


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO  
DE PROYECTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE EN COMUNIDADES DE MENOS DE  
10,000 HABITANTES, ATENDIDAS POR EL E.P.S. DE  
LA FACULTAD DE ARQUITECTURA  
USAC.**

**MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO**

**GUATEMALA, MAYO 2005**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**Sistematización del proceso de diseño  
de proyectos de abastecimiento de agua  
potable en comunidades de menos de  
10,000 habitantes, atendidas por el  
E.P.S. de la Facultad de Arquitectura,  
USAC**

**Tesis:**

Presentada a la honorable Junta Directiva  
De la Facultad de Arquitectura

**Por:**

**Mario José de León Toledo**

Al conferírsele el título de:

**ARQUITECTO**

Guatemala, mayo de 2005.



**JUNTA DIRECTIVA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo	Decano
Arq. Jorge Arturo Gonzáles Peñate	Vocal I
Arq. Raúl Estuardo Monterroso Juárez	Vocal II
Arq. Jorge Escobar Ortiz	Vocal III
Br. Hellen Denisse Camas Castillo	Vocal IV
Br. Juan Pablo Samayoa García	Vocal V
Arq. Alejandro Muñoz Calderón	Secretario

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN**

Decano:	Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
Secretario:	Arq. Alejandro Muñoz Calderón
Examinador:	Arq. Roberto Vásquez
Examinador:	Ing. José Eduardo Ramírez
Asesor-Examinador:	Arq. Francisco Ballesteros

## DEDICATORIA

A Dios, Padre Eterno: Por ser la fuente de amor y sabiduría en la cual todos nos apoyamos. Por acompañarme en esta vida y haber colmado mi hogar con amor, esperanza y trabajo. Gracias Señor, por cada instante de mi vida.

A mis padres: Mario Antonio de León y Beatriz Toledo de de León, por habernos dado su amor y apoyo incondicional. Por todos sus desvelos y preocupaciones. Quisiera que así como cada pena mía fue de ellos, que este humilde éxito , sea también de ellos.

A mis hermanas: Helena, Beatriz y Patricia, con profundo amor y agradecimiento.

A mi esposa: Onelita, porque su gran amor ha venido a complementar mi vida. Gracias por todo su esfuerzo paciencia y apoyo. Gracias por caminar a mi lado en esta vida y darle sentido.

A mis hijos: Pedro José y José Alejandro. Porque su sonrisa ilumina mi vida. Agradezco a Dios por cada abrazo y beso que me ha permitido darles. Sepan que todos los sueños se hacen realidad, pero primero hay que soñarlos y después trabajar mucho para conseguirlos.

A un ángel muy especial: Juanita Valenzuela, por ser ejemplo de incansable trabajo. Gracias por todo su tiempo y dedicación.

A la facultad de  
Arquitectura:

Por todos los conocimientos que adquirí en sus  
aulas.

## INDICE

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IV
GLOSARIO .....	V
INTRODUCCIÓN .....	VIII

### CAPÍTULO

<b>1 . EL AGUA AL SERVICIO DE LAS COMUNIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1 El agua como bendición y necesidad .....	2
1.2 El agua en la naturaleza .....	3
1.3 El ciclo del agua .....	3
1.4 Formas de la presencia del agua: abastecimiento .....	6
1.4.1 Aguas superficiales .....	6
1.4.2 Aguas subterráneas .....	7
1.4.2.1 Manantiales.....	7
1.4.2.1.1 Manantial de brote definido.....	10
1.4.2.1.2 Manantial de brote difuso .....	10
1.4.2.2 Pozos .....	12
1.4.2.2.1 Los pozos excavados .....	12
1.4.2.2.2 Pozo impulsado .....	12
1.4.2.2.3 Pozo artesiano .....	14
1.4.2.2.4 Pozo perforado .....	15
1.4.3 Agua de lluvia .....	16
1.4.4 El agua en la atmósfera .....	17
<b>2 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>18</b>
2.1 Obras de captación .....	18
2.1.1 Captación de manantiales de brote definido .....	20
2.1.1.1 Zona de filtración .....	20
2.1.1.2 Caja recolectora de caudales .....	23
2.1.1.3 Caja de válvulas .....	24
2.1.1.4 Obras de protección .....	25
2.1.2 Captación de manantiales de brote difuso .....	26
2.1.2.1. Zona de infiltración.....	26
2.1.3 Captación de ríos y lagos .....	28
2.1.3.1 Captación de ríos .....	28
2.1.3.2 Captación de lagos.....	30

2.2 Elementos de conducción .....	32
2.2.1 Tubería de conducción .....	32
2.2.2 Pasos aéreos .....	34
2.2.3 Pasos de zanjón .....	37
2.2.4 Válvulas de aire .....	37
2.2.5 Válvulas de limpieza.....	42
2.2.6 Caja rompe presión .....	44
2.3 Sistema de purificación .....	47
2.3.1. Características físicas del agua .....	48
2.3.1.1 Color y turbidez.....	48
2.3.1.2 Sabor y olor .....	49
2.3.1.3 Temperatura .....	50
2.3.2 Contenido químico.....	51
2.3.2.1 Dureza.....	51
2.3.2.2 El pH del agua .....	51
2.3.2.3 Hierro y manganeso .....	52
2.3.3 Número de bacterias .....	52
2.3.4 La contaminación física .....	53
2.3.5 Contaminación química .....	54
2.3.6 La desinfección .....	53
2.3.6.1 La desinfección por medio del calor .....	57
2.3.6.2 Desinfectantes químicos.....	57
2.4 Elementos de almacenamiento de agua .....	59
2.4.1 Acceso al tanque.....	60
2.4.2 Escalera de acceso .....	60
2.4.3 Tubería de entrada conducción .....	63
2.4.4 Tubería de salida.....	63
2.4.5 Coladera o pichacha en la tubería de salida .....	64
2.4.6 Tubería de desagüe.....	64
2.4.7 Tubería de rebalse.....	65
2.4.8 Ventilación .....	65
2.4.9 Estructura: muros y cubierta .....	66
2.5 Elementos de distribución .....	66
<b>3 PRINCIPIOS DE FÍSICA BÁSICA.....</b>	<b>71</b>
3.1 Unidades básicas y sistemas de medición .....	71
3.1.1 El sistema español .....	72
3.1.2 El sistema británico.....	73
3.1.3 Sistema Internacional .....	74
3.2 Las variables básicas.....	74

3.2.1	La masa .....	75
3.2.2	Fuerza y peso .....	75
3.2.3	Longitud, superficie y volumen.....	79
3.2.4	Densidad y peso específico .....	80
3.2.5	Caudal y aforo .....	80
3.3	Conceptos básicos de hidrostática.....	81
3.3.1	La presión.....	81
3.3.1.1	La presión medida en sistema inglés.....	82
3.3.1.2	La presión en unidades del sistema internacional .....	82
3.3.2	Principio de Pascal.....	84
3.3.3	Presión atmosférica.....	84
3.3.4	Columna de mercurio .....	87
3.3.5	Metro columna de agua.....	89
3.4	Conceptos básicos de hidrodinámica.....	92
3.4.1	Ecuación de continuidad.....	94
3.4.2	Ecuación de Bernoulli.....	96
3.4.2.1	Piezométrica y pérdida de carga.....	97
3.4.2.2	La piezométrica en proyectos de agua potable .....	99
<b>4</b>	<b>PARÁMETROS PRINCIPALES DE DISEÑO.....</b>	<b>102</b>
4.1	Dotación de agua .....	102
4.2	Período de diseño.....	105
4.3	Población a servir.....	107
4.3.1	Modelo de crecimiento geométrico.....	107
4.4	Factores de variación del consumo.....	109
4.4.1	Factor de día máximo.....	110
4.4.2	Factor de hora máxima.....	110
<b>5</b>	<b>CÁLCULO DE TUBERÍAS.....</b>	<b>113</b>
5.1	Fórmula de Hazen-Williams.....	113
5.2	El diámetro teórico.....	115
5.3	Tubería continua de dos diámetros.....	115
<b>6</b>	<b>PROPUESTA DE SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....</b>	<b>118</b>
6.1	Instructivo.....	118
	Matrices para el cálculo de tuberías de conducción de agua potable	
6.1.1	El aforo .....	122
6.1.2	Período de diseño y población a servir .....	123
6.1.3	Dotación, caudal medio diario y factores de variación .....	124
6.1.4	Condiciones iniciales, topografía y datos generales .....	125

6.1.5	Diámetro teórico, diámetros finales y pérdida de carga (dos diámetros).....	126
6.1.6	Longitud de tubería y presión especificada.....	127
6.1.7	Diámetro teórico, diámetro final y pérdida de carga (un solo diámetro).....	128
6.1.8	Cálculo de la presión de la tubería en puntos intermedios.....	129
6.1.9	Esquema final de campo.....	130
Ejemplos resueltos de cálculo de tubería, utilizando las matrices propuestas.		
6.2	Ejercicio No. 1: Diseño de una tubería de distribución (un solo diámetro).....	132
6.2.1	Matrices para el cálculo sistematizado (memoria de cálculo).....	135
6.3	Ejercicio No. 2: Diseño de una tubería de conducción (dos diámetros).....	141
6.3.1	Matrices para el cálculo sistematizado (memoria de cálculo).....	144
6.4	Ejercicio No. 3: Diseño de un sistema completo (conducción y distribución).....	152
	Matrices para el cálculo sistematizado (memoria de cálculo)	
6.4.1	Cálculos básicos.....	155
6.4.2	Tramo 1: Del nacimiento a la caja rompe presión (un solo diámetro).....	160
6.4.3	Tramo 2: De la caja rompe presión al tanque (dos diámetros).....	165
6.4.4	Tramo 3: Del tanque a la población (distribución - un solo diámetro).....	171
	CONCLUSIONES.....	XI
	RECOMENDACIONES.....	XIII
	BIBLIOGRAFÍA.....	XV
	ANEXO "A" Proveedores de válvulas de aire .....	XVI
	ANEXO "B" Cálculo del volumen de almacenamiento .....	XVII
	ANEXO "C" Ayuda de diseño: nomograma .....	XVIII
	ANEXO "D" Cuadro resumen.....	XXIV
	ANEXO "E" Flujograma general para un sistema de conducción de agua.....	XXVI



## LISTA DE FIGURAS

Descripción	Página
Figura 1-1 El ciclo del agua .....	5
Figura 1-2 Aguas subterráneas.....	8
Figura 1-3 El concepto de pozo artesiano.....	9
Figura 1-4 Los manantiales .....	11
Figura 1-5 Pozo excavado .....	13
Figura 2-1 Esquema funcional para obras de agua potable .....	19
Figura 2-2 Captación de manantiales de brote definido - planta.....	21
Figura 2-3 Captación de manantiales de brote definido - sección.....	22
Figura 2-4 Captación de manantial difuso – galería de infiltración.....	27
Figura 2-5 Captación de ríos.....	29
Figura 2-6 Captación de lagos .....	31
Figura 2-7 Línea de conducción.....	33
Figura 2-8 Paso aéreo.....	36
Figura 2-9 Paso de zanjón.....	38
Figura 2-10 Paso de zanjón.....	39

## II

Figura 2-11	
Caja de válvula de aire.....	41
Figura 2-12	
Caja de válvula de limpieza.....	43
Figura 2-13	
Caja rompe presión - planta.....	45
Figura 2-14	
Caja rompe presión.....	46
Figura 2-15	
Tanque de almacenamiento.....	61
Figura 2-16	
Tanque de distribución.....	62
Figura 2-17	
Acometida ideal.....	69
Figura 2-18	
Acometida mínima.....	70
Figura 3-1	
La unidad de fuerza.....	77
Figura 3-2	
La unidad de fuerza.....	78
Figura 3-3	
La presión.....	83
Figura 3-4	
El principio de Pascal.....	85
Figura 3-5	
Presión atmosférica.....	86
Figura 3-6	
Presión columna de mercurio.....	88
Figura 3-7	
La presión de 1 m.c.a.....	90
Figura 3-8	
La presión del agua.....	93
Figura 3-9	
Ecuación de continuidad.....	95

### III

Figura 3-10	
Piezométrica y pérdida de carga.....	98
Figura 3-11	
La ecuación de Bernoulli entre dos puntos.....	100
Figura 4-1	
Factores de variación del consumo.....	111
Figura 5-1	
Cálculo del diámetro de la tubería.....	116

## LISTA DE SÍMBOLOS

C.01	=	Cálculo número 1 de la hoja en donde se encuentra el símbolo.
cm	=	Centímetro(s).
D.01	=	Dato número 1 de la hoja en donde se encuentra el símbolo.
FS	=	Factor de seguridad.
g	=	Gramo(s).
g	=	Aceleración de la gravedad.
Gls	=	Galones.
H	=	Pérdida de carga. Se mide en metros.
Hab.	=	habitante(s), pobladores de una comunidad.
Kg	=	Kilogramo (s).
Km	=	Kilómetro (s).
l	=	Litro (s).
L.t.	=	Longitud topográfica (horizontal).
lb	=	Libra (s).
m	=	Metro (s).
m <sup>2</sup>	=	Metro(s) cuadrado(s).
m <sup>3</sup>	=	metro(s) cúbico(s).
m.c.a.	=	Metro(s) columna de agua.
No.	=	Número(s).
pH	=	Potencial hidrogenión.
ppm	=	Partes por millón.
P.E.	=	Peso específico.
PSI	=	Libras sobre pulgada cuadrada.
PVC	=	Cloruro de polivinilo.
Q	=	Caudal, gasto.
Ro	=	Densidad de un cuerpo.
s	=	segundo(s).
(xx) <sup>y</sup>	=	Cantidad "xx" elevada a la potencia "y"
%	=	Por ciento.
"	=	Pulgadas.
*	=	Signo de multiplicación.
/	=	Signo de división.

## GLOSARIO

1. **Acabados:**  
Son trabajos de albañilería, que tienen por objetivo la protección de la estructura y la apariencia final de la obra, por ejemplo: repello, cernido, piso.
2. **Aforar:**  
Es la actividad que permite calcular el volumen de líquido que circula por determinada área en la unidad del tiempo. Es decir, determinar el caudal existente en determinado lugar.
3. **Agua potable:**  
Es aquella que por sus características de calidad, es adecuada para el consumo humano (aquella que no contiene microorganismos patógenos ni sustancias tóxicas que causen enfermedad alguna) y, además, es agradable al consumo humano.
4. **Captación:**  
Obras de albañilería que se realizan con la finalidad de reunir o recolectar la mayor cantidad de agua posible para posteriormente conducirla para ser consumida.
5. **Caudal:**  
Volumen del fluido en la unidad de tiempo. También es conocido con el nombre de “gasto”.
6. **Comunidad:**  
Cualquier población humana que realiza sus actividades en una región definida.
7. **Conducción:**  
Actividad de transportar el agua desde el lugar de origen hasta el lugar en donde se almacenará para su posterior consumo. Segmento del proyecto de abastecimiento de agua que inicia en el nacimiento y termina en el lugar de almacenamiento.
8. **Consumo:**  
Volumen de agua que es utilizado, consumido o gastado por determinado sujeto o población. Está relacionado con una serie de factores inherentes a la localidad que se abastece y, por lo tanto, varía

de comunidad en comunidad y de ciudad en ciudad. No es el mismo para todas las comunidades.

