

21121  
45



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

"DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS  
JACARANDAS, EJIDAL MONTE BLANCO, LAGOS,  
SANTA ISABEL, SAN RAFAEL Y FELIPE ANGELES  
EN LA CIUDAD DE CELAYA, GUANAJUATO".

**SEMINARIO - TALLER EXTRACURRICULAR**  
"SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE"

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A :  
**M A R I B E L S O S A V E G A**

ASESOR: M en C. RAUL PINEDA OLMEDO



NOVIEMBRE DE 2003.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*"Clama a mí, y yo te responderé,  
y te enseñaré cosas grandes y  
ocultas que tú no conoces".  
Jer. 33.3*

*Gracias Señor porque aquí está la respuesta a mi petición, por estar conmigo en todo momento y por tus bendiciones derramadas a lo largo de mi vida.*

*A mi Familia:*

*Gracias por tenerme presente en sus oraciones, por su amor incondicional y sus palabras de aliento para que siga siempre adelante.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*A quién amo:*

*Gracias por dedicarme parte de tú tiempo y porque en todo momento me motivas para no darme por vencida.*

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico el contenido de esta tesis en su totalidad.

NOMBRE: *Mantel Sosa Vega*

FECHA: *08/01/2003*

FIRMA: *[Firma manuscrita]*

2

*A mi Jefe:*

*Gracias a su gran apoyo y comprensión pude realizar este objetivo.*

*A los Ingenieros que impartieron el Seminario:*

*Gracias por brindar lo mejor de ustedes y darme la oportunidad de alcanzar esta meta.*

*A los Ingenieros que laboran en JUMAPA:*

*Por su valiosa colaboración, haciendo posible el desarrollo de este trabajo.*

*A la U.N.A.M. y E.N.E.P. Acatlán:*

*Por ser el pilar de mi formación profesional.*

*A mis compañeros (as) y amigos (as):*

*Por darme la oportunidad de conocerlos y compartir sus conocimientos conmigo.*

*Gracias*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INDICE GENERAL

PAG.

### INTRODUCCION

3

### CAPITULO 1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1	Medio Físico	5
1.2	Perfil Sociodemográfico	6
1.3	Infraestructura Social y de Comunicaciones	6
1.4	Actividad económica	9

### CAPITULO 2 DATOS BASICOS DEL PROYECTO

2.1	Recopilación y Análisis de la información	11
2.2	Población Actual	11
2.3	Consumo y Dotación	12
2.4	Coefficiente de variación diaria y horaria	13
2.5	Gasto medio, Gasto máximo diario y Gasto máximo horario	13
2.6	Determinación de la demanda actual	15

### CAPITULO 3 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

3.1	Ubicación	18
3.2	Fuentes de abastecimiento	18
3.3	Obra de toma	19
3.4	Conducción	20
3.5	Tanque de regularización	21
3.6	Línea de alimentación	23
3.7	Red de distribución	24

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1

**CAPITULO 4 CONCEPTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE UNA LINEA DE CONDUCCION**

4.1	Definiciones	27
4.2	Origen y destino del agua	29
4.3	Clasificación general de las conducciones	30
4.4	Ecuaciones empleadas en el diseño de tuberías	34
4.5	Componentes de una línea de Conducción	40
4.6	Aspectos generales de equipos de bombeo	45
4.7	Principios generales en la protección contra el golpe de ariete	47
4.8	Protección de las Conducciones	50

**CAPITULO 5 DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION**

5.1	Localización de la fuente de abastecimiento y del Tanque de regulación	53
5.2	Trazo y Perfil de la línea de conducción	53
5.3	Consideraciones de Diseño	55
5.3.1	Selección del tipo de conductos	56
5.3.2	Diseño de la línea de conducción	67
5.3.3	Análisis del diámetro económico	68
5.3.4	Determinación del golpe de ariete	80
5.3.5	Trazo de la línea piezométrica con y sin golpe de ariete	84

**CAPITULO 6 INTEGRACION DEL PROYECTO**

6.1	Planos ejecutivos	90
6.2	Especificaciones	96

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** 98

**BIBLIOGRAFIA** 99

**ANEXOS** 101

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## INTRODUCCION

En estos tiempos de notable crecimiento demográfico, la diversificación de actividades humanas y los asentamientos humanos en terrenos accidentados y en forma dispersa, incrementa en gran medida el problema de abastecimiento de agua potable. Es por ello que como ingenieros nos incumbe aprovechar racionalmente los recursos naturales aplicando técnicas sanitarias con el fin de proteger la salud pública y buscar el bienestar y prosperidad de las comunidades.

El agua puede ser buena y puede ser mala, pues lo mismo puede llevar a enfermedad y muerte, que salud y vida. Esta es indispensable para la vida y por ello el hombre ha buscado para su establecimiento los lugares que le ofrecen mayores comodidades y facilidades para desarrollar sus actividades, procurando tener cerca una fuente de abastecimiento de agua. Aunque no siempre ha podido conseguirlo, teniendo que establecerse en sitios que quizá no fueron lo más aptos para su desenvolvimiento. Así surgió la necesidad de conducir el agua a lugares apartados, debido a ello se han desarrollado diversas soluciones para captarla y conducirla.

Estas soluciones son obras que tienen como finalidad conducir el agua desde la fuente de captación hasta el sitio en que la población la necesita para su uso y consumo. Esta debe de ser en cantidad suficiente, calidad, presión necesaria y en forma continúa, constituyendo así un sistema de abastecimiento de agua potable. Los componentes de este sistema son: fuente de abastecimiento, obra de captación, línea de conducción, planta potabilizadora, tanque de regularización, línea de alimentación y red de distribución.

Debido al aumento de la población y el ascenso de su nivel cultural y social hacen insuficiente en poco tiempo las obras proyectadas, imposibilitándose, que con las existentes se pueda seguir el ritmo de crecimiento de las necesidades. Esto complica cada vez más la obtención de nuevos caudales, pues las fuentes actuales van haciéndose insuficientes y de menor calidad; por lo que es necesario utilizar las que están situadas a mayor distancia u otras cuyas aguas requieren tratamientos para hacerlas adecuadas para su consumo. El problema de abastecimiento de agua potable

no tiene solución permanente, por lo que debido a ello se deben buscar nuevas fuentes de aprovisionamiento, realizando estudios hidrológicos o geohidrológicos para poder ampliar los sistemas.

Para desempeñar un papel activo en la solución a tales problemas, el Ingeniero Civil debe comprender claramente sus fundamentos científicos y tecnológicos. En la elaboración de cualquier proyecto, es necesario tener especial cuidado en la definición de los datos básicos. Estimaciones exageradas provocan la construcción de sistemas sobredimensionados, mientras que estimaciones escasas dan como resultado sistemas deficientes o saturados en un tiempo corto, ambos casos representan inversiones que imposibilitan su recuperación, en demérito del funcionamiento de los sistemas.

Por lo tanto, es importante mencionar que el ingeniero proyectista es el responsable de asegurar la recopilación de información confiable, de realizar análisis y conclusiones con criterio y experiencia para cada caso. Teniendo que aplicar los lineamientos técnicos, económicos y sociales con el objeto de obtener datos básicos razonables para la elaboración de proyectos ejecutivos de abastecimiento de agua potable.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **CAPITULO 1.- ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 Medio Físico**

#### **Localización**

El municipio está situado a los 100° 48' 55" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a los 20° 31' 24" de latitud norte; su altura sobre el nivel medio del mar es de 1,800 m. El área del territorio municipal es de 579.30 Km<sup>2</sup>, equivalente al 1.89% de la superficie total del estado. Limita con los municipios: al norte Comonfort; al este con Apaseo el grande y Apaseo el alto; al sur con Tarímoro; al oeste con Cortazar y Villagrán y al noroeste con Santa Cruz de Juventino Rosas.

#### **Hidrografía**

La corriente principal dentro del municipio es el río Laja, que pasa al oriente de la ciudad, al cual se le une el río Apaseo; ambos son afluentes del río Lerma. Existe un manantial de aguas sulfurosas llamado San Miguelito.

#### **Clima**

El clima del municipio es templado. La temperatura media anual es de 18.8°C y la mínima de 0.5°C, con una precipitación promedio anual de 683 mm.

#### **Orografía**

El municipio está localizado en su mayor parte en un bajo montañoso. Sus alturas más notables son: Mesa del Sastre, Cerro Prieto, Cerro Potrero, Peña Colorada, Trojes, Juan Martín, Rincón de Tamayo, La Gavia y Otero de Ojo Seco. El promedio de altura de estas elevaciones es de 2,000 m sobre el nivel medio del mar.

#### **Clasificación y uso del suelo**

Los suelos del municipio son ígneos en su mayoría, de origen aluvial, con profundidades de más de 50 cm., color gris oscuro, textura arcillosa, con drenaje interno lento y con una rocosidad de 2% y pH de 8. La tenencia de la tierra en el municipio se encuentra dividida en 28,199 Ha de superficie ejidal y 29,731 Ha de pequeña propiedad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Flora y Fauna**

La flora del municipio está compuesta por bosque caduceo de prosopis, con altura de 4 a 13 m; además existen especies forrajearas como la navajita, zacatón, mezquite, pata de gallo, popotillo plateado, de amor, flechilla, búfalo, retorcido moreno, tres barbas, lanudo y tempranero. Otras especies que se dan en el territorio municipal son el huizache, nopal, gatuño y largoncillo.

## **1.2 Perfil Sociodemográfico**

### **Población**

El municipio de Celaya contaba en el año de 1980 con 219,010 habitantes y se calculaba para el año 1987 una población de 288,217 habitantes. La población urbana ha venido evolucionando en la siguiente forma: mientras que en 1940 era el 57% del total, para 1960 se incrementó al 71% y en 1980 llegó al 77%, estimándose que en 1985 representaba el 81% de la población total, lo que denota el carácter urbano del municipio.

La densidad demográfica registrada en 1980 era de 378 hab/Km<sup>2</sup> y de 497.50 en 1987. Las localidades con mayor número de habitantes son: San Miguel Octopan, San Juan de la Vega, Roque, Rincón de Tamayo, Juan Martín y la cabecera municipal. Es conveniente apuntar que este municipio observa una notable reducción de los grupos de personas en edad infantil.

## **1.3 Infraestructura Social y de Comunicaciones**

### **Educación, Cultura, Recreación y Deporte**

El municipio de Celaya cuenta con una amplia infraestructura educativa que abarca todos los niveles escolares y satisface la demanda local y de algunos municipios aledaños. Cuenta con planteles federales, estatales y privados para la impartición de instrucción preescolar, primaria y media básica, así como Instituciones para la educación media superior, dependientes ó incorporadas a la Universidad de

Guanajuato (UG), a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al Sistema de educación tecnológica federal. En cuanto al nivel superior, se cuenta con instituciones ubicadas en la cabecera municipal, como el Instituto Tecnológico Regional de Celaya (ITRC), la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), la Universidad Lasallista Benavente, el complejo educativo Ignacio Allende, la Universidad de Celaya y la escuela Justo Sierra. También existen numerosos centros de estudios en donde se imparte educación terminal en diferentes áreas técnicas, entre las que destacan el Colegio Nacional de Enseñanza Profesional Técnica (CONALEP) y el Centro de Estudios Técnicos México-Japón (CETMEJA). La campaña contra el analfabetismo, así como la educación abierta, hasta el nivel medio superior, están a cargo del Instituto de Educación para los Adultos (INEA).

La cultura es promovida en Celaya por el gobierno municipal (administra la Casa de la Cultura); por el Departamento de difusión de Cultura de la Universidad de Guanajuato; por el Departamento ISSSTE - CULTURA; por el gobierno del estado (Festival Cervantino); por el Consejo Nacional de Recursos para la Atención de la Juventud (CREA, concursos culturales); el Instituto Tecnológico Regional de Celaya, (emisora de radio). En cuanto a instalaciones culturales se cuenta con bibliotecas, auditorios, hemerotecas, archivo histórico, etc. Para la recreación de los habitantes, se encuentran instalaciones como cines, balnearios, zoológicos, parques, estadios de fútbol y béisbol, plaza de toros, lienzos charros y discotecas.

El municipio dispone de una amplia infraestructura deportiva, tanto en la zona urbana como en la rural, entre las que destacan la unidad deportiva, gimnasios públicos y privados y los clubes deportivos de la cabecera municipal, los cuales cuenta con instalaciones como canchas de fútbol, tenis, frontón, campo de golf, etc.

### **Salud**

Para satisfacer las necesidades de salud de su población, Celaya cuenta con instituciones como: centros de salud, hospital general y regional, hospital de zona, sanatorios, clínicas de especialidades y laboratorios de análisis clínicos particulares; una delegación de la Cruz Roja y diversos centros de salud en los poblados del

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

municipio, además de consultorios médicos particulares. Toda la infraestructura también atiende a personas provenientes de otros municipios.

### **Vivienda**

En la materia de vivienda, un amplio sector de la población rural y suburbana carece de servicios en sus asentamientos, además de baja calidad de sus construcciones. Del total de viviendas, el 39% no dispone de drenaje, el 16% no dispone de agua entubada; 70% son casas propias; el 16% no cuentan con electricidad y el 80% de la población habita casas con muros de tabique.

### **Comunicaciones y transporte**

Celaya, como centro impulsor del sistema urbano del oriente del estado, está comunicado por el eje México-Celaya-León y en sentido transversal por el de San Luis de la Paz-Celaya-Acámbaro; con un flujo de pasajeros promedio por mes de 65,000 personas y Celaya-Querétaro de 62,000 personas respectivamente. El transporte de carga atiende movimientos de las actividades agrícolas, ganaderas e industriales. La red de caminos municipal (carreteras de cuota, federales pavimentadas y estatales revestidas) es de 91 Km y el de vías férreas es de 58 Km. Por ferrocarril se transporta azúcar, maíz, trigo, azufre, cemento y fertilizantes, con itinerarios a Tampico, Laredo, Ciudad Juárez, Pacífico noroeste y Lázaro Cárdenas. Se cuenta con una aeropista ubicada a 14.5 Km de la cabecera municipal. En materia de radio difusión, existen siete estaciones. El municipio está comprendido dentro de una amplia red de teléfono, telégrafo y correo. La ciudad está atendida en materia de transporte urbano por circuitos de autobuses y otra de transporte suburbano que llega a localidades de los municipios de Apaseo el Grande, Apaseo el Alto, Cortazar, Villagrán y Juventino Rosas.

### **Servicios públicos**

El municipio de Celaya ofrece a sus habitantes los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, alumbrado público, limpia y recolección de basura, mercados y centrales de abastos, panteones, rastros, calles y pavimentación, parques y jardines, bomberos,

seguridad pública, tránsito y vialidad, regulación urbana y construcción y estacionamientos públicos.

#### **1.4 Actividad económica**

##### **Población Económicamente Activa**

La población económicamente activa (PEA) del último censo del año 2000 era del 33.5% del total de la población del municipio, distribuida por sectores de la siguiente forma: primario el 11.5%, en el secundario el 22%; terciario el 20.50% y de otros no especificados el 46%.

##### **Agricultura**

La agricultura es la base de la economía municipal; los principales cultivos son: maíz, sorgo, alfalfa, avena, frijol, ajo, cacahuate, jitomate y hortalizas, cuyo cultivo es de riego.

##### **Industria**

La industria tiene gran importancia, se cuenta con establecimientos productores de: cajeta y derivados de la leche, empacadora de carnes frías y legumbres, envasado de aguas, beneficiadoras de semillas, purificadoras de agua, pasteurizadoras de leche, fabricación de desodorantes, aromatizantes e insecticida, fabricación de alimentos para animales, muebles y línea blanca, construcción de maquinaria e implementos agropecuarios, industria química textil y plásticos. Estas industrias se ubican principalmente en las carreteras Celaya-Salamanca, Celaya-Querétaro, Celaya-San Miguel de Allende, siendo éste último el asentamiento más importante por su ubicación.

##### **Servicios**

Los servicios que proporciona el sector comercio son diversos, ya que se cuenta con tiendas Conasuper, bodegas de Almacenes Nacionales de Depósito (ANDSA) y mercado de abastos. La infraestructura y servicios del sector turismo están compuestos por restaurantes, hoteles, balnearios, parques para tráiler y diversos

atractivos turísticos, ubicados en su mayoría en la ciudad. Celaya en su cabecera municipal, cuenta con sucursales bancarias, mercados públicos, tianguis, un mercado de abastos y super tienda, así como establecimientos comerciales de todas las ramas y actividades.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO 2.- DATOS BASICOS DEL PROYECTO**

### **2.1 Recopilación y Análisis de la información**

Se recopiló información de las oficinas de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (JUMAPA) referente a la red de distribución y a la línea de alimentación La Gavia.

Para el caso de la red de distribución de las colonias en estudio se recopilaron planos de la infraestructura existente, tomas domiciliarias regulares e irregulares (2.2.1) y toda la información existente de los pozos localizados dentro de la mancha urbana (Jacarandas, Ejidal, Lagos y Monte Blanco); como aforos y eficiencias.

Para la línea de alimentación se recopilaron planos del proyecto original de la línea, información de diámetros, longitudes, materiales sobre la línea de conducción así como un levantamiento topográfico realizado por JUMAPA del trazo final y perfil de la línea. Así como toda la información existente de los pozos La Gavia (Pozos 3, 4 y 7); aforos, eficiencias y tipos de bombas. Se visitó el sitio del tanque de regulación La Gavia, que es donde se descargan los pozos 3, 4 y 7. Se recorrió el trazo de la línea de alimentación La Gavia donde se pudo observar los sifones que se construyeron para librar tuberías de PEMEX y entradas a las áreas agrícolas. Se recorrieron las colonias para conocer su ubicación de los cuatro pozos existentes en la zona, que son con los que se abastece la población de la zona en estudio.

### **2.2 Población Actual**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

De acuerdo a la información proporcionada por JUMAPA de tomas domiciliarias de agua potable regulares e irregulares y considerando un índice de hacinamiento de 5.5 hab/viv resulta una población total de 37,967 habitantes; correspondientes a las colonias: Jacarandas, Ejidal, Santa Isabel, Monte Blanco, Felipe Ángeles, Lagos y San Rafael. El desglose por colonia se presenta en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2.2.1 Población en el año 2003**

Colonia	Tomas Domiciliarias Existentes			Población Resultante (hab.)
	Regulares (tomas)	Irregulares (tomas)	Totales (tomas)	
Jacarandas-Ejidal	3,005	212	3,217	17,694
Santa Isabel	252	22	274	1,507
Monte Blanco	1,247	98	1,345	7,398
Felipe Ángeles	205	23	228	1,254
Lagos	1,522	142	1,664	9,152
San Rafael	152	23	175	963
<b>Total</b>	<b>6,383</b>	<b>520</b>	<b>6,903</b>	<b>37,967</b>

### 2.3 Consumo y Dotación

#### Consumo

Es la parte del suministro de agua potable que utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m<sup>3</sup>/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per-cápita se utiliza l/hab/día. El consumo de agua se determina de acuerdo al tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no doméstico, el consumo doméstico se divide según la clase socioeconómica de la población en: residencial, medio y popular. El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; a su vez el consumo industrial se clasifica en: industrial de servicio e industrial de producción. Para el presente estudio se define que la clase socioeconómica es popular y en la zona no se localizan zonas comerciales ni industriales, **por lo que el consumo según las normas de la Comisión Nacional del Agua (CNA)** es de 130 l/hab/día para un clima semicálido.

Las pérdidas en la zona son del orden del 35%. De acuerdo a la población resultante (2.2.1) y a que es un clima semicálido la dotación correspondiente es de 200 l/hab/día (ver dotaciones en anexo I) misma que se adopta para el siguiente estudio.

#### Dotación

Es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando los consumos y las pérdidas en la red en un día promedio anual. Debe ser igual a la demanda "per-cápita" promedio anual, existen factores técnicos (lejanía de la fuente, cantidad y calidad del

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



agua disponible, etc.) y económicos (financiamiento), que influyen para determinarla como dato de diseño.

#### 2.4 Coeficiente de variación Diaria y Horaria

Los coeficientes de variación se derivan de la fluctuación de la demanda debido al clima y de los consumos en días laborales y otras actividades. Los requerimientos de agua para un sistema de distribución no son constantes durante el año, ni durante el día; la demanda varía en forma diaria y horaria. Debido a la importancia de estas fluctuaciones para el abastecimiento de agua potable, es necesario obtener los gastos Máximo Diario y Máximo Horario, los cuales se determinan multiplicando el coeficiente de variación diaria por el gasto medio diario y el coeficiente de variación horaria por el gasto máximo diario. Para la obtención de los coeficientes de variación diaria y horaria lo adecuado es hacer un estudio de demanda de la localidad.

Si no es posible lo anterior; se pueden considerar los valores de los coeficientes de variación diaria y horaria medios que se obtuvieron del estudio de "Actualización de dotaciones en el país" (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA); en donde se determinó la variación del consumo por hora y por día durante un período representativo en cada una de las estaciones del año, calculándose los coeficientes por clase socioeconómica y por clima. Del análisis de la información de este trabajo, se identificó que no había una diferencia significativa por tipo de usuario, recomendándose los valores promedio, que se dan a continuación:

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

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 2.5 Gasto medio, Gasto máximo diario y Gasto máximo horario

El consumo de agua potable, varía con la hora del día y con la estación del año. Las fluctuaciones respecto a su valor medio son mayores en comunidades pequeñas, que

en las grandes; así como también son mayores en regiones secas que en regiones húmedas.

### **Gasto medio (Qm)**

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

El gasto medio (Qm) se calcula con la ecuación:  $Qm = \frac{Pob \times Dot}{86,400}$

donde:

**Qm** = Gasto medio en litros por segundo (lps)

**Pob.** = Población de proyecto (habitantes)

**Dot** = Dotación en litros/habitante/día (l/hab./día)

### **Gasto máximo diario (Qmd)**

La demanda de agua potable en el día de máximo consumo, que puede traducirse en el gasto máximo diario, es una de los parámetros de diseño más importantes, ya que sirve para el diseño de: la capacidad de la fuente, el diámetro de la red de conducción, el diseño de la planta potabilizadora, la capacidad del tanque de regularización y las tuberías principales de la red de distribución. Se calcula a partir del coeficiente de variación diaria, el cual se define como la relación de la demanda promedio en el día de máximo consumo entre la demanda promedio diaria, en un período de un año.

El gasto máximo diario (Qmd) será entonces:  $Qmd = Qm \times Cvd$

donde:

**Qmd** = Gasto máximo diario en litros por segundo (lps)

**Qm** = Gasto medio en litros por segundo (lps)

**Cvd** = Coeficiente de variación diaria (adimensional) igual a 1.40

### Gasto máximo horario (Qmh)

La demanda de agua potable en la hora de máximo consumo o demanda pico, que puede traducirse en gasto máximo horario (Qmh), se utiliza para diseñar la red de distribución. La demanda pico ocurre en el día de máximo consumo diario.

El gasto máximo horario se obtiene a partir del gasto máximo diario, multiplicado por el coeficiente de variación horaria y será:

$$Qmh = Qmd \times Cvh$$

donde:

**Qmh** = Gasto máximo horario en litros por segundo (lps)

**Qmd** = Gasto máximo diario en litros por segundo (lps)

**Cvh** = Coeficiente de variación horaria (adimensional) igual a 1.55

### 2.6 Determinación de la demanda actual

Una vez definida la población actual, la dotación y los coeficientes de variación diaria y horaria, se procede a calcular los gastos medios, máximos diarios y máximos horarios para toda la zona de estudio y por cada colonia.

Los resultados del total de la población son los siguientes:

El gasto medio es:  $Qm = \frac{37,967 \times 200}{86,400} = 87.89 \text{ lps}$

El gasto máximo diario es:  $Qmd = 87.89 \text{ lps} \times 1.40 = 123.04 \text{ lps}$

El gasto máximo horario es:  $Qmh = 123.04 \text{ lps} \times 1.55 = 190.71 \text{ lps}$

En el siguiente cuadro se presentan los gastos medios, máximos diarios y horarios por cada colonia, destacando que en las colonias Jacarandas y Ejidal se encuentran casi el 50% del total de la demanda.

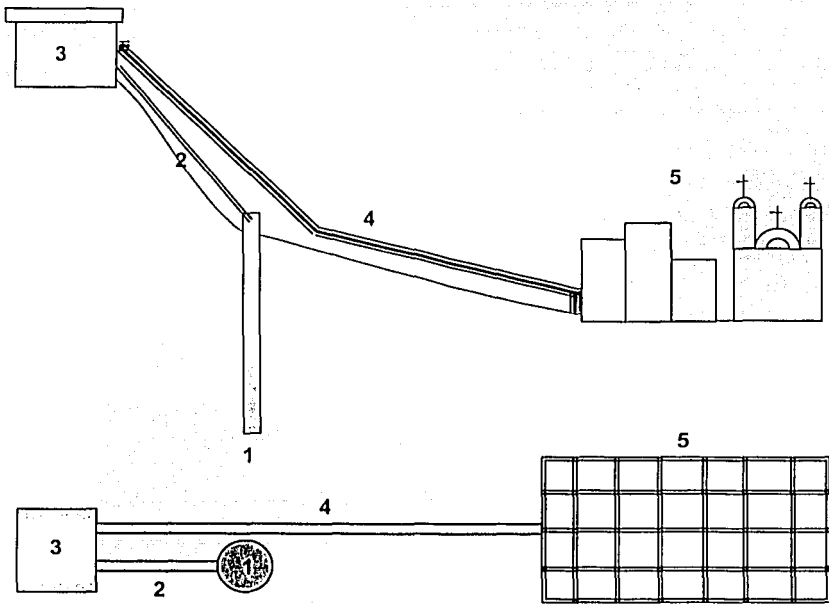
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 2.6.1 Gastos medios, máximos diarios y horarios por colonia**

Colonia	Población (hab.)	Gastos (lps)		
Jacarandas Ejidal	17,694	40.96	57.34	88.88
Santa Isabel	1,507	3.49	4.88	7.57
Monte Blanco	7,398	17.12	23.97	37.16
Felipe Ángeles	1,254	2.90	4.06	6.30
Lagos	9,152	21.19	29.66	45.97
San Rafael	963	2.23	3.12	4.83
<b>Total</b>	<b>37,967</b>	<b>87.89</b>	<b>123.04</b>	<b>190.71</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### CAPITULO 3.- DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO



COMPONENTE	GASTO DE DISEÑO
1.- FUENTE Y OBRA DE CAPTACION	Qmd
2.- LINEA DE CONDUCCION	Qmd
3.- TANQUE DE REGULARIZACION Y POTABILIZACION	Qmd
4.- LINEA DE ALIMENTACION	Qmh
5.- RED DE DISTRIBUCION	Qmh

$Q_m$  = gasto medio

$Q_{md}$  = gasto máximo diario

$Q_{mh}$  = gasto máximo horario

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.1 Ubicación

El municipio está situado a los 100° 48' 55" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a los 20° 31' 24" de latitud norte; su altura sobre el nivel medio del mar es de 1,800 m. El área del territorio municipal es de 579.30 Km<sup>2</sup>, equivalente al 1.89% de la superficie total del estado. Limita con los municipios: al norte Comonfort; al este con Apaseo el grande y Apaseo el alto; al sur con Tarímoro; al oeste con Cortazar y Villagrán y al noroeste con Santa Cruz de Juventino Rosas.

Las colonias Jacarandas, Ejidal, Monte Blanco, Lagos, Santa Isabel, San Rafael y Felipe Ángeles que forman parte del sistema de agua potable en estudio se localiza al oriente de la Ciudad de Celaya, en el estado de Guanajuato. Su población es de clase popular – media, no hay zonas industriales ni comerciales que requieran suministro de agua, por lo que el uso es únicamente doméstico. Es una zona sensiblemente plana, con algunas zonas de sembradío a sus alrededores, algunas otras despobladas y otras sin urbanizar.

### 3.2 Fuentes de abastecimiento

Se considera agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión beneficie a la salud; es decir que el agua contenga ciertas sustancias que la hacen agradable y nutritiva como son: oxígeno y bióxido de carbono, sales minerales de potasio, sodio, calcio y magnesio en pequeñas cantidades, ya que el exceso de éstas la hace impropia para su consumo, debe de estar libre de gérmenes infecciosos y materias perjudiciales a la salud asimismo debe cumplir con los requisitos que se señalan en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios y en la **Norma Oficial Mexicana NOM – 127 SSA 1-1994**.

Entre los diversos tipos de fuentes de abastecimiento se encuentran las aguas:

- Superficiales
- Subterráneas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Aguas superficiales**

Son las que se captan de canales, ríos y embalses.

## **Aguas subterráneas**

Se consideran aquellas que se captan de manantiales y aguas freáticas.

