidrantes contra incendio son tomas distribuidas en las calles a distancias cortas. Son de fácil acceso, son poco utilizados en México.

Los tanques o almacenamientos son utilizados en los sistemas de distribución de agua para asegurar la cantidad y la presión de la red. Pueden ser según su construcción en: Superficiales: Se utilizan cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio. O bien elevadas.

Para los tanques se utilizan tubos de entrada (conducción) y tubos de salida (alimentación), o bien un solo tubo de entrada y salida (tanques elevados): los tanques elevados son autorregulables ya que cuando se sobrepasan los niveles de demanda entra agua y cuando los niveles de abastecimiento sale agua. Para ambos tipos de almacenamiento se emplean válvulas de altitud, las cuales utilizan un flotador.

Los tanques de distribución poseen un volumen determinado de almacenamiento de agua y uno adicional para el combate contra incendios, según la función. Las líneas de conducción se diseñan de acuerdo al gasto máximo diario  $Q_{md}$  y la línea de alimentación y la red de distribución se diseñan con el gasto máximo horario  $Q_{mh}$ . De igual forma en un sistema de distribución conviene ubicar el almacenamiento en el centro de la zona de servicio para tener diámetros económicos en las tuberías de la red y mantener uniformidad en las presiones disponibles.

La capacidad de almacenamiento es obtenida combinando razonablemente los siguientes puntos. Por lo tanto un tanque de almacenamiento dispone de una capacidad para:

- El regular un abastecimiento constante de la fuente y la demanda variable de la zona de servicio.
- Combatir incendios.
- Emergencias debidas a la falla de la toma, la energía eléctrica o las instalaciones.

Un tanque de regulación permite:

- Regular las presiones de la red y así reducir presiones.

- Elevar la presión en puntos lejanos de los tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo, con ello mejorar el servicio.
- Regular la carga de las bombas.

Las bombas y las turbinas forman parte de las máquinas para fluidos llamadas “turbomaquinaria” por conectarse a una flecha motora.

La gran mayoría de los sistemas de distribución y líneas de conducción de agua potable incorporan bombas en sus instalaciones para trasladar el agua a través del sistema o mantener presiones requeridas, las bombas permiten:

- Elevar el agua desde fuentes superficiales o subterráneas.
- Incrementar la presión para servir áreas de servicio ascendente.
- Bombear químicos en unidades de tratamiento o bien transportar el agua a zonas de tratamiento.
- 

Las bombas funcionan por medio de combustión interna o con electricidad, los que funcionan por medio de electricidad suelen ser de corriente directa o corriente alterna, el tipo de motor elegido será de acuerdo a las necesidades de la red o bien a las características necesarias para lograr un servicio de calidad y eficacia. Los motores de las bombas deben protegerse contra descargas, prevenir daños por conexiones a tierra o conductores eléctricos inapropiados.

Las bombas permiten trasladar fluidos agresivos (líquidos, gases o semisólidos), por lo tanto el diseño de estas van encaminadas al tipo de fluidos que se desea trasladar, en tanto que se clasificación va encaminada al funcionamiento como:

- De desplazamiento positivo: Su funcionamiento es pulsatorio y maneja fluidos de casi cualquier viscosidad.
- Dinámicas o cambiadoras de impulso: Su funcionamiento se basa en transmitir un impulso o movimiento al fluido por medio de placas o álabes de rápido movimiento agrupados en un pulsor, este tipo de bombas puede proveer de altos gastos y bajas presiones.

El agua extraída del subsuelo no requiere tratamiento y su captación resulta fácil y económica, las cantidades de agua no son afectadas por las sequías. Para aprovechar el agua subterránea se construyen pozos, los cuales son excavaciones o perforaciones verticales, normalmente hechas por el hombre, por las cuales el agua subterránea puede brotar o ser extraída del subsuelo.

La toma domiciliaria tiene como función el proporcionar agua de la red de distribución para conducirla a la instalación hidráulica intradomiciliaria. Las tomas intradomiciliaria se dividen en dos:

- Ramal: Es el tipo de conexión que abarca desde el acoplamiento a la red de distribución hasta el codo inferior del cuadro.

- Cuadro: Es el conjunto de tubos y codos que forman una figura rectangular con el objeto de alojar un medidor.

- 

Las tomas también se pueden clasificar en metálicas y combinadas, las metálicas se instalan con cobre y hierro galvanizado, en cambio las combinadas están realizadas con polietileno de alta densidad (PEAD).

## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN**

En este capítulo se estudiará las generalidades del proyecto, informe fotográfico, entorno geográfico.

#### **3.1. Generalidades.**

El análisis de este proyecto pretende revisar el diseño de un sistema de distribución de red de agua potable para la localidad de Caltzontzin en la tenencia de Uruapan, Mich. Dicha comunidad cuenta con una población de 4,503 habitantes según datos del INEGI (2005), en la actualidad se cuenta con una red de agua potable la cual carece de planos.

##### **3.1.1. Objetivo.**

El objetivo de este proyecto es la revisión de la tubería de agua potable por medio del cálculo para la red de distribución del proyecto ya mencionado cumpliendo con los diámetros necesarios para su buen funcionamiento y economía dando una satisfacción al usuario del servicio que se les está ofreciendo.

### **3.1.2. Alcance del proyecto**

En el presente trabajo se da a conocer un análisis del cálculo para la red de distribución anteriormente mencionada en la comunidad de Caltzontzin, el cual es de gran importancia para los usuarios de la población como para los visitantes a ella misma, en donde se desempeña una actividad gastronómica, siendo su mayor fuente económica y su agricultura. Este servicio adquiere una mejora en cuanto a su calidad de vida y sus necesidades. Bajo la normatividad de la Comisión Nacional del Agua.

### **3.2. Entorno geográfico.**

Dentro del entorno geográfico se encuentra la macro y microlocalización del área de de la población estudiada.