9. Cota alta:  
Se refiere a los puntos con mayor elevación (ubicación en las partes altas del terreno).
10. Cota baja:  
Se refiere a los puntos de la población con menor elevación (que se encuentran ubicados en la parte baja).
11. Densidad:  
Es la masa de cualquier cuerpo entre el volumen que ocupa.
12. Distribución:  
Segmento o parte del proyecto, que tiene por finalidad llevar el agua desde el lugar de almacenamiento (usualmente tanques), hasta la vivienda de cada casa o familia beneficiada.
13. Dotación:  
Volumen de agua proporcionado a una unidad de consumo (habitante, comercio, industria, animal, planta, etc.) durante un período determinado.
14. Manantial:  
Lugar en donde el manto acuífero aflora a la superficie. Lugar en el suelo por donde brota el agua, procedente del manto acuífero. También conocido como "nacimiento".
15. Metro columna de agua:  
Es la presión que una columna de agua de un metro de altura ejerce sobre la superficie sobre la que actúa.
16. Nacimiento:  
Manantial.
17. Piezométrica:  
Línea imaginaria que describe el comportamiento de la presión del agua cuando es conducida por una tubería. Altura hasta la cual se elevaría una columna de agua si en ese punto se colocara un tubo vertical.
18. Pérdida de carga:  
Es la energía por masa unitaria de fluido que a causa de la resistencia superficial dentro del conducto, es convertida desde energía mecánica

## VII

en energía térmica. Físicamente se determina por la incapacidad que el agua experimenta de ascender en un tubo hasta el mismo nivel desde el cual procede; debido a esto, figurativamente, se puede indicar como una diferencia en metros lineales.

19. Presión:  
Cualquier fuerza actuando en la unidad de área.
20. Presión atmosférica:  
Presión debida a un columna de aire, que tiene base en el suelo y de altura total igual al espesor de la atmósfera. Presión producida por el peso del aire
21. Peso específico:  
Es la relación entre el peso de cualquier cuerpo y el volumen que ocupa.
22. Red de distribución:  
Es un conjunto de elementos compuestos de tuberías, válvulas e interconexiones, que contribuyen a conducir y a distribuir el agua a la conexión de cada vivienda.
23. Sistema:  
Conjunto ordenado de elementos para la consecución de un fin determinado.
24. Tanque de almacenamiento:  
Depósito artificial cubierto, destinado a recolectar agua, para compensar las variaciones en el consumo diario de una población.

## INTRODUCCIÓN

El agua, indudablemente una bendición de Dios. Elemento esencial para la vida misma. El agua ha sido y será siempre protagonista en la historia del hombre. Lo que le suceda al agua, le sucederá al hombre.

Hoy mismo, cuando la humanidad ya piensa en una expedición al planeta Marte; hoy mismo, cuando se anuncia la construcción del edificio más alto del mundo: un edificio-ciudad. Hoy, como hace 500 años, poblaciones enteras de Guatemala, únicamente sueñan con tener un abastecimiento de agua para satisfacer su necesidad.

El estudiante practicante del Ejercicio Profesional Supervisado de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha tenido contacto y lo tendrá en el futuro con las necesidades más sentidas de la población. Ha sido abordado, desde hace tiempo, por estas comunidades necesitadas para la solución de su problema. El practicante en la proyección social que le caracteriza, de alguna manera empírica, ha participado en este tipo de proyectos. Esta demanda se manifiesta año con año y la acción no es suficiente.

En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo pretende ayudar al estudiante practicante, a solucionar de manera correcta y profesional los trabajos de abastecimiento de agua que le sean requeridos. La parte medular es la propuesta que se realiza en el sentido de ordenar los cálculos y realizarlos por medio de matrices, que permitan una fácil ejecución de los mismos, una revisión inmediata y la comparación de los resultados con problemas semejantes solucionados por otros profesionales. Prácticamente, el objetivo es conducir al estudiante de manera fácil y ordenada, a través del proceso de cálculo de tuberías para el abastecimiento de agua potable en las comunidades atendidas por él durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

Para la correcta interpretación, primero se realiza una presentación sobre las características del agua, su comportamiento y presencia en la naturaleza y su relación con el hombre.

Enseguida, en el capítulo 2, se indican al estudiante los elementos constitutivos de un sistema de abastecimiento de agua. Desde la captación hasta la conexión domiciliar. Se describen todos los elementos susceptibles de



utilización y se indica en qué situaciones deben utilizarse, las ventajas y desventajas de su especificación en el proyecto.

Obviamente, el proceso de cálculo implica mediciones, dimensiones, variables, operaciones, conceptos y definiciones. Para aclarar todo lo necesario, en el capítulo 3 se han abordado los conocimientos básicos de física. En la primera parte se realiza un repaso por las unidades de medida de las unidades básicas en diversos sistemas. Se describen los conceptos fundamentales de la hidrostática y de la hidrodinámica, haciendo énfasis en aquellos que son de vital importancia para un proyecto de abastecimiento de agua, como el concepto de “metro columna de agua”, que se desarrolla con bastante claridad. En algunos casos se desarrollan ejemplos. Todo el contenido de este capítulo, está incluido en los cursos de física, que el estudiante de arquitectura aprobó durante su formación. El lenguaje utilizado es sencillo, permitiéndole al estudiante reforzar los elementos, conceptos y definiciones ya estudiadas por él.

En el capítulo 4, se describen los elementos esenciales, que sirven de parámetro para realizar el diseño del abastecimiento de agua. Los conceptos aquí indicados son propios ya del proceso de cálculo. Sirven para realizarlo.

Luego de determinados los parámetros, se procede a realizar el cálculo. Se describe todo el procedimiento, paso a paso, fórmula por fórmula, desde el inicio hasta el fin. Indicando las mejores decisiones y los posibles errores. Esto se puede ubicar en el capítulo 5. En este punto, es donde se toma la decisión. Realizar un proyecto para un abastecimiento de agua, implica varios cálculos, según sea el caso específico a resolver. Debido a las innumerables posibilidades de cometer un error, la parte medular de este trabajo es ordenar todo este proceso, en filas y columnas, ubicadas en varias matrices, de tal forma que la resolución de un proyecto de esta naturaleza sea de manera fácil, profesional y segura. Tal como las comunidades se lo merecen.

Así pues, finalmente, en el capítulo 6 se incluyen las matrices propuestas. Se incluye un “instructivo”, en donde se indica claramente cómo deben llenarse. Y al final de este capítulo, se ponen a prueba. Se solucionan tres ejercicios reales, con grado de complejidad ascendente.

Como se expuso anteriormente, este trabajo no pretende realizar definiciones rebuscadas, sino, por el contrario, el objetivo es permitirle al

estudiante practicante de arquitectura, la propuesta de solución al conflicto presentado.

Sea pues, este trabajo una pequeña ayuda para el trabajo de extensión que realiza la Universidad de San Carlos a través del Ejercicio Profesional Supervisado de Arquitectura. Espero de todo corazón que a más de algún estudiante, al aplicar los conocimientos expresados, satisfaga la necesidad urgente de alguna comunidad de nuestro bello país. Si así fuera, entonces este trabajo habrá valido la pena.

Mi nombre es Agua: Yo he venido aceleradamente, a través de caminos extraños, caminos oscuros no utilizados anteriormente, por el deseo puro de brindar amistad, embajadora de los dioses. Ellos envían cuatro presentes reales por mi conducto: Larga vida, salud, paz y pureza.

## CAPÍTULO 1

### EL AGUA AL SERVICIO DE LAS COMUNIDADES

#### 1.1 El agua como bendición y necesidad

El agua, esa sustancia tan especial y necesaria, es base para toda la vida en el planeta, incluso, se considera un elemento esencial para el desarrollo de la vida en cualquier parte del universo.

El agua, considerada por todas las culturas existentes como un regalo de los dioses, signo de bendición, prosperidad, alimento y seguridad. Considerada como elemento constitutivo de todo lo existente, un elemento presente en todas las sustancias.

Toda actividad humana está ligada, definitivamente, con la presencia del agua.

El hombre ha necesitado, y siempre necesitará, solucionar el abastecimiento de agua para el desarrollo de sus actividades. Dicho abastecimiento no es fenómeno exclusivo de las ciudades, como manifestación urbana, sino es inherente a la presencia y sobrevivencia del hombre. Es obvio que el origen de la ciudad como realidad urbana no origina la demanda de solución del problema. Así pues, en cualquier manifestación humana, inmersa ésta en cualquier modo de producción, será necesaria la presencia del agua.

La presencia del agua en las comunidades, también incide en la salud de dicha comunidad. Hay una marcada correspondencia entre las enfermedades gastrointestinales y el agua potable. Aquellas comunidades en donde no existe el suministro de agua potable, registran un incremento de las infecciones y muertes por enfermedades gastrointestinales. Esto se debe a la presencia de parásitos y elementos nocivos para el hombre en el agua consumida por estas comunidades. Al no contar con un suministro eficiente de agua potable, el comunitario se ve obligado a solucionar el problema de cualquier forma, incluso, recolectando agua en lugares claramente contaminados (por ejemplo, con heces fecales de ganado de cualquier tipo). Así pues, el suministro de agua potable también es un problema de salubridad.

Nuestro hermoso país cuenta con innumerables comunidades que no tienen abastecimiento de agua potable. Las soluciones a esta problemática son variadas, imaginativas y diversas.

El arquitecto egresado de la universidad de San Carlos de Guatemala, como conocedor de la realidad, a través del Ejercicio Profesional Supervisado, experimenta en carne propia, la problemática vivida por la comunidad, y es abordado por ésta, que demanda su participación en la solución de la misma.

En adelante, se brindarán los conocimientos básicos, para que el estudiante practicante de arquitectura y el profesional de la misma, puedan ser partícipes en la solución de este tipo de problemas y colaboren así con el desarrollo urbano de nuestras comunidades.

## 1.2 El agua en la naturaleza

Por definición, el agua es aquella materia constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

Es una sustancia presente en la naturaleza de muchas formas. Esto se debe básicamente a que tiene propiedades físicas y químicas muy especiales y muchas de ellas son únicamente cualidades de ella. Además, la presencia manifiesta del agua en la naturaleza, de diversas formas, se debe también a que, como muchos elementos de la naturaleza, las partículas constitutivas de esta sustancia cambian de forma y de posición en el espacio, de manera periódica y armónica, haciendo esto una y otra vez, es decir, las partículas del agua presentan un comportamiento cíclico; esto se conoce como: "El ciclo del Agua".

## 1.3 El ciclo del agua

Como se expuso anteriormente, el agua se manifiesta de diversas formas y en diversos lugares en la naturaleza, esto dependiendo de la fase del ciclo en que esté. Una partícula de agua puede estar presente en determinado lugar y en determinada forma, y posteriormente, cambiar de lugar, e incluso, de estado físico manifestado. Debido a que las diversas formas en que se presenta el agua en la naturaleza se manifiestan de una manera repetitiva, se dice entonces que hace un ciclo. Así pues, es probable que una partícula, en el futuro, se manifieste nuevamente de la forma que

tiene hoy, o bien, de la forma que tuvo hace 50 o 500 años. Sin duda alguna, posteriormente experimentará uno o varios cambios antes de volver a la forma inicialmente considerada.

Respecto del ciclo del agua, es importante considerar dos aspectos. El primero es que, debido a que es un ciclo, entonces no se considera en especial ninguna de las fases como la condición inicial, debido a que antes de todas y cualquier condición, siempre hubo una previa. En el caso de las representaciones gráficas tradicionales del ciclo del agua, y únicamente para fines didácticos, se inicia con la precipitación (pero como se expuso anteriormente, pudo haber sido cualquier fase). El segundo aspecto y que en la actualidad crea mucha confusión es respecto de la cantidad de agua existente en la naturaleza. Apelamos a la definición de que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma; por lo que entonces se concluye que la cantidad de agua en la naturaleza siempre es y ha sido la misma desde hace miles de años. El agua que hoy no se tiene, simplemente está en otro lugar y posiblemente en otro estado de presencia física.

En la figura 1-1 se ilustra el ciclo del agua. La precipitación se debe a que el vapor de agua en las nubes, se enfría y se condensa, luego al ser más pesada que el aire, cae hacia la tierra en forma de lluvia. Un porcentaje del agua que se precipita, se filtra en el suelo, otro porcentaje se desplaza sobre el nivel del terreno, creando lo que se conoce como escorrentía. Por otra parte, también en la precipitación, algo del agua se evapora antes de tocar el suelo, es decir que dicho fenómeno sucede en el aire. La escorrentía, en su paso, también se filtra al subsuelo. La escorrentía, por gravedad, se deposita en un lago, o bien en un río. Simultáneamente, el agua que se ha filtrado puede permanecer en el subsuelo hasta que emerge en cualquier otro cuerpo de agua, por ejemplo, como manantial de un afluente de un río, en un lago e incluso en el mar. El agua al ser expuesta nuevamente a la superficie, experimenta evaporación, que posteriormente al enfriarse se convertirá en precipitación. Además, el agua absorbida por la capa de vegetación (por filtración) es devuelta a la naturaleza por medio de la evapotranspiración. La tendencia física del agua es responder a la gravedad y depositarse finalmente en el mar. Ahí, nuevamente se evapora, formando las nubes cargadas de agua en forma gaseosa. Éstas son transportadas por el viento hacia tierra

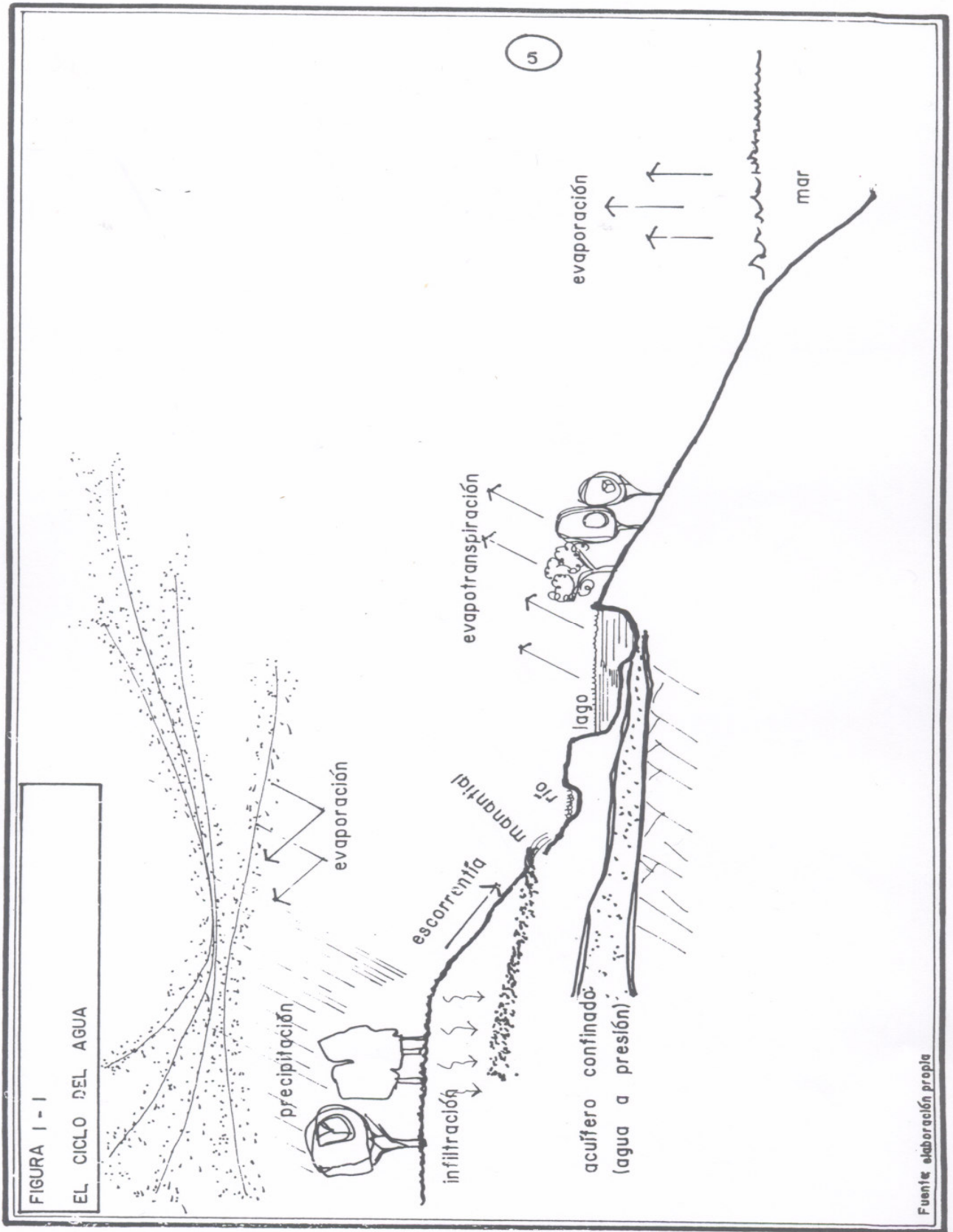


FIGURA 1 - 1  
EL CICLO DEL AGUA

Fuente: elaboración propia

adentro en donde se condensa y cae nuevamente en forma de lluvia, dando seguimiento al ciclo descrito, permitiendo la vida a lo largo de su recorrido.