Por lo que la selección de la fuente de abastecimiento se hace en función de la susceptibilidad de aprovechamiento desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, es decir, que se escogerá una(s) fuente(s) que cubra(n) las demandas futuras de agua potable (gasto máximo diario) durante los 365 días del año.

Para este proyecto y según información de JUMAPA, la fuente de abastecimiento es agua subterránea la cual se encuentra almacenada por rocas volcánicas basálticas fracturadas, este acuífero es de producción aceptable y se localiza en la ladera norte del cerro de La Gavia a 8 Km en línea recta al suroeste de la Ciudad de Celaya.

### **3.3 Obra de toma**

Es la obra civil y electromecánica que permite disponer del agua superficial o subterránea; dicha obra varía de acuerdo al tipo de fuente de abastecimiento, su localización y magnitud. La obra de captación incluye el dispositivo de captación propiamente dicho y las estructuras complementarias que hacen posible su buen funcionamiento. Dicho dispositivo puede consistir en: un tubo, la pichanca de una bomba, un tanque, un canal, una galería filtrante, etc., que constituye la parte vital de la obra de toma.

Previo al diseño del sistema de agua potable, se deben realizar los estudios preliminares, para conocer el potencial del acuífero y la calidad del agua; por lo que el diseño debe de ser tal que se prevean las posibilidades de contaminación de la fuente de abastecimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se mencionó que la fuente de abastecimiento para este proyecto es agua subterránea, por lo que la obra de captación para este caso es a través de una batería de pozos profundos los cuales se localizan en la falda norte del cerro de La Gavia, entre las comunidades de Cofre, Merino y el Sauz de Merino, a 8 Km en línea recta sur-oeste de la Ciudad de Celaya, Guanajuato.

Cabe destacar que adicionalmente a la batería de los pozos 7, 4 y 3 que se ubican en La Gavia, existen cuatro pozos dentro de las colonias Jacarandas, Ejidal, Lagos y Monte Blanco, los cuales se contempla utilizarlos como respaldo ante una contingencia de escasez de agua en la zona.

En el siguiente cuadro se puede observar que el gasto medio es de 87.89 lps y el gasto máximo diario es de 123.04 lps, de lo que casi el 50% de la demanda total se concentra en las colonias Jacarandas y Ejidal.

**Gastos medios, máximos diarios y horarios por colonia**

Colonia	Población (hab.)	Gastos (lps)		
Jacarandas	17,694	40.96	57.34	88.88
Ejidal				
Santa Isabel	1,507	3.49	4.88	7.57
Monte Blanco	7,398	17.12	23.97	37.16
Felipe Ángeles	1,254	2.90	4.06	6.30
Lagos	9,152	21.19	29.66	45.97
San Rafael	963	2.23	3.12	4.83
<b>Total</b>	<b>37,967</b>	<b>87.89</b>	<b>123.04</b>	<b>190.71</b>

### 3.4 Conducción

La línea de conducción es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable constituida por el conjunto de tuberías y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento. Desde el lugar de la obra de toma hasta un punto; que puede ser un tanque de regularización, un cárcamo para una segunda conducción o una planta potabilizadora.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Los materiales de las tuberías más comúnmente empleados para la construcción de las líneas de conducción de agua potable son de:

- Asbesto-cemento
- Policloruro de vinilo (P.V.C)
- Acero
- Polietileno de alta densidad

Debido a que los tres pozos localizados en el cerro de La Gavia se encuentran en una elevación topográfica más baja con respecto al nivel de localización del tanque de regularización, la línea de conducción será superficial y trabajará por bombeo, ya que se requiere de una bomba que le suministre la energía necesaria al agua para vencer este desnivel, el material seleccionado de la tubería es acero.

Se tiene contemplado conectar dos líneas la primera parte del pozo 7 ubicado en la cota 1,775.40 hasta la cota 1,812.00 m donde será ubicado el tanque de regularización y la segunda con una batería de dos pozos (4 y 3), que conducirán el agua desde la cota 1,775.40 m hasta el tanque.

La distancia entre cada uno de los pozos es de aproximadamente entre los 900 m y 700 m de longitud en línea recta.

En el capítulo 5 se detalla como objetivo principal de este trabajo el diseño hidráulico de la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Jacarandas, Ejidal, Monte Blanco, Lagos, Santa Isabel, San Rafael y Felipe Ángeles en la Ciudad de Celaya Guanajuato.

### 3.5 Tanque de regularización

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

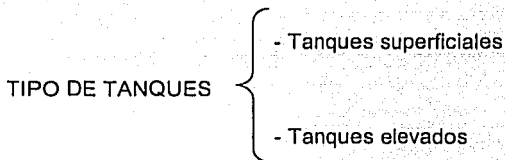
La regulación o regularización tiene por objeto transformar el régimen de aportaciones de agua de la línea de conducción que es constante en un régimen de consumos o demanda de la red de distribución que siempre es variable, ya que la población

consume agua en forma variada durante el día. Los depósitos que se utilizan en los sistemas de abastecimiento de agua potable son tanques de regularización. Estos tanques cumplen con dos funciones principales que son:

a) Convertir una ley de aportaciones constantes en una ley de demandas variables esto quiere decir que al tanque le llega de la conducción un gasto constante durante las horas de aportación, y durante el día la población demanda gastos variables que en algunas horas son menores a la aportación, por lo que en las horas de menor demanda, el agua se almacena en el tanque.

b) Regular y controlar la presión en la red de distribución.

Por lo que el tipo de tanque a construir se encuentra en función de las características topográficas de la zona. Estos se clasifican en:



### **Tanques superficiales**

Son aquellos que se construyen al nivel de la superficie del terreno, siempre y cuando se cuente con una topografía adecuada, esto es, que exista un desnivel adecuado entre el sitio donde se construye el tanque y la población que será abastecida. Estos son contruidos de diversos materiales como son: mampostería, tabique, concreto reforzado, etc.; lo cual está en función del tirante y la capacidad del mismo.

### **Tanques elevados**

Estos se construyen en zonas planas; es decir cuando no existe una elevación natural adecuada que proporcione la presión necesaria en la red de distribución. Es una

estructura integral que consta de un tanque, una torre de soporte y tubería elevadora. Los tanques pueden ser construidos con material de acero o de concreto reforzado. La altura de las torres está en función del proyecto.

Para este proyecto en específico se utilizará un tanque superficial de concreto reforzado de forma cuadrada localizado en la falda norte del cerro de La Gavia.

### **3.6 Línea de alimentación**

Se llama línea de alimentación o segunda conducción a la parte del sistema destinado a transportar el agua procedente del tanque de regularización hasta el punto de conexión de la primera derivación de la red de distribución. Los materiales para la construcción de las tuberías de las líneas de alimentación de agua potable son los mismos que se emplean en la línea de conducción (3.4).

Las líneas de alimentación deben de ser de fácil inspección, preferentemente paralelas a algún camino, en caso contrario se debe analizar la conveniencia de construir un camino de acceso, de acuerdo con el derecho de vía correspondiente a la línea. Considerando que el incremento de su costo se verá compensado con el ahorro que se tendrá en los gastos de conservación de la línea y podrán detectarse y corregirse de inmediato las fugas o desperfectos que sufran las tuberías.

En este proyecto se ha considerado que la línea de alimentación sea de tubería de acero y parta del tanque de regularización superficial hasta la red de distribución; el trazo será paralelo al camino rural en algunos tramos y urbanos en otros, rodeando algunas zonas de cultivo. La línea de alimentación trabaja por gravedad, debido a que el tanque de regularización se localiza a un nivel topográfico mayor con respecto al nivel de localización de la población por abastecer; por lo que no se requiere de algún equipo electromecánico para su funcionamiento.

### 3.7 Red de distribución

La red de distribución de agua potable, es el conjunto de tuberías que tienen como finalidad proporcionar agua potable al usuario, ya sea mediante un hidrante de toma pública o una toma domiciliaria. La red de distribución de agua potable se diseña con el GASTO MÁXIMO HORARIO.

La distribución se inicia en el tanque de regularización y las tuberías que la integran son de diferentes diámetros, que van enterradas en la vía pública, es decir en terrenos propiedad del Municipio (nunca terrenos de propiedad particular) a las que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a las casas y edificios. De acuerdo con la magnitud de sus diámetros, las tuberías se clasifican en: redes primarias y redes secundarias o de relleno. Las redes primarias se usan para conducir el agua por medio de redes troncales a las que se conectan las redes secundarias o de relleno que son las tuberías restantes para cubrir la totalidad de las calles. Las redes se clasifican en: red abierta o ramificada, red cerrada o en malla y red combinada.

La **red abierta o ramificada** su estructura es similar a un árbol. De la red primaria o troncal se derivan todas las ramas o red secundaria. Se forman cuando la topografía y el alineamiento de las calles no permiten tener circuitos, o en comunidades con predios muy dispersos. La **red cerrada o en malla** consiste en que todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales o extremos muertos. Se presentan en zonas urbanas con trazo de calles más definido y con mayor concentración de predios.

La red de distribución se forma de dos partes principales:

- Instalaciones de Servicio Público (red y tomas domiciliarias)
- Instalaciones Particulares (instalación hidráulica de toda la edificación, que a partir del cuadro de la toma domiciliaria, es responsabilidad de los usuarios).

También se deben de satisfacer los siguientes requisitos:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- a) Suministrar agua en cantidad suficiente (gasto máximo horario de proyecto).
- b) El agua debe ser potable, tomando en cuenta lo indicado en las normas vigentes, referentes a la calidad del agua.
- c) Las presiones o cargas disponibles de operación en cualquier punto de la red deben estar comprendidas entre 1.5 y 50 Kg/cm<sup>2</sup> (15 a 50 m.c.a.). Para localidades urbanas pequeñas se puede admitir una presión mínima de 1.0 Kg/cm<sup>2</sup> (10 m.c.a.).
- d) Tomar en cuenta la situación económica de los usuarios, para lo cual se debe considerar el estudio de factibilidad económica y financiera; tomando en cuenta los recursos económicos y financieros, se debe analizar la conveniencia de diseñar la red para una etapa inmediata o para un período más amplio.
- e) Las tuberías de agua potable se ubican separadas de otros conductos subterráneos (alcantarillado, gas, electricidad y telecomunicaciones), a una distancia mínima de 20 cm. vertical y horizontal, aunque para esta última es recomendable una separación de 40 cm. La tubería de agua potable siempre debe localizarse por encima del alcantarillado.

En función de la topografía de la localidad se elige el tipo de red primaria por diseñar: abierta, cerrada o combinada. Cuando el trazo de las calles forme una malla que permita proyectar circuitos, su longitud debe variar entre 400 y 600 m. El diámetro mínimo por utilizar es de 100 mm; sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm. El cálculo hidráulico de la red primaria se realiza para las condiciones estáticas; sin embargo, cuando es posible, se calcula para las condiciones dinámicas, lo que permite verificar las presiones en la red y las variaciones de nivel en los tanques a través del tiempo. La red secundaria no se calcula hidráulicamente. El diámetro para áreas urbanas populares debe ser de 50 a 60 mm y para ciudades de importancia de 75 a 100 mm mínimo. Para justificar estos diámetros se considera la densidad de población del área por servir.

Para este proyecto, debido a que las colonias en estudio se encuentran urbanizadas, el trazo de calles es definido y la lotificación regular, la red de distribución de agua potable será una red primaria cerrada, en circuitos interconectados, con tubería de acero, con algunos accesorios de fo.fo. y de P.V.C. La Red secundaria o de relleno será en bloques por manzanas, con tubería de fo.fo. y algunos accesorios de P.V.C.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO 4.- CONCEPTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE UNA LINEA DE CONDUCCION**

### **4.1 Definiciones**

#### **Línea de Conducción**

Es la parte del sistema que transporta el agua a través de un conjunto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde el sitio de la captación, hasta un tanque de regularización o una planta potabilizadora, en donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión desde la fuente de abastecimiento hasta el sitio de entrega.

Su capacidad se calcula con el gasto máximo diario, o con el que se considere conveniente tomar de la fuente de abastecimiento. Las líneas de conducción deben de ser de fácil inspección, preferentemente paralelas a algún camino, en caso contrario se debe de analizar la conveniencia de construir un camino de acceso, de acuerdo con el establecimiento del derecho de vía correspondiente a la línea de conducción, considerando que el incremento en costo de éste se verá compensado con el ahorro que se tendrá en los gastos de conservación de la conducción, y sobre todo podrán detectarse y corregirse de inmediato las fugas o desperfectos que sufran las tuberías.

#### **Tuberías**

Es el conjunto de tubos interconectados para formar una tubería principal, de las cuales existe una gran variedad de diámetros y tipos de materiales.

#### **Válvulas**

Son dispositivos que permiten el control del flujo en la conducción, atendiendo a situaciones de: corte y control de flujo, acumulación de aire, por llenado y vaciado de la conducción, depresiones y sobrepresiones generadas por fenómenos transitorios, y retroceso del agua por paro del equipo de bombeo.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **Piezas especiales**

Son elementos de unión entre los componentes de una conducción de agua, se utilizan para efectuar: intersecciones entre los conductos, en la variación de diámetros, en cambios de dirección, en conexiones con válvulas y equipos de bombeo, etc. Este grupo se encuentra constituido por juntas, carretes, extremidades, tes, cruces, codos y reducciones, entre otros.

### **Caja rompedora de presión**

Son estructuras sumamente pequeñas que tienen como función romper la presión hidrostática, provocando que el agua pierda presión. Esta es utilizada en sistemas por gravedad para comunicar a la conducción con la atmósfera, disminuyendo así las cargas piezométricas ejercidas sobre la tubería. Para un adecuado funcionamiento hidráulico de la línea de conducción, las cajas rompedoras de presión se ubican en las partes más altas.

### **Tanque de cambio de régimen**

Esta es una estructura contenedora utilizada para efectuar la interconexión cuando la conducción se efectúa por ambos regímenes bombeo-gravedad.

### **Tanque de regulación o distribución**

Este generalmente se ubica al final de la línea de conducción y es diseñado para almacenar agua de acuerdo con las extracciones de la fuente de abastecimiento y las demandas de los usuarios.

### **Dispositivos de control de transitorios**

Estos están diseñados para controlar las depresiones, sobrepresiones, burbujas de aire y demás complicaciones en la línea de conducción, ocasionadas por fenómenos transitorios.

### **Carga de la bomba**

También llamada "**carga dinámica total**", esta se mide en metros e indica la energía suministrada al agua por la bomba, para vencer el desnivel desde la succión hasta el



sitio de alimentación al tanque y las pérdidas por fricción debido a la conducción en los tubos y en elementos locales.

### **Carga hidráulica disponible**

Es la energía en metros de columna de agua (m.c.a.) que poseen los sistemas, al encontrarse la fuente de abastecimiento a un nivel superior respecto de un sitio sobre el trazo de la línea de conducción en dirección al área de distribución.

### **Flujo estacionario**

También llamado "flujo permanente" o "flujo establecido", se caracteriza por la presencia de un gasto constante en el tiempo.

### **Sobrepresión y depresión**

Son las cargas de presión en exceso y por debajo de la presión a flujo estacionario respectivamente, que existen después de presentarse los fenómenos transitorios.

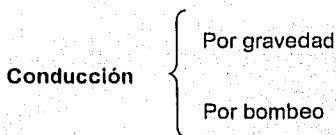
## **4.2 Origen y destino del agua**

Las líneas de conducción tienen como finalidad entregar el agua a un tanque de regulación, y así facilitar el procedimiento de diseño hidráulico de los sistemas de agua potable, tener un mejor control en la operación de los mismos, y asegurar un funcionamiento adecuado en el equipo de bombeo. El agua se transporta desde la fuente de captación hasta la comunidad por medio de conductos abiertos o cerrados, suministrándose la energía necesaria por gravedad o bombeo.

Las obras destinadas al transporte de agua potable reciben el nombre de "Líneas de Conducción", por lo que es importante tener ciertos conocimientos sobre los materiales de uso frecuente en las líneas de conducción, también es necesario conocer los más antiguos, ya que algunos de estos se usan poco en la actualidad y otros se encuentran en servicio en muchos de los sistemas de abastecimiento de agua.

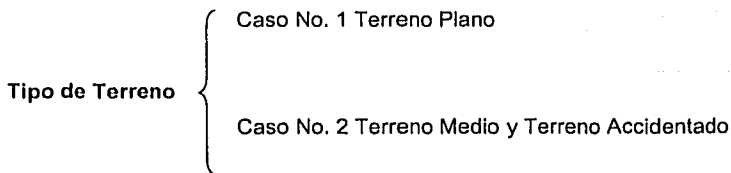
### 4.3 Clasificación general de las conducciones

De acuerdo a las condiciones topográficas del terreno, la ubicación de la fuente de abastecimiento y el lugar a donde se desee entregar el agua se considera el tipo de conducción que hay que emplear, ya que esta puede realizarse por **gravedad** o **bombeo**. Si es por gravedad se emplean tuberías, canales abiertos o cubiertos, si esta es por bombeo se emplean tuberías.



#### Conducción por gravedad

Esta se emplea cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible. La planeación de una línea de conducción por gravedad, se establece en función del tipo de terreno sobre el cual se localizará la tubería, en general se presentan siempre dos casos:



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Caso No. 1 Terreno Plano

Este se presenta cuando el desnivel topográfico es muy pequeño entre la captación y el tanque de regularización (hasta 50 m), es decir que se tiene un terreno sensiblemente plano, la solución en este caso es conducir directamente el agua desde la captación hasta el tanque de regularización, como se muestra en la siguiente figura:

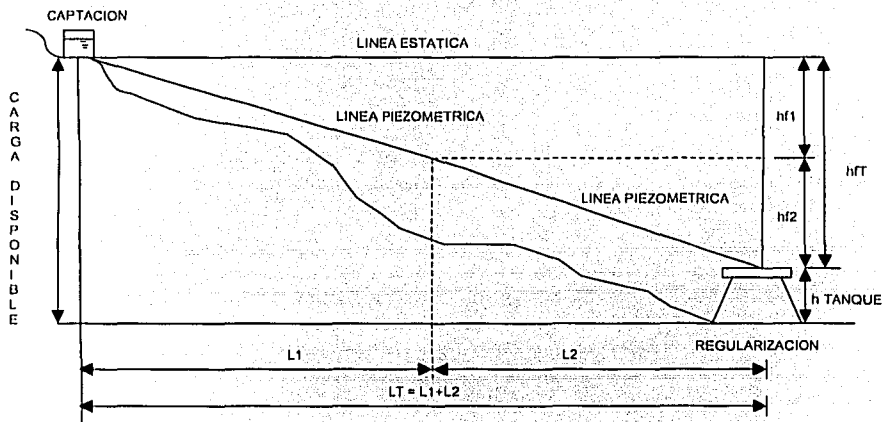


FIG. 4.3.1 CASO No. 1 TERRENO PLANO

### Caso No. 2 Terreno Medio y Accidentado

Cuando el desnivel topográfico entre la captación y el tanque de regularización sea considerable (del orden de 100 m o más), es decir que se tenga un terreno medio o accidentado, se recomienda colocar sobre la línea de conducción cajas rompedoras de presión (C.R.P.), las cuáles tienen como función reducir de forma significativa las cargas hidrostáticas, como se indica en la figura siguiente:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

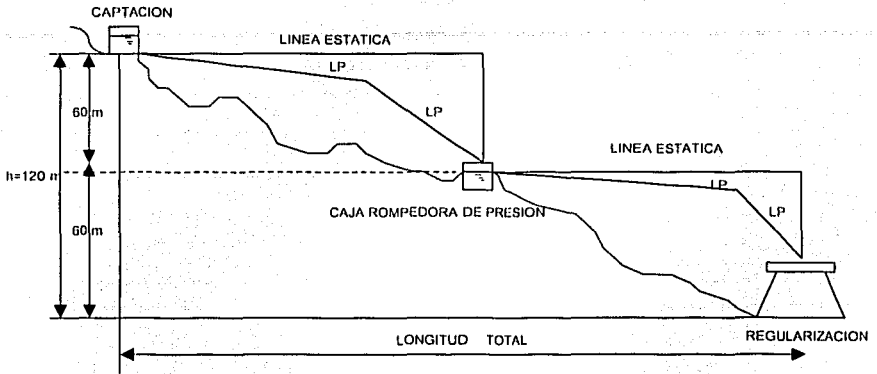


FIG. 4.3.2 CASO No. 2 TERRENO MEDIO Y ACCIDENTADO

### Conducción por bombeo

Este tipo de conducción es empleado cuando se requiere adicionar energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. Esta conducción se usa generalmente cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior con respecto a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo tiene como función proporcionar la energía necesaria para lograr el transporte del agua captada.

La planeación de una Línea de Conducción por Bombeo, básicamente se establece en función del tipo de terreno sobre el cual se localizará la tubería. En general siempre se presentan dos casos:

- Tipo de Terreno
- Caso No. 1 Terreno Plano y Terreno Medio
  - Caso No. 2 Terreno Accidentado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Caso No. 1 Terreno Plano y Terreno Medio

Este se presenta cuando el desnivel topográfico entre la captación y el tanque de regularización es de hasta 70 m; la solución es bombear directamente el agua desde la fuente de captación hasta el tanque de regularización, como se muestra en la siguiente figura.

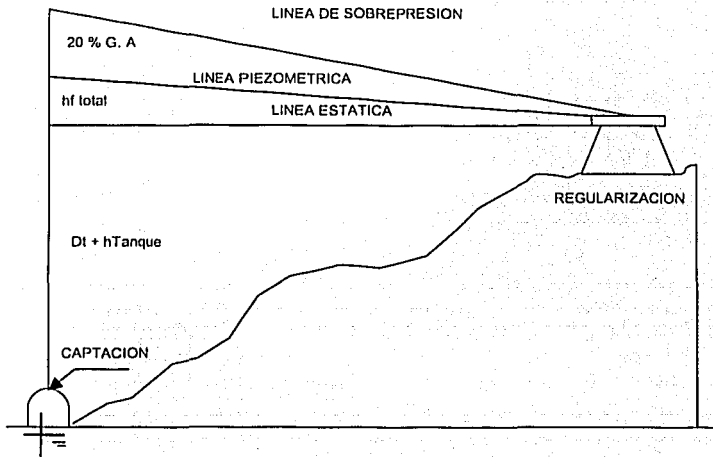


FIG. 4.3.3 CASO No. 1 TERRENO PLANO Y MEDIO

### Caso No. 2 Terreno Accidentado

Cuando el desnivel topográfico entre la captación y el tanque de regularización sea mayor de 70 m, un terreno muy accidentado, se recomienda colocar sobre la línea de conducción plantas de rebombeo, las cuáles tienen como función reducir considerablemente las cargas hidrostáticas y el uso de la tubería de acero, como se muestra en la siguiente figura:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

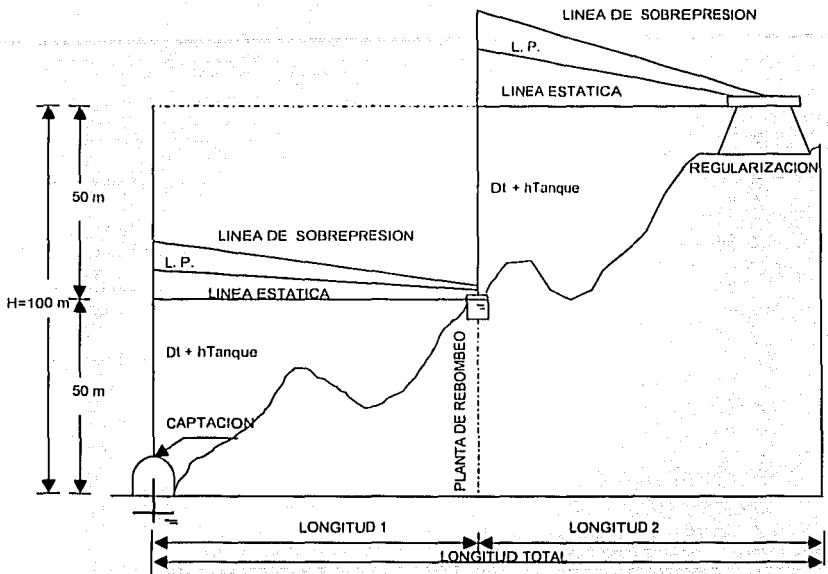
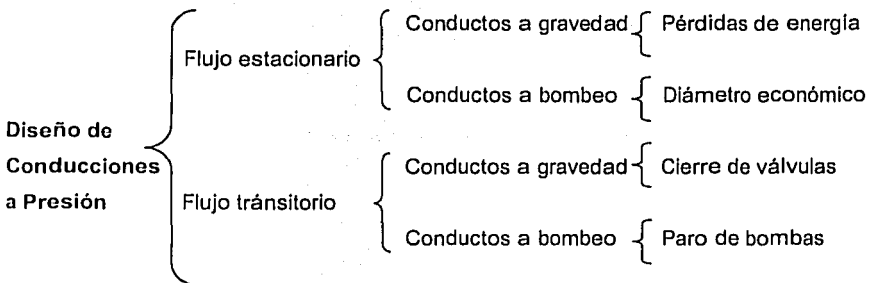


FIG. 4.3.4 CASO No. 2 TERRENO ACCIDENTADO

#### 4.4 Ecuaciones empleadas en el diseño de tuberías

El diseño de las líneas de conducción se clasifica de la siguiente manera:

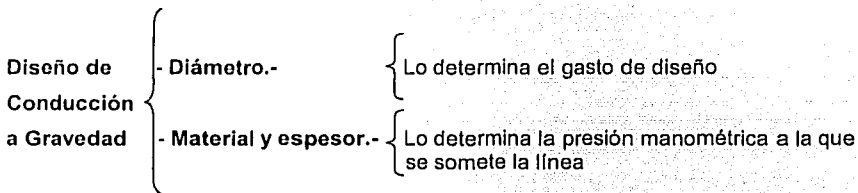


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuando a través de las tuberías se conduce un caudal, se provoca una fricción entre el volumen del agua y las paredes del conducto, a este fenómeno se le denomina "pérdida por fricción" o "pérdida de carga", el cual es el elemento dominante en el diseño hidráulico. La selección en cuanto a resistencia y material del tubo, depende de las presiones, características corrosivas o incrustantes del agua, del grado de resistividad del suelo, mano de obra y ubicación del lugar.

### Conducción a Gravedad

El cálculo hidráulico de una línea de conducción por gravedad, consiste en aprovechar "la carga disponible" para vencer las pérdidas por fricción ( $h_f$ ). Por lo que una vez estudiado el trazo planimétrico y altimétrico de la conducción se procede a calcular el diámetro, el material y espesor de la tubería.



La fórmula de Manning determina las pérdidas de fricción a lo largo de la línea de conducción, siendo la siguiente expresión:

$$H_f = Q^2 K L$$

$$K = \frac{10.30 n^2}{D^{16/3}}$$

donde :

$h_f$  = Pérdidas por fricción en (m)

$Q$  = Gasto por conducir en ( $m^3/s$ )

$K$  = Constante que está en función del material de la tubería y el diámetro

$L$  = Longitud de la tubería en (m)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning

$D$  = Diámetro de la tubería en (m)

En la siguiente tabla se muestran las velocidades máximas permisibles en tuberías y coeficientes de rugosidad correspondientes ( $n$ ).

**Tabla 4.4.1 Velocidades Máximas permisibles y coeficientes de rugosidad ( $n$ )**

MATERIAL	VELOCIDAD MAXIMA PERMISIBLE (m/s)	Coefficiente de rugosidad de Manning ( $n$ )
Asbesto - Cemento	5.00	0.010
Acero soldado sin revestimiento	5.00	0.014
Acero soldado con revestimiento	5.00	0.011
Acero galvanizado	5.00	0.014
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.00	0.011
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayor	3.50	0.011
Concreto presforzado	3.50	0.012
Fibroemento	5.00	0.010
Polietileno de alta densidad	5.00	0.009
Policloruro de Vinilo (PVC)	5.00	0.009

En todos los casos la velocidad mínima de escurrimiento para que no se produzca sedimentación en la tubería es de 0.3 m/s y la velocidad máxima es aquella con la cual no se ocasiona erosión.

### Conducción a Bombeo

Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito o a la población, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso, se elige el diámetro adecuado mediante un análisis económico en el que se eligen 3 ó 4 diámetros posibles, seleccionando el que arroje el menor costo anual en la operación. Este costo se integra por dos componentes, que son:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Costo de la tubería (Ct)
- Costo de energía eléctrica anual (bombas, consumo de energía) (Ce)

En este procedimiento se hace un análisis económico de varios diámetros que tienen la capacidad y eficiencia competitiva para llevar el gasto requerido. Un gasto determinado, lo pueden conducir muchos diámetros. Para diámetros menores que el requerido las pérdidas de carga son mayores y por tanto el consumo de energía es mayor; pero el costo de instalación de la tubería es menor. Para diámetros mayores que el requerido el consumo de energía es menor por ser menores las pérdidas de carga; pero el costo de instalación es mayor, persistiendo siempre la incertidumbre del diámetro conveniente.