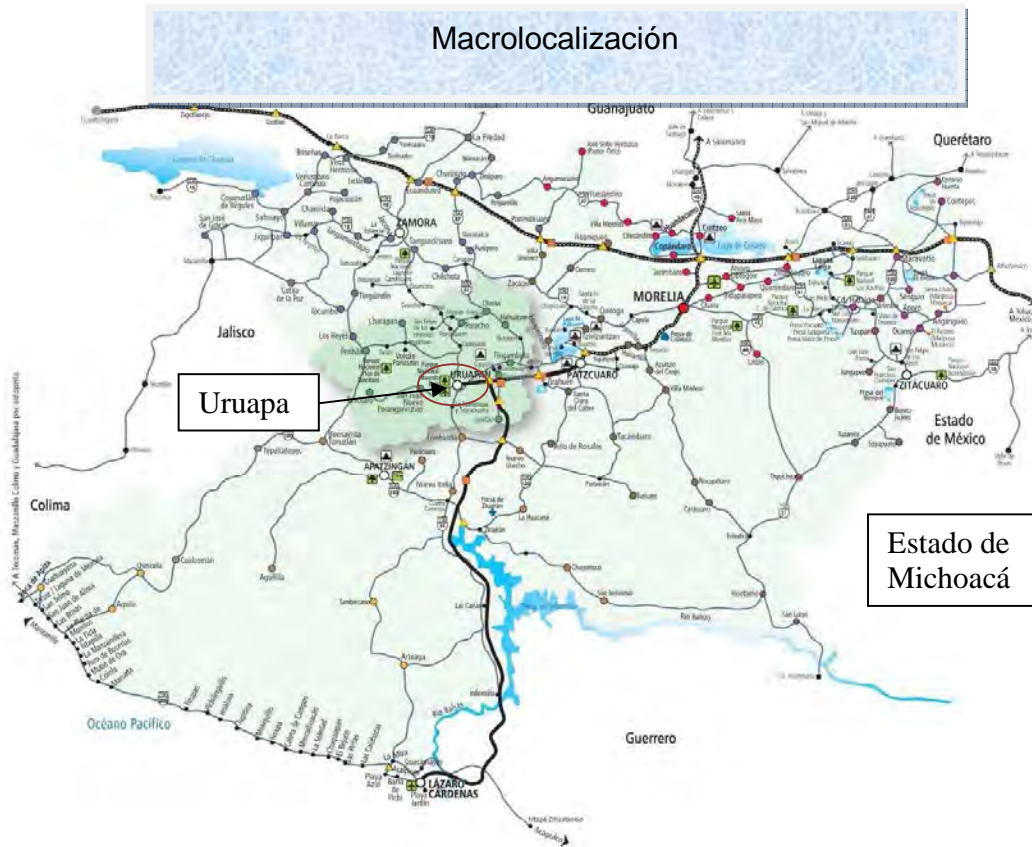


Figura 21. Ubicación del Municipio de Uruapan Michoacán.

En la figura 21. Representa donde se encuentra el Municipio de Uruapan en el Michoacán, donde se encuentra la zona de estudio del poblado de Caltzontzin. En base a lo señalado por la página de Internet [//www.michoacan-travel.com/eng\\_upn\\_mapa\\_regional.htm](http://www.michoacan-travel.com/eng_upn_mapa_regional.htm).

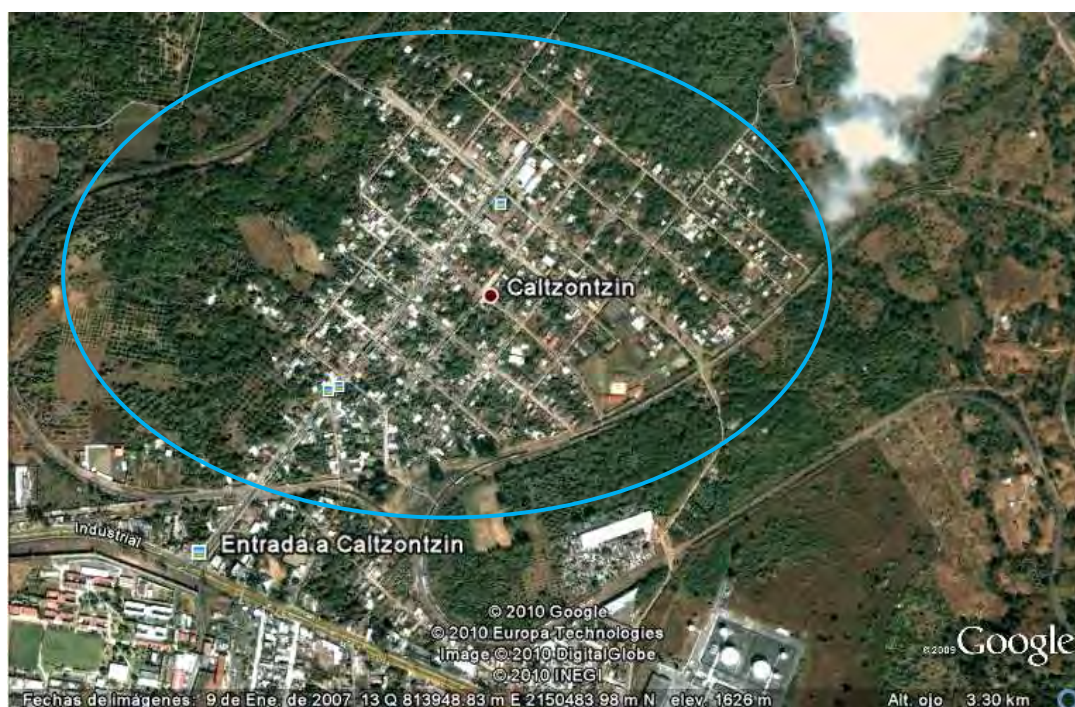


En la figura 22. Se muestra el municipio de Uruapan, donde se localiza al poblado de Caltzontzin, y se visualiza que se encuentra en la entrada de Uruapan por el Boulevard Industrial. Como lo señala el programa satelital Google Earth.



Figura 22. Localización de la comunidad de Caltzontzin en el Municipio de Uruapan

Figura 23 localización de la comunidad de caltzontzin.



En la figura 23. Se representa la comunidad de Caltzontzin más a detalle, indicando la entrada hacia el poblado y el área de trabajo.

La topografía regional de la comunidad de Caltzontzin está localizada al NO del estado de Michoacán, sus coordenadas geográficas son de 19°25'44" latitud Norte y 102°0'18" de longitud Oeste. Limita al Sur con la colonia San Rafael y al Norte con Toreo el Bajo. Se encuentra a una altitud de 1640 msnm. Según la página de internet //www.emexico.gob.mx.