#### 1.4 Formas de la presencia del agua: abastecimiento

El ciclo del agua permite que ésta se manifieste físicamente de diversas formas, cual más variadas. Puesto que en las comunidades atendidas por el E.P.S. de arquitectura, la necesidad fundamental es el abastecimiento del agua, y siendo objetivo fundamental de este trabajo, se centrará en la presencia del agua en forma líquida.

El agua contiene las sustancias del lugar en donde se encuentra almacenada. El agua en el mar es salada, debido a la presencia de bancos de este material. Puesto que al evaporarse, únicamente se modifican las partículas de agua, la sal es eliminada de su contenido, convirtiéndose en agua dulce. El agua salada no es apta para consumo humano, mientras que el agua dulce es el objeto de interés, debido a que es susceptible de ser consumida por las comunidades.

Las fuentes más comunes de agua dulce en la naturaleza son:

- 1) agua superficial
- 2) agua subterránea
- 3) agua de lluvia
- 4) agua en el aire.

##### 1.4.1 Aguas superficiales

Se llama así al agua que está de una u otra manera almacenada, retenida o bien que circula sobre el nivel o superficie del terreno, en determinada zona. Usualmente, se encuentra en contacto con la atmósfera.

Las aguas superficiales se manifiestan a través de corrientes (ríos), o bien en estanques naturales y también lagos.

En Guatemala, muchas de las comunidades alrededor del lago de Atitlán, se abastecen de dicho lago (por ejemplo, San Lucas Tolimán y Santiago Atitlán). Otro ejemplo de abastecimiento de este tipo es la zona de la laguna de Ipala, en el cráter de dicho volcán. Además, el agua de muchas zonas del occidente de la ciudad de Guatemala, proviene de las corrientes de dos ríos: Xayá y Pixcayá.



### 1.4.2 Agua subterránea

Como su nombre lo indica, es el agua presente por debajo de la tierra, o que proviene o es obtenida desde estratos ubicados por debajo del nivel del terreno.

Las aguas subterráneas aportan menor cantidad de agua que los ríos y lagos, pero muchas veces son más numerosas. Las fuentes subterráneas, de acuerdo con la altimetría de los estratos geológicos, también presentan un área de toma o captación; es decir, existe una zona definida dentro de la sección del terreno en cuestión, en donde es posible la obtención del agua subterránea. Importante es saber que la alimentación o recarga del agua subterránea se produce por infiltración (filtración desde el terreno hacia el interior del subsuelo). La altura de la zona en donde se almacena el agua depende de la zona y tipo de material del subsuelo; entre más poroso es éste, más agua podrá absorber, retener y transportar; por otra parte, mientras menos poros tenga el estrato, menos agua podrá contener. Cuando en un terreno la superficie del agua cambia con la estación, es decir, cuando en el lugar, el nivel freático sube y baja según sea estación seca o lluviosa, entonces el almacenamiento se dice que es abierto al ambiente exterior en esa zona en especial, entendiéndose que es un estrato “no confinado”, que se puede entender como un estrato “no encerrado”. Cuando esto sucede, entonces usualmente la precipitación modifica la cantidad de agua contenida en el estrato (pues es poroso), y la forma que toma la superficie del agua subterránea es muy similar a la del terreno superior exterior.

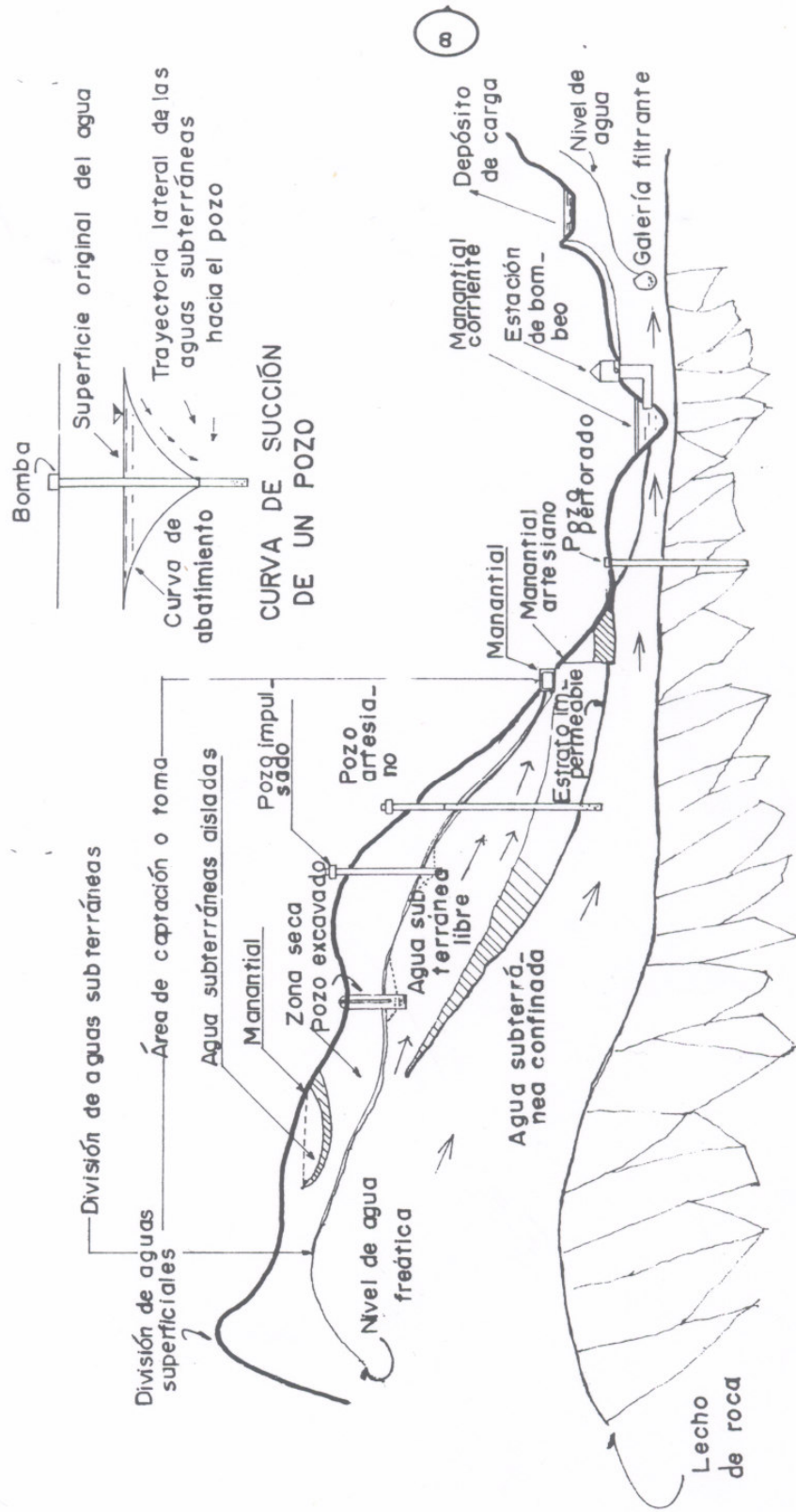
Técnicamente, el agua subterránea se clasifica según su proveniencia, por lo tanto, se divide en: manantiales y pozos.

Las figura 1-2 y 1-3 brindan un esquema ilustrativo respecto del concepto de aguas subterráneas.

#### 1.4.2.1 Manantiales

Es aquel lugar en donde, desde las profundidades de los estratos subterráneos, brota el agua hacia el nivel del terreno. Técnicamente, se define un manantial como aquel lugar en donde el terreno corta o intercepta el nivel del manto freático. Según el espesor del manto freático y dependiendo de la

FIGURA 1 - 2  
AGUAS SUBTERRÁNEAS

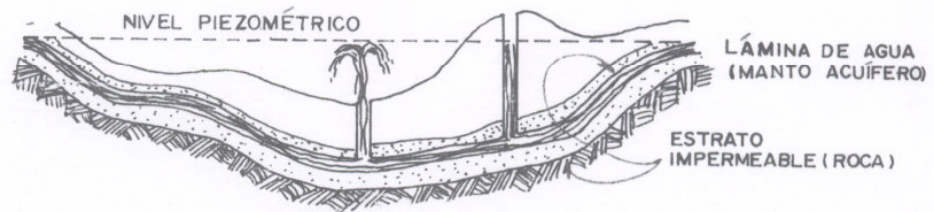
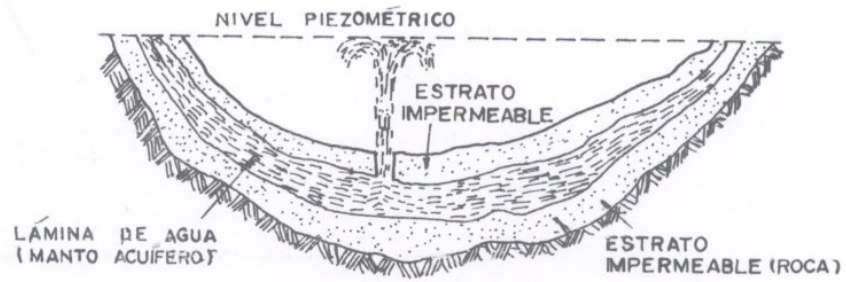
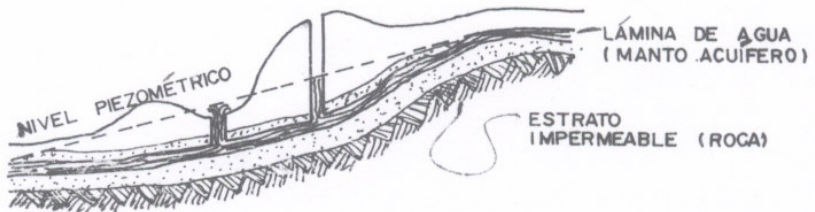


Fuente: Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, Fair, Gordon Maskew, Et. al.

FIGURA 1 - 3

## CONCEPTO DE POZO ARTESIANO

9

CIRCUITO CERRADOCIRCUITO ABIERTO

inclinación del terreno en ese punto, el manantial puede ser de brote definido o de brote difuso.

La figura 1-4 ilustra los manantiales. Se ha dado especial interés en este tipo de fuente, debido a que será usualmente la más encontrada para el abastecimiento de las comunidades. En Guatemala, los manantiales son usualmente conocidos como nacimiento de agua.

#### 1.4.2.1.1 Manantial de brote definido

Un manantial es de brote definido cuando desde el subsuelo emana el agua de una manera clara, identificable y bien definida. Un manantial de brote definido por lo tanto es aquel cuya ubicación se puede señalar o determinar con total certeza. Por ejemplo, el nacimiento del río San Juan, es un punto claro, definido y se puede ubicar de manera inequívoca el lugar por donde brota el agua.

El manantial de brote definido se debe a que el terreno se interpone en el estrato que contiene el agua, y lo corta súbitamente, produciendo el afloramiento del líquido.

#### 1.4.2.1.2 Manantial de brote difuso

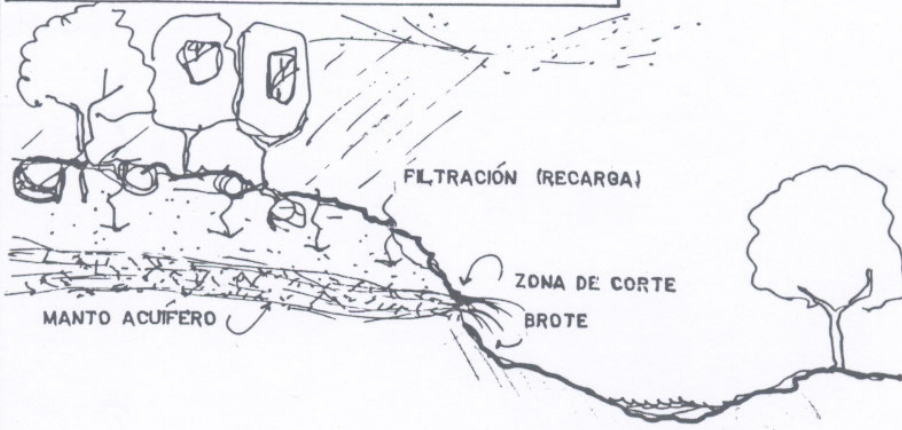
Es aquel manantial en donde el brote del agua no se puede ubicar de manera exacta. Usualmente, en el manantial de brote difuso se puede observar que hay agua en determinado espacio, pero no se puede señalar de manera concreta el lugar por donde brota el agua. Esta forma de manantial es propia, por ejemplo, de lugares como las ciénagas. El pozo vivo de Tactic era un manantial de brote difuso.

El manantial de brote difuso se debe a que el terreno corta únicamente de manera parcial el estrato en donde se desplaza subterráneamente el agua. El nivel del terreno es tangente al estrato acuífero. Únicamente lo roza. El terreno no corta toda la sección por la que se desplaza el agua.

Este tipo de manantiales son usuales en lugares como Tecpán y el Ixcán. En realidad, pueden ser encontrados a cualquier altura sobre el nivel del mar.

FIGURA 1-4  
LOS MANANTIALES

II



MANANTIAL DE BROTE DEFINIDO



MANANTIAL DE BROTE DIFUSO

#### 1.4.2.2 Pozos

El pozo es, por excelencia, la forma tradicional para la obtención del agua subterránea. El agua se filtra a través de los poros de la tierra almacenándose y circulando por debajo del nivel del suelo. Dependiendo del estrato geológico a través del cual circula, y de la profundidad a la que lo hace, así será el trabajo que se haga para la obtención de agua; así pues, un pozo puede ser simplemente excavado, clavado, perforado o barrenado.

##### 1.4.2.2.1 Los pozos excavados

Los pozos excavados se limitan a profundidades usualmente no mayores de 30 metros. Se realizan con herramientas sencillas como el pico, la piocha, la pala, la barreta, etc. Se realizan de una forma artesanal. El objetivo de la excavación es encontrar y traspasar levemente el nivel freático en el sitio excavado. Usualmente, el terreno es suave, debido a que está constituido por material poroso. Al profundizar en el nivel del manto freático de esta manera, la cantidad de agua producida es relativamente pequeña, por lo tanto, este sistema se utiliza únicamente en granjas, fincas y comunidades muy pequeñas. Debido a que el pozo excavado corta el nivel del manto freático, y la profundidad a la que se realiza no es muy grande, usualmente el estrato que suministra el agua es libre o sea “no confinado”, es decir, es un estrato en donde se almacena el agua que se ha filtrado por los poros y aberturas del suelo. El nivel del manto freático es determinado por la capacidad de filtración del suelo, y este nivel es el mismo que el nivel del pozo excavado. Un pozo excavado varía de nivel, como lo hace el nivel del manto freático. Los pozos de las comunidades agrícolas de la costa de Guatemala son ejemplos de este tipo.