No obstante, existe un diámetro en el que se logra que la combinación del costo del consumo de energía y el costo de instalación de la tubería hacen mínimo el costo de operación de la línea. Este diámetro se denomina técnicamente como "diámetro económico de bombeo", que es el que da la solución óptima. Su procedimiento de cálculo es el siguiente:

a) Cálculo del diámetro preliminar D'

$$D' = \sqrt[4]{\beta} \quad K \sqrt{Q} \quad ; \quad \beta = \frac{\text{No. de horas de bombeo en el día}}{24}$$

donde:

D' = diámetro en (m)

K = coeficiente Bresse (aproximadamente 1.20)

Q = Gasto de diseño (m<sup>3</sup>/s)

A partir de este diámetro teórico se suponen los valores comerciales de diámetros de la tubería arriba y abajo del valor D'.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

b) El cálculo de las pérdidas por fricción y locales se realizan para cada diámetro

$$hf = KLQ^2$$
$$ht = hf + \%hf$$

donde:

hf = Pérdidas por fricción

Q = Gasto por conducir en (m<sup>3</sup>/s)

K = Constante que está en función del material de la tubería y el diámetro

L = Longitud teórica en (m)

%hf = Pérdidas locales del 10 al 15% (supuesto no tomando como algo real)

ht = Pérdidas locales (cuando hay codos, válvulas), éstas son pérdidas mínimas

c) Cálculo de la Potencia del Bombeo

De acuerdo con la carga total de bombeo, el gasto y el peso específico del agua se calcula la potencia requerida para el bombeo. Esto es:

$$P = \frac{\gamma Q H_B}{76 \eta}$$

donde:

P = Potencia del bombeo en (HP)

$\gamma$  = Peso específico del agua = (1,000 kg/m<sup>3</sup>)

Q = Gasto en (m<sup>3</sup>/s)

H<sub>B</sub> = Carga total de bombeo en (m)

$\eta$  = Eficiencia de la bomba (0.80)

La carga total de bombeo está dada por la suma del desnivel entre el nivel dinámico y la superficie libre del agua en el tanque, más las pérdidas por fricción y las pérdidas menores. Obtenida la potencia en HP se transforma en Kw – hora sabiendo que 1 HP = 0.746 Kw – hora.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

d) Cálculo de la Energía

Como se supone que el bombeo se efectúa durante todo el año (365 días); para obtener el consumo anual de energía se calcula:

$$e = P (0.746) N$$

donde:

e = Energía consumida en (Kw – hora)

P = Potencia de bombeo (HP)

N = No. de horas de bombeo en un año

e) Cálculo de costos

$$C_T = C_t + C_e$$

donde:

C<sub>t</sub> = Costo de construcción por anualidad

C<sub>e</sub> = Costo de la energía anual = (\$0.50) e

Anualidad = Método del valor presente (Vp)

$$V_p = A \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

$$V_p = F \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right)$$

V<sub>p</sub> = Valor presente (\$) de hoy en día

A = Serie constante de gastos hecho a futuro (costo anual)

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

n = No. de años (período de diseño) (ver anexo II)

i = Interés anual (15%) como dato

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El costo anual de la tubería instalada, que incluye la mano de obra y la adquisición de la tubería, se obtiene considerando que la obra será financiada por una institución bancaria que prestará el capital a un determinado interés anual de manera de recuperar el capital invertido en un número  $n$  de años. La suma de estos costos da el costo total anual de operación, el diámetro que se seleccione es el que dé el menor costo total anual, pues este es el **diámetro económico** de bombeo ó de operación.

#### 4.5 Componentes de una línea de Conducción

Las tuberías de la conducción están compuestas por tramos rectos y curvos con la finalidad de ajustarse a los accidentes topográficos debido a los cambios que se presentan en la geometría de la sección, y por distintos dispositivos para el control del flujo en la tubería o para asegurar que el funcionamiento de la línea de conducción sea eficiente. Por lo que una línea puede estar formada por los siguientes elementos:



#### Tubería

Se define como el conjunto formado por el tubo y el sistema de unión, destinados a transportar el agua. En la fabricación de tuberías utilizadas en los sistemas de agua potable, los materiales de mayor uso son: acero, asbesto-cemento o (fibrocemento), policloruro de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (Extru-Pak).

## **Piezas Especiales**

Son empleadas en la interconexión de la tubería hidráulica, en cambios de dirección, variación de diámetros, accesos a válvulas etc., se denominan comúnmente como "piezas especiales", las cuales sirven de apoyo para formar la línea de conducción, estas son seleccionadas con base en las necesidades de la propia instalación, entre las más comúnmente utilizadas se encuentran las siguientes:

### **Juntas**

Se utilizan para unir dos tuberías, las cuales varían en función del tipo de tubería que se pretenda ligar.

### **Carretes**

Son tubos de pequeña longitud provistos de bridas en los extremos para su unión. Estos se fabrican de fierro fundido y acero con longitudes de 25, 50 y 75 cm.

### **Extremidades**

Son tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos. Se fabrican en longitudes de 40, 50 y 75 cm. Para materiales de PVC, las extremidades pueden ser campana o espiga.

### **Tes**

Se utilizan para unir tres conductos, las uniones de estos pueden ser del mismo diámetro, o dos iguales y uno menor, en este segundo caso se conoce como te reducción.

### **Cruces**

Se utilizan para unir cuatro conductos, las uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos mayores y dos menores de igual diámetro. En el segundo caso se conoce como cruz reducción.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Codos**

Tienen como función unir dos conductos del mismo diámetro cuando existe un cambio de dirección, ya sea horizontal o vertical. Los codos pueden tener deflexiones de 22.5, 45 y 90 grados.

## **Reducciones**

Estas se emplean cuando hay que unir dos tubos de diferente diámetro.

## **Coples**

Son pequeños tramos de tubo de PVC o de fibrocemento, se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro. Estos pueden deslizarse libremente sobre el tubo para facilitar la unión.

## **Tapones y tapas**

Tienen como función evitar la salida del agua, estos se colocan en los extremos de la tubería.

## **Válvulas**

Los diferentes tipos de válvulas y otras obras especiales, son de gran importancia en la operación del llenado y vaciado de la línea de conducción; estas se instalan para aislar y drenar secciones de tubería con fines de prueba, inspección, limpieza, reparación y seguridad, entre las principales se encuentran las siguientes:

### **Válvula eliminadora de aire**

Tiene como función expulsar el aire en forma automática a medida que éste se acumula en los puntos altos de la tubería.

### **Válvula de admisión y expulsión de aire**

Se utiliza para expulsar el aire que contiene la tubería al momento que se inicia el llenado del conducto. Una vez que el agua ejerce presión sobre el flotador de la válvula, ésta se cierra y no se abre mientras exista presión en el conducto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Otra función de esta válvula es permitir el acceso de aire al interior del tubo en el momento que se inicia el vaciado de la tubería, y evitar con ello que se presenten presiones negativas. Cabe mencionar que el aire reduce el área hidráulica lo que produce que exista menos flujo de agua en la tubería, estas válvulas se colocan en los puntos altos ya que el aire es más ligero que el agua.

#### **Válvula de no retorno (check)**

Tiene como función evitar que el agua circule en sentido contrario al definido en el diseño, se conocen también como válvulas check. Esta válvula es usada en sistemas de bombeo ya que tiene como función impedir que el agua regrese a la bomba (después de un paro de bombas), el tamaño de la válvula está ligado al tamaño de la tubería, para su selección existen gráficas que son proporcionadas por el fabricante.

#### **Válvula de seccionamiento**

Esta se utiliza para controlar el flujo dentro del tubo, ya sea para impedir el paso del agua o reducir el gasto a un valor requerido, lo cual permite aislar tramos de la tubería, para su mantenimiento y operación, sin tener la necesidad de vaciar en su totalidad la línea. Las válvulas de mariposa se emplean para diámetros grandes y bajas presiones en la línea, en cambio, las válvulas de compuerta se instalan con fines de desagüe en las depresiones o columpios más o menos largos de la tubería, estas son de mayor uso para diámetros pequeños y altas presiones.

#### **Válvula de flotador**

Permite controlar el nivel máximo del agua en el tanque de almacenamiento, esta es accionada directamente mediante un flotador. La válvula de acción directa se coloca a una elevación cercana al nivel máximo del agua, ya sea a un lado del tanque o encima de la losa del techo.

#### **Válvula de altitud**

Tiene como función evitar el derrame del tanque, por medio de un control hidráulico que detecta la carga estática a tanque lleno, procediendo a cerrar la válvula principal. Se utiliza en tanques elevados, esta se instala en la base del tanque con entrada por debajo del mismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Dispositivos para el control de transitorios**

### **Válvula aliviadora de presión**

Su función es proteger la tubería por medio de un dispositivo que se activa de forma mecánica mediante un resorte calibrado o en forma eléctrica empleando una solenoide (control hidráulico), para abrir una compuerta cuando la presión sobrepasa un valor determinado. Esta es colocada en la tubería para disminuir las sobrepresiones causadas por un fenómeno transitorio. Se recomienda colocar este tipo de elemento en conducciones con diámetros pequeños; sin embargo, las presiones negativas tendrán que resolverse con algún otro dispositivo.

### **Válvula reductora de presión**

Su función es proteger la tubería de las presiones excesivas, reduciendo la presión. Esto se logra por medio de un control hidráulico (piloto reductor de presión) que hace que la válvula principal se cierre parcialmente en función de la presión de calibración.

### **Válvula anticipadora del golpe de ariete**

Tiene como finalidad proteger el equipo de bombeo de la onda de sobrepresión causada por el paro de la bomba o falla de la energía. Esta válvula opera con la presión de la línea de conducción, y el nombre de anticipadora se debe a que entra en funcionamiento antes de la llegada de la onda de sobrepresión.

### **Válvulas de desagüe**

Se utilizan en los puntos más bajos del perfil de la línea con el fin de desaguar la tubería en caso de roturas durante su operación; también se pueden usar para el lavado de la línea durante la construcción. Su tamaño no necesariamente corresponde al diámetro de la línea, incluso puede ser menor. El tipo de válvula que se usa para este fin puede ser de compuerta, mariposa o globo.



#### 4.6 Aspectos generales de equipos de bombeo

El incremento demográfico de los núcleos urbanos y rurales de la República Mexicana y el sostenido desarrollo industrial han generado una gran demanda de agua potable para satisfacer sus crecientes necesidades. En nuestro país el 80% del abastecimiento del agua potable a las poblaciones se realiza a través de la explotación de aguas subterráneas; debido a que los volúmenes de extracción son muy elevados se ha llevado a los mantos acuíferos a la sobre explotación, lo cual se refleja en el incremento del costo de extracción, ya que los acuíferos se encuentran a mayores profundidades. Cuando el sitio de entrega del agua se localiza a un nivel más alto en relación a la fuente de abastecimiento se requiere de un equipo de bombeo para impulsar el agua al punto deseado.

Por otra parte, la gran cantidad de pozos y plantas de bombeo en el país equipados con motores eléctricos, ha incrementado notablemente el consumo de energía, lo que ha originado que este sea uno de los componentes más importantes en los costos de operación. Es por ello que es de suma importancia que el equipo de bombeo sea seleccionado de forma adecuada y en función de las necesidades de la obra. Debido a la gran variedad que existe de los equipos de bombeo se mencionan de manera general algunos aspectos de las bombas.

#### **Bomba**

Se puede definir como una máquina que transforma la energía mecánica en energía hidráulica. La energía mecánica está asociada al movimiento de un componente de la máquina, mientras que la energía hidráulica es aquella asociada al movimiento del fluido.

#### **Tipos de Bombas:**

Las bombas tienen como finalidad impulsar el agua hacia las tuberías de diferente manera por lo que en función de sus características se encuentran los siguientes tipos:

## TIPOS DE BOMBAS

Bombas rotativas o centrifugas.- utilizan para la transformación de energía un rotor, estas proporcionan un gasto continuo y constante

Bombas reciprocantes.- utilizan para la transformación de energía un émbolo, estas proporcionan un gasto periódico

Cabe mencionar que las bombas que se ubican fuera del agua se les llama bombas superficie y las que se colocan dentro del agua se les denomina bombas sumergibles. La elección de los equipos de bombeo está en función de la carga a vencer, de su gasto máximo horario se obtiene la eficiencia de la bomba; posterior a ello se procede a calcular el número de tazonos y la capacidad del equipo de bombeo.

La eficiencia y el tipo de bomba se determina por medio de gráficas, las cuales son proporcionadas por el fabricante, las curvas de las gráficas se calculan en función de las características de las bombas. Una buena selección del equipo de bombeo implica eficiencias del 80%, y considerando para el motor eléctrico el 90%, resulta que la eficiencia global del conjunto debe ser del orden del 72% en condiciones óptimas de operación, para bombas accionadas con motor externo.

Para bombas con motor sumergido, la eficiencia global del conjunto, en una adecuada selección del equipo se considera del orden del 60%, en donde la eficiencia del motor es del 84% y la eficiencia de la bomba del 71%.

Durante la operación normal de un equipo de bombeo, existen desgastes propios de sus componentes móviles, por lo que la eficiencia disminuye a través del tiempo de operación. Cuando el equipo es operado en condiciones anormales de funcionamiento, tales como extracción de arena, aire en los pozos o problemas de verticalidad, el

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

desgaste de los impulsores ocurre en menor tiempo, lo que provoca que la eficiencia de la bomba disminuya proporcionalmente. Esta es una de las razones por la cual deben verificarse periódicamente las eficiencias como parte de un mantenimiento preventivo que permita programar acciones tendientes a conservar la operación de los equipo en condiciones aceptables.

### **Cavitación en bombas**

Es la formación de burbujas de vapor en un líquido causado por la reducción de presión. La condición para que ocurra la cavitación es cuando la presión en el lugar debe ser igual o menor a la presión de vaporización del líquido.

### **4.7 Principios generales en la protección contra el golpe de ariete**

Se entiende por “**Golpe de Ariete**” al fenómeno transitorio que se produce al tener una variación de presión en la tubería, ya sea por encima o por debajo de la presión normal de operación, este fenómeno se produce debido a la apertura y cierre repentino de las válvulas y al arranque o paro del equipo de bombeo por la falta de energía eléctrica.

Golpe de Ariete {  
- apertura y cierre de válvulas  
- arranque y paro de bombas

Al tener cualquiera de estos dos casos se incrementa la “presión” en la tubería y esto provoca que la “línea piezométrica” empiece a elevarse hasta convertirse en una “línea de sobrepresión”. Debido a que la tubería en su operación siempre estará expuesta a que se presente cualquiera de estos dos casos, se ha adoptado la fórmula de N. Joukovsky para el cálculo de sobrepresión por golpe de ariete. En la siguiente

tabla se muestran algunos módulos de elasticidad de materiales que son empleados en la fabricación de tubería.

**Tabla 4.7.1 Módulos de elasticidad**

MATERIAL	EI (Kg/cm <sup>2</sup> )
Acero	2,100,000
Asbeslo - Cemento	328,000
Concrete Simple	125,000
Hierro Fundido	930,000
P V C	28,100
Polietileno	5,200

Para el cálculo de sobrepresión por golpe de ariete se ha adoptado la fórmula de Lorenzo Allievi; con la cual se obtiene el valor máximo que puede adquirir ésta sobrepresión, ya que fue deducida considerando las condiciones más críticas para el cierre de una válvula, esto es, aceptando que la máxima sobrepresión se verifique al instante de la primera fase del fenómeno. El valor del **Golpe de Ariete** se determina con la siguiente expresión:

$$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{E_a D}{E_t e}}} \quad ; \quad \text{para } T = \frac{2L}{a}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

donde :

$h$  = Golpe de Ariete (sobrepresión) en (m.c.a.)

$V$  = Velocidad del agua en la tubería en (m/seg)

$E_a$  = Módulo de elasticidad del agua = 20,670 kg/cm<sup>2</sup>

$E_t$  = Módulo de elasticidad del material de la tubería

$D$  = Diámetro interior de la tubería en (cm)

$e$  = Espesor de la tubería en (cm)

145 = Factor de conversión

$L$  = Longitud de la tubería en (m)

$a$  = Celeridad de la onda de presión en (m/seg)

$A$  = Área del tubo (m<sup>2</sup>)

$Q$  = Gasto que circula en el tramo de tubería en estudio (m/seg)

Cabe mencionar que para poder bajar el costo de la línea de conducción, es necesario colocar una válvula contra el golpe de ariete en la descarga de los equipos de bombeo, esta absorbe el 80% de eficiencia y el 20% restante la tubería. De lo que se obtienen las siguientes expresiones:

$$P_t = H_E + 80\% h$$

$$P_v = H_E + 20\% h$$

donde :

$P_t$  = Presión en la tubería en (kg/cm<sup>2</sup>)

$H_E$  = Carga estática en (m)

$P_v$  = Presión en la válvula en (kg/cm<sup>2</sup>)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.8 Protección de las Conducciones

La tubería de una línea de conducción debe ser protegida a lo largo de su desarrollo, para evitar el deterioro por intemperismo, la degradación por otros agentes y contra impactos vehiculares, temblores y asentamientos diferenciales del terreno. Cuando en la instalación de la tubería hay interrupciones por el término de jornadas, se recomienda tapar los extremos libres para evitar la introducción de tierra, animales y de objetos extraños que puedan obstruir o infectar la línea; para ello se pueden utilizar bolsas de plástico o de papel cubriéndose con un poco de tierra.

En el caso de que la instalación de la tubería sea interrumpida de manera prolongada se recomienda tapar los extremos libres de la misma y rellenar totalmente la zanja, y registrar la localización de las terminales; con la finalidad de facilitar su ubicación al reanudar la obra. De acuerdo al tipo de instalación que se emplee se deben considerar ciertos factores relacionados en la protección de la línea de conducción. Esta protección consiste en alojar la tubería en zanjas, las cuales deben de cubrir ciertas características de profundidad y ancho, lo cual esta en función del diámetro de la tubería y el tipo de suelo. Entre los factores que determinan la profundidad de la zanja se encuentran:

- Diámetro exterior de la tubería
- Espesor de la plantilla
- Cargas externas (muertas y vivas)
- Tipo de instalación (urbano o rural)
- Topografía (terreno plano, con declives, etc.)
- Clima de la zona

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Algunos fabricantes de tuberías han desarrollado tablas características de las zanjas de acuerdo al tipo de material con que están fabricados los tubos, para ejemplificar de

manera general estos datos se muestran en la siguiente tabla denominada "zanjas tipo".

**Tabla 4.8.1 Zanjas Tipo**

DIAMETRO NOMINAL		ANCHO	PROFUNDIDAD	PLANTILLA
cm	pulg.	cm	cm	cm
6.40	2 1/2	60	100	7
7.60	3	60	100	7
10.20	4	60	105	10
15.20	6	70	110	10
20.30	8	75	115	10
25.40	10	80	120	10
30.50	12	85	125	10
35.60	14	90	130	10
40.60	16	95	140	10
45.70	18	110	145	10
50.80	20	115	155	11
61.00	24	130	165	13
76.20	30	150	185	14
91.40	36	170	210	15
105.70	42	190	230	17
121.90	48	210	245	20

Cabe mencionar que en tuberías de acero, la zanja no siempre es imprescindible, debido a su alta resistencia a la compresión, por lo que de manera general se opta porque estas sean visibles y abiertas. En las siguientes figuras se muestran dos zanjas tipo una para zonas urbanas y otra para zonas rurales.

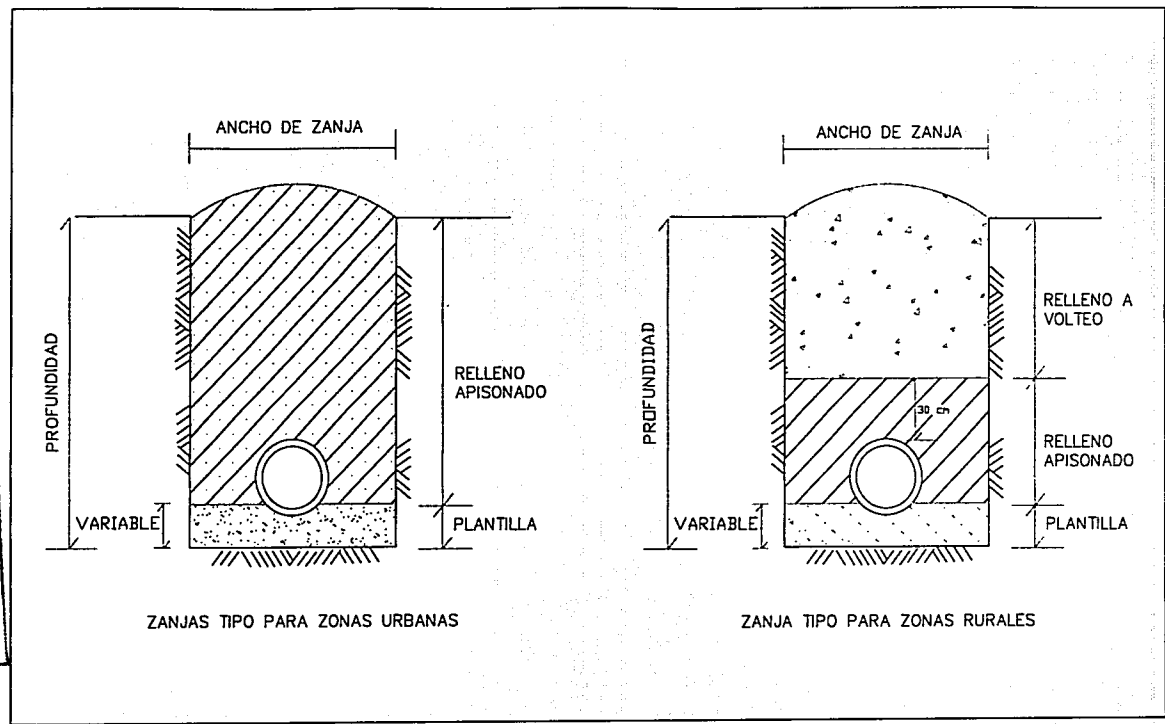


FIG. 4.8.1 ZANJAS TIPO



## **CAPITULO 5.- DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION**

### **5.1 Localización de la fuente de abastecimiento y del Tanque de regulación**

De acuerdo a la información proporcionada por JUMAPA la fuente de abastecimiento actual es por medio de un acuífero que se encuentra sobre rocas basálticas fracturadas y de producción aceptable, se localiza en la falda norte del cerro de La Gavia entre las comunidades de Cofre, Merino y el Sauz de Merino, a 8 Km en línea recta sur-oeste de La Ciudad de Celaya, Guanajuato.

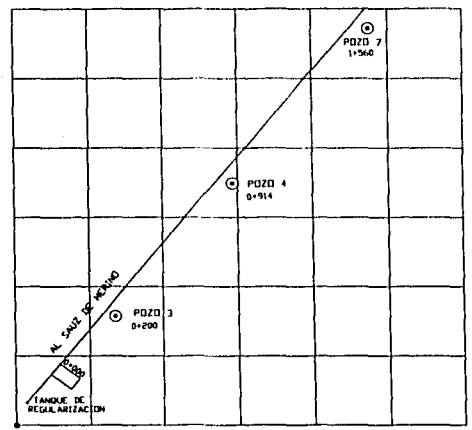
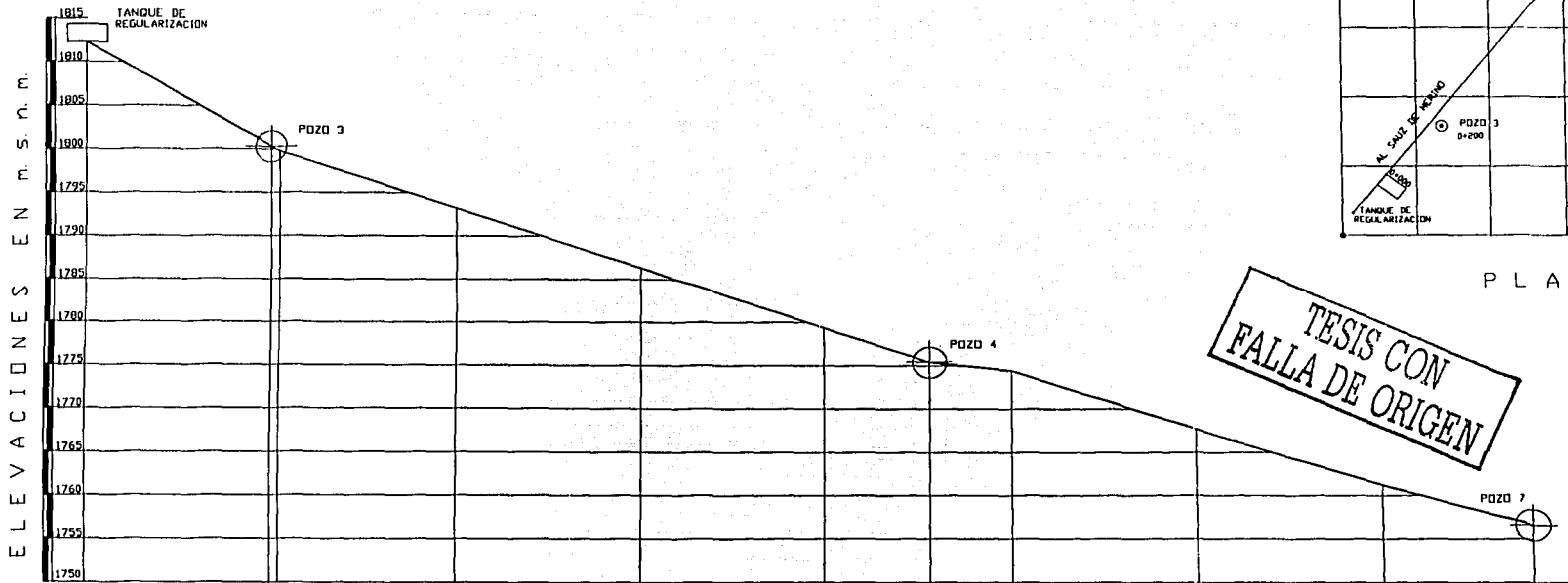
El agua es captada por medio de tres pozos profundos (pozos No. 3, 4 y 7), ubicados en La Gavia; esta batería de pozos y el tanque de regulación superficial se encuentran entre la elevación 1,812.00 m y 1,750.00 m sobre el nivel del mar.

### **5.2 Trazo y Perfil de la línea de conducción**

Para este proyecto el trazo de la línea de conducción es paralela al camino de acceso que lleva hacia el poblado del Sauz de Merino; motivo por el cuál únicamente se marca la planta de arreglo de los pozos al tanque de regulación, así como su correspondiente perfil topográfico, siendo la ubicación del tanque en la elevación 1,812.00 m sobre el nivel del mar; ya que desde este punto se pretende que la línea de alimentación transporte el agua por gravedad hasta la red de distribución.

Esta alternativa de solución se considera la más adecuada debido esencialmente a que la línea de conducción en su corto recorrido no presenta depresiones y se encuentra paralelo a un camino de acceso, lo cual se considera como un derecho de vía. En el plano PCCCEL-01 se muestra la planta y el perfil topográfico de la línea de conducción de La Gavia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



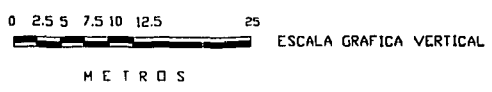
PLANTA

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

- NOTA:  
ELEVACIONES Y LONGITUDES EN METROS
- SIMBOLOGIA:  
 POZO  
 TANQUE DE REGULARIZACION  
 PERFIL DEL TERRENO

DATOS TOPOGRAFICOS	CLASE DE TUBERIA		DIAMETRO Y LONGITUD		ESTACION CADENAMIENTO	No.	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ELEVACION PIEZOMETRICA	CARGA DE TRABAJO
	m	cm	m	m					
	0-200.00	1800.28	0-210.00	1799.77	0+200.00		1800.28		
	0-400.00	1793.19	0-600.00	1786.30	0+600.00		1779.36		
	0-914.00	1775.40	1-000.00	1774.45	1-000.00		1774.45		
	1-200.00	1767.60	1-560.00	1756.60	1-560.00		1756.60		
	1-600.00	1756.20	1-600.00	1756.20	1+600.00		1756.20		

PERFIL TOPOGRAFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 E. N. E. P. ACATLAN  
 MEXICALPAN, COAH. DE MEX.  
 LINEA DE CONDUCCION - LA GAVIA  
 PLANTA Y PERFIL TOPOGRAFICO

ESCALAS: HORIZONTAL 1:3,000 VERTICAL 1:300	ACOTACIONES: m ALUMNA: MARIBEL SOSA VEGA	NUMERO: LCCEL-01
--	---	---------------------

### 5.3 Consideraciones de Diseño

El diseño de tuberías requiere un análisis para cada caso en particular en el que se evalúen las cargas externas y presión interna, así como el de verificar que se cumpla con las especificaciones correspondientes. Entre la diversidad de materiales que existen en el mercado. Se debe elegir el que más se adapte a las especificaciones, para lo cual se requiere de un análisis económico. Los factores principales que se deben tomar en cuenta en la selección de la tubería son:

- a) Cantidad y calidad del agua
- b) Características topográficas de la conducción y calidad del terreno por excavar
- c) Costos de suministro e instalación

Para este proyecto los tres pozos que abastecerán a las colonias en estudio se ubican a una elevación más baja con respecto al tanque de regularización por lo que la línea de conducción debe trabajar por bombeo.