La hidrología de esta zona se encuentra constituida por la presa de Caltzontzin y el ojo de agua de la colonia La Cofradía. Su clima es templado y tropical con lluvias en verano, con una precipitación anual de 1,759.3 mm y a una temperatura que oscilan de 8.0 a 37.5 °C.

Con respecto al uso de suelo es de origen de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno su uso es primordialmente agrícola, forestal y ganadero como lo señala la página de internet //www.emexico.gob.mx. Las actividades agrícolas más relevantes son el cultivo del aguacate, el cultivo del maíz y el cultivo del frijol. Otra de las actividades más sobresaliente es la gastronomía y el comercio que cuenta con pequeñas empresas que se dedican a la fabricación de cajas de madera, embalajes y tarimas de madera sobre todo de aguacate y pino

### **3.3. Informe fotográfico.**

Se presenta un informe fotográfico en el cual se indica la entrada a la comunidad de Caltzontzin en la foto 1, mientras que en la foto 2,5,6 se observa el

tipo de terracería que existe en la comunidad, tipo de vegetación y la topografía. En el tipo de terracería se aprecia que existe material de banco, la foto 3 y 4 representa la avenida principal de la comunidad.



Foto 1



Foto 2



Foto 3

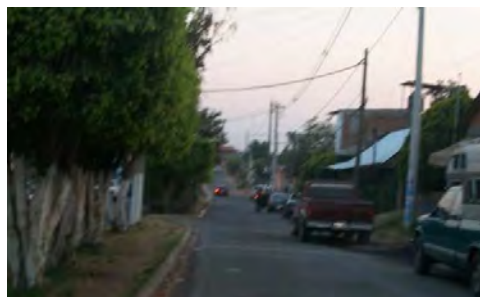


Foto 4



Foto 5



Foto 6

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se abordará el método empleado para el desarrollo de la tesis, dando el enfoque de la investigación, alcance, diseño de investigación, instrumentos de recopilación de datos y una descripción del proceso de investigación.

#### **4.1. Método empleado.**

Se cuenta con cuatro tipos de métodos: Método científico, Método deductivo, Método matemático y el Método Analítico.

El método científico es sometido a pruebas y ensayos en los cuales puedes comprobar si lo que se está haciendo es verdad mediante la experimentación y si es el caso de que no se cumpla la hipótesis se puede modificar cuantas veces sea lo necesario, el cual permite obtener conocimientos y aplicaciones.

El método deductivo considera que las conclusiones se encuentran explícitas en las indicios basándose en los hechos observados en la ley general.

El método idóneo empleado para este proyecto es el método matemático cuantitativo por el simple hecho de involucrarse con los cálculos. El método matemático trabaja con cálculos y números hasta obtener a un resultado, el cual

puedes hacer una semejanza y analizar las diferentes condiciones que se presentan ya sea de valor económico, de importancia o de capacidad. Este método es el primordial que indica el principio del objeto por dar como resultado un número entero por la adhesión indeterminada de la unidad misma.

“En cualquier investigación que sienta números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y estas se toman en cuenta para firmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.” (Mendieta; 2005:48,49).

De acuerdo con Jurado Rojas (2005), el método Analítico es la observación y examen de hechos por medio de un análisis de datos comprendiendo cada uno de sus elementos este método depende del método matemático, el cual establece leyes universales por medio de la experimentación de varios números de casos.

Para llevar a cabo esta investigación se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Observación.
2. Descripción.
3. Descomposición del fenómeno.
4. Enumeración de sus partes.
5. Ordenación
6. Clasificación.

#### **4.2 Enfoque de investigación.**

Este proyecto está enfocado en la investigación cuantitativa y basada en el método matemático el cual brinda una difusión de los resultados más

ampliamente, por lo que controla los fenómenos, el conteo desde el punto de vista, y sus dimensiones. Facilitando la comparación entre otros resultados parecidos dando un posibilidad de réplica y un enfoque en puntos específicos según Hernández Sampieri (2004).

Se lleva a cabo este enfoque para la revisión de un sistema de red de agua potable en la comunidad de caltzontzin ya calculado haciendo una comparativa en cuestión a sus resultados verificando tipo de tubería y diámetros implementando una investigación cuantitativa especificando soluciones adecuadas en los resultados.

#### **4.2.1 Alcance.**

En lo señalado por Hernández Sampieri (2004), el proyecto mencionado es descriptivo en base a los eventos, situaciones y hechos. De cómo es y cómo se manifiesta cada elemento estudiado especificando propiedades, características y perfiles importantes de la comunidad, haciendo un análisis sobre varios puntos evaluando y recolectando datos sobre la investigación. Para así mismo ejecutar una comparativa con respecto a las características ya calculadas, cuestionando y describiendo lo que se averigua.

#### **4.3. Diseño de investigación.**

Este proyecto no es de carácter experimental según lo mencionado por Hernández Sampieri (2004) lo que indica que se clasifica por el número de

momentos en el cual se adquieren datos importantes, para este proyecto la investigación es transeccional o transversal llamado así por adquirir los datos en un solo momento.

#### **4.4 Instrumentos de recopilación de datos.**

El instrumento utilizado para la recopilación de datos de este proyecto según Hernández Sampieri (2004) fue por la observación cuantitativa llevando a cabo la investigación documental recolectando datos que implica:

1. La selección de uno o varios métodos disponibles.
2. Aplicación de instrumentos necesarios.
3. Preparación de datos obtenidos en el levantamiento para analizarlos.

Utilizando el enfoque cuantitativo midiendo las variables contenidas en la hipótesis y recolectando para la vinculación de de conceptos con indicadores empíricos. Esta recolección debe de tener una confiabilidad y validez cuantitativa. La confiabilidad cuantitativa se determina calculando un coeficiente de confiabilidad que de 0 a 1, siendo que 0 es igual a confiabilidad nula y 1 es igual a total confiabilidad ya que no existe confiabilidad perfecta pero se da un límite tolerable de error. La validez se obtiene comparando los resultados de aplicar instrumentos de medición contra los resultados de un criterio externo.

Pasos para medir un instrumento de medición:

1. Se enlista las variables a medir.

2. Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
3. Elegir uno ya desarrollado o se construye uno propio.
4. Indicar los niveles de medición de las variables nominal, ordinaria, por intervalos y de razón.
5. Indicar de cómo se habrá de recopilar los datos.
6. Aplicar prueba piloto.
7. Construir su versión definitiva.