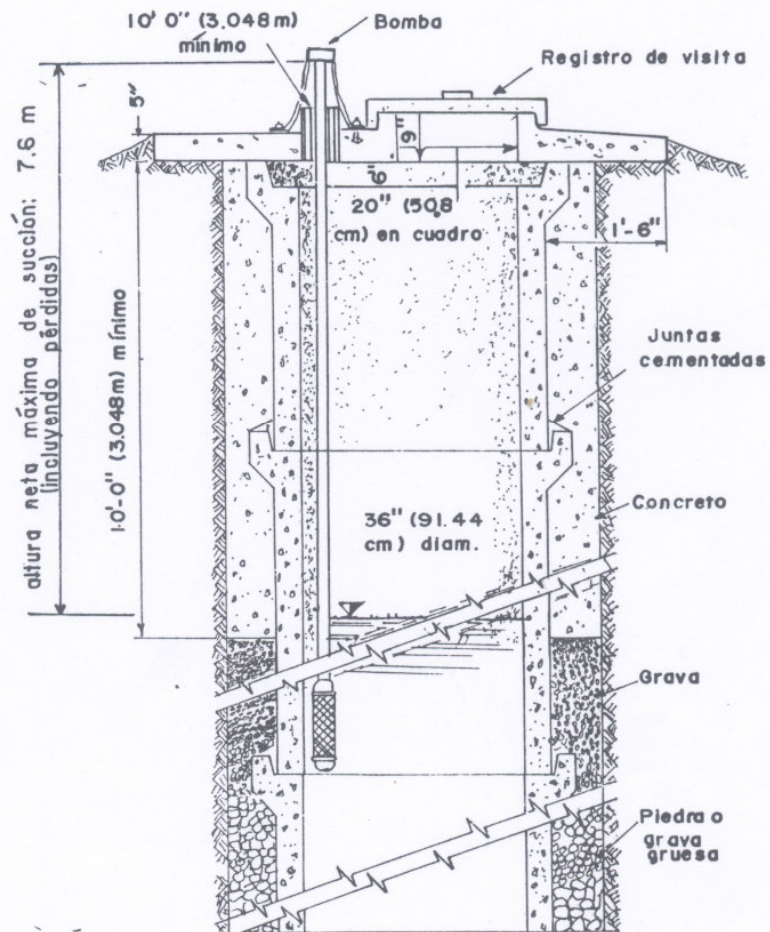
La figura 1-2 muestra claramente que el pozo excavado penetra levemente en el manto freático. Mientras que, en la figura 1-5, se muestra la sección típica recomendada para la construcción de un pozo excavado.

##### 1.4.2.2.2 Pozo impulsado

El pozo impulsado es aquel que tiene como objetivo la captación del agua a través de la localización y penetración en el manto freático. Se le llama impulsado o clavado, debido a la forma mecánica en que se construye.

FIGURA 1-5  
POZO EXCAVADO

13



SECCIÓN  
sin escala

fuentes: depto. agricultura de E. U.

En la figura 1-2 se puede observar que el pozo impulsado capta el agua subterránea libre. Por lo tanto, y debido a la tecnología empleada, es más profundo que el pozo simplemente excavado tradicional. Usualmente, la extracción se hace por medios mecánicos superiores o más eficientes respecto de los empleados en un pozo simplemente excavado. La cantidad de agua suministrada es mayor.

#### 1.4.2.2.3 Pozos artesianos

El subsuelo está formado por distintos tipos de estratos geológicos. Cada estrato tiene propiedades particulares. El estrato formado por material poroso, permite la filtración del agua. El agua circula por debajo del nivel del terreno y en su camino puede encontrarse e ingresar a través de estratos geológicos formados por suelos rocosos, que no tienen poros. Al ingresar en este estrato, constituido en su totalidad por elementos duros, impermeables; el agua se comporta como si estuviera en una inmensa tubería natural y debido a que las paredes por las que circula no permiten la filtración ni el escape del agua, se genera una presión sobre el líquido, que depende de la profundidad en la que se encuentra. El agua contenida entre mantos rocosos, está encerrada entre éstos. Técnicamente, se denomina “agua confinada”; debido a que se está considerando como agua subterránea, entonces es “agua subterránea confinada”. La característica de esta manifestación es que presenta o registra una presión sobre las superficies que la confinan.

Si se realizara un trabajo por medio del cual se atravesara el manto rocoso, entonces el agua saldría impulsada debido a la presión que experimenta. El pozo que es construido con el fin de atravesar las paredes que confinan un manto de agua subterránea, se conoce como “pozo artesiano”. El nombre de este tipo de pozos no se debe confundir con el término “artesano”, pues son características totalmente distintas. Los pozos artesanos son los que se construyen de forma artesanal, es decir, pocas herramientas, poca profundidad, etc. Mientras que los pozos artesianos son aquellos de los que emana agua a presión. Deben su nombre a que se trabajaron mucho en una provincia al norte de Francia, llamada Artois. Debido a que su construcción necesita atravesar el manto rocoso, que es la superficie de confinamiento, y debido a que ésta usualmente se encuentra a varios metros de profundidad, los



pozos artesianos requieren de maquinaria más sofisticada y más especializada que los pozos simplemente excavados. El objetivo del pozo excavado es el suministro o la captación del agua del manto freático, mientras que el pozo artesiano busca el suministro a través de la penetración en las paredes que confinan un manto acuífero.

En las figuras 1-2 y 1-3 se puede observar que el agua subterránea se confina al ser atrapada y conducida a través de un estrato impermeable (que no contiene poros ni permite filtración o escape del agua) y el lecho de roca. Ambas superficies actúan como las paredes de una gran tubería y debido a la profundidad en que esto sucede, el agua experimenta una presión, que depende de la profundidad a la que se encuentra.

Para atravesar por el estrato impermeable (roca) es necesario equipo sofisticado, por lo tanto, la actividad de realización de pozos artesianos se pueden considerar como una “perforación de pozos”.

#### 1.4.2.2.4 Pozo perforado

Es todo aquel pozo que requiere maquinaria altamente sofisticada, debido a que persigue el suministro de agua en zonas relativamente profundas respecto del nivel del terreno.

Los pozos perforados deben su nombre únicamente a la forma mecánica en que se han trabajado y no presentan otra característica adicional. Así pues, un pozo artesiano puede denominarse o considerarse como un pozo perforado, pero su característica fundamental es que el agua obtenida estará a presión. Un pozo perforado tiene como objetivo obtener agua de mantos acuíferos profundos y se construyen a través del lecho de roca. Para el suministro del agua hasta el nivel del terreno es necesario el incremento de presión por medios mecánicos (bombas).

El agua, antes de ser bombeada, registra un nivel, conocido como “nivel estático”, que es la superficie original del agua. En el momento de ser bombeada, se presenta un remolino de forma cónica, conocido como “cono de abatimiento”. La sección transversal que describe este comportamiento se conoce como “curva de succión de un pozo”. El nivel inferior del cono es conocido como “nivel dinámico”, debido a que se presenta únicamente cuando el agua está en movimiento, es decir, únicamente cuando hay succión. En el

momento en que ésta es suspendida, el nivel del agua vuelve a su normalidad, es decir, se presenta nuevamente el nivel estático.

#### 1. 4.3 Agua de lluvia

En Guatemala, aún existen numerosas comunidades que, por alguna razón, todavía resuelven el problema del abastecimiento del agua mediante la recolección del agua de lluvia. Obviamente, la primera razón es que en las comunidades consideradas no se cuenta con servicio de suministro de agua. No obstante, también es usual en comunidades que sí cuentan con este servicio, pero de una manera deficiente. En algunas zonas aledañas a la ciudad de Guatemala, y en sectores marginales, el agua es suministrada únicamente por periodos, siendo éstos de dos o tres horas. Debido a esto, el agua para ser usada durante el día, debe ser almacenada. Si el abastecimiento no fue suficiente, o bien, el agua requerida es mayor a la almacenada, entonces el usuario buscará la manera de suplir esta necesidad. Es en este momento en que, en época seca, los camiones venden toneles de agua hasta por diez quetzales, mientras que en época lluviosa y dependiendo de la geometría de la vivienda, el usuario aprovecha diariamente a almacenar lo que pueda del agua de lluvia.

En muchas comunidades también, los techos de los lavaderos se han diseñado para que drenen hacia el tanque de almacenamiento, aprovechando el agua de lluvia para el lavado de ropa y utensilios de cocina, mientras que el agua del manantial o el pozo, será preferiblemente utilizada para consumo humano.

Finalmente y por tradición, el abastecimiento del agua de lluvia, todavía es importante en Guatemala, estando presente en lugares remotos o aislados así como en comunidades rurales, viviendas alejadas o fincas.

El agua de lluvia se recolecta tradicionalmente desde los techos, almacenándose usualmente en botes o toneles metálicos. En realidad, se puede almacenar en cualquier depósito impermeable diseñado para el efecto. El agua de lluvia empleada para el consumo humano depende de la forma de recolección, pues a veces llega muy contaminada debido a la materia contenida en la superficie de recolección, y también depende de la calidad del

agua. Puede ser que en las grandes ciudades la lluvia ya sea ácida, perjudicando al individuo que la consume.

#### 1.4.4 El agua en la atmósfera

La necesidad de abastecimiento de agua es tan grande, que el hombre debe ser igualmente creativo para su obtención.

En muchas comunidades, que por la altura en la que se encuentran es difícil la obtención de agua, se ha ensayado con pantallas, vallas o barreras, perpendiculares a la dirección del viento; esto permite la condensación del agua en las mismas y la recolección por gravedad en la parte inferior de la pantalla o valla.

Este tipo de suministro de agua se recomienda para comunidades pobres del altiplano, después de haber agotado todos los recursos y maneras de abastecimiento. La cantidad suministrada es poca y su construcción dependerá de cuán difícil sea la situación de la comunidad considerada.

## CAPÍTULO 2

### ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Un proyecto de agua potable está constituido por varios elementos, pero siempre es interesante conocer los límites del área tributaria que aportará el agua que la comunidad desea captar y trasladar. Este concepto se denomina, según sea el tipo de fuente, cuenca acuífera, área de captación o área de escurrimiento. Si el proyecto consiste en la captación y almacenamiento de agua superficial, entonces se debe contar también con un embalse. La figura 2-1 ilustra lo descrito anteriormente.

En la práctica, los proyectos que más demandan las comunidades se relacionan con la necesidad de conducir el agua desde un manantial. Para resolver esta problemática, es necesario el planteamiento de un proyecto de construcción de obras para el abastecimiento de agua potable.

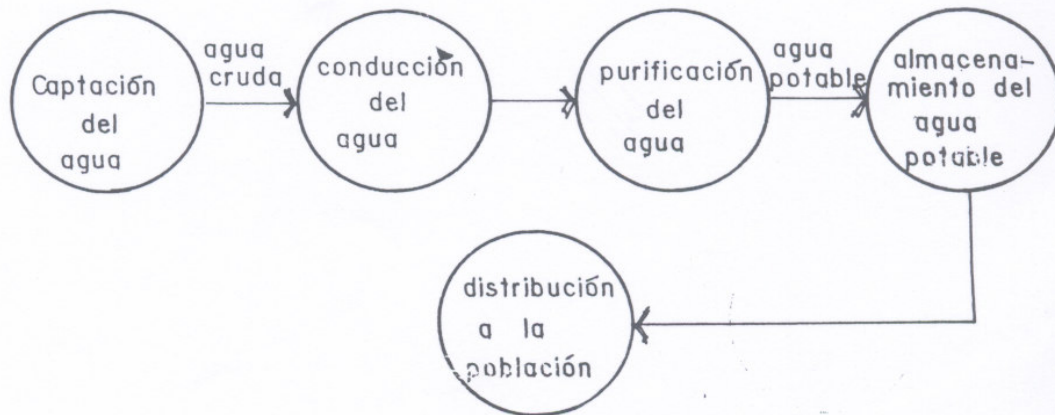
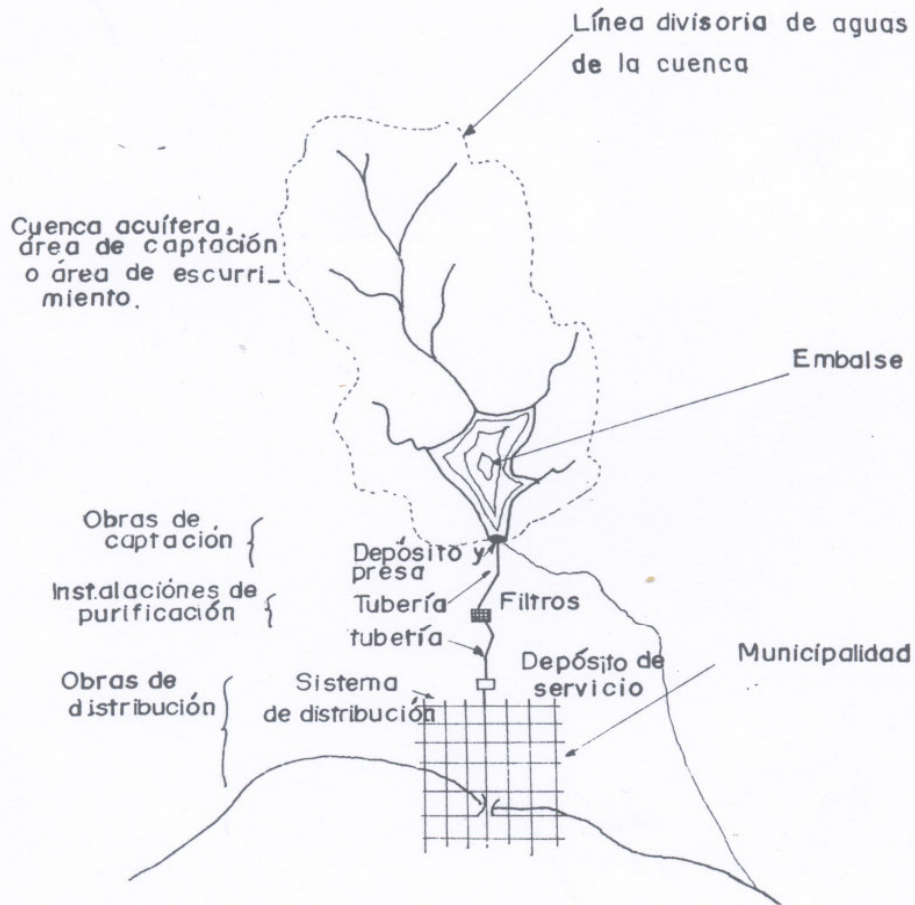
El esquema funcional (ver la figura 2-1) de este tipo de proyectos es bastante lógico y es el siguiente: Primero hay que captar la mayor cantidad de agua de la fuente de abastecimiento, luego hay que conducir eficientemente este líquido hasta la comunidad. Según sea el caso y las condiciones físicas y químicas del agua, ésta se debe purificar para posteriormente distribuirla en la población. En resumen, el proyecto de abastecimiento de agua potable para una comunidad consta de obras de captación, conducción, purificación, almacenamiento y distribución. En adelante, se verán todas y cada una de estas obras.

#### 2.1 Obras de captación

Este tipo de obras debe hacerse para captar el agua suministrada por una fuente, básicamente, un manantial o nacimiento de agua. El objetivo de estas obras es, como su nombre lo indica, captar la mayor cantidad posible de agua producida por la fuente, hasta satisfacer la demanda requerida por la comunidad. Es importante considerar la cantidad de agua requerida por la población (más detalles en el capítulo 4), debido a que puede suceder que la cantidad producida por la fuente sea mayor que la demandada por la comunidad, incluso en el futuro. En este caso, el objetivo de la captación debe

FIGURA 2 - 1  
ESQUEMA FUNCIONAL PARA OBRAS  
DE AGUA POTABLE

19



ser capturar la cantidad necesaria de agua para la satisfacción de las necesidades dentro del periodo indicado, permitiendo que el excedente circule libremente. Por citar un ejemplo, el caudal producido por el nacimiento del río San Juan, en Aguacatán, Huehuetenango, sirve de fuente para alrededor de 20 o 30 comunidades. Es obvio que el objetivo de cada una de las captaciones no era captar la totalidad del caudal, debido a que eso en la práctica implicaría la construcción de proyectos caros y poco funcionales, puesto que la población estaría trasladando agua a su comunidad, únicamente para derramarla. Esto, a todas luces sería un proyecto antitécnico y, además, tendría un impacto social y ambiental negativo.

La mayoría de veces sucede lo contrario; es decir, el caso más usual es que el agua producida por el manantial o nacimiento, no alcanza a satisfacer la demanda de la población. Entonces, debido a que ésta es una condición crítica, se debe ser capaz de captar o capturar la mayor cantidad posible de agua, evitando en lo posible que haya fugas, derrames, filtraciones y en general, cualquier situación que baje la cantidad disponible de agua.