Con base en la tabla de gastos medios, máximos diarios y máximos horarios por colonia (2.6.1), se observa que el gasto medio es de 87.89 lps y el máximo diario es de 123.04 lps. El conjunto de pozos se está extrayendo un gasto total de 92 lps, el cual solo es suficiente para abastecer la demanda media de la zona. En el siguiente cuadro se presentan los gastos de explotación de cada uno de los pozos.

**Tabla 5.3.1 Gastos de explotación**

FUENTES DE ABASTECIMIENTO LA GAVIA	GASTO (lps)
P3	10
P4	18
P7	64
<b>TOTAL FUENTES</b>	<b>92</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3.1 Selección del Tipo de Conductos

El continuo avance de la tecnología industrial, ha creado la necesidad de mejorar las propiedades físicas de los materiales, mediante el aprovechamiento de diversos factores, tales como la composición química, procesos de fabricación, condiciones de operación, etc. Esto con la finalidad de que los productos tengan un desempeño satisfactorio. Entre las tuberías más comúnmente utilizadas para la construcción de las líneas de agua potable se encuentran:

- TUBERIAS {
- Asbesto – Cemento (Fibroemento)
  - Policloruro de Vinilo (PVC)
  - Polietileno de Alta Densidad
  - Acero

#### Tubería de Asbesto-cemento (Fibroemento)

Estas tuberías y sus coples se fabrican con una mezcla de fibra de asbesto, cemento Pórtland y sílica normalizados, esta es curada en autoclave, con vapor a presión; no se oxida ni se corroe. Los diámetros comerciales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5.3.1.1 Diámetros de tubería asbesto-cemento

MILIMETROS	PULGADAS
60	2 ½
75	3
100	4
150	6
200	8
250	10
300	12
350	14
400	16
450	18
500	20
600	24
750	30
900	36
1220	48

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los tubos de presión de asbesto-cemento se fabrican para presiones internas de trabajo máximas, según la norma oficial mexicana NOM-C-12-2/2-1982 y la norma NOM-C-12/1-1981 con base a la presión de trabajo expresada en metros de columna de agua (m.c.a.), así se obtiene:

CLASE		PRESION DE TRABAJO	m.c.a.
T - 50	A - 5	5 Kg/cm <sup>2</sup>	50
T - 70	A - 7	7 Kg/cm <sup>2</sup>	70
T - 100	A - 10	10 Kg/cm <sup>2</sup>	100
T - 140	A - 14	14 Kg/cm <sup>2</sup>	140

La unión entre tramo y tramo de tubería se hace a través de un "cople" del mismo material, el cual lleva en la parte interna un "anillo" de hule para que la tubería entre a presión y con ello evitar fugas. La longitud estándar (**longitud útil**) de los tubos es de 4.00 y 5.00 m, la desventaja de los tubos de asbesto-cemento es su baja resistencia mecánica; debido a esto, al salir de la fábrica los tubos se degradan en su calidad por falta de cuidado en el manejo, transporte y almacenaje de los mismos.

#### **Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC)**

Es un material termoplástico compuesto de polímeros de cloruro de vinilo; un sólido incoloro con alta resistencia al agua, alcoholes, ácidos y álcalis concentrados. Se obtiene en forma de gránulos, soluciones, líquidos y pastas. La industria de tuberías plásticas fabrica dos líneas de tubos hidráulicos de PVC para el abastecimiento de agua potable: la línea métrica, "tubos blancos" y la línea inglesa, "tubos grises"

En la Norma Oficial Mexicana de calidad vigente actualmente, (Sistema Inglés) para tubos y conexiones rígidas de PVC DGN-E/12-1968, se recomienda un esfuerzo de diseño de 140 Kg/cm<sup>2</sup>, para PVC 1114 (tipo I, grado I). En septiembre de 1977 se publicó la Norma Oficial Mexicana de tubos y conexiones de PVC para abastecimiento

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

de agua potable NOM-E-22-1977 (Serie Métrica), para PVC 1114. La línea métrica (color blanco), fue diseñada de acuerdo con el sistema internacional de unidades. Los diámetros comerciales son los siguientes:

**Tabla 5.3.1,2 Diámetro comercial de tubería PVC color blanco**

DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)
50	50
63	63
80	80
100	100
160	160
200	200
250	250
315	315
355	355
400	400
450	450
500	500
630	630

Y cinco espesores que permiten presiones máximas de trabajo de:

CLASE	5	7	10	14	20
PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (Kg/cm <sup>2</sup> )	5	7	10	14	20

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La línea inglesa (color gris), fue diseñada en base al sistema de unidades inglesas en 11 diámetros y en función del cociente entre su diámetro exterior y su espesor mínimo de pared (relación de dimensiones RD), las presiones máximas de trabajo, se fabrican en:

**Tabla 5.3.1.3 Diámetro comercial de tubería PVC color gris**

DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)
13	21.3
19	26.7
25	33.4
32	42.2
38	48.3
50	60.3
60	73.0
75	88.9
100	114.3
150	168.3
200	219.1

DIAMETRO		CLASE (RD)	PRESION MÁXIMA DE TRABAJO (Kg/cm <sup>2</sup> )
mm	Pulg.		
150	6	41.0	7.1
		32.5	9.0
		26.0	11.2
100	4	64.0	4.5
		41.0	7.1
		32.5	9.0
75	3	26.0	11.2
		64.0	4.5
		41.0	7.1
60	2 1/2	32.5	9.0
		41.0	7.1
		26.0	11.2

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

La unión entre tubos y conexiones se realiza mediante el sistema "espiga-campana" llevando interiormente un anillo de hule, la longitud estándar (**longitud útil**) de cada tubo es de 6.00 m, pero también este puede ser fabricado con otra longitud, dependiendo al acuerdo que se llegue entre cliente y fabricante. Las ventajas y desventajas de las tuberías de PVC son:

**Tabla 5.3.1.4 Ventajas y desventajas de la tubería PVC**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Resistencia a la corrosión y al ataque químico de ácidos, álcalis y soluciones salinas	- Alto costo en diámetros de 200 mm y mayores
- Instalación rápida, fácil y económica	- Las propiedades mecánicas de la tubería son afectadas si queda expuesta a los rayos solares por un período de tiempo prolongado
- Debido a su grado de absorción permite la prueba hidrostática después de su llenado	
- Resistencia mecánica superior a la de las tuberías de asbesto-cemento	- Los tubos de extremos lisos requieren mano de obra altamente especializada para su unión por el proceso de cementado. Debido a esto, en todos los proyectos de conducción se especifica el uso de tuberías con campana y anillo de hule. La campana debe ser integral al tubo
- Menores pérdidas por fricción en comparación con las otras tuberías	
- Por su ligereza, se facilita notablemente su almacenamiento y transporte	
- Respecto a su costo de suministro en los diámetros de 50, 60, 75 y 100 mm es más barata que la de asbesto-cemento	

### **Tubería de Polietileno de Alta Densidad**

El polietileno es un derivado del gas etileno, que es un componente del gas natural; también puede ser un derivado de la refinación del petróleo. Se tienen comercialmente



tres tipos de densidad que son: baja, mediana y alta. Estas se fabrican en base a la Norma NOM-E-18-1969. Desde el año de 1965, la entonces Secretaria de Recursos Hidráulicos utilizó con regularidad tuberías de polietileno de alta densidad o de alto peso molecular, en obras grandes y pequeñas, con éxito principalmente en tomas domiciliarias. Los diámetros comerciales de estas tuberías son:

**Tabla 5.3.1.5 Diámetro comercial de la tubería de Polietileno de alta densidad**

DIAMETRO NOMINAL	
mm	Pulg.
13	½
19	¾
25	1
32	1 ¼
38	1 ½
50	2
75	3
100	4
150	6
200	8

Las tuberías de polietileno de alta densidad se fabrican también en cuatro diferentes RD y son aptas para trabajar a las presiones especificadas a continuación; según las condiciones de operación de la tubería se aplica un factor de seguridad de 3 o 4 veces la presión de trabajo para llegar a la presión de ruptura. El factor de 3 ( $F_3$ ) se aplica en líneas subterráneas en terreno estable y el factor 4 ( $F_4$ ) se aplica en líneas expuestas a movimientos de terreno o tráfico pesado y líneas a intemperie.

RD	PRESION MÁXIMA DE TRABAJO (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
9	14.7	11.1
13.5	9.4	7.1
17	7.3	5.5
21	5.9	4.4

Las principales ventajas de las tuberías de polietileno son: su gran flexibilidad lo cual permite que su presentación sea en rollo, no presenta corrosión, pesa ocho veces menos que la de acero y tres veces menos que la de asbesto – cemento.

### Tuberías de Acero

Actualmente se utilizan en México dos métodos de fabricación: el proceso de soldadura (Tubacero, S.A.) y el proceso sin costura (TAMSA)". La materia prima es el acero en placa o rollo, para el primero y lingotes y placas para el segundo. Las tuberías de acero son recomendables para líneas de conducción cuando se tienen altas presiones de trabajo. El uso de estas obliga a revestirlas contra la corrosión interior y exteriormente. Son muy durables, resistentes, flexibles y adaptables a las distintas condiciones de instalación que se tengan.

En términos generales este tipo de tuberías resultan ser sumamente caras, tanto su adquisición como su instalación, ya que una tubería de acero requiere de limpieza a chorro de arena, protección de esmalte con alquitrán de hulla, protección con fibra de vidrio, unión a base de soldadura, prueba de soldadura con rayos "X" y protección catódica; por lo que únicamente se usan en "casos especiales" como cruzamientos de ríos, canales, vías de ferrocarriles, carreteras, etc. Los tubos de acero se fabrican en los siguientes diámetros:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TABLAS 5.3.1.6 Características de las Tuberías de Acero

DIAMETRO		ESPESOR		PESO (Kg/m)	DIAMETRO		ESPESOR		PESO (Kg/m)
Pulg.	mm	Pulg.	mm		Pulg.	mm	Pulg.	mm	
4	102	Cal. 14	1.9	4.91	14	356	Cal. 10	3.4	32.74
		Cal. 12	2.7	6.85			3/16"	4.8	44.65
		Cal. 10	3.4	8.63			1/4"	6.3	59.63
			5/16"	7.9			74.41		
4 1/2	114	Cal. 14	1.9	5.51	16	406	Cal. 10	3.4	37.21
		Cal. 12	2.7	7.59			3/16"	4.8	52.09
		Cal. 10	3.4	9.67			1/4"	6.3	69.95
3/16"	4.8	12.95	5/16"	7.9			86.32		
6	152	Cal. 14	1.9	7.44	18	457	3/8"	9.5	102.69
		Cal. 12	2.7	10.27			Cal. 10	3.4	41.67
		Cal. 10	3.4	13.10			3/16"	4.8	58.04
			1/4"	6.3			77.39		
6 5/8	168	Cal. 14	1.9	8.19	18	457	5/16"	7.9	96.73
		Cal. 12	2.7	11.31			3/8"	9.5	114.59
		Cal. 10	3.4	14.44					
3/16"	4.8	19.35							
8	203	Cal. 14	1.9	9.97	20	508	Cal. 10	3.4	45.13
		Cal. 12	2.7	13.54			3/16"	4.8	63.99
		Cal. 10	3.4	17.41			1/4"	6.3	84.83
			5/16"	7.9			105.66		
8 5/8	219	Cal. 14	1.9	10.72	22	559	3/8"	9.5	126.50
		Cal. 12	2.7	14.58			Cal. 10	3.4	50.60
		Cal. 10	3.4	18.60			3/16"	4.8	69.95
3/16"	4.8	25.89	1/4"	6.3			93.76		
10	254	Cal. 12	2.7	16.97	22	559	5/16"	7.9	117.57
		Cal. 10	3.4	21.73			3/8"	9.5	139.89
		3/16"	4.8	30.21					
10 3/4	273	Cal. 12	2.7	18.16	24	610	Cal. 10	3.4	55.06
		Cal. 10	3.4	23.36			3/16"	4.8	75.90
		3/16"	4.8	32.44			1/4"	6.3	101.20
			5/16"	7.9			126.50		
12	305	Cal. 12	2.7	21.28	24	610	3/8"	9.5	151.80
		Cal. 10	3.4	27.23			7/16"	11.1	175.61
		3/16"	4.8	36.91			1/2"	12.7	200.91
12 3/4	324	Cal. 12	2.7	22.62					
		Cal. 10	3.4	27.83					
		3/16"	4.8	38.69					

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TABLAS 5.3.1.6 (2) Características de las Tuberías de Acero

DIAMETRO		ESPESOR		PESO (Kg/m)	DIAMETRO		ESPESOR		PESO (Kg/m)
Pulg.	mm	Pulg.	mm		Pulg.	mm	Pulg.	mm	
26	660	3/16"	4.8	83.34	36	914	3/16"	4.8	116.08
		1/4"	6.3	111.61			1/4"	6.3	154.77
		5/16"	7.9	138.40			5/16"	7.9	193.46
		3/8"	9.5	166.68			3/8"	9.5	232.16
		7/16"	11.1	194.95			7/16"	11.1	270.85
		1/2"	12.7	221.74			1/2"	12.7	309.54
28	711	3/16"	4.8	82.29	38	965	9/16"	14.3	345.75
		1/4"	6.3	119.06			5/8"	15.9	385.44
		5/16"	7.9	148.82			3/16"	4.8	122.03
		3/8"	9.5	178.58			1/4"	6.3	162.21
		7/16"	11.1	208.35			5/16"	7.9	203.88
		1/2"	12.7	238.11			3/8"	9.5	244.05
30	762	3/16"	4.8	96.73	40	1016	7/16"	11.1	284.24
		1/4"	6.3	129.74			1/2"	12.7	325.91
		5/16"	7.9	160.72			9/16"	14.3	366.10
		3/8"	9.5	193.47			5/8"	15.9	406.28
		7/16"	11.1	226.21			3/16"	4.8	129.47
		1/2"	12.7	257.46			1/4"	6.3	172.63
32	813	3/16"	4.8	102.69	42	1067	5/16"	7.9	215.79
		1/4"	6.3	136.91			3/8"	9.5	258.92
		5/16"	7.9	171.14			7/16"	11.1	302.10
		3/8"	9.5	203.37			1/2"	12.7	345.26
		7/16"	11.1	239.60			9/16"	14.3	388.42
		1/2"	12.7	273.83			5/8"	15.9	431.58
34	864	3/16"	4.8	110.13	42	1067	3/16"	4.8	133.94
		1/4"	6.3	145.84			1/4"	6.3	178.58
		5/16"	7.9	183.05			5/16"	7.9	223.23
		3/8"	9.5	220.25			3/8"	9.5	267.87
		7/16"	11.1	255.96			7/16"	11.1	312.52
		1/2"	12.7	293.17			1/2"	12.7	357.17
						9/16"	14.3	401.81	
						5/8"	15.9	446.46	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TABLAS 5.3.1.6 (3) Características de las Tuberías de Acero**

DIAMETRO		ESPESOR		PESO (Kg/m)	DIAMETRO		ESPESOR		PESO (Kg/m)
Pulg.	mm	Pulg.	mm		Pulg.	mm	Pulg.	mm	
45	1143	3/16"	4.8	141.38	54	1372	5/8"	15.9	568.49
		1/4"	6.3	187.51			11/16"	17.5	625.04
		5/16"	7.9	235.13			3/4"	19.0	683.08
		3/8"	9.5	281.27	57	1448	1/4"	6.3	239.60
		7/16"	11.1	327.40			5/16"	7.9	300.61
		1/2"	12.7	375.02			3/8"	9.5	358.65
		9/16"	14.3	422.65			7/16"	11.1	419.67
		5/8"	15.9	468.78			1/2"	12.7	479.20
48	1219	1/4"	6.3	199.42	60	1524	9/16"	14.3	538.73
		5/16"	7.9	248.53			5/8"	15.9	598.25
		3/8"	9.5	299.13			11/16"	17.5	657.78
		7/16"	11.1	348.24			3/4"	19.0	717.31
		1/2"	12.7	398.84	60	1524	1/4"	6.3	252.99
		9/16"	14.3	449.43			5/16"	7.9	315.50
		5/8"	15.9	498.54			3/8"	9.5	379.49
		11/16"	17.5	549.14			7/16"	11.1	441.99
3/4"	19	598.25	1/2"	12.7	505.99				
51	1295	1/4"	6.3	215.78	60	1524	9/16"	14.3	569.98
		5/16"	7.9	270.85			5/8"	15.9	632.48
		3/8"	9.5	322.40			11/16"	17.5	696.17
		7/16"	11.1	378.00			3/4"	19.0	758.98
		1/2"	12.7	431.58	63	1600	1/4"	6.3	264.90
		9/16"	14.3	486.64			5/16"	7.9	330.38
		5/8"	15.9	540.21			3/8"	9.5	397.35
		11/16"	17.5	593.79			7/16"	11.1	464.32
3/4"	19.0	647.36	1/2"	12.7	529.8				
54	1372	1/4"	6.3	227.69	63	1600	9/16"	14.3	595.28
		5/16"	7.9	284.24			5/8"	15.9	662.24
		3/8"	9.5	342.28	63	1600	11/16"	17.5	729.21
		7/16"	11.1	397.35			3/4"	19.0	794.69
		1/2"	12.7	455.39					
		9/16"	14.3	511.94					

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## Facilidad de instalación

Depende directamente del sistema de unión y del peso de la tubería, por lo que la selección de aceros de alta resistencia para la determinación del espesor es una alternativa conveniente para reducir su peso y facilitar su instalación. En la siguiente tabla se muestra las principales ventajas y desventajas del tipo de tuberías más empleadas en el país.

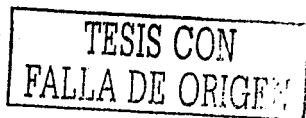
MATERIAL	SISTEMA DE UNION	PIEZAS ESPECIALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PVC	- Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule	- Se fabrican de PVC - Pueden usarse piezas de hierro fundido en los cruceros	- Bajo coeficiente de rugosidad - Ligereza - Instalación rápida, fácil y económica - Flexibilidad - Mantenimiento nulo	- Susceptible a daños durante su manejo - La exposición prolongada a los rayos solares afecta sus propiedades mecánicas
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	- Termofusión	- Se fabrican de polietileno - Pueden usarse piezas de hierro fundido	- Bajo coeficiente de rugosidad - Flexibilidad - Ligereza - Instalación rápida, fácil y económica - No presenta corrosión - Mantenimiento nulo	- Se deteriora si se expone a la intemperie por periodos prolongados
ASBESTO CEMENTO	- Coples de fibrocemento con anillos de hule - Junta gibault	- Piezas de hierro fundido con extremidades bridadas y juntas gibault - Piezas de hierro fundido con extremos lisos	- Bajo costo - Bajo coeficiente de rugosidad - Ligereza - Generalmente no se corroe	- Frágil; puede agrietarse o romperse durante las maniobras de transporte, manejo, almacenaje e instalación
ACERO	- 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 concreto - Fácil adaptación a cualquier tipo de montaje	

### 5.3.2 Diseño de la línea de conducción

Para efectuar el proyecto de una línea de conducción por bombeo se determina primeramente el diámetro más económico para el gasto por conducir, tomando en consideración las características topográficas del terreno o que el rango de velocidades esté dentro de lo permisible. En el capítulo 2 de este trabajo fueron obtenidos los datos básicos del proyecto, los cuales son necesarios para poder diseñar la línea de conducción, en el siguiente cuadro se muestran los mismos:

#### Datos Básicos de Proyecto

Población de proyecto	37,967 hab.
Dotación	200 l/hab/día
Coefficiente de variación diaria (Cvd)	1.40
Coefficiente de variación horaria (Cvh)	1.55
Gasto medio diario (Qm)	87.89 lps
Gasto máximo diario (Qmd)	123.04 lps
Gasto máximo horario (Qmh)	190.71 lps
Conducción	Bombeo
Horas de bombeo	24 horas
Fuente de abastecimiento	Manto acuifero
Obra de captación	Batería de 3 pozos profundos
Regularización	Tanque superficial



Por lo antes descrito en este inciso y debido a que este proyecto la tubería a utilizar es una donación del Gobierno Federal (PEMEX) se eliminó el costo de adquisición, para la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable del área en estudio se utilizó **tubería de acero**. De acuerdo a la tabla 4.4.1 el coeficiente de rugosidad de Manning para el acero sin revestimiento es de  $n = 0.014$ .

### 5.3.3 Análisis del diámetro económico

En el capítulo 4 apartado 4.4 se describió el procedimiento para llevar a cabo el análisis del diámetro económico en una línea de conducción por bombeo; por lo que en este apartado se sustituyen datos.

Como anteriormente se mencionó la tubería a emplear es de acero, para ello se calcula el diámetro preliminar:

$$D' = \sqrt[4]{\beta} \quad K \sqrt{Q} \quad ; \quad \beta = \frac{\text{No. de horas de bombeo en el día}}{24}$$

El bombeo es de 24 horas por lo que:

$$\beta = \frac{24}{24} = 1$$

$$K = 1.20$$

$$Q = 0.064 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (pozo 7 al tanque)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sustituyendo:

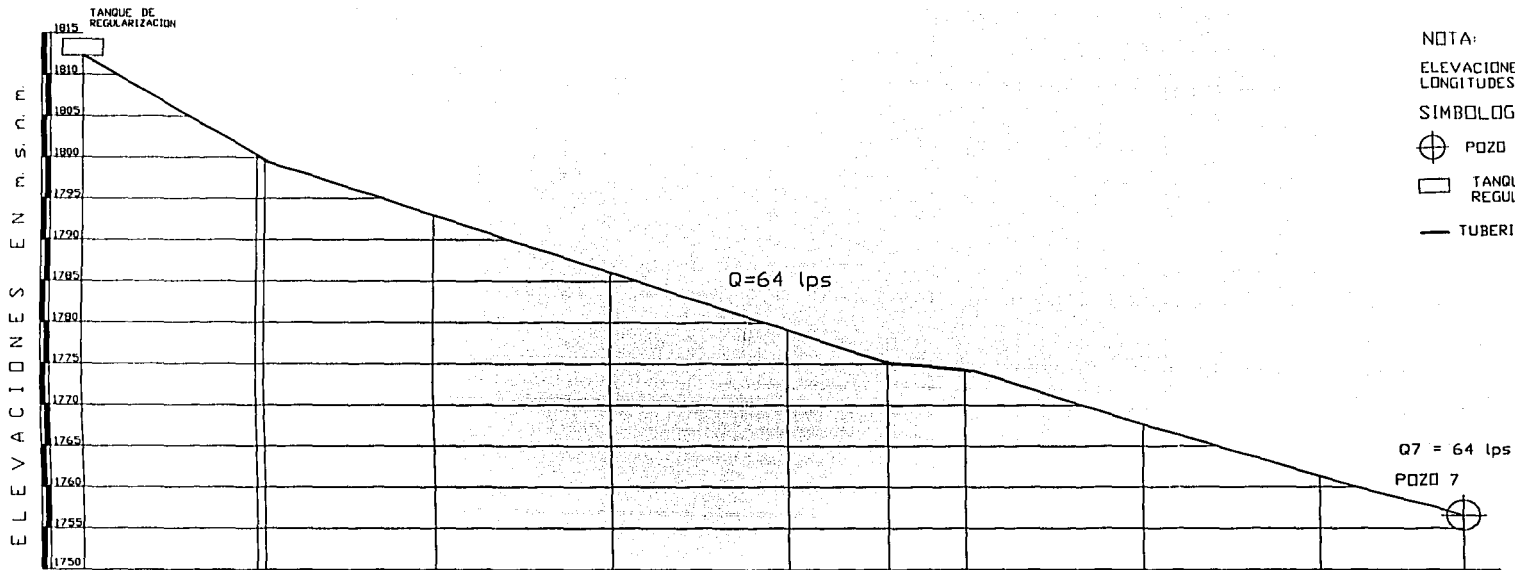
$$D' = \sqrt[4]{1} \quad 1.20 \sqrt{0.064} = 0.30 \text{ m } \text{ ó } 12''$$

En base al diámetro preliminar se suponen valores comerciales de los diámetros de la tubería arriba y debajo de este valor, los cuales fueron tomados de un catálogo comercial. Para el primer caso (C-1) se empleó el gasto de explotación actual, esto con la finalidad de verificar el diámetro que se tiene en las dos líneas. Para el caso (C-2) fue bajo el mismo arreglo, pero extrayendo un mayor gasto de los pozos, los cuales se determinaron en base a los estudios de aforo de los pozos 3, 4 y 7 a manera de cumplir con el gasto máximo diario requerido (ver aforos en anexo III).