Es necesario la aplicación de de instrumentos de computadora para su elaboración y presentación como son:

El programa de Excel que es una hoja de cálculo la cual te facilita el trabajo.

El programa de Autocad para la fabricación de planos.

#### **4.5 Descripción del procedimiento de investigación.**

Este proyecto de tesis se inicio partiendo de la ubicación de la comunidad de caltzontzin, viendo la necesidad que tenia la población verificando si se contaba con este proyecto, posteriormente se inicia con la investigación documental para tener información teórica desde sus antecedentes hasta su revisión llevando a cabo una metodología para la realización del proyecto, capturando los datos en programas de computadora Autocad y Excel haciendo un análisis y cumpliendo con los objetivos y pregunta de investigación de esta tesis para establecer las conclusiones y ver el resultado a que se llevo.



#### **4.6 Análisis e interpretación de resultados**

Para el presente proyecto es necesario utilizar métodos factibles, confiables y específicos, que proporcionen resultados verídicos, por lo tanto, la elección de dichos métodos debe ser esencial y de forma cuidadosa.

El cálculo del tipo de redes anteriores consiste en determinar los diámetros de distintos tramos que forman el circuito principal, dentro de la red es importante conocer las presiones que tiene el agua en cada punto de ella, en ello radica la importancia de las tablas de cálculo, las cuales deben terminar con la cota piezométrica.

Cuando por efecto de la topografía las presiones son muy altas en alguna zona de la población, se puede independizar los circuitos y alimentarlos con tanques a menor altura o emplear válvulas reductoras de presión.

Existen varios métodos de cálculo siendo el más común y usual el método de Hardy-Cross.

Este método consiste en revisar si la red trabaja correctamente con el diseño inicial que se hace de la misma y se resuelve por aproximaciones sucesivas que puede aplicarse a los gastos supuestos en un principio o bien a las pérdidas de las cargas iniciales.

El Método de Aproximaciones Sucesivas, de Hardy Cross, está basado en el cumplimiento de dos principios o leyes:

- Ley de continuidad de masa en los nudos;
- Ley de conservación de la energía en los circuitos.

El planteamiento de esta última ley implica el uso de una ecuación de pérdida de carga o de "pérdida" de energía, bien sea la ecuación de Hazen & Williams o, bien, la ecuación de Darcy & Weisbach.

El procedimiento más usual es el de corregir los gastos. Se basa en suponer una distribución de gastos que corresponden a los cuales propios del tramo más acumulados por la alimentación.

Para hallarse en forma teórica en cada tramo se emplea una fórmula que va dando una correlación al gasto supuesto para obtener un segundo gasto y así sucesivamente continuando con aproximaciones hasta obtener prácticamente el definitivo.

Los gastos se van corrigiendo con los valores obtenidos de fórmulas basadas en las pérdidas de carga, estas fórmulas están dadas en función del gasto por:

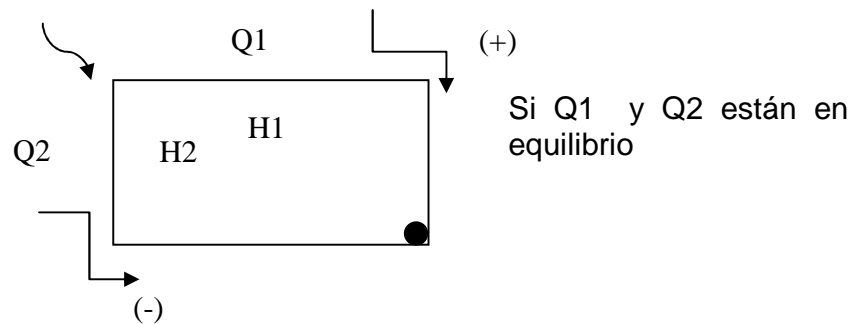
$$H = KQ$$

$$H = \text{Pérdida de carga}^n$$

K= Constante numérica para el tubo

$n =$  Constante común de los tubos

$$\left. \begin{array}{l} H_1 = K_1 Q_1 \\ H_2 = K_2 Q_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Se cumple} \\ H_1 = H_2 = 0 \end{array}$$



Si el valor de  $Q_1$  es algo menor que el valor real, necesita para ser correcto un incremento " $\Delta$ ";  $Q_2$  será un poco mayor que el real y necesita un decremento igual, ya que :  $Q_1 + Q_2 = Q$ .

Para aplicar el método de Cross se deben aplicar los siguientes pasos:

1.- Formar circuitos principales y numerarlos; el resto de la red estará integrada en general por circuitos secundarios y tuberías de relleno. El criterio general es que Cada rama tenga la misma área de influencia ya que son estos los que van a alimentar a los demás y en último término a la población entera.

2.- Suponer que la tubería va a trabajar sin presión, es decir como canal pudiendo de esta manera y tomando en cuenta la topografía, un sentido de escurrimiento en los tramos.

3.- Fijar los sentidos de escurrimiento tomando en cuenta las manecillas del reloj como una positividad y la negatividad al contrario.

4.- Valuar el gasto requerido en cada tramo empleando un caudal unitario por metro de longitud de tubería que resulta de dividir el caudal total demandando por la población entre la longitud total de la red.

5.- En forma ficticia suponer que se interpone la circulación del agua en un tramo para formar una red abierta con el objeto de definir perfectamente cual tubería alimenta a otra. Así se llegan a definir puntos en los que ya no existe posibilidad de alimentar a otros tramos, recibiendo estos puntos el nombre de "puntos de equilibrio".

6.- Acumular gastos en sentido contrario al escurrimiento partiendo de los puntos de equilibrio hasta la alimentación.

7.- Suponer los diámetros de cada tramo en base a una velocidad adecuada y teniendo el área hidráulica ajustada finalmente a un diámetro comercial.

En los tramos comunes a dos circuitos, los gastos y las pérdidas tendrán ciertos valores y para el circuito contiguo difieren en signo pero no en valor absoluto. Para la corrección en cada circuito los tramos comunes tendrán dos correcciones uno para cada circuito debiendo respetarse el signo que le corresponde. La corrección se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\Delta = \frac{\sum Q}{n \sum \frac{H}{Q}}$$

$\Delta$  = Correlación

H=Perdida de carga

Q=Gasto

$n = 2$  (si H= Manning); 1.85 (si H= Hazen williamns)

8.- Cambiar diámetros en caso necesario en los tramos en que desde la primera serie de cálculos, si la correlación resulta muy grande.