Debido a que los manantiales pueden ser de brote definido o bien, de brote difuso, así también, variarán las obras necesarias para su captación.

### 2.1.1 Captación de manantial de brote definido

El manantial de brote definido se produce cuando el terreno corta el manto acuífero. Por lo tanto, usualmente se localizan en zonas quebradas. Las obras de captación constan de una zona de filtración, una caja recolectora de caudales, caja de válvulas diversas y obras de protección. La figura 2-2 muestra un esquema de una captación típica. La figura 2-3 muestra la sección longitudinal de la misma captación. En adelante, se describen los elementos constitutivos de dicha captación.

#### 2.1.1.1 Zona de filtración

Al iniciar los trabajos de captación, lo primero que se hace, como en todos los proyectos, es limpiar y chapear la zona de trabajo. Hay que eliminar toda materia orgánica e inorgánica que estropee el trabajo. Hecho esto, se define con mayor claridad el punto o zona de donde brota el agua. Es necesario, dar a la zona que se ha cortado, la estabilidad necesaria para

FIGURA 2 - 2  
CAPTACIÓN DE MANANTIALES DE  
BROTE DEFINIDO - PLANTA

21

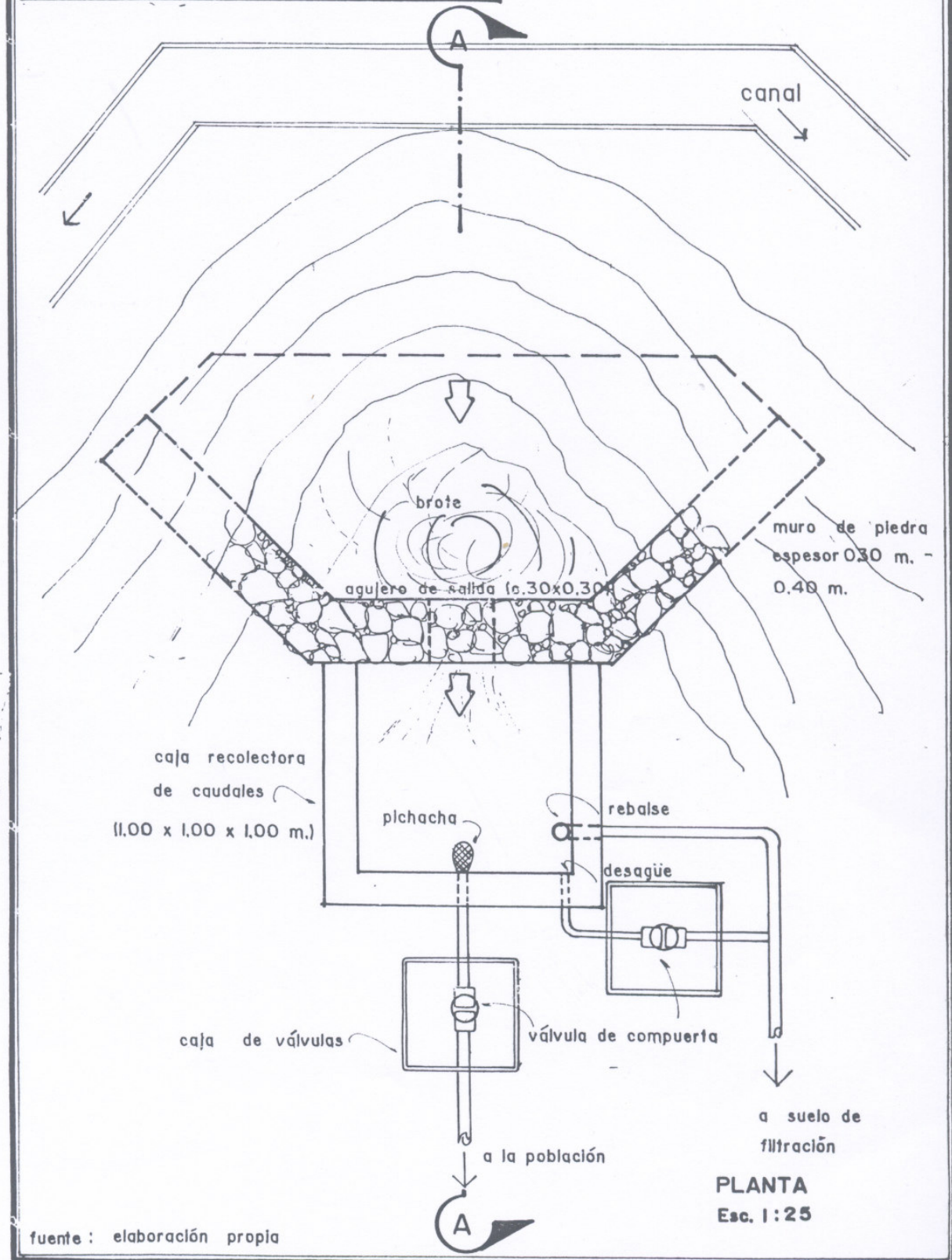
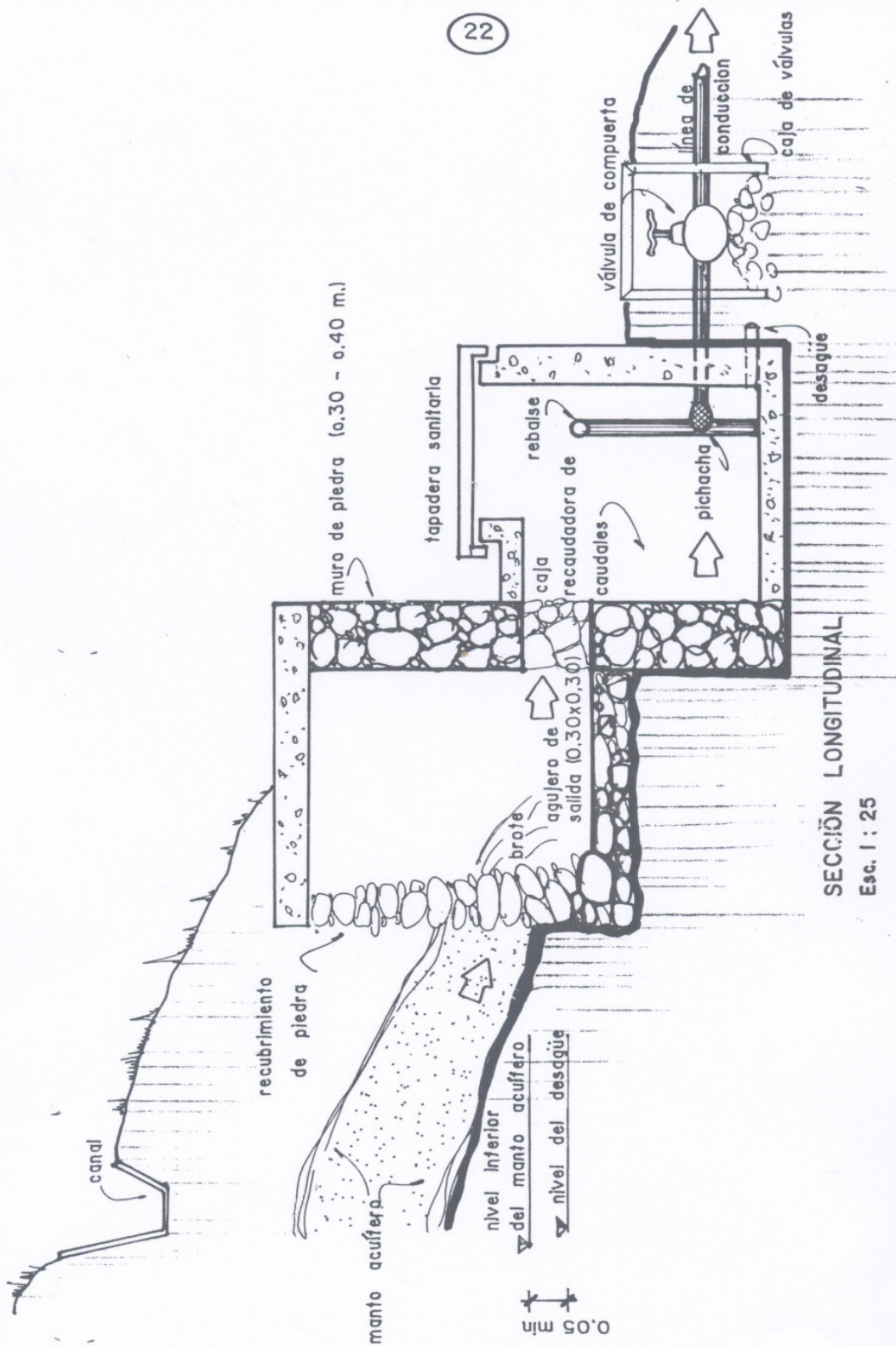


FIGURA 2 - 3  
CAPTACIÓN DE MANANTIALES DE  
BROTE DEFINIDO - SECCIÓN



SECCIÓN LONGITUDINAL  
Esc. 1 : 25

Fuente : elaboración propia



posteriormente evitar derrumbes y el colapso de la fuente. Para esto, se construye una pared con piedras grandes, que debe ser, además, la zona de filtración del manto acuífero hacia las obras de captación. En esta zona, lo más importante es que debe dejarse correr libremente a través de los espacios, el agua del manantial, por lo tanto no deben ligarse las piedras. La zona de filtración debe abarcar toda el área por donde brota agua. Debe estar protegida de la intemperie por medio de una tapadera fija (no se considera registro en esta sección debido a que el mantenimiento no se hace en esta zona) y ser capaz de conducir el agua filtrada hacia la caja recolectora de caudales.

Para evitar que algún pequeño brote de agua se escape, se construye un muro de piedra en forma de embudo que actúa como tal, conduciendo el agua recolectada hacia la caja recolectora, vertiéndola en ésta, a través de un agujero de salida. La zona de filtración debe quedar totalmente protegida de cualquier invasión exterior. El manantial no debe ser contaminado con basura de cualquier tipo.

#### 2.1.1.2 Caja recolectora de caudales

Tiene como finalidad recibir y unir toda la cantidad de agua captada en todos los brotes por medio de la zona de filtración.

El agua es conducida desde la zona de filtración hacia ella, a través de un agujero de salida. Usualmente es suficiente con construirla de 1.00m \* 1.00 m, pero la magnitud o tamaño de la zona de trabajo determinará sus dimensiones finales.

La caja recolectora de caudales debe contar en su interior con una pichacha, ubicada en el extremo inicial de la tubería que conducirá el agua a la población. Esta pichacha sirve para evitar que pequeñas partículas suspendidas en el agua sean transportadas en la tubería de conducción. Además, debe estar a una altura del suelo, no menor de 0.10m; esto con la finalidad de permitir la sedimentación de partículas contenidas en el agua.

El extremo inferior debe contar con una salida de desagüe, operada por una válvula de compuerta ubicada ésta en su respectiva caja. El desagüe sirve para vaciar la caja recolectora y poder darle su mantenimiento periódico.

Debe también contar la caja recolectora con un rebalse, cuyo objetivo es impedir que el nivel del agua se eleve más que el nivel del brote del manantial. Esto es de vital importancia, debido a que si, por error, descuido o negligencia se permite que el nivel del agua recolectada sea mayor que el nivel del brote del manantial, se ejercerá una presión sobre éste y se corre el riesgo de que el flujo del agua cambie de sentido, dirigiéndose subterráneamente hacia otro lugar y el manantial se pierda para siempre. El agua del manantial, durante todos los trabajos, debe fluir libremente. El nivel del rebalse de la caja recolectora de caudales debe estar como mínimo a 0.10 m por debajo del punto más bajo del manantial. Jamás el agua que recolectamos debe superar este nivel.

Muchas veces y aunque parezca mentira, el rebalse es conectado al desagüe antes de la ubicación de la válvula. Tremendo error, pues esto obviamente impedirá el trabajo del rebalse. Este procedimiento jamás deberá permitirse, pues, como se indicó, puede ocasionar la pérdida del manantial. Lo correcto es conectar la tubería del rebalse posterior a la ubicación de la válvula de desagüe.

Los muros de la caja recolectora de caudales, usualmente se construyen de mampostería (piedra, unida o ligada con sabieta). Las paredes de la caja deben ser totalmente herméticas. No se debe permitir ni la salida del agua recolectada, ni el ingreso del agua exterior producida por la precipitación o escorrentía.

La caja recolectora de caudales cuenta con una tapadera de registro, misma que servirá para el mantenimiento del sistema. Esta tapadera debe permitir el ingreso de una persona y la manipulación por parte de ésta de herramientas de trabajo. Se recomienda una medida mínima de 0.60 m \* 0.60 m. La tapadera debe ser sanitaria, esto quiere decir, que ha de impedir el acceso del agua de lluvia y escorrentía al interior de la caja recolectora.

#### 2.1.1.3 Caja de válvulas

De la caja recolectora de caudales salen tres tuberías: la tubería de conducción, el desagüe y el rebalse. Las dos primeras deben contar con válvulas que permitan el mantenimiento del sistema o la atención inmediata de una emergencia.

La válvula de la tubería de conducción y la válvula de la tubería de desagüe deben ser distintas, es decir, los elementos deben trabajar por separado. Además, usualmente, los diámetros de ambas son distintos.

Cada una de las válvulas debe estar protegida de la intemperie, por medio de cajas que la resguarden y además impidan el libre acceso a ellas por parte de personas mal intencionadas. El piso de las cajas debe estar hecho con grava, arena, o cualquier material filtrante, de tal manera que se permita la filtración del agua que cae en la caja hacia el suelo. No debe ser de concreto porque entonces el agua se acumularía hasta el nivel superior de la misma y la válvula quedaría sumergida, dañándose.

Debido a que se requiere la mayor facilidad para el flujo del agua, se recomienda utilizar válvulas de compuerta.

#### 2.1.1.4 Obras de protección

Debido a la importancia del proyecto, es necesario protegerlo de los posibles daños producidos intencionalmente o accidentalmente. Los daños pueden ser producidos por el hombre, los animales o el ambiente.

Para evitar el ingreso de animales o personas no gratas, es necesario cercar el sitio de ubicación de las obras de captación.

En algunos casos, se recomienda identificar el proyecto con el nombre de la comunidad. Esto es adecuado cuando se solicita financiamiento externo debido a que facilita la labor de identificación. De igual manera, esto facilitará la labor del supervisor de campo, puesto que evitará la confusión con otros posibles proyectos. Si no se desea identificar el proyecto con el nombre de la comunidad, entonces se recomienda la identificación por medio de alguna clave, que pueden ser iniciales, fechas, etc.

Debe evitarse que el agua se contamine con heces fecales de animales de granja o salvajes. De igual forma, debe evitarse el contacto de hojas, ramas, lodo, cadáveres de animales, etc. Para esto es necesario construir un canal de desvío en la parte superior del manantial. Esto permitirá que la corriente sea alejada del agua recolectada en la fuente.

### 2.1.2 Captación de manantial de brote difuso

Debido a que la característica que identifica al manantial de brote difuso es que no se logra identificar claramente el lugar por donde emana el agua, sino que es una zona amplia indefinida, una superficie, entonces el trabajo de recolección se realiza a través de la construcción en esa zona de galerías de infiltración. En la figura 2-4 se observa una captación típica de brote difuso.