# LINEA DE CONDUCCION C-1

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



NOTA:  
ELEVACIONES Y LONGITUDES EN METROS

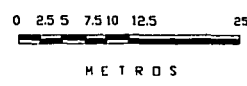
SIMBOLOGIA:  
 POZO  
 TANQUE DE REGULARIZACION  
 TUBERIA

D A T O S	CLASE DE TUBERIA		DIAMETRO Y LONGITUD		CARGA DE TRABAJO		ELEVACION PIEZOMETRICA		ELEVACION DE TERRENO NATURAL		ESTACION CADENAMIENTO	
	TUBERIA		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
			0-200.00	180.00	1812.00							
			0-200.00	1795.77								
			0-400.00	1793.19								
			0-600.00	1786.20								
			0-800.00	1779.26								
			0-914.00	1775.40								
			1-000.00	1774.45								
			1-200.00	1767.60								
			1-400.00	1751.20								
			1-500.00	1756.60								
			1-600.00	1756.23								

## PERFIL



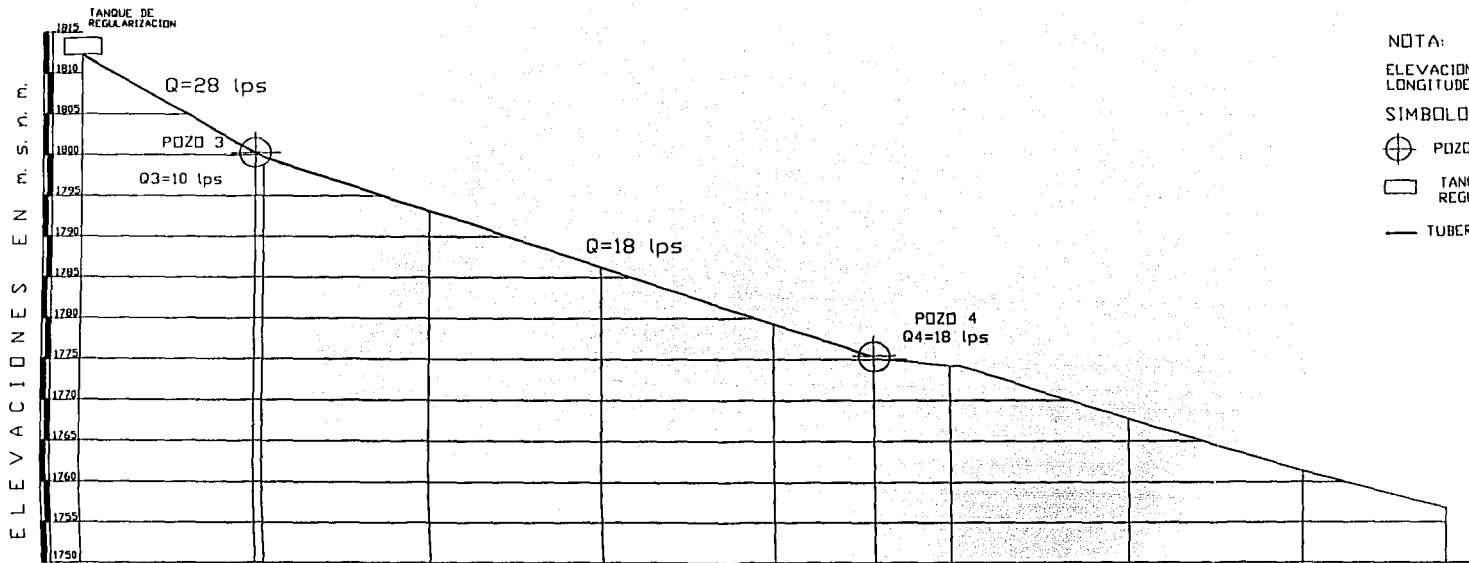
ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
MEXICALPAN, PUEBLO DE LOS RIOS		
LINEA DE CONDUCCION (ACTUAL)		
ESCALAS: HORIZONTAL 1:300 VERTICAL 1:300	ACOTACIONES: M ALUMNA: MARIEL SOSA VEGA	NUMERO: LCCEL C-1-A

# LINEA DE CONDUCCION C-1



NOTA:  
ELEVACIONES Y LONGITUDES EN METROS

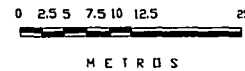
SIMBOLOGIA:  
 POZO  
 TANQUE DE REGULARIZACION  
 TUBERIA

D A T O S	CLASE DE TUBERIA		DIAMETRO Y LONGITUD		ESTACION	ELEVACION PIEZOMETRICA	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ESTACION CADENAMIENTO
	TUBERIA	CARGA DE TRABAJO	C	L				
					0+000.00	1812.00	1812.00	0+000.00
					0+210.00	1800.00	1802.00	0+210.00
					0+210.00	1799.77	1799.77	0+210.00
					0+400.00	1793.19	1793.19	0+400.00
					0+600.00	1786.30	1786.30	0+600.00
					0+800.00	1779.36	1779.36	0+800.00
					0+914.00	1775.40	1775.40	0+914.00
					1+000.00	1774.45	1774.45	1+000.00
					1+200.00	1767.60	1767.60	1+200.00
					1+400.00	1759.20	1759.20	1+400.00
					1+550.00	1756.60	1756.60	1+550.00
					1+600.00	1756.23	1756.23	1+600.00

## PERFIL



ESCALA Grafica HORIZONTAL



ESCALA Grafica VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
E. N. E. P. ACATLAN	
MEXICALMEXICO DE MEX.	
LINEA DE CONDUCCION (ACTUAL)	
ESCALAS: HORIZONTAL 1:3,000 VERTICAL 1:1000	ACOTACIONES: M ALUMNA MARIBEL SOSA VEGA
NUMERO: LCCEL C-1-B	

**DATOS :**

n = 0.014  
 Q = 0.064 m³/s  
 L = 1560.00 m  
 H<sub>E</sub> = 55.40 m

**LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO C-1**

ACTUAL

ANALISIS DEL DIAMETRO ECONOMICO

TRAMO DEL POZO 7 AL TANQUE DE REGULARIZACION

Costo de tubería CT = \$ 12.00  
 Costo de obra civil Coc = \$ 3.00  
 Costo reposición bombas CR = \$ 5.000  
 Costo mantenimiento Cm = \$ 20,000  
 Costo de energía Ce = \$ 0.50

DIAMETRO			D <sup>(16/3)</sup>	K = $\frac{10.3 n^2}{D^{(16/3)}}$	hf = KLQ <sup>2</sup>	hl = 0.2*hf	ht = hf+hl	H <sub>B</sub> = H <sub>E</sub> + ht	$\frac{P = \gamma Q H_B}{76 \cdot 0.75}$	e = P * 0.746 * 8760	Ce = 0.50 * e	WTUBO
COMERCIAL	PULG.	m										
	espesor			n=0.014	L=1560.00 m			H <sub>E</sub> =55.40 m			costo anual	(Kg/m)
8 5/8"	0.33	0.200	1.87E-04	10.79	68.93	13.79	82.72	138.12	155.08	1.01E+06	506,720	45.14
10 3/4"	0.33	0.256	6.98E-04	2.89	18.48	3.70	22.17	77.57	87.10	5.69E+05	284,594	56.72
12 3/4"	0.33	0.307	1.84E-03	1.10	7.01	1.40	8.41	63.81	71.65	4.68E+05	234,119	67.69
14"	0.33	0.339	3.12E-03	0.65	4.13	0.83	4.96	60.36	67.77	4.43E+05	221,441	74.42
16"	0.33	0.390	6.59E-03	0.31	1.96	0.39	2.35	57.75	64.84	4.24E+05	211,864	85.32

WTUBO (Kg)	CT \$	Coc \$	CR \$	Cm \$	VPCe	VPCm	VPCR5	VPCR10	TOTAL MILES (\$)
					ACTUALIZACION DE COSTOS				
	CT=12.00*Wtubo	Coc=3.00*Wtubo	CR=5000*P						
7.04E+04	845.02	211.26	775.40	240	2,964.31	1,404	387.70	193.85	6,781.53
8.85E+04	1,061.80	265.45	435.49	240	1,664.87	1,404	217.75	108.87	5,158.24
1.06E+05	1,267.16	316.79	358.26	240	1,369.60	1,404	179.13	89.56	4,984.49
1.16E+05	1,393.14	348.29	338.86	240	1,295.43	1,404	169.43	84.71	5,033.85
1.33E+05	1,597.19	399.30	324.20	240	1,239.40	1,404	162.10	81.05	5,207.24

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

$$Vp = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Vp = 5.85 A (para un periodo de 15 años)

$$Vp = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Vp = F x 0.50 (para un periodo de 5 años)

Vp = F x 0.25 (para un periodo de 10 años)

Vp = Valor presente (\$)

A = Serie constante de gastos hecho a futuro

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

i = Factor de amortización (interes anual 15%)

n = Número de años (periodo de diseño)

DATOS :

n = 0.014

Q = 0.018 m<sup>3</sup>/s

L = 714.00 m

HE = 24.88 m

## LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO C-1

### ANALISIS DEL DIAMETRO ECONOMICO

#### TRAMO DEL POZO 4 AL POZO 3

Costo de tubería CT = \$ 12.00

Costo de obra civil Coc = \$ 3.00

Costo reposición bombas CR = \$ 5.000

Costo mantenimiento Cm = \$ 20.000

Costo de energía Ce = \$ 0.50

DIAMETRO			D <sup>(16/3)</sup>	K = $\frac{10.3 n^2}{D^{(16/3)}}$	hf = KLQ <sup>2</sup>	hl = 0.2*hf	ht = hf+hl	Hb = HE+ht	P = $\frac{\gamma Q H b}{76 \cdot 0.75}$	e = P * 0.746 * 8760	Ce = 0.50 * e	WTUBO
COMERCIAL	PULG.	m										
	espesor			n=0.014	L=714.00 m			HE=24.88 m			costo anual	(Kg/m)
8 5/8"	0.33	0.200	1.87E-04	10.79	2.50	0.50	2.99	27.87	8.80	5.75E+04	28,762	45.14
10 3/4"	0.33	0.256	6.98E-04	2.89	0.67	0.13	0.80	25.68	8.11	5.30E+04	26,500	56.72
12 3/4"	0.33	0.307	1.84E-03	1.10	0.25	0.05	0.30	25.18	7.95	5.20E+04	25,986	67.69
14"	0.33	0.339	3.12E-03	0.65	0.15	0.03	0.18	25.06	7.91	5.17E+04	25,857	74.42
16"	0.33	0.390	6.59E-03	0.31	0.07	0.01	0.09	24.97	7.88	5.15E+04	25,760	85.32

WTUBO (KG)	CT \$	Coc \$	CR \$	Cm \$	VPCe	VPCm	VPCR5	VPCR10	TOTAL MILES (\$)
					ACTUALIZACION DE COSTOS				
	CT=12.00*Wtubo	Coc=3.00*Wtubo	CR=5000*P						
3.22E+04	386.76	96.69	44.01	240	168.26	1,404	22.01	11.00	2,132.73
4.05E+04	485.98	121.49	40.55	240	155.03	1,404	20.28	10.14	2,237.46
4.83E+04	579.97	144.99	39.77	240	152.02	1,404	19.88	9.94	2,350.57
5.31E+04	637.63	159.41	39.57	240	151.27	1,404	19.78	9.89	2,421.55
6.09E+04	731.02	182.76	39.42	240	150.69	1,404	19.71	9.85	2,537.45

$$Vp = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Vp = 5.85 A (para un periodo de 15 años)

$$Vp = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Vp = F x 0.50 (para un periodo de 5 años)

Vp = F x 0.25 (para un periodo de 10 años)

Vp = Valor presente (\$)

A = Serie constante de gastos hecho a futuro

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

i = Factor de amortización (interes anual 15%)

n = Número de años (periodo de diseño)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**DATOS :**

n = 0.014

Q = 0.028 m³/s

L = 200.00 m

HE = 11.72 m

**LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO C-1**

**ANALISIS DEL DIAMETRO ECONOMICO**

**TRAMO DEL POZO 3 AL TANQUE DE REGULARIZACION**

Costo de tubería CT = \$ 12.00

Costo de obra civil Coc = \$ 3.00

Costo reposición bombas CR = \$ 5.000

Costo mantenimiento Cm = \$ 20,000

Costo de energía Ce = \$0.50

DIAMETRO			D <sup>(16/3)</sup>	K = 10.3 n <sup>2</sup> D <sup>(16/3)</sup>	hf = KLQ <sup>2</sup> L=200.00 m	hl = 0.2*hf	ht = hf+hl	H <sub>B</sub> = HE+ht HE=11.72 m	P = γQHB 76*0.75	e = P*0.746*8760	Ce = 0.50 * e	WTUBO (Kg/m)
COMERCIAL	PULG. espesor	m										
8 5/8"	0.33	0.200	1.87E-04	10.79	1.69	0.34	2.03	13.75	6.75	4.41E+04	22,070	45.14
10 3/4"	0.33	0.256	6.98E-04	2.89	0.45	0.09	0.54	12.26	6.02	3.94E+04	19,685	56.72
12 3/4"	0.33	0.307	1.84E-03	1.10	0.17	0.03	0.21	11.93	5.86	3.83E+04	19,143	67.69
14"	0.33	0.339	3.12E-03	0.65	0.10	0.02	0.12	11.84	5.82	3.80E+04	19,007	74.42
16"	0.33	0.390	6.59E-03	0.31	0.05	0.01	0.06	11.78	5.79	3.78E+04	18,904	85.32

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

WTUBO (KG)	CT \$	Coc \$	CR \$	Cm \$	ACTUALIZACION DE COSTOS				TOTAL MILES (\$)
					VPCe	VPCm	VPCR5	VPCR10	
	CT=12.00*Wtubo	Coc=3.00*Wtubo	CR=5000*P						
9.03E+03	108.34	27.08	33.77	240	129.11	1,404	16.89	8.44	1,727.63
1.13E+04	136.13	34.03	30.12	240	115.16	1,404	15.06	7.53	1,742.03
1.35E+04	162.46	40.61	29.29	240	111.99	1,404	14.65	7.32	1,770.32
1.49E+04	178.61	44.65	29.08	240	111.19	1,404	14.54	7.27	1,789.35
1.71E+04	204.77	51.19	28.93	240	110.59	1,404	14.46	7.23	1,821.17

Vp = Valor presente (\$)

A = Serie constante de gastos hecho a futuro

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

i = Factor de amortización (interes anual 15%)

n = Número de años (periodo de diseño)

$$Vp = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

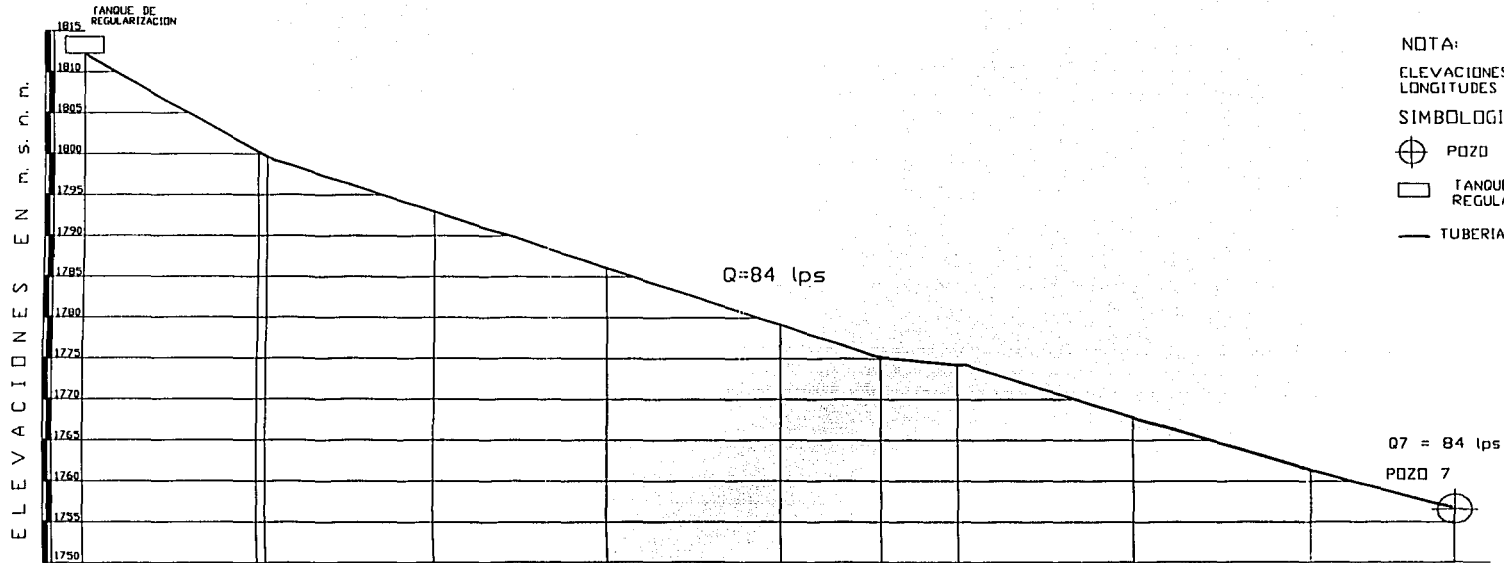
$$Vp = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Vp = F x 0.50 (para un periodo de 5 años)

Vp = F x 0.25 (para un periodo de 10 años)

Vp = 5.85 A (para un periodo de 15 años)

# LINEA DE CONDUCCION C-2



NOTA:  
ELEVACIONES Y  
LONGITUDES EN METROS

SIMBOLOGIA:

⊕ POZO

□ TANQUE DE  
REGULARIZACION

— TUBERIA

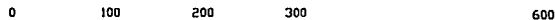
Q7 = 84 lps

POZO 7

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

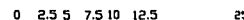
DATOS	CLASE DE TUBERIA DIAMETRO Y LONGITUD		C	ELEVACION PIEZOMETRICA	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ESTACION CADENAMIENTO
	TUBERIA	CARGA DE TRABAJO				
TIPOGRAFIA (CDS)	M.S.N.M.	M.S.N.M.		M.S.N.M.	M.S.N.M.	K.C.
	0+500.00	1800.29		1799.77	1793.19	0+600.00
	0+600.00	1786.30		1779.36	1775.40	0+800.00
	0+800.00	1775.40		1774.45	1767.60	1+000.00
	1+000.00	1756.60		1751.20	1756.23	1+200.00
	1+200.00	1756.60		1756.60	1756.23	1+400.00
	1+400.00	1756.60		1756.60	1756.23	1+600.00

## PERFIL



METROS

ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



METROS

ESCALA GRAFICA VERTICAL

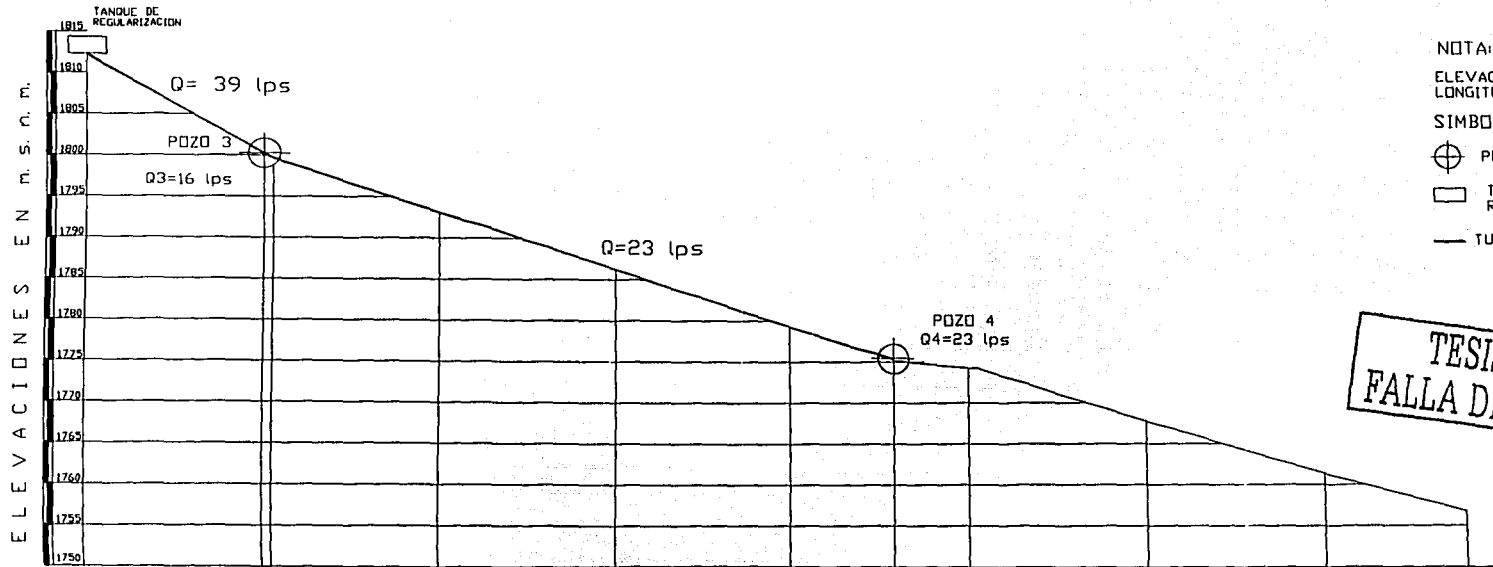
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

E. N. E. P. ACATLAN

LINEA DE CONDUCCION  
(MAYOR GASTO)

ESCALAS: HORIZONTAL 1:2,000 VERTICAL 1:300	ACOTACIONES: M	NUMERO: LCCCEL C-2-A
--	-------------------	-------------------------

# LINEA DE CONDUCCION C-2



NOTA:  
ELEVACIONES Y LONGITUDES EN METROS

SIMBOLOGIA:  
⊕ POZO  
□ TANQUE DE REGULARIZACION  
— TUBERIA

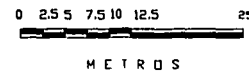
**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

DATOS	CLASE DE TUBERIA		CARGA DE TRABAJO	ELEVACION PIEZOMETRICA	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ESTACION CACHAMIENTO
	DIAMETRO	LONGITUD				
TUBERIA			C			
0-200.00	1815.00	1800.28			1815.00	0-200.00
0-200.00	1799.77				1799.77	0-400.00
0-400.00	1793.19				1793.19	0-600.00
0-600.00	1786.30				1786.30	0-800.00
0-800.00	1779.26				1779.26	0-914.00
0-914.00	1775.40				1775.40	1+000.00
1+000.00	1774.45				1774.45	1+200.00
1+200.00	1767.60				1767.60	1+400.00
1+400.00	1758.20				1758.20	1+560.00
1+560.00	1756.60				1756.60	1+600.00
1+600.00	1756.23				1756.23	

## PERFIL



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
MEXICO, D.F. 1963		
LINEA DE CONDUCCION (HAYOR GASTO)		
ESCALAS: HORIZONTAL 1:3,000 VERTICAL 1:300	ACOTACIONES: M	NUMERO: LCCEL C-2-B

**DATOS:**

n = 0.014  
 Q = 0.084 m³/s  
 L = 1560.00 m  
 HE = 55.40 m

**LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO C-2**

MAYOR GASTO

**ANALISIS DEL DIAMETRO ECONOMICO**

**DEL POZO 7 AL TANQUE DE REGULARIZACION**

Costo de tubería CT = \$ 12.00  
 Costo de obra civil Coc = \$ 3.00  
 Costo reposición bombas CR = \$ 5,000  
 Costo mantenimiento Cm = \$ 20,000  
 Costo de energía Ce = \$0.50

DIAMETRO			D <sup>(16/3)</sup>	K = 10.3 n <sup>2</sup> / D <sup>(16/3)</sup>	hf = KLQ <sup>2</sup>	hl = 0.2*hf	ht = hf+hl	H <sub>B</sub> = HE+ht	P = γQH <sub>B</sub> / 76*0.75	e = P*0.746*8760	Ce = 0.50 * e	WTUBO
COMERCIAL	PULG	m										
	espesor			n=0.014	L=1560.00 m			HE=55.40 m			costo anual	(Kg/m)
8 5/8"	0.33	0.200	1.87E-04	10.79	118.75	23.75	142.49	197.89	291.63	1.91E+06	952,908	45.14
10 3/4"	0.33	0.256	6.98E-04	2.89	31.83	6.37	38.20	93.60	137.93	9.01E+05	450,684	56.72
12 3/4"	0.33	0.307	1.84E-03	1.10	12.08	2.42	14.50	69.90	103.00	6.73E+05	336,561	67.69
14"	0.33	0.339	3.12E-03	0.65	7.12	1.42	8.54	63.94	94.23	6.16E+05	307,896	74.42
16"	0.33	0.390	6.59E-03	0.31	3.37	0.67	4.05	59.45	87.60	5.72E+05	286,243	85.32

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

WTUBO (Kg)	CT \$	Coc \$	CR \$	Cm \$	ACTUALIZACION DE COSTOS				TOTAL MILES (\$)
					VPCe	VPCm	VPCR5	VPCR10	
	CT=12 00*Wtubo	Coc=3 00*Wtubo	CR=5000*P						
7.04E+04	845.02	211.26	1,458.17	240	5,574.51	1,404	729.08	364.54	10,586.58
8.85E+04	1,061.80	265.45	689.65	240	2,636.50	1,404	344.83	172.41	6,574.64
1.06E+05	1,267.16	316.79	515.02	240	1,968.88	1,404	257.51	128.75	5,858.11
1.16E+05	1,393.14	348.29	471.15	240	1,801.19	1,404	235.58	117.79	5,771.13
1.33E+05	1,597.19	399.30	438.02	240	1,674.52	1,404	219.01	109.50	5,841.54

$$Vp = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Vp = 5.85 A (para un periodo de 15 años)

$$Vp = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Vp = F x 0.50 (para un periodo de 5 años)

Vp = F x 0.25 (para un periodo de 10 años)

Vp = Valor presente (S)

A = Serie constante de gastos hecho a futuro

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

i = Factor de amortización (interes anual 15%)

n = Número de años (periodo de diseño)



DATOS :

n = 0.014

Q = 0.023 m³/s

L = 714.00 m

He = 24.88 m

LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO C-2

ANALISIS DEL DIAMETRO ECONOMICO

DEL POZO 4 AL POZO 3

Costo de tubería CT = \$ 12.00

Costo de obra civil Coc = \$ 3.00

Costo reposición bombas CR = \$ 5,000

Costo mantenimiento Cm = \$ 20,000

Costo de energía Ce = \$0.50

DIAMETRO			D <sup>(16/3)</sup>	K = $\frac{10.3 n^2}{D^{(16/3)}}$	hf = K L Q <sup>2</sup>	hl = 0.2*hf	ht = hf+hl	Hb = He+ht	P = $\frac{\gamma Q H B}{76 \cdot 0.75}$	e = P * 0.746 * 8760	Ce = 0.50 * e	WTUBO
COMERCIAL	PULG.	m										
	espesor			n=0.014	L=714.00 m			He=24.88 m			costo anual	(Kg/m)
8 5/8"	0.33	0.200	1.87E-04	10.79	4.07	0.81	4.89	29.77	12.01	7.85E+04	39,250	45.14
10 3/4"	0.33	0.256	6.98E-04	2.89	1.09	0.22	1.31	26.19	10.57	6.91E+04	34,531	56.72
12 3/4"	0.33	0.307	1.84E-03	1.10	0.41	0.08	0.50	25.38	10.24	6.69E+04	33,459	67.69
14"	0.33	0.339	3.12E-03	0.65	0.24	0.05	0.29	25.17	10.16	6.64E+04	33,190	74.42
16"	0.33	0.390	6.59E-03	0.31	0.12	0.02	0.14	25.02	10.10	6.60E+04	32,986	85.32

WTUBO (KG)	CT \$	Coc \$	CR \$	Cm \$	ACTUALIZACION DE COSTOS				TOTAL MILES (\$)
					VPCe	VPCm	VPCR5	VPCR10	
	CT=12.00*Wtubo	Coc=3.00*Wtubo	CR=5000*P						
3.22E+04	386.76	96.69	60.06	240	229.61	1,404	30.03	15.02	2,222.17
4.05E+04	485.98	121.49	52.84	240	202.01	1,404	26.42	13.21	2,305.95
4.83E+04	579.97	144.99	51.20	240	195.74	1,404	25.60	12.80	2,414.29
5.31E+04	637.63	159.41	50.79	240	194.16	1,404	25.39	12.70	2,484.08
6.09E+04	731.02	182.76	50.48	240	192.97	1,404	25.24	12.62	2,599.08

Vp = Valor presente (\$)

A = Serie constante de gastos hecho a futuro

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

i = Factor de amortización (interes anual 15%)

n = Número de años (periodo de diseño)

$$Vp = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$Vp = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Vp = F x 0.50 (para un periodo de 5 años)

Vp = F x 0.25 (para un periodo de 10 años)

Vp = 5.85 A (para un periodo de 15 años)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**DATOS :**

n = 0.014

Q = 0.039 m<sup>3</sup>/s

L = 200.00 m

He = 11.72 m

**LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO C-2**

**ANALISIS DEL DIAMETRO ECONOMICO**

**DEL POZO 3 AL TANQUE DE REGULARIZACION**

Costo de tubería CT = \$ 12.00

Costo de obra civil Coc = \$ 3.00

Costo reposición bombas CR = \$ 5,000

Costo mantenimiento Cm = \$ 20,000

Costo de energía Ce = \$0.50

DIAMETRO			D <sup>(16/3)</sup>	K = $\frac{10.3 n^2}{D^{(16/3)}}$	hf = K L Q <sup>2</sup>	hl = 0.2 * hf	ht = hf + hl	Hb = He + ht	P = $\frac{\gamma Q H B}{76 * 0.75}$	e = P * 0.746 * 8760	Ce = 0.50 * e	WTUBO
COMERCIAL	PULG.	m										
	espesor			n=0.014	L=200.00 m			He=11.72 m			costo anual	(Kg/m)
8 5/8"	0.33	0.200	1.87E-04	10.79	3.28	0.66	3.94	15.66	10.71	7.00E+04	35,006	45.14
10 3/4"	0.33	0.256	6.98E-04	2.89	0.88	0.18	1.06	12.78	8.74	5.71E+04	28,562	56.72
12 3/4"	0.33	0.307	1.84E-03	1.10	0.33	0.07	0.40	12.12	8.29	5.42E+04	27,097	67.69
14"	0.33	0.339	3.12E-03	0.65	0.20	0.04	0.24	11.96	8.18	5.35E+04	26,730	74.42
16"	0.33	0.390	6.59E-03	0.31	0.09	0.02	0.11	11.83	8.10	5.29E+04	26,452	85.32

WTUBO (KG)	CT \$	Coc \$	CR \$	Cm \$	ACTUALIZACION DE COSTOS				TOTAL MILES ( \$ )
					VPCe	VPCm	VPCR5	VPCR10	
	CT=12 00*Wtubo	Coc=3 00*Wtubo	CR=5000*P						
9.03E+03	108.34	27.08	53.57	240	204.78	1,404	26.78	13.39	1,837.95
1.13E+04	136.13	34.03	43.71	240	167.09	1,404	21.85	10.93	1,817.73
1.35E+04	162.46	40.61	41.47	240	158.52	1,404	20.73	10.37	1,838.15
1.49E+04	178.61	44.65	40.90	240	156.37	1,404	20.45	10.23	1,855.21
1.71E+04	204.77	51.19	40.48	240	154.74	1,404	20.24	10.12	1,885.54

$$Vp = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$Vp = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Vp = F x 0.50 (para un periodo de 5 años)

Vp = 5.85 A (para un periodo de 15 años)

Vp = F x 0.25 (para un periodo de 10 años)

Vp = Valor presente (S)

A = Serie constante de gastos hecho a futuro

F = Gasto hecho a futuro (fijo)

i = Factor de amortización (interes anual 15%)

n = Número de años (periodo de diseño)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En base al análisis anterior se determina que:

Para el caso C-1 el tramo que comprende del pozo 7 al tanque es de 12 3/4" de diámetro, del pozo 4 al 3 es de 8 5/8" y del 3 al tanque de regularización de 8 5/8", lo cual indica que los tramos del 4 al 3 y del 3 al tanque está sobrada, por lo que se puede conducir un mayor gasto, mientras que el de 12 3/4" es el óptimo para el gasto que transporta actualmente.