9.- Realizar los cálculos con ayuda de una hoja de cálculo.

Además de los métodos antes mencionados, existen otros instrumentos que proporcionan apoyo para llegar a la obtención de resultados verídicos como lo es el programa de cómputo Excel, el cual proporciona apoyo en cuestión de cálculos. Este programa esta se basa en una hoja de cálculo, para de esta forma dar apoyo vital en cálculos matemáticos de cualquier tipo y proporcionar un orden en cada uno de ellos.

De acuerdo al método utilizado, la red de tubería principal se constituye con un diámetro de 6" y en la tubería secundaria los diámetros van variando desde 4" hasta 1" en el tramo de tubería donde se encuentra el punto de equilibrio.

La red de agua potable que existe es de 3" de diámetro en la tubería principal que en su momento de colocación era suficiente para abastecer a los usuarios de la comunidad de Caltzontzin, esta red se instaló de forma arbitraria careciendo de planos, en el transcurso del tiempo la población fue creciendo dejando un servicio

insuficiente, por lo que se da la necesidad de implementar una revisión de esta red, adicionando planos de la tubería proyectada.

Luego de la revisión se establece que no es suficiente el gasto que suministra a la población por lo que se requiere mayor diámetro de tubería para abastecer a los usuarios.

En la siguiente gráfica, se muestra la Red de distribución de agua potable de la comunidad de Caltzontzin, en la figura 24, se muestra la localización de los crucesos de la tubería para su cálculo.

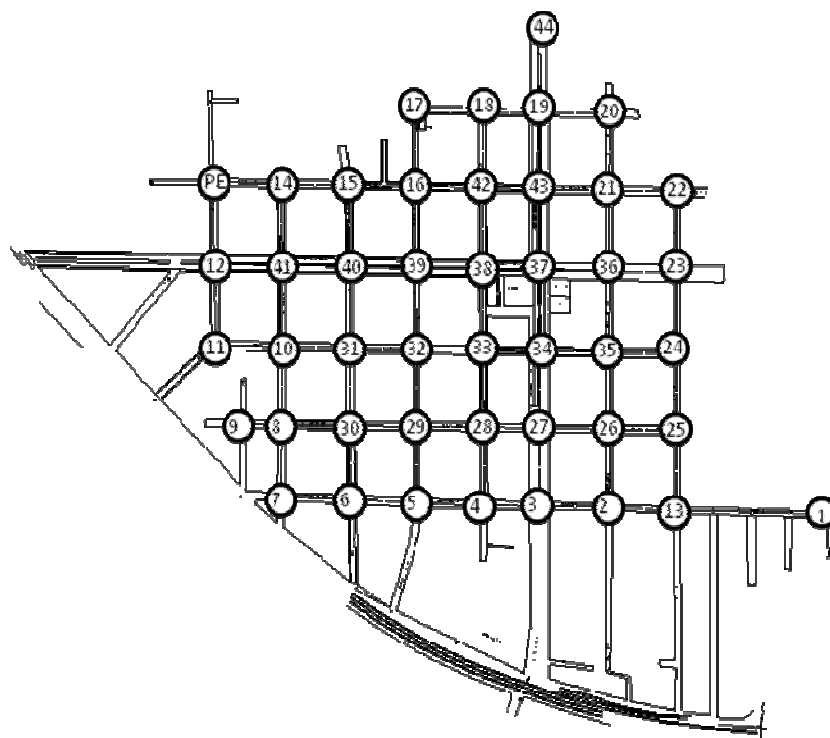


Figura 24 localización de crucesos de tuberías.

En la tabla 9 se representa los tramos de tubería en base a los cruceros ya visualizados en la figura 24, exponiendo su longitud, tramo de tubería y cuota piezométrica de algunos cruceros (tubería perimetral).

Tramo	Longitud	Cuota piezométrica	Tramo	Longitud	Tramo	Longitud
1 13	205.32	1612.703	25 26	89.48	2 26	90.77
13 2	90.59	1623.86	26 27	95.93	26 35	89.9
2 3	94.39	1625.348	27 28	74.62	35 36	95.08
3 4	74.72	1624.309	28 29	89.87	36 21	94.74
4 5	89.99	1622.825	29 30	89.37	19 43	90.92
5 6	87.98	1619.3	30 8	91.37	43 37	94.57
6 7	93.79	1618.968	10 31	90.43	37 34	95.05
7 8	84.48	1618.771	31 32	90.14	34 27	89.04
8 9	52.59	1618.954	32 33	89.83	27 3	91.79
8 10	90.86	1,618,654	33 34	74.85	18 42	87.28
10 11	89.48	1619.6	34 35	95.16	42 38	95.09
11 12	96	1621.4	35 24	90	38 33	95.23
12 PE	95.72	1622.612	23 36	89.83	33 28	89.55
PE 14	93.62	1621.187	36 37	95.36	28 4	91.31
14 15	89.52	1627.63	37 38	75.11	16 39	95.27
15 16	90.56	1630.031	38 39	89.93	39 32	95.45
16 17	86.75	1627.889	39 40	89.68	32 29	90.2
17 18	88.29	1635.254	40 41	90.39	29 5	89.13
18 19	75.87	1634.242	41 12	91.9	15 40	94.97
19 44	78.3	1636.243	16 42	90.18	40 31	95.45
19 20	95.55	1632.624	42 43	76.78	31 30	90.66
20 21	89.92	1630.76	43 21	94.55	30 6	86.97
21 22	90.62	1628.229			14 41	94.21
22 23	95.07	1630.369			41 10	96.29
23 24	94.61	1624.635				
24 25	89.4	1621.178				
25 13	93.14	1621.354				
	<b>2497.13</b>			<b>1944.76</b>		<b>2218.92</b>

<b>Longitud total de tubería</b>	<b>6660.81</b>
----------------------------------	----------------

Tabla 9. Longitudes de tuberías por tramos.