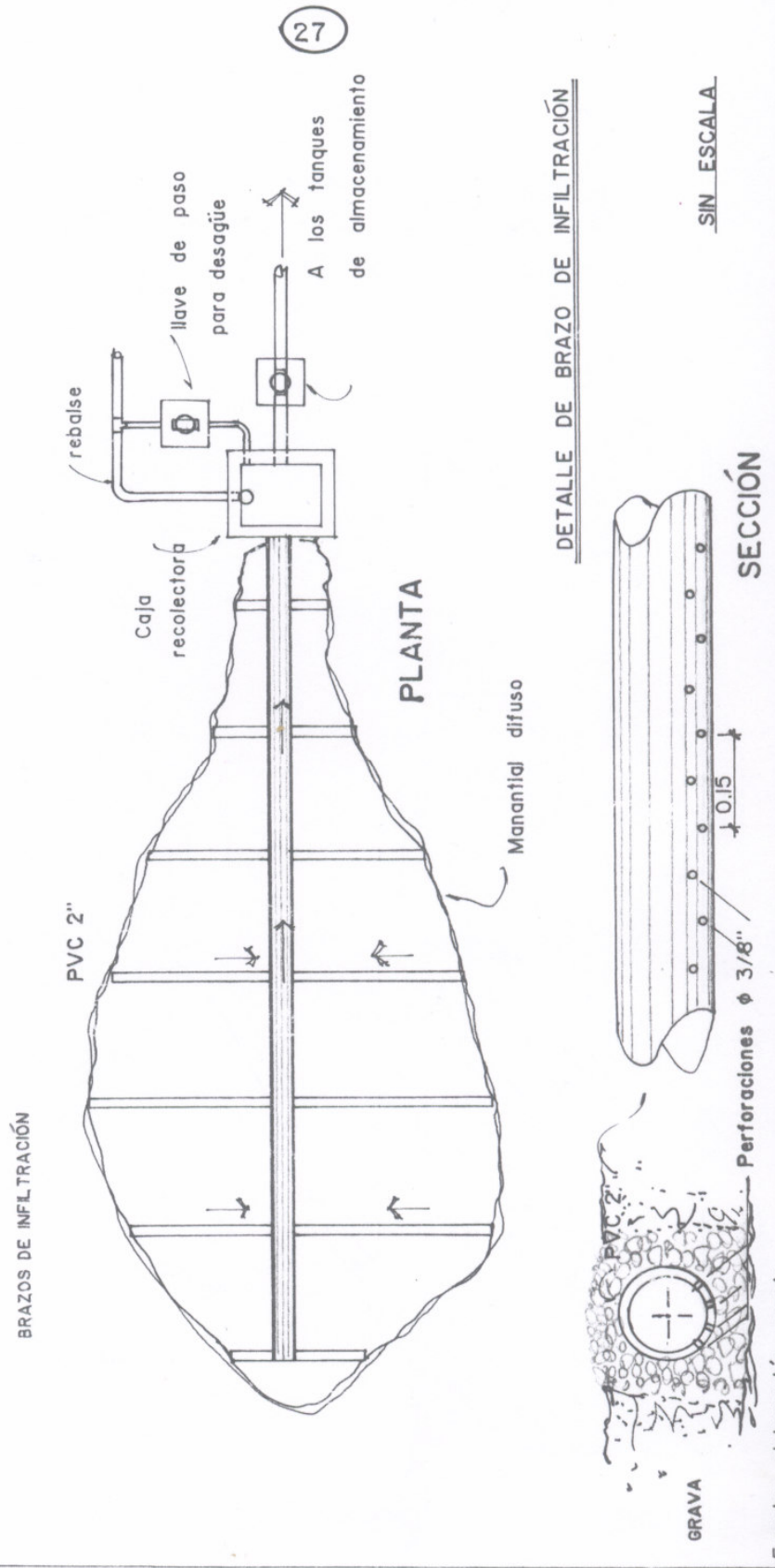
Las partes que constituyen una obra de este tipo son: zona de infiltración, caja recolectora, caja de válvulas y obras de protección. Los últimos tres elementos son exactamente iguales que la captación de manantial de brote definido, por lo que en este inciso, se omitirán. Lo que diferencia ambos tipos de captación, es la forma en que se capta. Se describe entonces a continuación.

#### 2.1.2.1 Zona de infiltración

Lo primero que hay que hacer es limpiar el sitio, para poder determinar el tamaño y la forma de la superficie por donde brota el agua. No se presenta una forma definida. La naturaleza del proyecto lo determina, pero en la mayoría de casos no sigue patrón geométrico alguno. La zona de infiltración debe tener la forma de la superficie del manto difuso. Se debe acoplar a esta forma, debido a que el objetivo es captar la mayor cantidad de agua posible.

La captación se hace a través de la infiltración del agua en tubos perforados para el efecto. La tubería se dispone en una forma ramificada; es decir, una tubería central, conectada a tuberías menores que son las que conducen el agua desde donde se produce. La tubería de las ramificaciones o brazo de infiltración, se debe perforar por la parte inferior. Esto permitirá que el agua ingrese a través de estos agujeros y sea conducida a la tubería central. Todos los agujeros deben ubicarse en la parte inferior de la tubería y no en la superior, debido a que, si así se hiciera, se correría el riesgo de que se obstruyan los mismos debido a basura transportada por el viento, el agua y también a la sedimentación. También deben protegerse, colocando grava a su alrededor (ver figura 2-4). Usualmente, el brazo de infiltración es una tubería de P.V.C. diámetro 2". Los brazos de infiltración deben seguir la forma de la zona de infiltración y se deben colocar tantos como sea posible. Todos los brazos conectan con la tubería central y ésta conduce al agua hasta la caja

FIGURA 2 - 4  
CAPTACION DE MANANTIAL DIFUSO,  
GALERÍAS DE INFILTRACION



recolectora de caudales. De igual manera, se deben construir tantas galerías de infiltración como la situación y forma del manantial difuso lo demanden y la situación financiera y legal lo permitan.

### 2.1.3 Captación de ríos y lagos

Este tipo de captación es bastante especial y menos usual que los anteriores, pues requiere condiciones de ubicación que relacionen o vinculen directamente al cuerpo de agua con la comunidad.

#### 2.1.3.1 Captación de ríos

Debido a que en la mayoría de los casos los ríos ya están contaminados, usualmente este tipo de captación es utilizado y preferido por la industria y también en el caso de proyectos de riego. Este es el caso, por ejemplo, del río Motagua, el río Nahualate, etc.

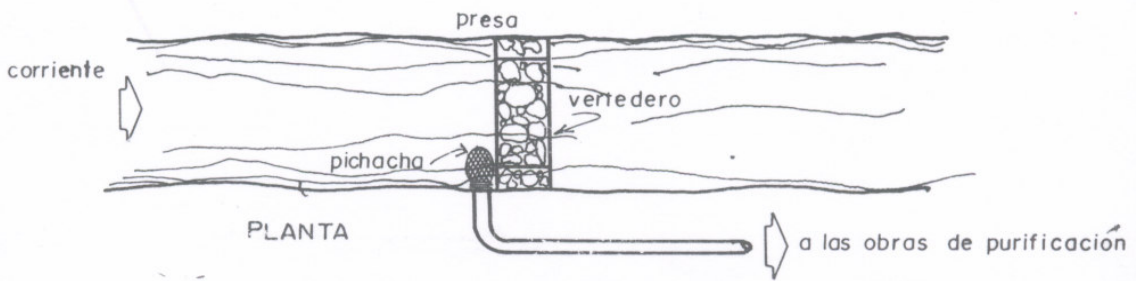
El sistema de captación se basa en la construcción de una presa (ver figura 2-5), que tiene como objetivo generar cierto volumen de almacenamiento en un embalse. Por la parte superior del muro o presa, se permite drenar el agua, a través de un vertedero. El sistema recolector inicia con la colocación de una pichacha en el embalse, que debe estar colocada no sobre el suelo, sino a cierta altura (aproximadamente 0.50 m es suficiente) para evitar que la sedimentación la dañe.

Dependiendo de los usos que se le quiera dar al agua luego de ser captada, deberá ser conducida hasta las obras de purificación. También es recomendable, si se desea proteger aún más la pichacha, la construcción de un sistema de rejillas, que impedirá que cualquier tipo de basura, sea succionado y arrastrado hasta la misma. Este sistema es utilizado también para proteger el ingreso dentro de la tubería de objetos extraños. Puede utilizarse un sistema de rejillas de dos o tres pantallas. Cada pantalla, conforme se aproxime a la pichacha, tendrá menos abertura. Esto permitirá que la basura de mayor tamaño (botes, ropa, pedazos de madera, etc.) sea detenida en la primera pantalla, la más externa. Este procedimiento se conoce con el nombre de cribado y también se utiliza en el proceso de purificación, tal como se verá más adelante.

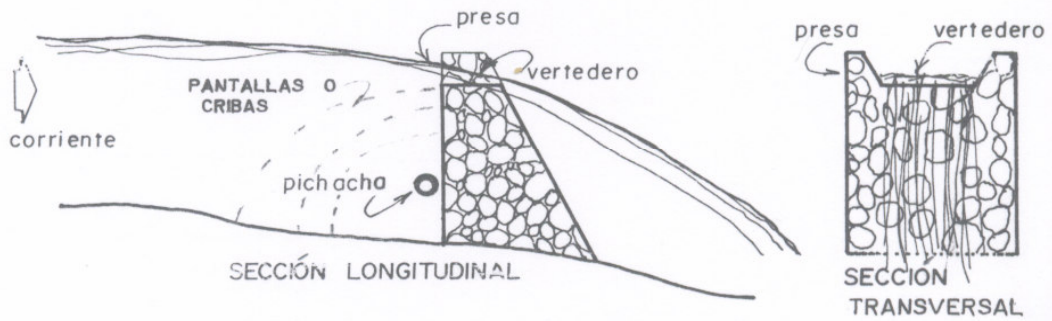
Otra posibilidad es que en lugar de ubicar la pichacha en la parte posterior de la presa, como en el caso anterior, se ubique en la parte inferior del vertedero (ver figura 2-5) en una caja o canal especialmente construido

FIGURA 2 - 5  
CAPTACIÓN DE RÍOS

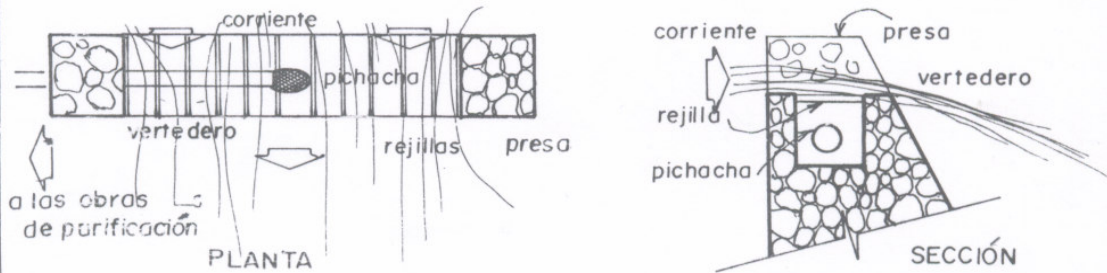
29



sin escala



sin escala



sin escala

para este propósito. En este caso, la protección del punto inicial de recolección recae en el muro mismo, debido a que la basura de gran tamaño chocará contra éste, mientras que los elementos extraños, pequeños y que pueden flotar, pasarán por el vertedero. La tubería de recolección se coloca en la caja o canal y se protege mediante la colocación de una rejilla, que permita ingresar el agua, pero no los elementos extraños. Las rejillas siempre deben estar orientadas en el sentido del flujo.

#### 2.1.3.2 Captación de lagos

Las comunidades de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y algunas otras alrededor del lago de Atitlán, toman agua de dicho lago. En este caso, el nivel de las aguas es inferior al nivel de la población a servir, por lo tanto se requiere de un sistema de bombeo; precisamente ese es el mayor problema, debido a que las municipalidades del lugar invierten aproximadamente el 50% de la asignación presupuestaria a cubrir este rubro. En la actualidad, por ejemplo, comunidades como San Antonio Palopó y Panajachel, ya cuentan con servicio de agua por gravedad. Así también, San Lucas Tolimán construye en la actualidad un sistema de conducción de agua por gravedad, de aproximadamente 30 Km.

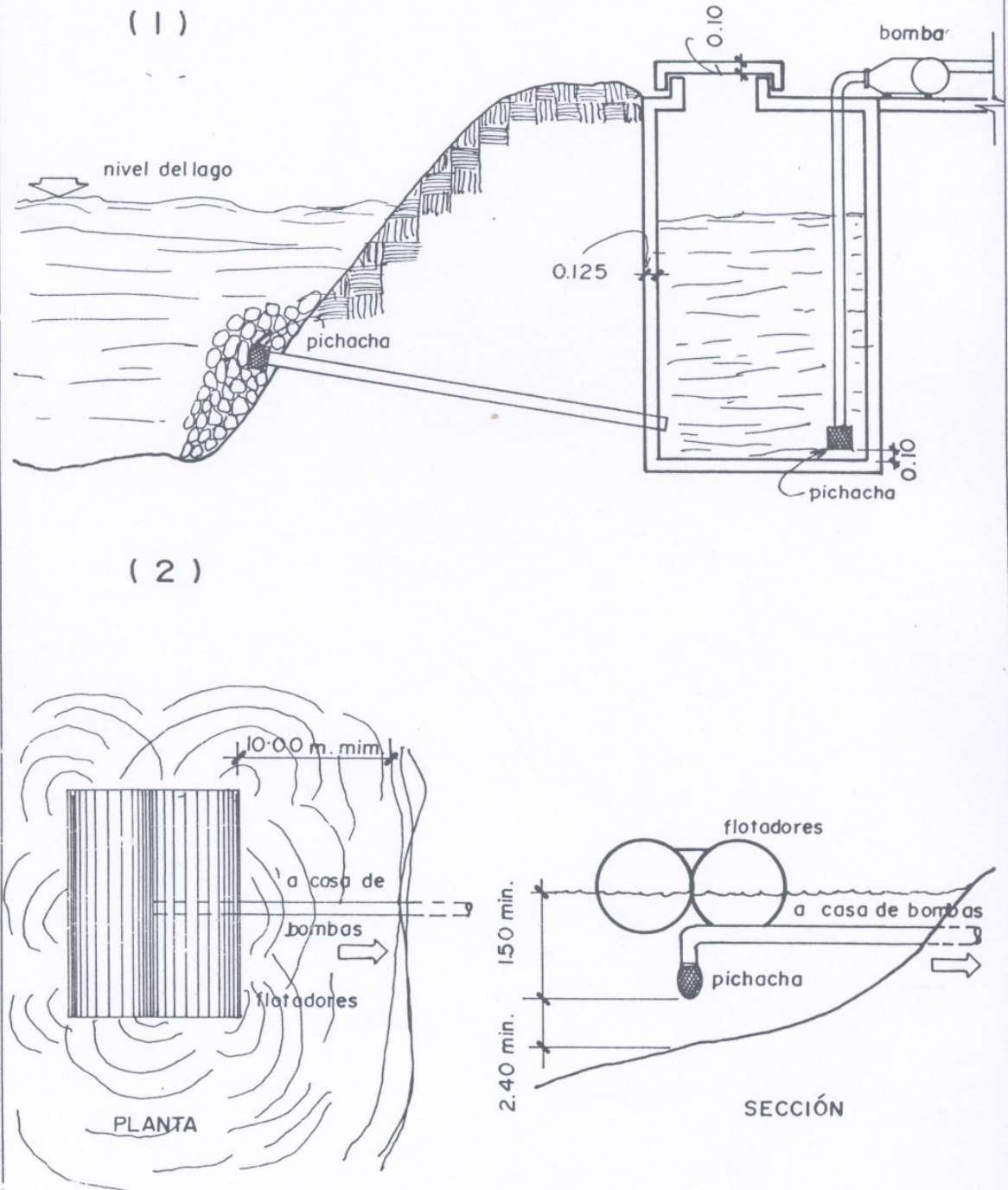
No obstante, y en ciertos casos, es necesaria la captación desde un lago. Para eso se construye un sistema que inicia con una pichacha (ver figura 2-6) ubicada como mínimo a 10.00 m de la orilla de la playa. Si se puede, mayor distancia será mejor. Esta pichacha debe estar colocada sobre unos flotadores. Esto se hace con la finalidad de que al subir o bajar el nivel del lago, la pichacha siempre esté sumergida en el agua y garantice no solo el abastecimiento, sino la vida de las bombas. Aunque parezca mentira, este pequeño concepto no es empleado por algunas municipalidades que dejan fija la captación y al cambiar el nivel del lago, se funden las bombas. Esto es a todas luces perjudicial, pues se suspende el suministro de agua y se deben reparar las bombas. La pichacha debe estar conectada con una tubería que conduce el agua hasta la casa de bombas, y ésta debe estar construida en un nivel superior a la crecida máxima del lago. La pichacha debe estar colocada a una profundidad mínima de 1.50 m y a una altura mayor de 2.40 m del nivel del suelo del lago. Esto para evitar que sean succionadas las algas. De igual



FIGURA 2 - 6

## CAPTACIÓN DE LAGOS

31



manera que en el caso anterior, todo el sistema puede protegerse con elementos de rejillas en varios niveles (cribas).