La tubería para el caso C- 2 de los tramos que comprenden del pozo 4 al pozo No. 3 y del 3 al tanque sería de 12 3/4", es decir que se seguiría utilizando la tubería actual en estos dos tramos ya que no es necesario cambiarla por una de 8 5/8" y de 10 3/4". Esto permite que se pueda transportar un mayor gasto debido a que no trabaja a tubo lleno y las pérdidas por fricción son mínimas. La conducción que corresponde del pozo 7 al tanque de regularización resulta una tubería de 14" de diámetro cabe mencionar que si para este tramo se conduce el gasto de 84 lps con la tubería actual (12 3/4"), se incrementarían las pérdidas por fricción alrededor de un 60% y un 10% en el costo de energía, pero el costo de adquisición de la tubería se elimina debido a que esta es una donación de PEMEX.

Por lo que del pozo No. 7 al tanque se seguirá utilizando el diámetro de 12 3/4", ya que este resulta ser el diámetro más económico. En la siguiente tabla se muestran las características de la tubería de los casos C-1 y C-2:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CASO	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE TUBERIA	ESPESOR pulgadas	DIAMETRO pulgadas
C-1 ACTUAL	del pozo 7 al tanque	1,560.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 4 al pozo 3	714.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 3 al tanque	200.00	ACERO	0.33	12 3/4"
C-2 DISEÑADO	del pozo 7 al tanque	1,560.00	ACERO	0.33	14"
	del pozo 4 al pozo 3	714.00	ACERO	0.33	8 5/8"
	del pozo 3 al tanque	200.00	ACERO	0.33	10 3/4"
C-2 SELECC.	del pozo 7 al tanque	1,560.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 4 al pozo 3	714.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 3 al tanque	200.00	ACERO	0.33	12 3/4"

### 5.3.4 Determinación del golpe de ariete

En el capítulo 4 apartado 4.7 se describió el procedimiento para llevar a cabo la revisión por golpe de ariete (línea de sobrepresión) para una línea de conducción; por lo que en este apartado se sustituyen los datos. Como anteriormente se mencionó la tubería a emplear es de acero, por lo que de acuerdo a la tabla 4.7.1 del capítulo 4, el módulo de elasticidad para este material es de  $E_t = 2,100000 \text{ kg/cm}^2$  y el del agua  $E_a = 20,670 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que se inicia el cálculo determinando en primer lugar la velocidad del agua en el conducto.

$$Q = 0.064 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (pozo 7 al tanque)}$$

$$D = 12 \text{ } 3/4'' = 0.307 \text{ m}$$

$$e = 0.008 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

Sustituyendo:

$$V = \frac{0.064}{\frac{\pi \times (0.307)^2}{4}} = 0.86459 \text{ m/s}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una vez obtenida la velocidad el valor del golpe de ariete se determina con la expresión:

$$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{E_a D}{E_t e}}}$$

Sustituyendo datos en la fórmula, el valor que se obtiene para el caso **C-1** (del pozo 7 al tanque) de este proyecto es de:

$$h = \frac{145 \times 0.86459}{\sqrt{1 + \left( \frac{(2,100000 \times 0.307)}{(20,670 \times 0.008)} \right)^2}} = 106.81 \text{ m}$$

**Sobrepresión absorbida por la válvula:**

$$G. A. \text{ válvula} = h \times 80\%$$

Sustituyendo se obtiene:

$$G. A. \text{ válvula} = 106.81 \times 0.80 = 85.45 \text{ m}$$

**Sobrepresión absorbida por tubería:**

$$G. A. \text{ tubería} = h \times 20\%$$

Sustituyendo se obtiene:

$$G. A. \text{ tubería} = 106.81 \times 0.20 = 21.36 \text{ m}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Con base en lo anterior se calculó la sobrepresión en cada una de las líneas de los casos **C-1** y **C-2**, considerando para el primer caso el gasto de extracción actual y para el segundo tomando un mayor gasto de explotación de cada una de las fuentes (ver tabla en anexo III); cabe mencionar que algunos de los datos obtenidos en el análisis del diámetro económico se requieren para el cálculo de la sobrepresión como son: diámetro nominal, espesor, gasto que circula en la tubería, carga normal de trabajo, coeficiente "K" y pérdidas por fricción. Por lo que para facilitar las operaciones y hacerlo más comprensible se elaboró una tabla para cada caso.

## LINEA DE CONDUCCION C-1

### CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE

TRAMO	DIAMETRO				Q (m3/s)	V = Q / A (m/s)	145 V	EaD	Ete	EaD / Ete	$\sqrt{1 + EaD/Ete}$
	COMERCIAL	espesor PULG.	espesor m	NOMINAL m							
P-7 al tanque	12 3/4"	0.33	0.008	0.307	0.064	0.86459	125.37	6,345.69	16,800	0.3777	1.174
P-4 al P. 3	12 3/4"	0.33	0.008	0.307	0.018	0.24317	35.26	6,345.69	16,800	0.3777	1.174
P-3 al tanque	12 3/4"	0.33	0.008	0.307	0.028	0.37826	54.85	6,345.69	16,800	0.3777	1.174

$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + (E_s D/Ete)}}$	SOBREPRESION ABSORVIDA POR VALVULA 80% G.A.	SOBREPRESION ABSORVIDA POR TUBERIA 20% G.A.	DESNIVEL TOP. (m)	CARGA NORMAL DE OPERACION (HE)	PRESION TOTAL 20% G.A.	K	SH = Q <sup>2</sup> K
106.81	85.45	21.36	55.40	63.81	85.17	1.10	0.004506
30.04	24.03	6.01	24.88	25.18	31.19	1.10	0.000356
46.73	37.38	9.35	11.72	11.93	21.28	1.10	0.000862

V = Velocidad inicial del agua (m/s)

Ea = Módulo de elasticidad del agua = 20,670 kg/cm<sup>2</sup>

Et = Módulo de elasticidad del acero = 2,100 00 kg/cm<sup>2</sup>

Q = Gasto que circula en la tubería en estudio (m/s)

e = espesor de la tubería (m)

D = diámetro interior de la tubería (cm)

h = golpe de ariete (sobrepresión) (m.c.a.)

SH = pendiente hidráulica

K = constante que está en función del material de la tubería y el diámetro

145= factor de conversión

A = área del tubo (m<sup>2</sup>)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## LINEA DE CONDUCCION C-2

### CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE

TRAMO	DIAMETRO				Q (m <sup>3</sup> /s)	V = Q / A (m/s)	145 V	EaD	Ete	EaD / Ete	$\sqrt{1 + EaD/Ete}$
	COMERCIAL	espesor PULG.	espesor m	NOMINAL m							
P-7 al tanque	14" *	0.33	0.008	0.339	0.084	0.93066	134.95	7,007.13	16,800	0.4171	1.190
P-7 al tanque	12 3/4"	0.33	0.008	0.307	0.084	1.13478	164.54	6,345.69	16,800	0.3777	1.174
P-4 al P- 3	12 3/4"	0.33	0.008	0.307	0.023	0.31071	45.05	6,345.69	16,800	0.3777	1.174
P-3 al tanque	12 3/4"	0.33	0.008	0.307	0.039	0.52686	76.40	6,345.69	16,800	0.3777	1.174

$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + (E_s D/Ete)}}$	SOBREPRESION ABSORVIDA POR VALVULA 80% G.A.	SOBREPRESION ABSORVIDA POR TUBERIA 20% G.A.	DÉSNIVEL TOP. (m)	CARGA NORMAL DE OPERACIÓN (HE)	PRESION TOTAL 20% G.A.	K	SH = Q <sup>2</sup> K
113.36	90.69	22.67	55.40	63.94	86.61	0.65	0.004586
140.18	112.15	28.04	55.40	63.94	91.98	1.10	0.007762
38.38	30.71	7.68	24.88	25.38	33.06	1.10	0.000582
65.09	52.07	13.02	11.72	12.12	25.14	1.10	0.001673

V = Velocidad inicial del agua (m/s)

Ea = Módulo de elasticidad del agua = 20,670 kg/cm<sup>2</sup>

Et = Módulo de elasticidad del acero = 2,100 00 kg/cm<sup>2</sup>

Q = Gasto que circula en la tubería en estudio (m<sup>3</sup>/s)

e = espesor de la tubería (m)

D = diámetro interior de la tubería (cm)

83

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

h = golpe de ariete (sobrepresión) (m.c.a.)

SH = pendiente hidráulica

K = constante que está en función del material de la tubería y el diámetro

145= factor de conversión

A = área del tubo (m<sup>2</sup>)

\* comparativa de 14" con 12 3/4"

### 5.3.5 Trazo de la línea piezométrica con y sin golpe de ariete

De acuerdo a los resultados obtenidos en el inciso anterior tanto para el caso C-1 como para C-2, en este apartado se presenta gráficamente el trazo de las líneas: estática, piezométrica (condiciones normales) y la línea de sobrepresión conocida como golpe de ariete. Para realizar el trazo con y sin golpe de ariete se requieren los datos que se muestran en la siguiente tabla:

CASO	TRAMO	LONGITUD (m)	DIAMETRO (pulgadas)	DIAM. NOM. (mm)	Q (lps)	SH	VELOCIDAD (m/s)
C-1	P-7 al tanque	1,560.00	12 3/4"	307	64	0.004506	0.86459
	P-4 al P-3	714.00	12 3/4"	307	18	0.000356	0.24317
	P-3 al tanque	200.00	12 3/4"	307	28	0.000862	0.37826

H topográfica m	hf m	G.A. m.c.a.
55.40	7.01	21.36
24.88	0.25	6.01
11.72	0.17	9.35

CASO	TRAMO	LONGITUD (m)	DIAMETRO (pulgadas)	DIAM. NOM. (mm)	Q (lps)	SH	VELOCIDAD (m/s)
C-2	P-7 al tanque	1,560.00	14 " *	339	84	0.004586	0.93066
	P-7 al tanque	1,560.00	12 3/4"	307	84	0.007762	1.13478
	P-4 al P-3	714.00	12 3/4"	307	23	0.005820	0.31071
	P-3 al tanque	200.00	12 3/4"	307	39	0.001673	0.52686

H topográfica m	hf m	G.A. m.c.a.
55.40	7.12	22.67
55.40	12.08	28.04
24.88	0.41	7.68
11.72	0.33	13.02

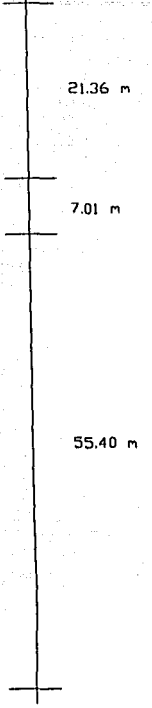
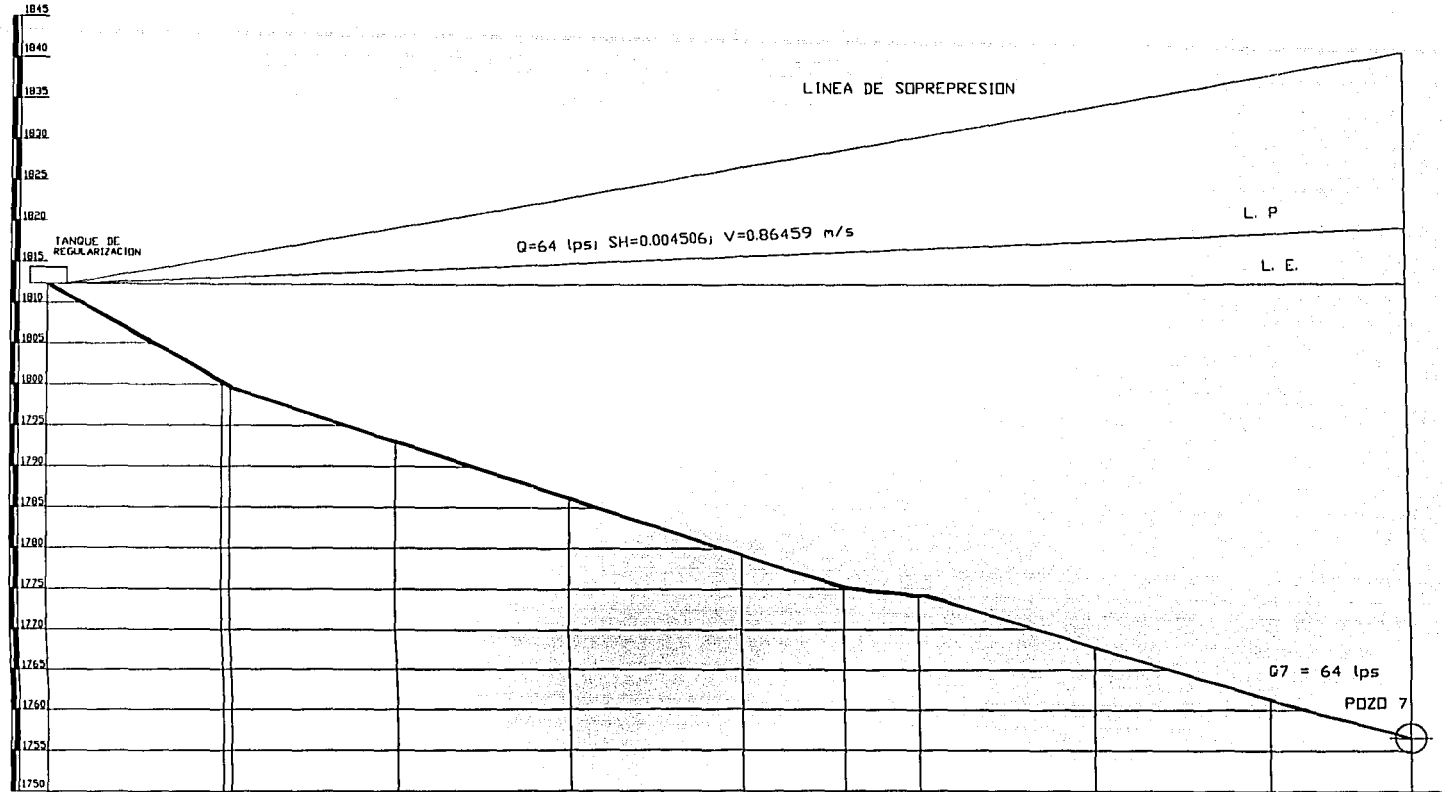
\*Comparativa de 14" con 12 3/4"

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

ELEVACIONES EN M. S. N. M.



TUBERIA DE ACERO DE 307 mm (12 3/4") DE DIAMETRO  
LONGITUD = 1,350.00 m

CLASE DE TUBERIA DIAMETRO Y LONGITUD	CARGA DE TRABAJO		ELEVACION PIEZOMETRICA	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ESTACION CADENAMIENTO
	C	D			
0-200.00	1800.28				0-200.00
0-210.00	1799.77				0-400.00
0-400.00	1793.19				0-600.00
0-600.00	1786.30				0-800.00
0-800.00	1779.36				0-914.00
0-914.00	1775.40				1-000.00
1-000.00	1774.45				1-200.00
1-200.00	1767.60				1-400.00
1-400.00	1751.20				1-550.00
1-550.00	1756.60	1819.01	165.41		1-600.00
1-600.00	1756.23				

**SIMBOLOGIA:**

— TUBERIA

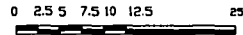
⊙ POZO

L. E.=LINEA ESTATICA  
 L. P.=LINEA PIEZOMETRICA  
 SH= PENDIENTE HIDRAULICA  
 V = VELOCIDAD DEL FLUIDO  
 Q = GASTO DE ENTRADA

PERFIL



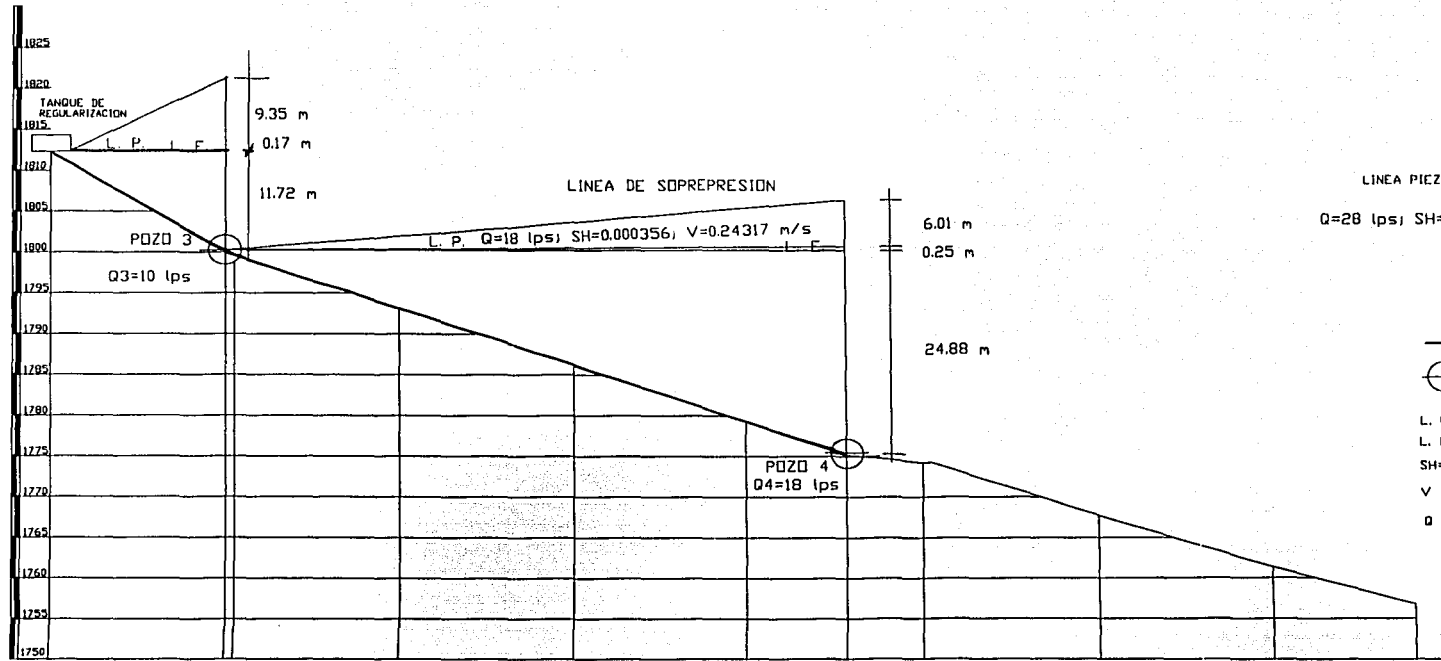
ESCALA Grafica HORIZONTAL



ESCALA Grafica VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
MEXICALCOA, PUEBLO, MEX.		
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARIETE (ACTUAL)		
ESCALAS:	ACOTACIONES:	NUMERO
HORIZONTAL 1:3,000	m	LCCEL C-1-A
VERTICAL 1:300	ALUMNA:	
	MARIBEL SOSA VEGA	

ELEVACIONES EN E. N. P. F.



NOTA  
 LINEA PIEZOMETRICA DEL TRAMO DOS  
 Q=28 lps; SH=0.000862; V=0.37826 m/s

- SIMBOLOGIA:
- TUBERIA
  - ⊕ POZO
  - L. E.=LINEA ESTATICA
  - L. P.=LINEA PIEZOMETRICA
  - SH= PENDIENTE HIDRAULICA
  - V = VELOCIDAD DEL FLUIDO
  - Q = GASTO DE ENTRADA

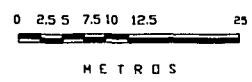
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CLASE DE TUBERIA DIAMETRO Y LONGITUD	TUBERIA DE ACERO DE 307 mm (12 3/4") DE DIAMETRO																	
	LONG. = 200.00 m			LONGITUD = 714.00 m														
TUBERIA	CARGA DE TRABAJO	C	0															
	ELEVACION PIEZOMETRICA	P.S.A.P.	P.S.A.C.A.	1812.00	1812.00	1812.17	1812.17											
	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	P.S.A.P.	P.S.A.C.A.	1812.00	1799.77	1793.19	1786.30											
	ESTACION CADENAMIENTO	Km.	P.S.A.P.	0+200.00	0+400.00	0+600.00	0+800.00	0+914.00	1+000.00	1+200.00	1+400.00	1+560.00	1+600.00					

PERFIL



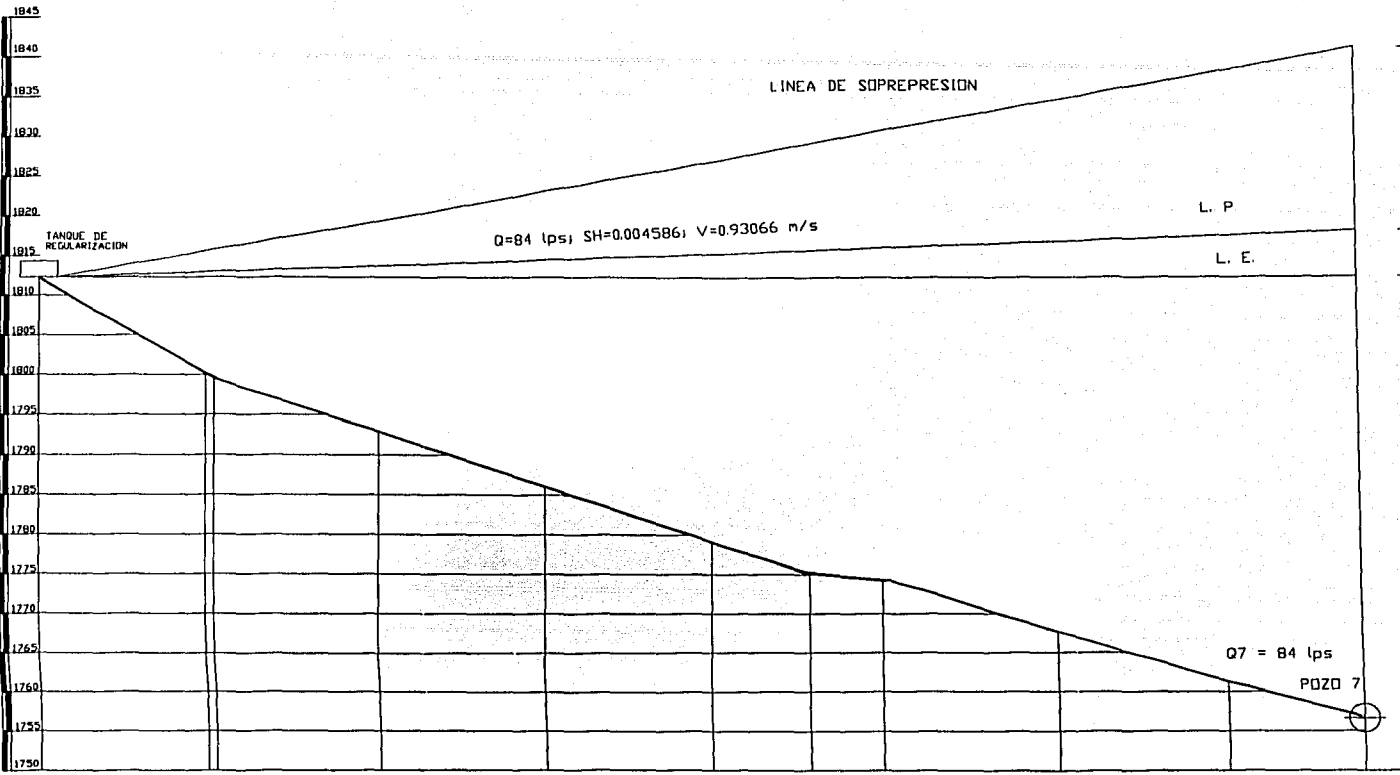
ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
MEXICALPAN, ENDO DE MEX.		
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARICIE (ACTUAL)		
ESCALAS:	ACOTACIONES:	NUMERO
HORIZONTAL 1:300	M METROS	
VERTICAL 1:300	ALUMNA:	LCCCEL C-1-B
	MARCELO SOSA VEGA	

ELEVACIONES EN M. S. N. C. M.