Según el Método de Hardy Cross para el cálculo de los diámetros de las tuberías se toman en cuenta los siguientes datos:

DATOS		
D =	150	LTS/HAB/DIA
P =	4503	MILES
CVd =	1.40	
CVh =	1.55	
Qmed=	7.82	l/s
Qmd=	10.95	l/s
Qmh=	16.97	l/s
Qmax horario =	16.97	Lt/seg
longitud =	6660.81	mts
q =	0.00255	Lt/seg/mt de tubo

De acuerdo a los datos anteriores se obtuvieron como resultado los diámetros anexados en la tabla 10.

Estos diámetros se encuentran representados en el plano 1.



Circuito		Tramo	Longitud mts.	Qo	Diametro	plg	K	Ho mts	Ho/Qo	$\Delta$	Cuota piezometrica	Cuota natural	T carga disponible	# crucero
Propio	Comun													
		PE . - 12	95.72	0.240	0.73485	1	268457.6319	1.48013364	6.16722349	-0.33891071	1675.29805	1622.612	52.6860452	12
		12 11	96.00	1.410	1.78115	2	7246.8436	1.38311518	0.98093275	-0.33891071	1676.77818	1621.4	55.3781789	11
		11 10	89.48	1.640	1.92094	2	7246.8436	1.74406457	1.06345401	-0.33891071	1678.16129	1619.6	58.5612941	10
		10 08	90.86	2.810	2.51446	2.5	2112.7072	1.51573991	0.53940922	-0.33891071	1679.90536	1618.954	60.9513586	9
		08 09	52.59	2.940	2.57196	2.5	2112.7072	0.96036681	0.32665538	-0.33891071	1681.4211	1618.654	62.7670985	8
		08 07	84.48	3.840	2.93939	3	833.6726	1.03851287	0.27044606	-0.33891071	1682.38147	1618.771	63.6104653	7
		07 06	93.79	4.080	3.02985	3	833.6726	1.30158457	0.31901582	-0.33891071	1683.41998	1618.968	64.4519782	6
		06 05	87.98	5.000	3.3541	3	833.6726	1.83366288	0.36673258	-0.33891071	1684.72156	1619.3	65.4215628	5
		05 04	89.99	5.930	3.65274	4	179.7445	0.56879956	0.09591898	-0.33891071	1686.55523	1622.825	63.7302257	4
		04 03	74.72	6.820	3.91727	4	179.7445	0.62468521	0.09159607	-0.33891071	1687.12403	1624.309	62.8150252	3
		03 02	94.39	7.760	4.17852	4	179.7445	1.02165682	0.13165681	-0.33891071	1687.74871	1625.348	62.4007104	2
		02 13	90.59	8.690	4.42182	4	179.7445	1.22963275	0.14149974	-0.33891071	1688.77037	1623.86	64.9103672	13
								14.7019548	10.4945409		1690	1600	90	
		PE 14	93.62	0.240	0.73485	1	268457.6319	1.447661	6.03192084	-0.33891071	1647.53454	1627.63	19.9045442	14
		14 15	89.52	0.710	1.26392	1	268457.6319	12.1146961	17.0629523	-0.33891071	1648.98221	1630.031	18.9512052	15
		15 16	90.56	1.180	1.62942	2	7246.8436	0.91379614	0.7744035	-0.33891071	1661.0969	1627.889	33.2079014	16
		16 17	86.75	1.870	2.05122	2	7246.8436	2.19837403	1.17560109	-0.33891071	1662.0107	1635.254	26.7566975	17
		17 18	88.29	2.090	2.16852	2	7246.8436	2.79481443	1.33723179	-0.33891071	1664.20907	1634.242	29.9670716	18
		18 19	75.87	2.750	2.48747	2.5	2112.7072	1.21220141	0.44080051	-0.33891071	1667.00389	1632.624	34.379886	19
		19 44	78.3	2.950	2.57633	2.5	2112.7072	1.43961083	0.48800367	-0.33891071	1668.21609	1636.243	31.9730874	44
		19 20	95.55	3.670	2.87359	3	833.6726	1.07289778	0.29234272	-0.33891071	1669.6557	1630.76	38.8956982	20
		20 21	89.92	3.900	2.96226	3	833.6726	1.14020001	0.29235898	-0.33891071	1670.7286	1628.229	42.499596	21
		21 22	90.62	4.810	3.28976	3	833.6726	1.74787246	0.36338305	-0.33891071	1671.8688	1630.369	41.499796	22
		22 23	95.07	5.050	3.37083	3	833.6726	2.02125812	0.40024913	-0.33891071	1673.61667	1624.635	48.9816685	23
		23 24	94.61	5.950	3.65889	4	179.7445	0.60204172	0.10118348	-0.33891071	1675.63793	1621.178	54.4599266	24
		24 25	89.4	6.840	3.92301	4	179.7445	0.75180521	0.10991304	-0.33891071	1676.23997	1621.354	54.8859683	25
		25 13	93.14	7.740	4.17313	4	2112.7072	11.7884707	1.52305823	-0.33891071	1676.99177	1623.86	53.1317735	13
		13 01	205.32	16.950	6.17556	6	20.6777	1.2197558	0.07196199	-0.33891071	1688.78024	1612.703	76.0772442	1
								42.4654558	30.4653643		1690	1600	90	

Tabla 10. cálculos de diámetros

## **Conclusiones.**

Por medio de una serie de cálculos se muestra que la tubería proyectada es de mayor diámetro que la existente.

De acuerdo a la pregunta de investigación, ¿El diseño actual de la red agua potable es el adecuado?, luego de la revisión del sistema de agua potable de la localidad de Caltzontzin en Uruapan Mich. se establece que no es suficiente el diámetro de la tubería existente por lo que se requiere de la ampliación de diámetros de la tubería para tener un mejor servicio en la comunidad.

La red de agua potable con la que se cuenta es insuficiente para las necesidades de la población de la comunidad de Caltzontzin por el incremento de población, lo que conduce a un cambio en la tubería de la red principal de agua potable.

## BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua (1994-1996)

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

Facultad de Ingeniería

Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas de la república Mexicana. (1985)

SAHOP-UNAM. México

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la Investigación

Ed. MacGraw-Hill. México

Jurado Rojas, Yolanda. (2002)

Técnicas de Investigación Documental.