El lago de Atitlán, debido a su origen volcánico, registra ciclos de marcado cambio de nivel (de aproximadamente 50 años). Hoy se pueden observar varios cultivos en terrenos que antes estaban inmersos en el lago.

Este sistema se limita a condiciones extremas, debido a que se requiere de energía para que funcionen las bombas. Esta energía en la actualidad se obtiene básicamente de dos fuentes: energía eléctrica y energía de combustión (diesel o gasolina). Además, en el caso del lago de Atitlán, las aguas están ya contaminadas con heces fecales y basura por lo que el suministro de agua por este método es, además de caro, peligroso, pues se conduce agua contaminada.

## 2.2 Elementos de la conducción

Luego de que se ha captado el agua, por cualquiera de los medios anteriormente descritos, es necesario el traslado del líquido hasta el área de almacenamiento para su posterior distribución.

En el trayecto, dependiendo de la ubicación, tipo de fuente, altura, topografía, etc., se pueden necesitar elementos adicionales a la tubería. Elementos que mejoran o permiten el funcionamiento adecuado de todo el sistema. Es necesario aclarar que la mayoría de elementos funcionales en la tubería de conducción, también pueden ser encontrados en la tubería de distribución sin distinción alguna más que su ubicación en el sistema. Por lo tanto, lo que se indique en este inciso para elementos comunes es válido para ambas tuberías.

En adelante, se describen los elementos de la conducción. En la gráfica 2-7 se ilustran algunos elementos de la tubería de conducción.

### 2.2.1 Tubería de conducción

Hay que estar claros que la tubería de conducción y la tubería de distribución son totalmente distintas, pero muchos profesionales las confunden. El objetivo de la tubería de conducción es transportar el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento. Mientras que la tubería de

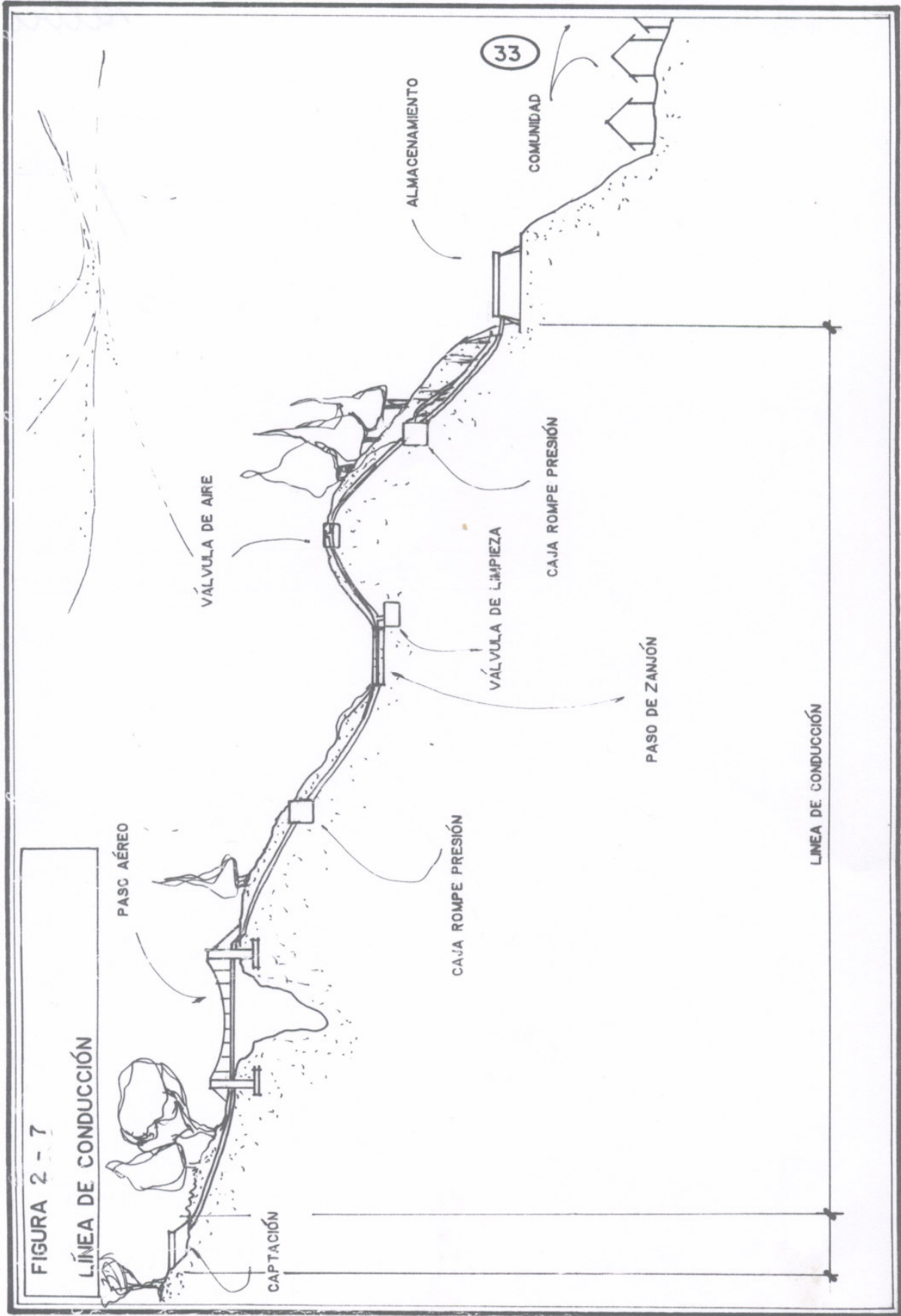


FIGURA 2 - 7  
LÍNEA DE CONDUCCIÓN

distribución, transporta agua desde el tanque de almacenamiento a las viviendas de la comunidad beneficiada.

Los materiales más utilizados en Guatemala para la construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable son: tubería de cloruro de polivinilo (plástica, mejor conocida por las siglas P.V.C.) y la tubería de hierro galvanizado, identificada usualmente por las siglas H.G. También es utilizada, pero en menor escala, la tubería de hierro fundido.

La tubería P.V.C. tiene varias ventajas, entre ellas: es liviana, es distribuida en toda la república, es de fácil manipuleo, su transporte es sencillo, juntas fáciles de construcción, es una tubería muy conocida y estudiada, es altamente flexible, se cuenta con variedad de accesorios, etc. Esta tubería, se utiliza en presiones relativamente bajas e intermedias. Además, es necesario enterrar esta tubería para evitar algún accidente o sabotaje al sistema. No debe ser expuesta a la luz del sol de manera directa, pues se cristaliza y por lo tanto es susceptible de romperse súbitamente.

La tubería H.G. por otra parte, se utiliza en donde no se recomienda el uso de tubería de plástico o P.V.C. Tiene propiedades y características totalmente distintas a las presentadas por la tubería de plástico. Por ejemplo, el H.G. es una tubería más pesada, de juntas roscadas, su manipuleo es discreto, es muy dificultoso su transporte y más aún, su acarreo hasta la zona de trabajo puede ser bastante difícil, sabiendo además, que es una tubería más cara. Se utiliza en situaciones como cuando en la ruta de conducción se localiza alguna roca o manto rocoso, es decir, se utiliza cuando la excavación es altamente dificultosa. Además, el H.G. se utiliza cuando por alguna razón, la tubería debe quedar expuesta a la intemperie. Debido a que sus paredes son de hierro galvanizado, soporta mayores presiones que la tubería de P.V.C. Por lo tanto, se utiliza en aquellas partes del sistema en que la presión del agua excede la capacidad de la tubería de P.V.C.

La utilización de la tubería de H.G. queda a criterio del diseñador, considerando que el uso desmedido de este tipo de tubería encarece grandemente cualquier proyecto.

### 2.2.2 Pasos aéreos

Los pasos aéreos son estructuras que permiten que la tubería cruce de un extremo de una hondonada, quebrada o barranco, al otro extremo. Son

necesarios debido a que muchas veces la tubería no puede colocarse en uno o ambos extremos del accidente topográfico. Además, muchas veces, el hacer esto es altamente peligroso, dependiendo del trazo del estudio.

Desde el punto de vista hidráulica, no es conveniente estar subiendo y bajando repetidamente la tubería, debido a que esto conlleva un incremento en la longitud de la misma, un paso por más accesorios y por consiguiente una mayor pérdida de energía, que posteriormente podría impedir el ascenso del agua por el otro extremo.

En el diseño inicial, es pertinente evitar cambios bruscos en la dirección del flujo del agua, de manera vertical como horizontal. Para cumplir con esta recomendación, se utilizan los pasos aéreos.

Un paso aéreo tradicional consta de los siguientes elementos: columnas (con sus respectivas zapatas), cable principal acerado, Tubería H. G., cargadores verticales y una estructura de anclaje. En la figura 2-8 se muestra un esquema de un paso aéreo típico de 20 m de luz.

Las columnas son las tradicionales, normales. Se recomienda que se construyan con concreto armado, asentadas en zapatas de concreto igualmente reforzadas. La cantidad del refuerzo y las dimensiones finales las determinará el diseño estructural de la misma. La parte inferior de la columna está enterrada en el suelo, para evitar traslación y volteo. Por la parte intermedia, y levemente sobre el suelo, atraviesa por la columna, el tubo H.G. Finalmente, en la parte superior, se deja una muesca, o bien una manga de tubería a través de la cual pueda pasar el cable que sostendrá la tubería principal. Importante es saber que el cable debe girar o circular libremente a través de la columna para generar en ésta, únicamente fuerzas verticales y evitar el volteo. Fundir el cable monolíticamente con la columna es un grave error.

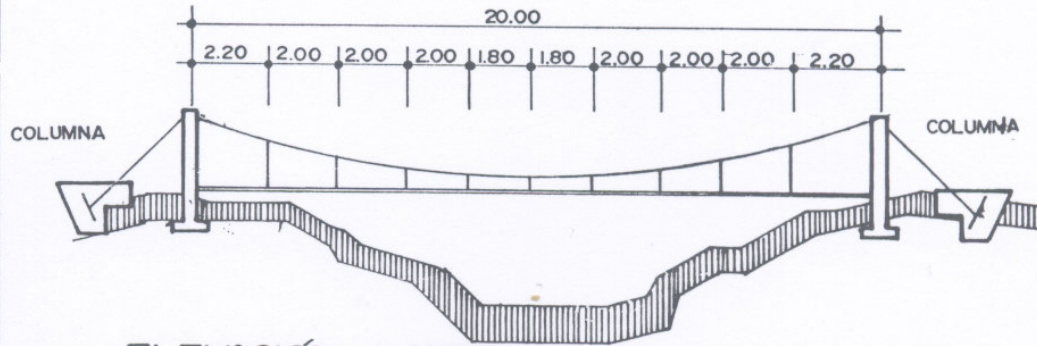
El cable principal debe ser acerado, entorchado y suficientemente flexible y resistente. Tiene la función de recoger desde los cargadores verticales, el peso de la tubería, y transmitirla a ambas columnas y a los elementos de anclaje mayor. Dependiendo de la longitud y el diámetro de la tubería, así será la sección del cable principal.

La tubería H.G. ya fue descrita en incisos anteriores. Vale recordar que se utiliza este tipo de tubería por varias razones, entre ellas: cuando no se

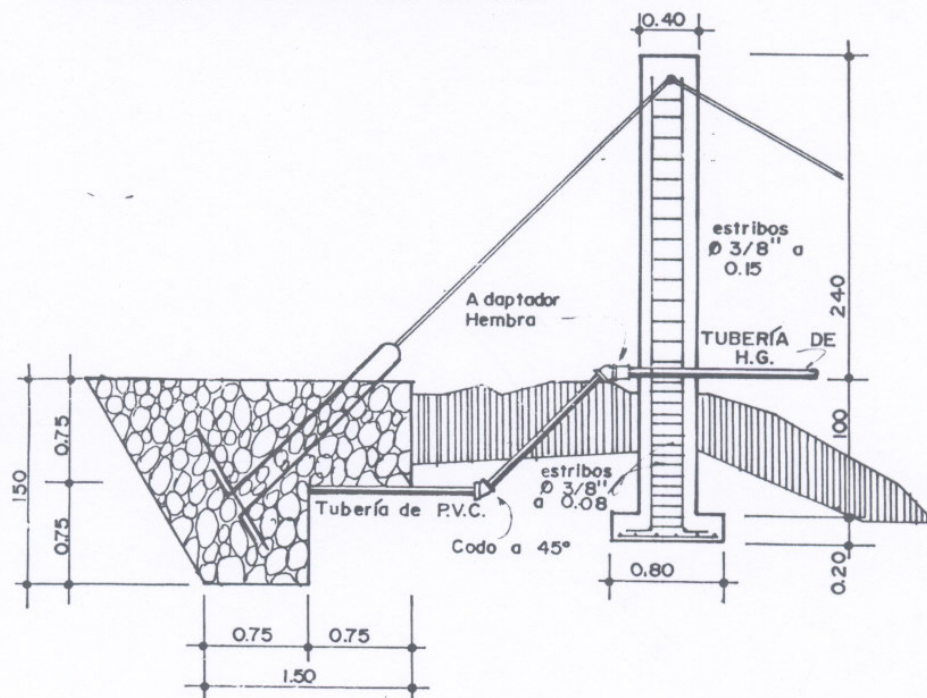
FIGURA 2 - 8

36

PASO AÉREO

ELEVACIÓN LATERAL  
PASOAÉREO 20.00mts. de Luz

ESCALA 1:200

ELEVACIÓN  
Anclaje para paso aéreo

ESCALA 1:50

debe dejar expuesta la tubería principal de P.V.C., cuando no se puede excavar, cuando la presión es muy grande o no la resiste la tubería de P.V.C. y finalmente, cuando hay un paso aéreo (puesto que es tubería expuesta a la intemperie). La utilización de tubería H.G. representa un fuerte renglón de los costos de un proyecto de construcción de agua potable, por lo que debe ser razonablemente especificada y utilizada en el proceso de construcción. Es necesario considerar que en el proceso constructivo de los pasos aéreos, la tubería de H.G. se convierte en un serio peligro, debido al enorme peso y dificultad de manipulación.

### 2.2.3 Pasos de zanjón

Se conoce con el nombre de “Pasos de zanjón” a todos aquellos puntos de la línea de conducción que debido a la topografía del terreno están ubicados en la parte más baja de dos tramos continuos.

Si debido al diseño se contempla que en determinado punto donde se ubica un zanjón para continuar la línea de conducción, no se construirá un paso aéreo, sino que la tubería inicialmente se bajará y posteriormente, se subirá por el otro extremo del zanjón, se debe proteger la tubería de P.V.C. ubicada en la parte inferior, debido a que pueden existir correntadas que la puedan destruir. Las obras así construidas se denominan “Paso de zanjón”. Por lo tanto, para atravesar un zanjón o quebrada con la tubería de la línea de conducción se construye un paso aéreo, o bien, un paso de zanjón. La construcción de este último es de lo más sencillo, pues se limita a proteger con concreto la tubería ubicada en la parte inferior. El objetivo es que cuando haya algún deslave, correntada o paso de animales, la tubería no sea dañada. En las figuras 2-9 y 2-10 puede apreciarse un esquema típico.