22.67 m  
7.12 m  
55.40 m

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

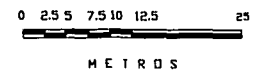
DATOS	CLASE DE TUBERIA		DIAMETRO Y LONGITUD		TUBERIA DE ACERO DE 339 mm (14") DE DIAMETRO										LONGITUD = 1,560.00 m					
	TOPOGRAFICOS	TUBERIA	CARGA DE TRABAJO	C	ESTACION	ELEVACION PIEZOMETRICA	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ESTACION CADENAMIENTO	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION			
					0+000.00	1812.00	1812.00	0+000.00	1812.00	0+200.00	1800.28	1800.28	0+200.00	1799.77	1799.77	0+400.00	1793.19	1793.19		
					0+600.00	1786.30	1786.30	0+600.00	1786.30	0+800.00	1779.26	1779.26	0+800.00	1779.26	0+914.00	1775.40	1775.40	1+000.00	1774.45	1774.45
					1+500.00	1767.60	1767.60	1+500.00	1767.60	1+800.00	1751.20	1751.20	1+800.00	1751.20	1+560.00	1756.60	1819.12	62.35	1756.23	1756.23

SIMBOLOGIA:  
 TUBERIA  
 POZO  
 L. E.=LINEA ESTATICA  
 L. P.=LINEA PIEZOMETRICA  
 SH= PENDIENTE HIDRAULICA  
 V = VELOCIDAD DEL FLUIDO  
 Q = GASTO DE ENTRADA

PERFIL



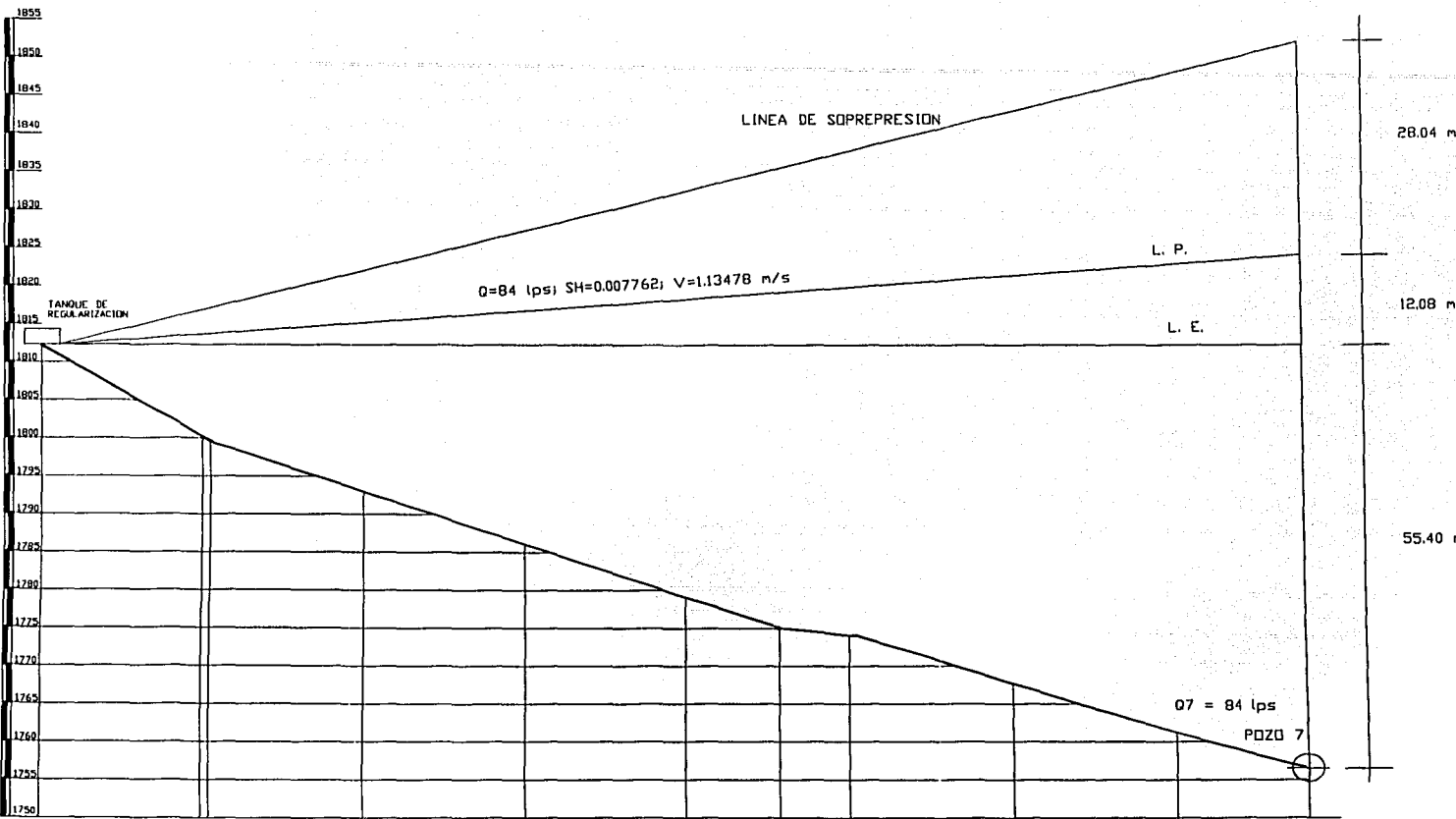
ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
MEXICALCO 130 E. MS.		
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARIETE (MAYOR GASTO)		
ESCALAS:	ACOTACIONES:	NUMERO:
HORIZONTAL 1:3,000	PI	
VERTICAL 1:300	ALIBRAH	LCCCL C-2-A'
	MARIBEL SISA VEGA	

ELEVACIONES EN M. S. C. M.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TUBERIA DE ACERO DE 339 mm (12 3/4") DE DIAMETRO  
LONGITUD = 1,560.00 m

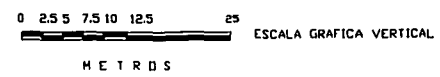
CLASE DE TUBERIA DIAMETRO Y LONGITUD	CLASE DE TUBERIA	CARGA DE TRABAJO	ELEVACION PIEZOMETRICA	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	ESTACION CADA 200 METROS
TIPOGRAFICOS	TUBERIA	E	Q	E	Km.
			1815.00	1815.00	0+000.00
				1799.77	0+200.00
				1793.19	0+400.00
				1786.30	0+600.00
				1779.36	0+800.00
				1773.40	0+914.00
				1774.45	1+000.00
				1767.60	1+200.00
				1759.20	1+400.00
				1756.60	1+560.00

- SIMBOLOGIA:
- TUBERIA
  - ⊕ POZO
  - L. E.=LINEA ESTATICA
  - L. P.=LINEA PIEZOMETRICA
  - SH= PENDIENTE HIDRAULICA
  - V = VELOCIDAD DEL FLUIDO
  - Q = GASTO DE ENTRADA

PERFIL



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL

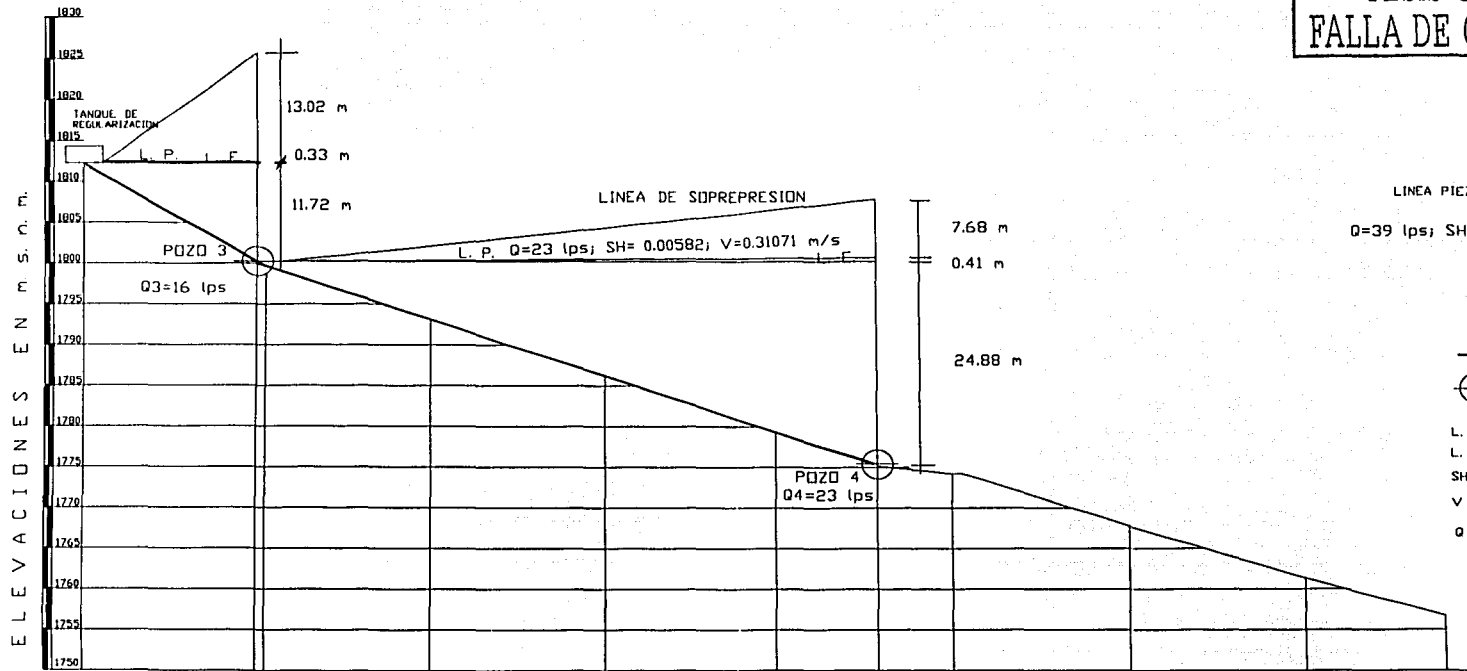


ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
E. N. E. P. ACATLAN  
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARIETE (MAYOR GASTO)

ESCALAS: HORIZONTAL 1:200 VERTICAL 1:300	ACOTACIONES: m ALFABETICO MAYUSCULA SESA VEGA	NUMERO LCCCL C-2-A
--	--	-----------------------

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



NOTA:  
 LINEA PIEZOMETRICA DEL TRAMO DDS  
 $Q=39 \text{ lps}$ ;  $SH=0.001673$ ;  $V=0.52686 \text{ m/s}$

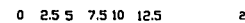
- SIMBOLOGIA:
- TUBERIA
  - ⊕ POZO
  - L. E.=LINEA ESTATICA
  - L. P.=LINEA PIEZMETRICA
  - SH= PENDIENTE HIDRAULICA
  - V = VELOCIDAD DEL FLUIDO
  - Q = GASTO DE ENTRADA

CLASE DE TUBERIA DIAMETRO Y LONGITUD		TUBERIA DE ACERO DE 307 mm (12 3/4") DE DIAMETRO									
		LONG. = 200.00 m					LONGITUD = 714.00 m				
DATOS TOPOGRAFICOS	TUBERIA	0-200.00	0-200.00	0-400.00	0-600.00	0-800.00	0-914.00	1+000.00	1+200.00	1+400.00	1+600.00
	CARGA DE TRABAJO	0	12.05				53.28				
	ELEVACION PIEZOMETRICA	1812.00	1812.23	1793.19	1785.30	1779.36	1806.69	1774.45	1767.60	1751.20	1756.23
	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	1812.00	1812.00	1793.77	1785.30	1779.36	1775.40	1774.45	1767.60	1751.20	1756.23
ESTACION CADENAMIENTO	0+000.00	0+200.00	0+400.00	0+600.00	0+800.00	0+914.00	1+000.00	1+200.00	1+400.00	1+600.00	

## PERFIL



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARIETE (MAYOR GASTO)		
ESCALAS:	ACOTACIONES:	NUMERO
HORIZONTAL 1:300	M	LCCEL C-2-B
VERTICAL 1:300	ALINEA:	
	MARTEL SDSA VEGA	

## CAPITULO 6.- INTEGRACIÓN DEL PROYECTO

### 6.1 Planos ejecutivos

Este capítulo tiene como finalidad la integración del proyecto del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de las colonias Jacarandas, Ejidal, Monte Blanco, Lagos, Santa Isabel, San Rafael y Felipe Ángeles en la Ciudad de Celaya, Guanajuato.

La propuesta de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias en estudio tiene como finalidad extraer un mayor gasto de explotación de los pozos 3, 4 y 7 para cubrir con el gasto máximo diario de 123 lps, ya que de acuerdo a los estudios de aforo realizados por JUMAPA tienen la capacidad para cubrir el gasto requerido.

La tubería de conducción trabaja por bombeo y se propone transportar un mayor gasto en las dos líneas existentes, la primera (C-1) comprende del pozo 7 al tanque de regularización con un diámetro de 12 3/4" y una longitud de 1,560.00 m, transportando un gasto de 84 lps. La segunda (C-2) consta de dos tramos el primero comprende del pozo 4 al 3 con un diámetro de 12 3/4" y una longitud de 714.00 m conduciendo un gasto de 23 lps; y del pozo 3 al tanque con un diámetro de 12 3/4" y una longitud de 200.00 m, con un gasto de 39 lps.

El tanque de regularización actual tiene una capacidad de 5,292.00 m<sup>3</sup> y el diseñado fue de 1,793.92 m<sup>3</sup>, lo cual indica que el existente tiene la capacidad para recibir los 123 lps, ya que este se encuentra trabajando a un 34% de su capacidad total.

La línea de alimentación trabaja por gravedad, tiene una longitud total de 8,800 m, esta línea consta de dos tramos el primero es de 4,800 m de longitud con un diámetro de 14" y el otro de 12 3/4" y 4,000 m de longitud.

La red de distribución consta de 35 tramos de tubería, las longitudes varían entre los 5.00 y 750.00 m, con un diámetro mínimo de 3" y un máximo de 12". Las tuberías de PVC son 34 y la restante es de acero.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

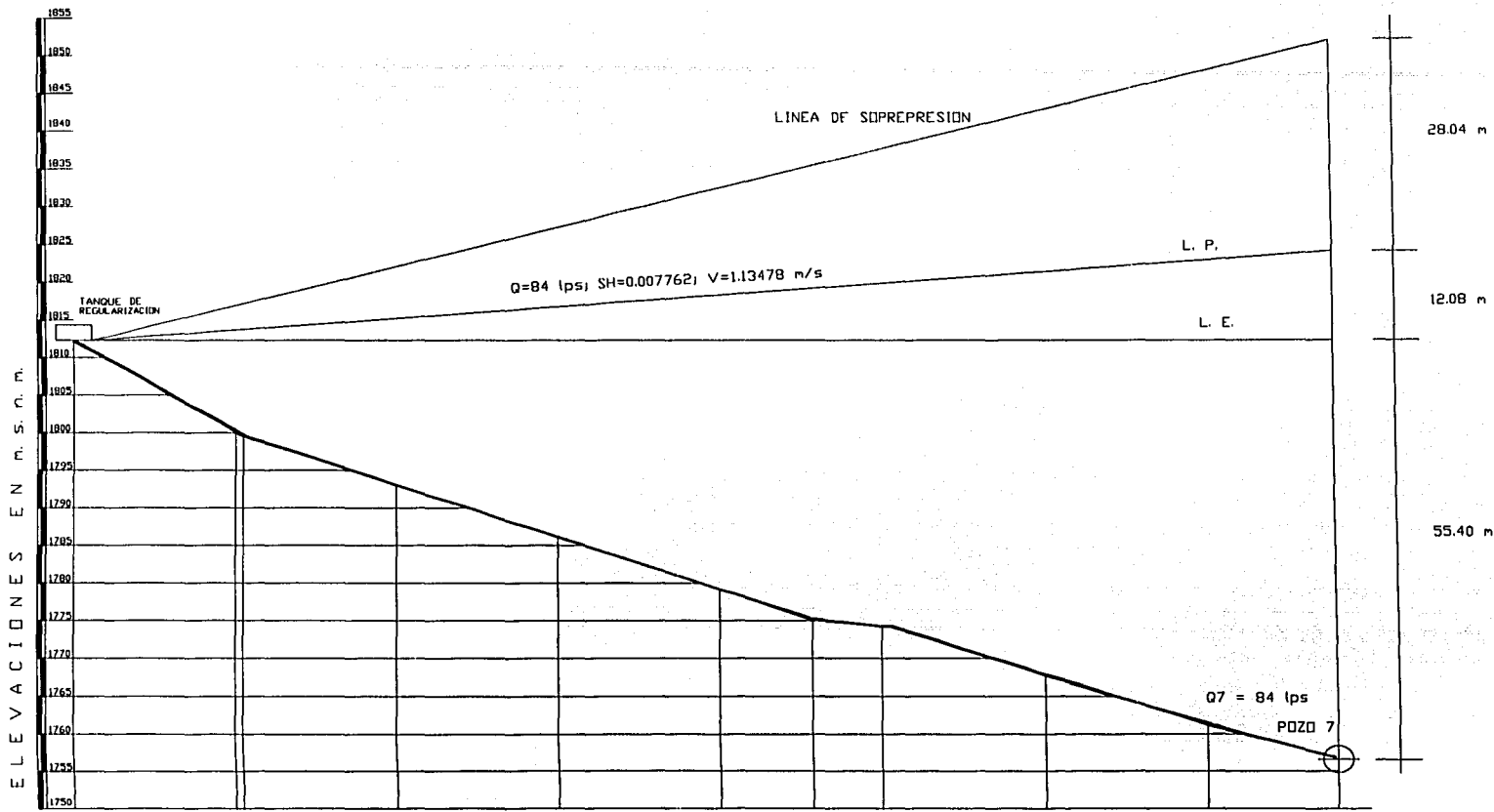
Algunos de los cálculos y resultados obtenidos por cada uno de los integrantes del equipo para la realización del proyecto se encuentran en el apartado de anexos.

Por lo que para cualquier aclaración o duda se pueden consultar en la parte final de este trabajo.

Los planos que se presentan en este apartado son de:

- La línea de conducción
- La línea de alimentación
- La red de distribución

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



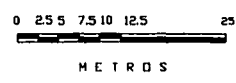
DATOS	CLASE DE TUBERIA		CARGA DE TRABAJO		ELEVACION PIEZOMETRICA		ELEVACION DE TERRENO NATURAL		ESTACION CAUDAMIENTO	
	DIAMETRO	LONGITUD	C	G	M	S	M	S	M	S
TUBERIA	TUBERIA DE ACERO DE 339 mm (12 3/4") DE DIAMETRO LONGITUD = 1.560.00 m									
	0+000.00	1825.00			1796.50					
	0+200.00	1802.28								
	0+210.00	1799.77								
	0+400.00	1793.19								
	0+600.00	1786.50								
	0+800.00	1779.36								
	0+914.00	1775.40								
	1+000.00	1774.45								
	1+200.00	1767.60								
	1+400.00	1751.20								
	1+560.00	1756.60	1825.00	187.48						
	1+600.00	1756.93								

- SIMBOLOGIA:**
- TUBERIA
  - ⊕ POZO
  - L. E.=LINEA ESTATICA
  - L. P.=LINEA PIEZOMETRICA
  - SH= PENDIENTE HIDRAULICA
  - V = VELOCIDAD DEL FLUIDO
  - Q = GASTO DE ENTRADA

**PERFIL**



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL

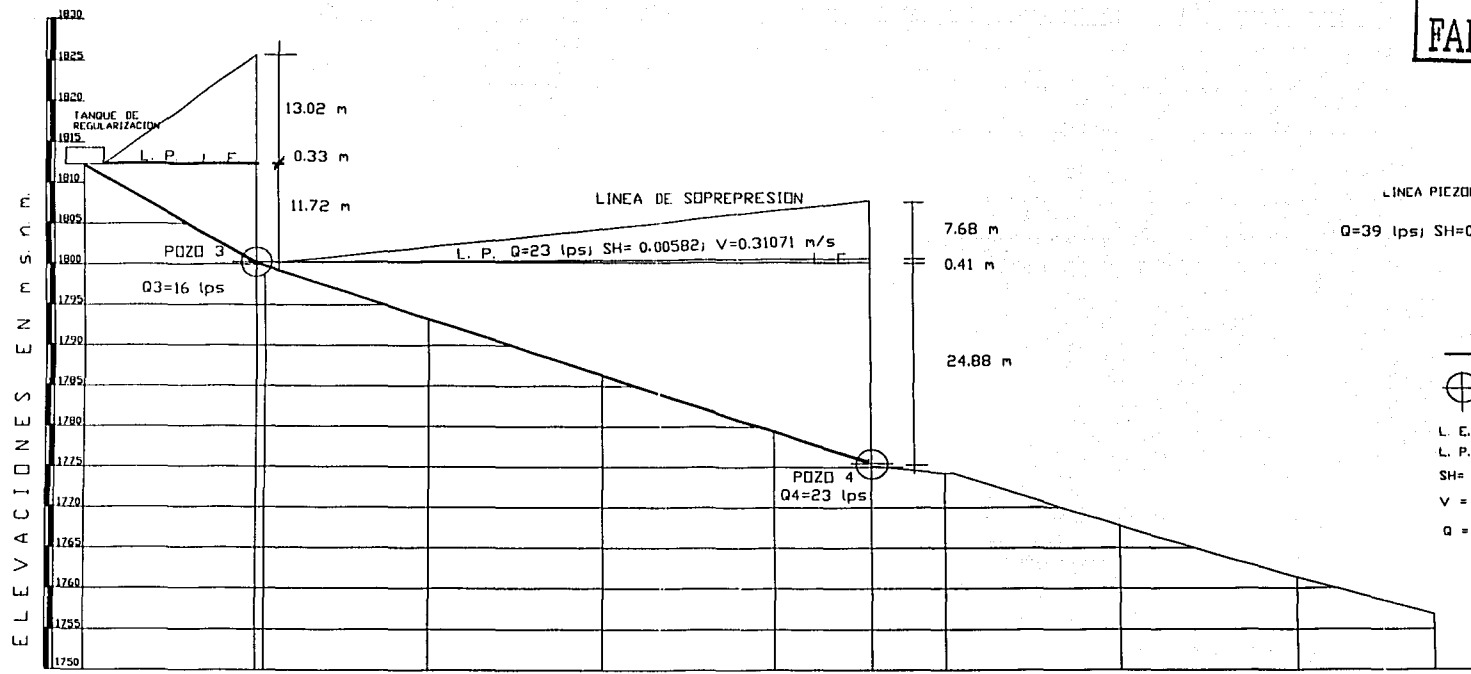


ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN		
MEXICO, D.F. 1982		
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARRIETE (MAYOR GASTO)		
ESCALA:	ADITACIONES:	NUMERO
HORIZONTAL 1:200	M	
VERTICAL 1:300	ALIBRA	LCCEL C-2-A
	MARTEL SUSA VEGA	



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



NOTA:  
 LINEA PIEZOMETRICA DEL TRAMO DOS  
 Q=39 lps) SH=0.001673; V=0.52686 m/s

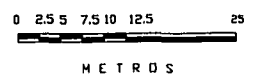
- SIMBOLOGIA:
- TUBERIA
  - ⊕ POZO
  - L. E.=LINEA ESTATICA
  - L. P.=LINEA PIEZOMETRICA
  - SH= PENDIENTE HIDRAULICA
  - V = VELOCIDAD DEL FLUIDO
  - Q = GASTO DE ENTRADA

CLASE DE TUBERIA DIAMETRO Y LONGITUD		TUBERIA DE ACERO DE 307 mm (12 3/4") DE DIAMETRO																		
		LONG. = 200.00 m		LONGITUD = 714.00 m																
DATOS TOPOGRAFICOS	TUBERIA																			
	CARGA DE TRABAJO																			
	ELEVACION PIEZOMETRICA																			
	ELEVACION DE TERRENO NATURAL																			
ESTACION CADENAMIENTO																				

## P E R F I L



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL

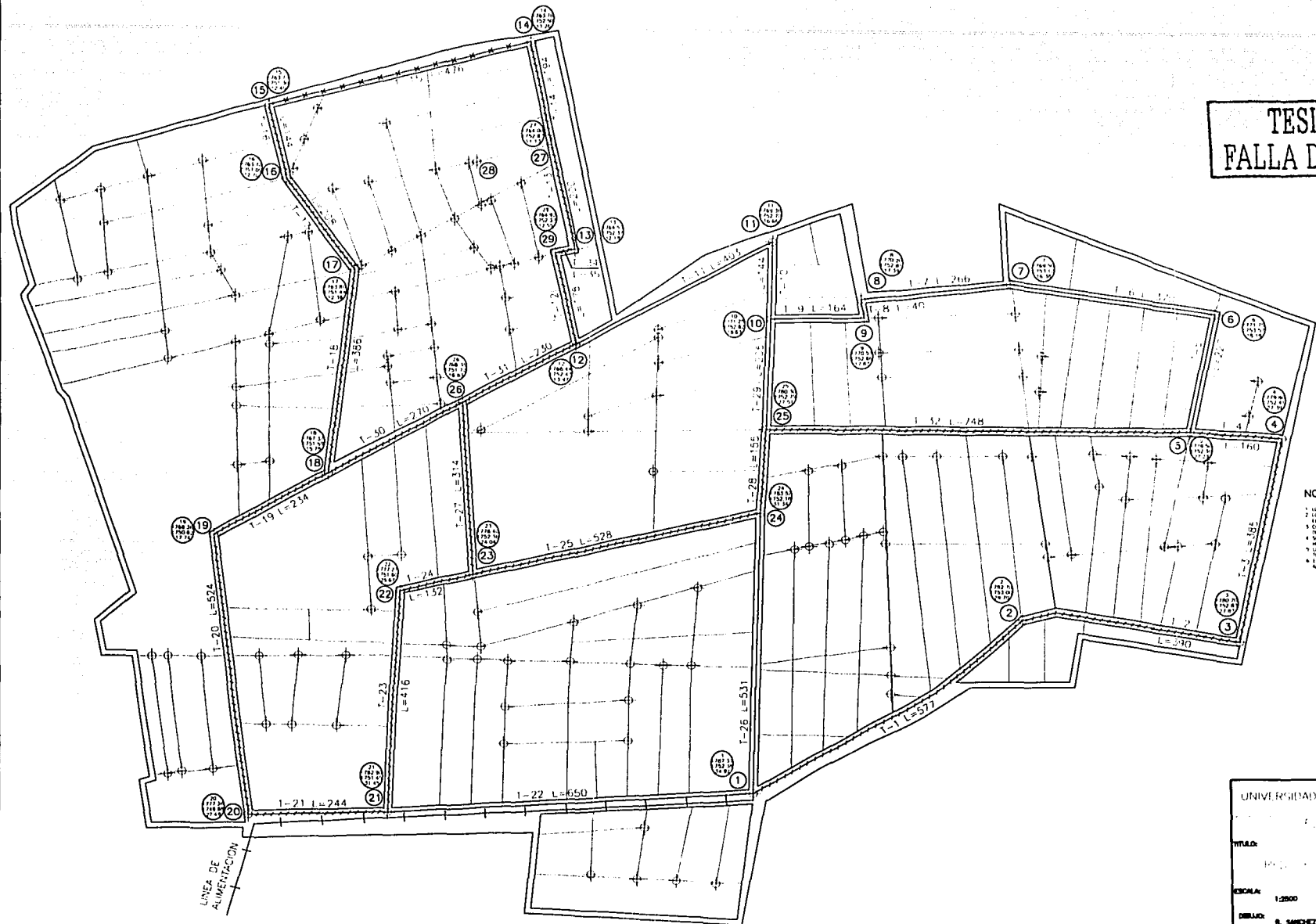


ESCALA GRAFICA VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E. N. E. P. ACATLAN <small>MEXICALTEPEC DE DIAZ</small>		
TRAZO DE LA LINEA PIEZOMETRICA CON Y SIN GOLPE DE ARIETE (HAYDR GASTO)		
ESCALAS:	ACOTACIONES:	NUMERO
HORIZONTAL 1:3,000	m	LCCCL C-2-B
VERTICAL 1:300	ALPINA MARTEL SOSA VEGA	



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



- NOTAS:**
1. LONGITUDES Y ELEVACIONES EN METROS
  2. LOS DATOS TUBOS DE LA TUBERIA DE 100 MM DE DIAMETRO CON UN VALOR DE 100 MM DE DIAMETRO NOMINAL
  3. CON FUENTE DE ALIMENTACION DE 100 MM DE DIAMETRO CON UN VALOR DE 100 MM DE DIAMETRO NOMINAL
  4. SE CONSIDERAN LOS COSTOS DE LOS MATERIALES Y LA MANO DE OBRERA DE ACUERDO A LOS NORMAS DE LA C.D.M.A.
  5. LOS CANTOS DE LOS TUBOS DE 100 MM DE DIAMETRO DE ACUERDO A LAS NORMAS DE LA C.D.M.A.
  6. EL VALOR DE LOS MATERIALES Y LA MANO DE OBRERA DE ACUERDO A LAS NORMAS DE LA C.D.M.A.

**SIMBOLOGIA:**

- TUBERIA DE 100 mm (4") DE Ø
- 200 mm (8") DE Ø
- 300 mm (12") DE Ø
- 400 mm (16") DE Ø
- 500 mm (20") DE Ø
- 600 mm (24") DE Ø
- 750 mm (30") DE Ø
- VALVE DE VENTA EN ESTUDIO
- VENTILACION DE AGUA
- VALVE DE ANALISIS
- VALVE DE PRESION
- VALVE DE SERVIDOR
- VALVE
- LONGITUD DE TUBERIA
- TUBERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA Y CIENCIAS  
 TITULO: PROYECTO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE  
 ESCALA: 1:2000  
 AUTORES: M. SANCHEZ  
 REVISOR: ING. U. ORTEGA  
 NUMERO: 001  
 FECHA: 01/01/01

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## 6.2 Especificaciones

### LINEA DE CONDUCCION

Para la línea de conducción la tubería es de material de acero y consta de las siguientes características

CASO	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE TUBERIA	ESPESOR pulgadas	DIAMETRO pulgadas
C-1 ACTUAL	del pozo 7 al tanque	1,560.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 4 al pozo 3	714.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 3 al tanque	200.00	ACERO	0.33	12 3/4"
C-2 DISEÑADO	del pozo 7 al tanque	1,560.00	ACERO	0.33	14"
	del pozo 4 al pozo 3	714.00	ACERO	0.33	8 5/8"
	del pozo 3 al tanque	200.00	ACERO	0.33	10 3/4"
C-2 SELECC.	del pozo 7 al tanque	1,560.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 4 al pozo 3	714.00	ACERO	0.33	12 3/4"
	del pozo 3 al tanque	200.00	ACERO	0.33	12 3/4"

### VOLUMEN DEL TANQUE

La capacidad del nuevo tanque es de 1,793.92 m<sup>3</sup>. El tanque actual tiene una capacidad de 5,292.00 m<sup>3</sup> y una dimensión de 42 m x 42 m x 3 m de altura.

Lo anterior indica que el tanque actual está sobrediseñado, es decir que se cuenta con una capacidad adicional de 3,498.08 m<sup>3</sup>, por lo que esto da pauta a que se considere la posibilidad de explotar otros pozos.

### LINEA DE ALIMENTACION

TRAMO	LONGITUD (m)	DIAM. EXIS.	AREA (cm <sup>2</sup> )	DIAM. DIS.	AREA (cm <sup>2</sup> )	DIFER. D/AREA	DIAM. REQ.	DIAM. COM.
1	4,800.00	14"	993.00	22"	2,452.5	1,459.50	17"	18"
2	4,000.00	12 3/4"	823.70	18"	1,641.7	818.00	13"	14"

## RED DE DISTRIBUCION

### TUBERIAS

TUBERIA IDENT.	NUDO		LONGITUD (m)	DIAMETRO (PULG.)
	INICIAL	FINAL		
1	1	2	577.00	6
2	2	3	390.00	6
3	3	4	385.00	6
4	4	5	160.00	6
5	5	6	227.00	3
6	6	7	370.00	3
7	7	8	266.00	3
8	8	9	40.00	3
9	9	10	164.00	4
10	10	11	144.00	4
11	11	12	403.00	4
12	12	29	178.00	6
13	13	27	200.00	6
14	27	14	194.00	6
15	14	15	476.00	8
16	15	16	144.00	6
17	16	17	208.00	6
18	17	18	386.00	6
19	18	19	234.00	6
20	19	20	524.00	6
21	20	21	244.00	6
22	21	1	650.00	10
23	21	22	416.00	6
24	22	23	132.00	6
25	23	24	528.00	6
26	1	24	531.00	10
27	23	26	314.00	6
28	24	25	155.00	6
29	25	10	205.00	4
30	26	18	270.00	6
31	26	12	230.00	6
32	5	25	748.00	6
33	27	28	140.00	8
34	29	13	35.00	6
35	30	1	5.00	12

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es de vital importancia la recopilación de los datos, especialmente los de aforo de las fuentes de abastecimiento, puesto que de ello depende el desarrollo de cualquier proyecto, ya que la tubería de una conducción se diseña en base a los gastos de extracción que se obtienen de las fuentes de abastecimiento.