Ed. Thomson. México

Mendieta Alatorre, Angeles (2005)

Métodos de Investigación y manual académico

Ed. Porrúa. México

Resnick, Robert. Halliday David. (2002)

Física Volumen I

Grupo Editorial Patria S.A de C.V. México

Saldarriaga, Juan G. (2009)

Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua redes riegos.

Grupo Editor Alfa Omega

## OTRAS FUENTES DE INFORMACION

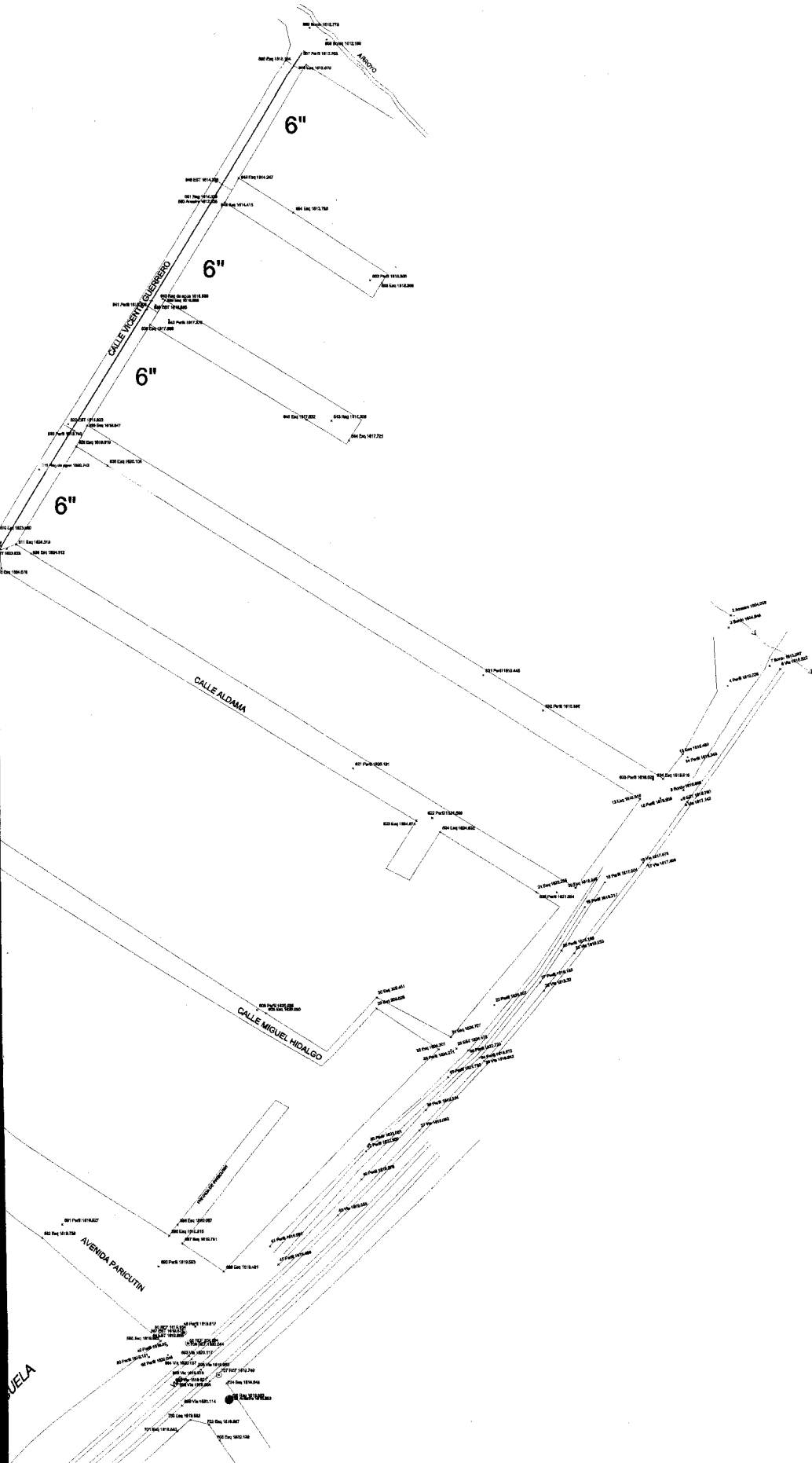
Programa Satelital Google Earth.

[//www.emexico.gob.mx](http://www.emexico.gob.mx)

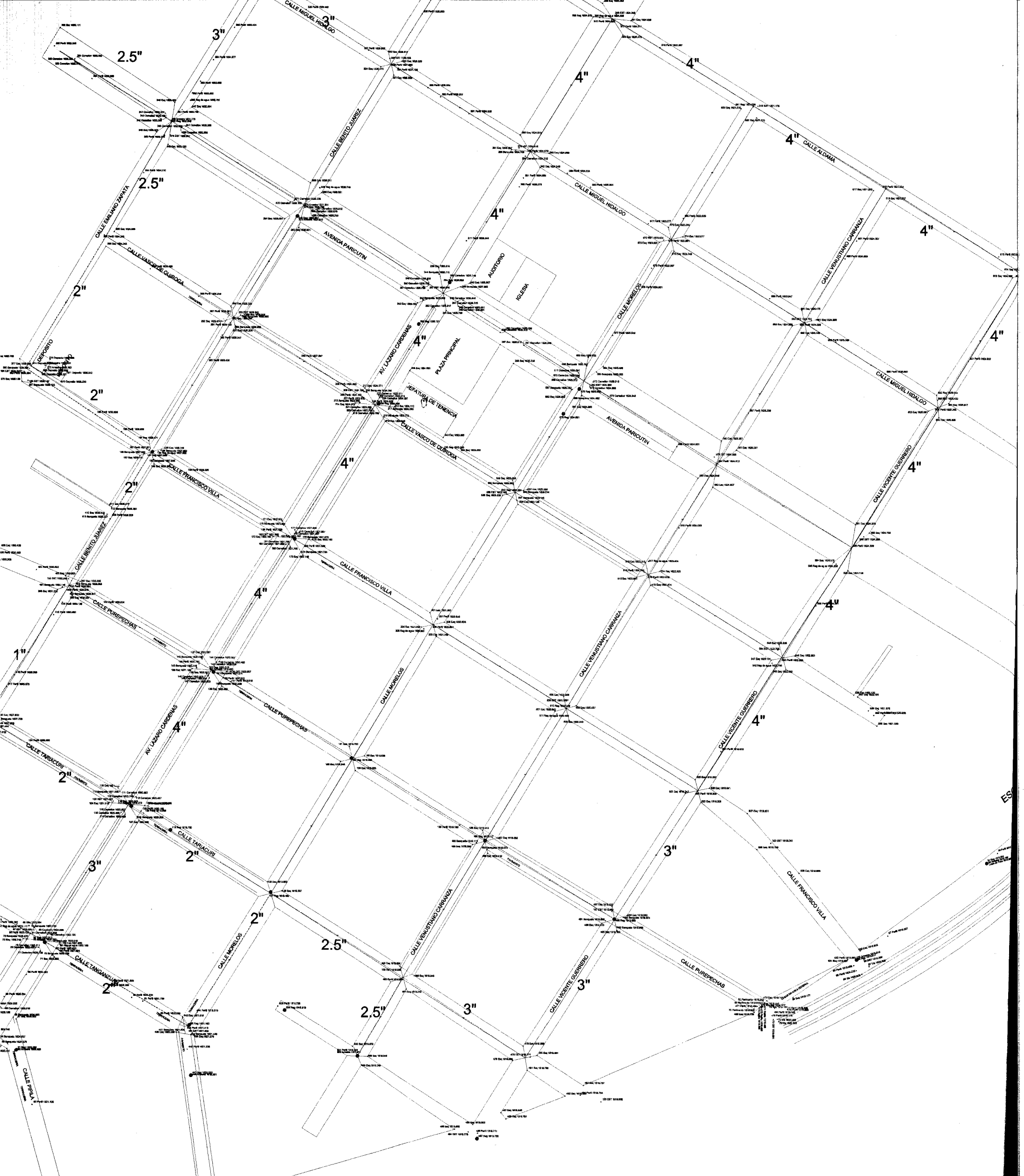
[http://www.michoacan-travel.com/eng\\_upn\\_mapa\\_regional.htm](http://www.michoacan-travel.com/eng_upn_mapa_regional.htm)