No obstante no se deben de menospreciar los datos adicionales con los que se cuenten; ya que muchos de ellos resultan ser de gran utilidad.

Es conveniente analizar los diversos factores que influyen en el proceso constructivo de cualquier proyecto de abastecimiento de agua potable, ya que se puede tener un ahorro en la adquisición de cualquier tipo de material y equipo que se requiera, pero el mantenimiento, la mano de obra, tiempo de ejecución, gasto de energía, etc., pueden ser mayores y sobrepasar el costo estimado. Por lo que es recomendable analizar las diferentes alternativas definiendo para cada una de ellas las obras que lo integran, realizando un análisis y selección de la más conveniente.

Para este proyecto la línea de conducción de los tramos que comprenden del pozo 4 al 3 y del 3 al tanque se puede seguir empleando la tubería de 12 3/4" ya que tiene la capacidad para conducir un gasto mayor. Con respecto a la línea del pozo 7 al tanque lo óptimo es emplear la tubería de 14" de acuerdo al análisis del diámetro económico obtenido, pero debido a que la tubería de 12 3/4" fue donada se desprecia el costo de adquisición de la tubería, resultando más económico el diámetro de 12 3/4" el cuál transportará un gasto mayor (84 lps) que el actual (64 lps), por lo que se incrementarán las pérdidas por fricción en la tubería un 60% y un 10% en el consumo de energía que en comparación con el costo de adquisición de nueva tubería (14") resulta ser menor. Con base a lo anterior, se recomienda seguir utilizando el diámetro de 12 3/4"; ya que el objetivo de un sistema de abastecimiento de agua potable es proporcionar un servicio eficiente, de calidad, cantidad y continuidad, considerando a su vez los aspectos de eficiencia, constructivos y económicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFÍA

- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, VOL I  
ENRIQUE CESAR VALDEZ  
U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERÍA
- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN  
Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS  
PEDRO LÓPEZ ALEGRÍA  
I. P. N.
- CONDUCCIÓN  
GERENCIA DE INGENIERÍA BÁSICA Y NORMAS TÉCNICAS  
MANUAL DE LA CNA 2000.
- DISEÑO, SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ACERO  
PARA LINEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE  
MANUAL DE LA CNA 2001
- FENÓMENOS TRANSITORIOS EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN  
MANUAL DE LA CNA 2001.
- INGENIERÍA SANITARIA  
FRANCISCO UNDA OPAZO Y SERGIO M. SALINAS CORDERO  
EDITORIAL UTEHA.
- LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y  
PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO  
MANUAL DE LA CNA 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO  
SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA DE INGENIERÍA BÁSICA Y  
NORMAS TÉCNICAS  
MANUAL DE LA CNA 2000.

- PLANEACION Y DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE  
ING. JOSÉ LUIS DE LA FUENTE SEVERINO  
I. P. N.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# A N E X O S

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANEXO I.- DOTACIONES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Dotaciones

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

Dotaciones en l/hab/día

## ANEXO II.- PERIODO DE DISEÑO

### Período de diseño para diferentes poblaciones

Número de habitantes	Período de diseño (años)
De hasta 4,000	5
De 4,000 a 15,000	10
De 15,000 a 70,000	15
De más de 70,000	20

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **ANEXO III.- DATOS DE AFORO DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO**

De las gráficas de los aforos de los pozos No. 7, 4 y 3, se determino un gasto mayor de explotación de cada una de las fuentes de abastecimiento, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

#### **Gastos de explotación**

<b>FUENTES DE ABASTECIMIENTO LA GAVIA</b>	<b>GASTO (lps)</b>
P3	16
P4	23
P7	84
<b>TOTAL FUENTES</b>	<b>123</b>

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## AFORO DE POZO No. 7 LA GAVIA

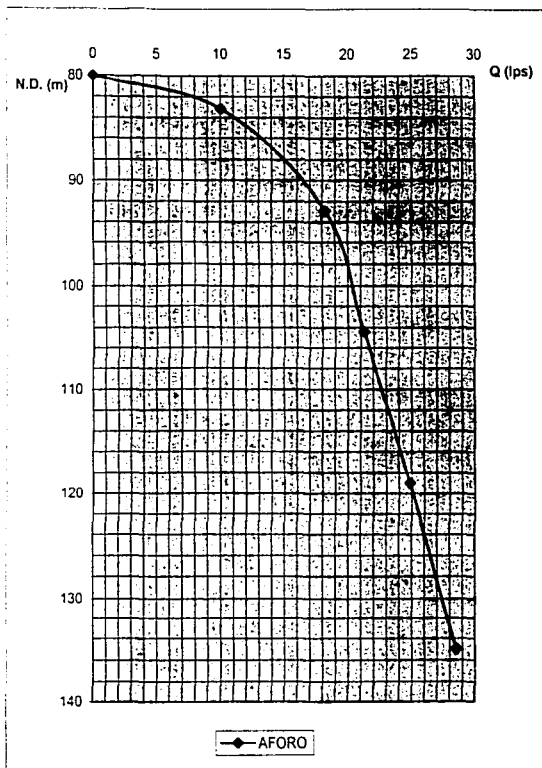
PROFUNDIDAD TOTAL: 350.00 m  
 DIAMETRO DE ADEME: 14"  
 PROFUNDIDAD N. E.: 61.00 m

**BOMBA**  
 MARCA: JHONSTON  
 MODELO: NT 855 P  
 TIPO DE IMPULSORES: ABIERTO  
 No. DE IMPULSORES: 11 PZAS.  
 DIAMETRO DE IMPULSORES: 10 1/2"  
 LONGITUD DE COLUMNA: 324.00 m  
 DIAMETRO DE COLUMNA: 8"  
 DIAMETRO DE DESCARGA: 8"

**MOTOR**  
 MARCA: CUMMINS  
 MODELO: NT 855P  
 POTENCIA: 350 H.P.

HORA	R.P.M.	GASTO	N.D.	ABATIMIENTO	OBSERVACIONES
16:30	1150	29.52	0.00	0.00	AGUA TURBIA
17:30	1150	29.52	0.00	0.00	AGUA TURBIA
18:30	1300	50.39	0.00	0.00	AGUA TURBIA
19:30	1300	51.87	0.00	0.00	AGUA CLARA
20:30	1300	51.87	0.00	0.00	AGUA CLARA
21:30	1500	67.99	0.00	0.00	AGUA TURBIA
22:30	1500	66.87	0.00	0.00	AGUA CLARA
23:30	1500	66.87	0.00	0.00	AGUA CLARA
24:30	1700	88.50	0.00	0.00	AGUA CLARA
01:30	1700	88.50	0.00	0.00	AGUA CLARA
02:30	1700	88.50	0.00	0.00	AGUA CLARA
03:30	1700	88.50	0.00	0.00	AGUA CLARA
04:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
05:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
06:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
07:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
08:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
09:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
10:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
11:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
12:30	1800	92.12	160.00	99.00	AGUA CLARA
13:30	1700	88.55	0.00	0.00	AGUA CLARA
14:30	1600	80.26	0.00	0.00	AGUA CLARA
15:30	1500	66.87	0.00	0.00	AGUA CLARA
16:30	1600	80.26	0.00	0.00	AGUA CLARA
17:30	1600	80.26	0.00	0.00	AGUA CLARA
18:30	1600	80.26	0.00	0.00	AGUA CLARA
19:30	1600	80.26	0.00	0.00	AGUA CLARA
20:30	1700	88.55	0.00	0.00	AGUA CLARA
21:30	1700	88.55	0.00	0.00	AGUA CLARA
22:30	1700	88.55	0.00	0.00	AGUA CLARA
23:30	1700	88.55	0.00	0.00	AGUA CLARA
24:30	1800	92.12	0.00	0.00	AGUA CLARA
01:30	1800	92.12	0.00	0.00	AGUA CLARA
02:30	1800	92.12	0.00	0.00	AGUA CLARA
03:30	1800	92.12	0.00	0.00	AGUA CLARA
04:30	1800	92.12	0.00	0.00	AGUA CLARA

# AFORO DE POZO No. 4 LA GAVIA



## A F O R O

RPM	Q (lps)	N. D. (m)	ABATIMIENTO (m)
1200	10.03	83.15	3.15
1300	18.24	92.90	12.90
1400	21.25	104.40	24.40
1500	24.86	119.00	39.00
1650	28.85	135.00	55.00

PROFUNDIDAD TOTAL: 195.00 m

DIAMETRO DE ADEME: 14"

PROFUNDIDAD NIVEL ESTATICO: 80.00 m

### MOTOR

MARCA: CUMMINS

MODELO: BIG-CAM

POTENCIA: 250 H.P.

### BOMBA

MARCA: JHONSTON

MODELO: VERTICAL

TIPO DE IMPULSORES: ABIERTOS

No. DE IMPULSORES: 17 PZAS.

DIAMETRO DE IMPULSORES: 9 1/2"

LONGITUD DE COLUMNA: 160.00 m

DIAMETRO DE COLUMNA: 6"

DIAMETRO DE DESCARGA: 6"

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## AFORO DE POZO No. 3 LA GAVIA

### A F O R O

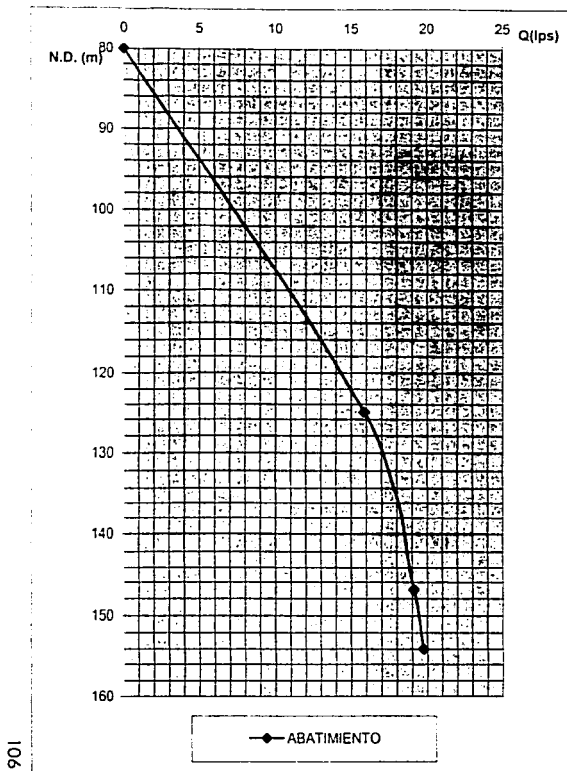
RPM	Q (lps)	N. D. (m)	ABATIMIENTO (m)
1300	15.86	124.40	44.40
1400	19.10	146.92	66.92
1450	19.75	154.00	74.00

PROFUNDIDAD TOTAL: 194.00 m  
 DIAMETRO DE ADEME: 14"  
 PROFUNDIDAD NIVEL ESTATICO: 80.00 m

**MOTOR**  
 MARCA: CUMMINS  
 MODELO: BIG-CAM  
 POTENCIA: 250 H.P.

**BOMBA**  
 MARCA: JHONSTON  
 MODELO: VERTICAL  
 TIPO DE IMPULSORES: ABIERTOS  
 No. DE IMPULSORES: 17 PZAS.  
 DIAMETRO DE IMPULSORES: 9 1/2"  
 LONGITUD DE COLUMNA: 160.00 m  
 DIAMETRO DE COLUMNA: 6"  
 DIAMETRO DE DESCARGA: 6"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



## ANEXO IV.- CÁLCULO HIDRÁULICO DEL TANQUE DE REGULACIÓN

### Tanque superficial La Gavía

Se encuentra a la altura de 1,812.00 s.n.m. en el cerro de La Gavía con un desnivel topográfico con respecto a la línea de alimentación de 42.54 m.

Para poder realizar el cálculo del volumen del tanque se requieren algunos datos básicos del proyecto, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

#### DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Población	37,967 hab.
Dotación	200 l / hab / día
Cvd	1.40
Cvh	1.55
Qm	87.89 lps
Qmd	123.04 lps
Qmh	190.71 lps
C.r.	14.58
Fuente de abastecimiento	manto acuífero
Obra de captación	Pozos profundos (3)
Pérdidas	35%

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En base a la tabla anterior se calcula el gasto máximo diario, este se determina con la siguiente expresión:

$$Q_{md} = Q_m \times C_{vd}$$

donde :

$Q_{md}$  = Gasto máximo diario

$Q_m$  = Gasto medio

$C_{vd}$  = Coeficiente de variación diaria (1.40)

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$Q_{md} = 87.89 \text{ lps} \times 1.40 = 123.04 \text{ lps}$$

#### CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE

Tomando como  $Q_{md} = 123.04 \text{ lps}$



Para este proyecto se considera una regularización que se efectuará en un período de 24 horas.

Por lo que para determinar esta situación se utiliza la ley de demanda que representa el consumo de agua de las poblaciones de la República Mexicana, esta demanda es expresada en porcentajes horarios del volumen o gasto horario de un día de máximo consumo; la cual fue determinada estadísticamente por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.

Para determinar el volumen del tanque de regularización se calcularon los valores de las variaciones horarias de la demanda, para obtener el gasto horario de un día de máximo consumo, los cuales se muestran en la siguiente tabla:



## VARIACIONES HORARIAS DE LA DEMANDA

TIEMPO (HORAS)	Qe (Qmd) (m <sup>3</sup> / s)	Ve (m <sup>3</sup> )	CVS %	Qs (m <sup>3</sup> / s)	Vs (m <sup>3</sup> )	Ve-Vs (m <sup>3</sup> )	Vac (m <sup>3</sup> )	Vi 90.95	Ct (m <sup>3</sup> )	Cr
0-1	0.123	442.94	0.45	0.0554	199.32	243.62	51.76	334.57		
1-2	0.123	442.94	0.45	0.0554	199.32	243.62	295.38	578.19		
2-3	0.123	442.94	0.45	0.0554	199.32	243.62	539.00	821.81		
3-4	0.123	442.94	0.45	0.0554	199.32	243.62	782.61	1065.43		
4-5	0.123	442.94	0.45	0.0554	199.32	243.62	1026.23	1309.05		
5-6	0.123	442.94	0.60	0.0738	265.77	177.18	1203.41	1486.22		
6-7	0.123	442.94	0.90	0.1107	398.65	44.29	1247.71	1530.52	1,602.06	13.02
7-8	0.123	442.94	1.35	0.1661	597.97	-155.03	1092.68	1375.49		
8-9	0.123	442.94	1.50	0.1846	664.42	-221.47	871.20	1154.02		
9-10	0.123	442.94	1.50	0.1846	664.42	-221.47	649.73	932.54		
10-11	0.123	442.94	1.50	0.1846	664.42	-221.47	428.26	711.07		
11-12	0.123	442.94	1.40	0.1723	620.12	-177.18	251.08	533.89		
12-13	0.123	442.94	1.20	0.1476	531.53	-88.59	162.49	445.31		
13-14	0.123	442.94	1.40	0.1723	620.12	-177.18	-14.68	268.13		
14-15	0.123	442.94	1.40	0.1723	620.12	-177.18	0.00	90.95		
15-16	0.123	442.94	1.30	0.1600	575.83	-132.88	-132.88	-41.93		
16-17	0.123	442.94	1.30	0.1600	575.83	-132.88	-265.77	-174.82		
17-18	0.123	442.94	1.20	0.1476	531.53	-88.59	-354.36	0.00		
18-19	0.123	442.94	1.00	0.1230	442.94	0.00	-354.36	0.00		
19-20	0.123	442.94	1.00	0.1230	442.94	0.00	-354.36	0.00		
20-21	0.123	442.94	0.90	0.1107	398.65	44.29	-310.06	44.29		
21-22	0.123	442.94	0.90	0.1107	398.65	44.29	-265.77	88.59		
22-23	0.123	442.94	0.80	0.0984	354.36	88.59	-177.18	177.18		
23-24	0.123	442.94	0.60	0.0738	265.77	177.18	0.00	354.36		
<b>TOTAL</b>		<b>10,630.66</b>			<b>10,630.66</b>					

Qe = Gasto de entrada es igual al Gasto Máximo Diario  
 CVS = Cantidades en porcentaje del Gasto Máximo Diario

Ve = Volumen de entrada  
 Qs = Gasto de salida  
 Vs = Volumen de salida  
 Ct = Captación total  
 Cr = Coeficiente de regulación

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Del análisis de la tabla, se puede observar que de las 0 horas a las 7:00 horas entra al tanque más agua de la que sale; de las 7:00 horas en adelante comienza a salir más agua de la que entra por lo que empieza a extraerse el agua que se había acumulado; hasta que a las 15:00 horas llega el momento en que el tanque queda vacío, por lo que a partir de esa hora empieza a haber un déficit, sale más agua de la que entra y no se cuenta con un volumen acumulado en el tanque para cubrir ese faltante. A partir de las 18:00 horas se presenta el máximo déficit, por lo que debido a ello se debe contar en el tanque con un volumen que cubra tanto la máxima acumulación como el máximo déficit.

En la tabla se observa que la máxima acumulación y el máximo déficit son de 325 y 80 respectivamente, por lo que para poder calcular el volumen del tanque para un suministro de 24 horas al día se emplea la siguiente expresión:

$$C_t = 325 + 80 = 405 \%$$

$$C = C_t \times \frac{36,000}{1,000} \times Q_{md}$$

donde :

$C_t$  = sumatoria del máximo déficit y la máxima acumulación en porcentaje

$C$  = capacidad del tanque en  $m^3$

$Q_{md}$  = gasto máximo diario en Ips

Realizando los cálculos:

$$C_r = 405\% \times \frac{36,000}{1,000} \times Q_{md} = 14.58 Q_{md}$$

El valor de 14.58 es el coeficiente de regulación ( $C_r$ ). En el caso de que se este llenando el tanque de regularización (bombeando) las 24 horas del día.

Para el diseño hidráulico del tanque de regularización se requieren los siguientes datos:

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

$$Q_{md} = 123.04 \text{ lps}$$

$$C_r = 14.58$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$C = 14.58 \times Q_{md}$$

$$C = 14.58 \times 123.04 = 1,793.92 \text{ m}^3$$

En base a lo anterior se obtiene una capacidad del tanque de  $1,793.92 \text{ m}^3$ . El tanque actual es de  $42 \text{ m} \times 42 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  de altura; lo cual representa una capacidad de  $5,292.00 \text{ m}^3$ .

Comparando la capacidad del tanque actual con el nuevo se obtiene:

$$C = 5,292.00 - 1,793.92 = 3,498.08 \text{ m}^3$$

Lo cual indica que el tanque actual está sobrediseñado, es decir que se cuenta con una capacidad adicional de  $3,498.08 \text{ m}^3$ , por lo que esto da pauta a que se considere la posibilidad de explotar otros pozos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANEXO V.- LINEA DE ALIMENTACION

El procedimiento para el diseño hidráulico de la tubería de la línea de alimentación del sistema de abastecimiento de agua potable de este proyecto consistente en determinar un diámetro de tubería preliminar es el siguiente: una vez definido el trazo en planta y el perfil topográfico se toma como elevación piezométrica la elevación topográfica de los puntos extremos de la línea, se define la longitud en planta, el gasto de diseño y el coeficiente de rugosidad de la tubería. Obtenemos **las pérdidas** de energía calculadas como la diferencia entre las elevaciones, después se calcula el valor del coeficiente adimensional "K" y por último se calcula el **diámetro preliminar** para la línea. Tomando como base el diámetro obtenido se procede a realizar el diseño definitivo de la tubería como se muestra a continuación:

### SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CALCULO DEL DIAMETRO PARA UNA TUBERIA TRABAJANDO POR GRAVEDAD LINEA DE ALIMENTACION

#### 1. CALCULO DEL DIAMETRO PARA UNA TUBERIA TRABAJANDO POR GRAVEDAD EN UN SOLO TRAMO.

DATOS :

Q =	0.191	m <sup>3</sup> /s
Elev. 1 =	1815.30	m
Elev. 2 =	1755.15	m
L =	8800.0	m
n =	0.014	

$$\text{PERDIDAS } h = K \cdot L \cdot Q^2$$

$$\text{COTA PIEZOMETRICA CP} = \text{Elev. 1} - h$$

$$\text{CARGA H} = \text{CP} - \text{Elev. 2}$$

DIAMETRO (D)			D <sup>16/3</sup> (m)	K = $\frac{10.3 \cdot n^2}{D^{16/3}}$	L (m)	h (m)	COTA PIEZ. (msnm)	CARGA H (m)
PULG.	ESP.	m						
22	0.188	0.549	4.09E-02	0.049	8800.0	15.83	1799.47	44.32
20	0.188	0.498	2.44E-02	0.083	8800.0	26.57	1788.73	33.58
18	0.188	0.448	1.38E-02	0.147	8800.0	47.13	1768.17	13.02

Las líneas de conducción de agua potable pueden diseñarse por tramos utilizando diferentes diámetros es decir, no es necesario usar un solo diámetro para toda la línea.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para conducir el gasto máximo horario del tanque de regularización a la red de distribución se diseñó la línea de alimentación por gravedad. La tubería es de acero, superficial y con una longitud de  $L = 8,800$  m y el gasto a conducir es:

$$Q_{mh} = Q_{md} \times C_{vh} = 123.04 \times 1.55 = 190.70 \text{ lps}$$

El diseño para la línea de alimentación es en dos tramos; el primero con una longitud de  $L = 4,800$  m y el segundo con una longitud de  $L = 4,000$  m. El diámetro a utilizar en cada tramo será seleccionado por el procedimiento del diámetro equivalente debido a que según el análisis y diseño hidráulico anterior se requiere un diámetro mayor al de la tubería existente. El procedimiento del diámetro equivalente consiste en obtener la diferencia de áreas entre la tubería de diseño y la tubería existente considerándola a tubo lleno y determinar la tubería de diámetro comercial que se necesita para cubrir esa diferencia. Una vez obtenido el diámetro requerido, se realiza un segundo análisis de la línea de alimentación para determinar si es el adecuado para su buen funcionamiento y proporcionar la carga de energía necesaria para la red de distribución.

TRAMO	LONGITUD (m)	DIAM. EXIS.	AREA (cm <sup>2</sup> )	DIAM. DIS.	AREA (cm <sup>2</sup> )	DIFER. D/AREA	DIAM. REQ.	DIAM. COM.
1	4,800.00	14"	993.00	22"	2,452.5	1,459.50	17"	18"
2	4,000.00	12 3/4"	823.70	18"	1,641.7	818.00	13"	14"

Con los diámetros comerciales obtenidos se realizó el análisis de las dos líneas de alimentación obteniendo los siguientes resultados:

LINEA	GASTO (lps)	DIAMETRO (PULG.)	
		TRAMO 1	TRAMO 2
EXISTENTE	65.00	14"	12 3/4"
NUEVA	126.00	18"	16"

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **ANEXO VI .- RED DE DISTRIBUCION**

Para el cálculo de la red de distribución para este proyecto se empleó un programa desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la U. N. A. M., el cual se conoce como Redesta Manual de Usuario, este programa es empleado en el Análisis para flujo permanente (ESTATICO) en redes de distribución de agua potable.

En las siguientes tablas se muestran los valores obtenidos de los nudos, tuberías y valores "K" para diferentes tuberías.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
RED DE DISTRIBUCION**

**N U D O S**

NUDO IDENT.	ELEVACION (m)	Qmh (lps) DEMANDADO	AREA (m <sup>2</sup> )
1	52.38	16.95	190,000.00
2	53.00	5.24	58,750.00
3	52.82	4.14	46,406.25
4	52.43	2.47	27,656.25
5	52.30	10.17	114,062.50
6	53.57	4.72	52,968.75
7	53.11	4.92	55,156.25
8	52.82	1.59	17,812.50
9	52.66	1.32	14,834.75
10	52.62	4.52	50,625.00
11	52.70	2.52	28,281.25
12	52.47	5.57	62,500.00
13	52.37	0.79	8,906.25
14	52.50	2.86	32,031.25
15	51.29	4.45	49,937.50
16	50.99	5.94	66,562.50
17	51.43	11.93	133,750.00
18	51.59	13.21	148,156.25
19	50.62	17.50	196,218.75
20	49.88	6.73	75,500.00
21	51.44	8.93	100,156.25
22	51.60	6.56	73,562.50
23	52.35	9.91	111,154.25
24	52.18	14.00	156,937.50
25	52.80	10.90	122,187.50
26	51.72	5.78	64,843.75
27	52.88	2.34	26,250.00
28	52.45	1.91	21,456.25
29	52.37	2.80	31,406.25
		190.67	2,138,070.25

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
RED DE DISTRIBUCION**

**TUBERIAS**

TUBERIA IDENT.	NUDO		LONGITUD (m)	DIAMETRO (PULG.)	FACTOR DE FRICCION
	INICIAL	FINAL			
1	1	2	577.00	6	0.009
2	2	3	390.00	6	0.009
3	3	4	385.00	6	0.009
4	4	5	160.00	6	0.009
5	5	6	227.00	3	0.009
6	6	7	370.00	3	0.009
7	7	8	266.00	3	0.009
8	8	9	40.00	3	0.009
9	9	10	164.00	4	0.009
10	10	11	144.00	4	0.009
11	11	12	403.00	4	0.009
12	12	29	178.00	6	0.009
13	13	27	200.00	6	0.009
14	27	14	194.00	6	0.009
15	14	15	476.00	8	0.009
16	15	16	144.00	6	0.009
17	16	17	208.00	6	0.009
18	17	18	386.00	6	0.009
19	18	19	234.00	6	0.009
20	19	20	524.00	6	0.009
21	20	21	244.00	6	0.009
22	21	1	650.00	10	0.009
23	21	22	416.00	6	0.009
24	22	23	132.00	6	0.009
25	23	24	528.00	6	0.009
26	1	24	531.00	10	0.009
27	23	26	314.00	6	0.009
28	24	25	155.00	6	0.009
29	25	10	205.00	4	0.009
30	26	18	270.00	6	0.009
31	26	12	230.00	6	0.009
32	5	25	748.00	6	0.009
33	27	28	140.00	8	0.009
34	29	13	35.00	6	0.009
35	30	1	5.00	12	0.014

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
RED DE DISTRIBUCION**

**VALORES DE "K" PARA DIFERENTES TUBERIAS**

DIAMETRO		AREA	P.V.C. Y POLIETILENO A. DENSIDAD	ASBESTO CEMENTO	ACERO CON PROTECCION EPOXY	ACERO SIN REVESTIMIENTO
pulg.	m	m <sup>2</sup>	n = 0.009	n = 0.010	n = 0.011	n = 0.014
2 1/2	0.064	0.003165	1944.06	2400.93	2913.75	4708.62
3	0.076	0.004558	779.44	962.62	1168.22	1887.85
4	0.102	0.008103	161.63	199.61	242.25	391.47
6	0.152	0.018230	19.26	23.79	28.87	46.65
8	0.203	0.032410	4.11	5.07	6.16	9.95
10	0.254	0.050645	1.24	1.54	1.87	3.01
12	0.305	0.092930	0.46854	0.58350	0.70225	1.15
14	0.356	0.099260	0.20593	0.25432	0.30864	0.49877
16	0.406	0.124650	0.10208	0.12610	0.15300	0.24725
18	0.457	0.164090	0.05416	0.06688	0.08123	0.13117
20	0.508	0.202580	0.03088	0.03815	0.04630	0.07481
24	0.610	0.291720	0.01165	0.01439	0.01746	0.02821
30	0.762	0.455800	0.00355	0.00439	0.00533	0.00861
36	0.914	0.656360	0.00135	0.00166	0.00202	0.00326
48	1.219	1.166500	0.00029	0.00036	0.00043	0.00070

VALORES SEGÚN LA COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A.) PARA SER APLICADOS  
EN LA FORMULA DE MANNING.

$$K = \frac{10.293 \times n^2}{D^{16/3}}$$

DONDE: n = Coeficiente de rugosidad  
D = Diámetro interior (nominal)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**