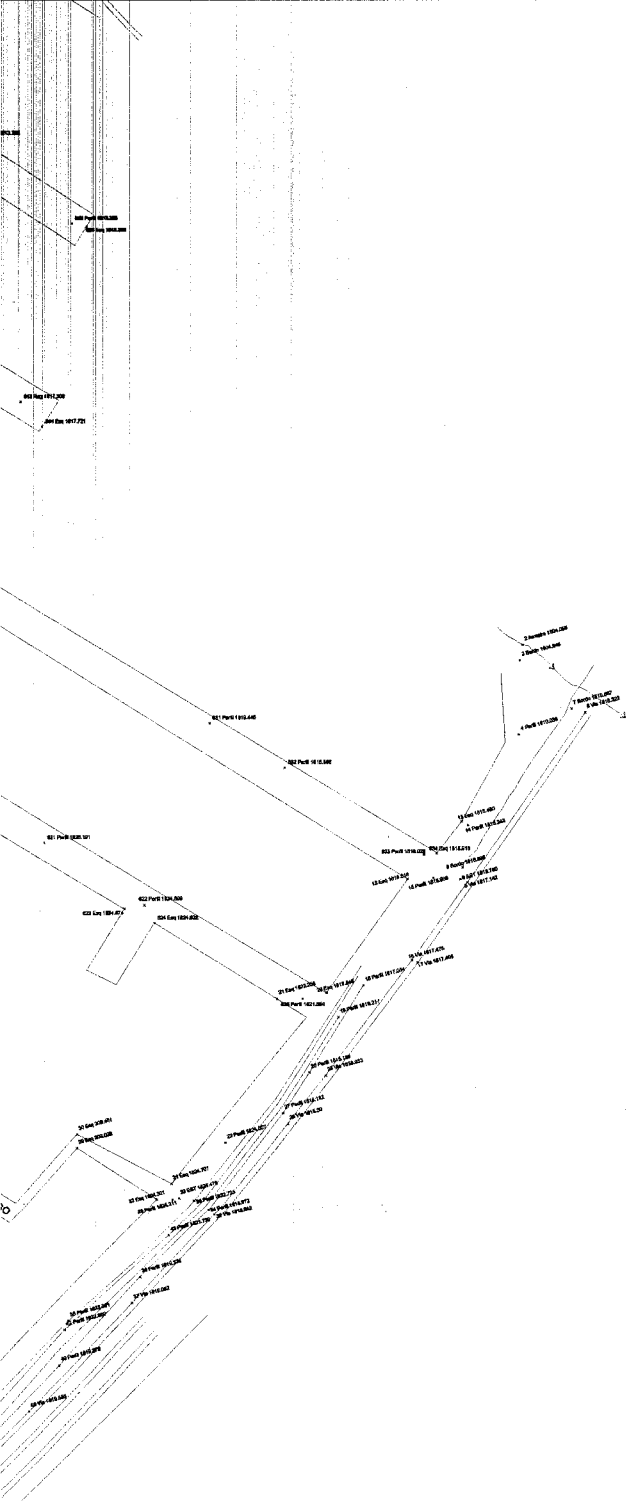
C.N.A)



- Tuberia de 6"
- Tuberia de 3"
- Tuberia de 4"
- Tuberia de 2.5"
- Tuberia de 2"
- Tuberia de 1"



NOTA: PARA DETERMINAR LAS COTAS ES NECESARIO SELECCIONAR CADASTRO IMPORTANTE ABRIR CON EL COMANDO QUIERO DE LA PANTALLA Y CORR



- Tubería de 6"
- Tubería de 3"
- Tubería de 4"
- Tubería de 2.5"
- Tubería de 2"
- Tubería de 1"

DONDE NO APARECEN DE MANERA EXPLICITA  
 QUE COTA LE CORRESPONDE, PARA ESTO ES  
 PROPIEDADES QUE APARECE DEL LADO IZ-  
 CON EL NIVEL.

**Proyecto: SISTEMA DE AGUA POTABLE**

**PLANO 1**

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.**  
 Incorporación No. 8727-15  
 A la Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Escuela de Ingeniería Civil

**ING. JOSE GERARDO AGUILAR ROMAN**

**UBICACION:**

**CALTZONTZIN, UBICADO EN EL  
 MUNICIPIO DE URUAPAN,  
 MICHOACÁN.**