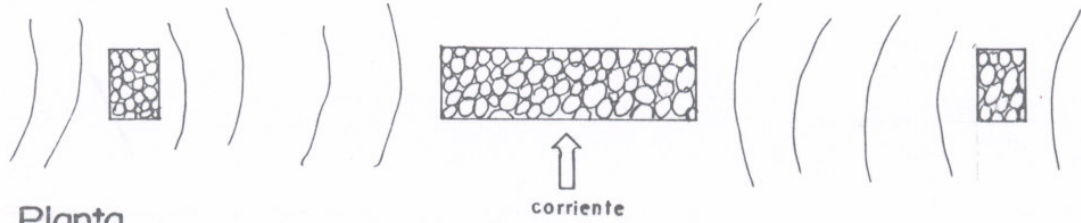
### 2.2.4 Válvulas de aire

La tubería de conducción en el momento de la construcción, obviamente no transporta agua, por lo que está llena de aire. En el momento inicial, cuando por primera vez se abre la válvula de compuerta de la captación, el agua comienza a ocupar el lugar del aire. Este, al ocupar menor volumen en la tubería, experimenta una mayor presión. Si el agua llegara a reducir el volumen del aire de tal forma que aumentara la presión de éste hasta tal punto

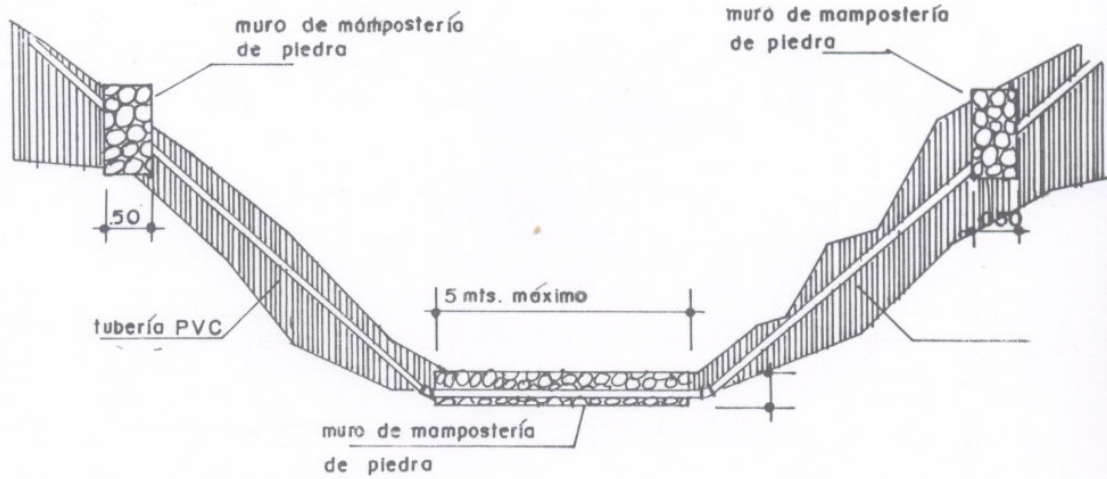
FIGURA 2 - 9

38

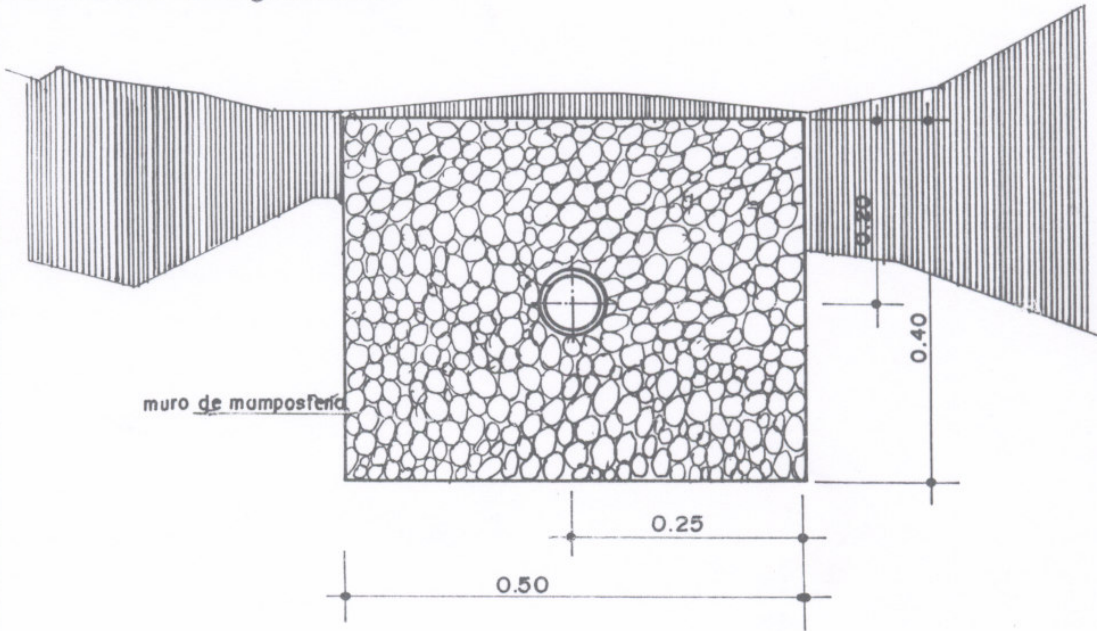
PASO DE ZANJONES



Planta



Sección Longitudinal

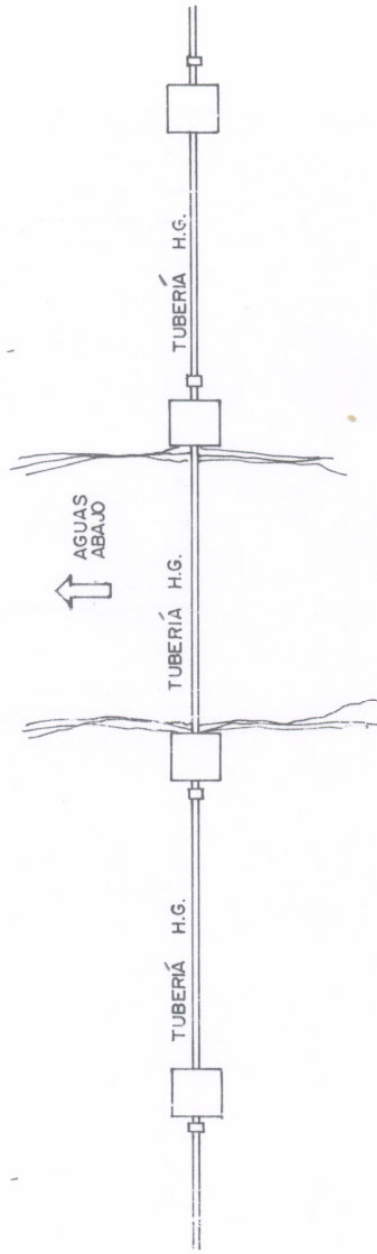


Sección Transversal



FIGURA 2 - 10

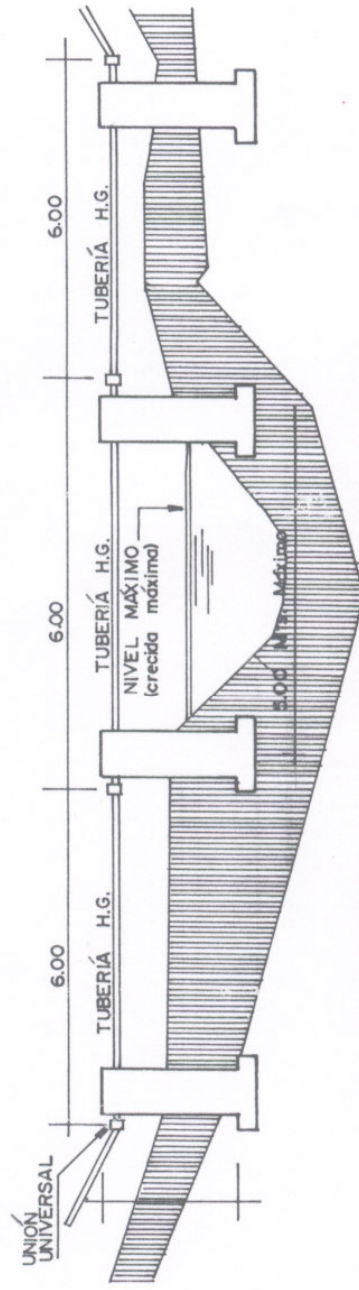
PASO DE ZANJONES



PLANTA

ESCALA 1:75

39



SECCIÓN LONGITUDINAL

ESCALA 1:75

que ésta igualara la presión del agua, entonces, en ese momento, se detendría la conducción del agua. Es decir, el agua no llega a su destino. Para evitar esto, es necesario evacuar todo el aire posible de la tubería. Para esto, en todos los puntos altos (o sea cuando la tubería experimenta un punto máximo cóncava hacia abajo), deben colocarse válvulas automáticas de aire.

La tubería también se llena de aire, pues el agua es conducida dentro de ella de una manera rápida, turbulenta. Esto ocasiona que el agua transporte constantemente pequeñas moléculas de cualquier sustancia, liberándolas debido al flujo en forma gaseosa.

Por lo tanto, si el aire dentro de la tubería no es evacuado, el sistema simplemente no funcionará.

Hay varios tipos de válvulas de aire, pero el mecanismo básico es usualmente el mismo. Tiene por objetivo dejar salir el aire, pero nunca el agua de la tubería. La mayoría de válvulas, funciona a base de un flotador (ver la figura 2-11); cuando hay aire en la tubería, el flotador abrirá la válvula, permitiendo la salida del aire. Cuando en la tubería hay agua, sube el flotador, cerrando automáticamente el paso de la válvula.

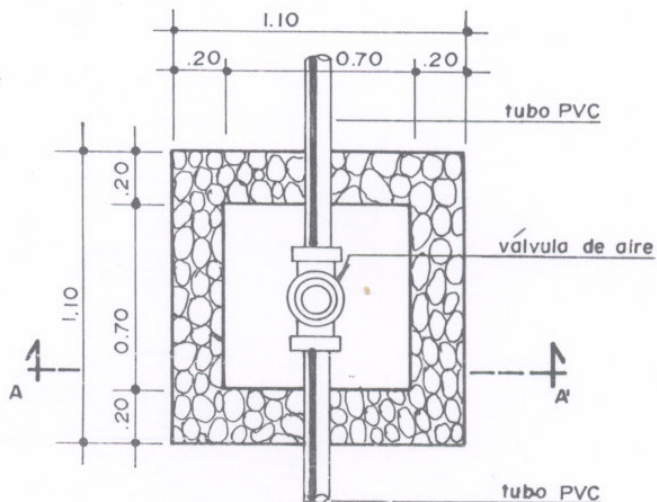
Los constructores empíricos, cuando el agua en un sistema no llega a su destino, dicen que "hay que pincharla", para que salga el aire. Tremendo error, pues junto con el aire, saldrá siempre un chorrillo de agua, haciendo ineficiente la conducción, perdiendo alguna cantidad de agua que costó trabajo y dinero recolectar. Lo correcto es especificar para estos puntos, válvulas de aire. Otro error que se comete, consiste en colocar una válvula de paso o compuerta en lugar de una válvula automática de aire. Tremendo error, pues ésta no se abrirá cuando haya aire en la tubería y cuando se abra, dejará salir también el agua, que no es el objetivo. Además, necesita de un operador y puede ser que el punto quede lejos de la comunidad. Hay que pensar también que un sistema de conducción tiene varias válvulas de aire por lo que un solo operador no podrá accionar el sistema. Un proyecto así estará a todas luces, mal construido.

Debido a que el objetivo es el escape de aire, una válvula para este fin, no debe ser tan grande. Usualmente se recomienda que el diámetro de la válvula sea como mínimo 1/8 del diámetro de la tubería de conducción en ese punto.

FIGURA 2 - II

CAJA DE VÁLVULA DE AIRE

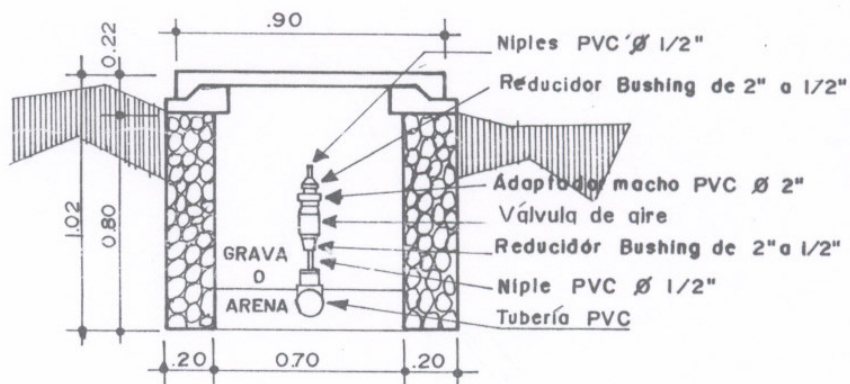
41



planta

Esc 1:25

VÁLVULA DE AIRE



Sección A-A'

Esc. 1:25

VÁLVULA DE AIRE

Por ejemplo, si la tubería de conducción es de 8 pulgadas, entonces, como mínimo, la válvula de aire deberá ser de 1 pulgada de diámetro.

Al igual que todas las válvulas del sistema, ésta debe estar ubicada dentro de una caja de protección, y debe tener en la parte inferior grava, para permitir la filtración del agua al suelo.

Muchos diseñadores recomiendan la colocación de válvulas de aire en función de la distancia. Esto no es cierto, es más eficiente la conducción si se especifica válvula de aire en todos los puntos altos de un sistema.

### 2.2.5 Válvula de limpieza

La válvula de limpieza debe ser colocada en todos los puntos inferiores o bajos (cóncavos hacia arriba o mínimos), como los pasos de zanjón. Consiste simplemente en una válvula de compuerta que permita la salida del agua al ser manipulada.

El agua conduce partículas pequeñas, mismas que tarde o temprano se sedimentarán, precipitándose hacia las partes bajas de la tubería, independientemente del sentido del flujo. Es decir, en un paso de zanjón, se sedimentarán la tubería anterior a éste y la posterior, a pesar que el flujo es contrario. Así pues, en todos los puntos bajos de la tubería de conducción, es necesario poder evacuar estos sedimentos sólidos, pues de lo contrario, tarde o temprano impedirían el flujo.

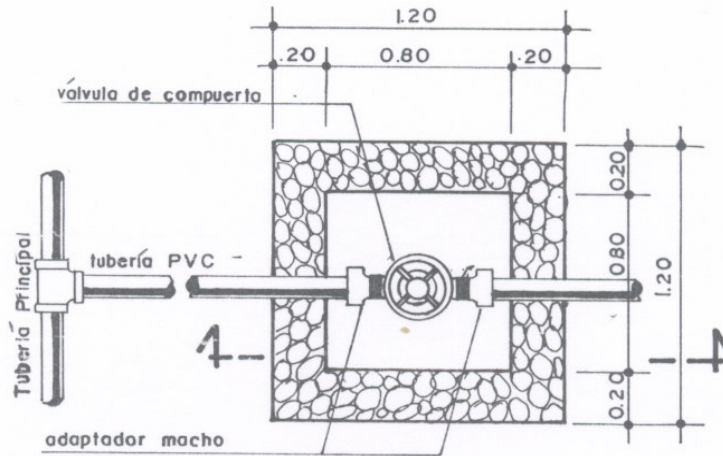
Como se expuso, la válvula de limpieza consiste simplemente en la colocación de una válvula de paso (ver figura 2-12). No se necesita regular un caudal, por lo tanto, no se utiliza la válvula de globo. De igual manera que todas las válvulas, debe estar protegida por una caja que en la parte inferior permita la filtración del agua. La válvula de limpieza permite el mantenimiento preventivo del sistema. No es una válvula automática, por lo que requiere de un operador. A diferencia de las válvulas de aire, cuando se realiza el mantenimiento, sí se puede operar únicamente una válvula a la vez. No es necesario que todas las válvulas del sistema estén abiertas o funcionando.

Debido a que el objetivo principal es la evacuación de sólidos sedimentados, la válvula de limpieza es un poco más grande que la válvula de aire. Se recomienda como mínimo que el diámetro de la válvula de limpieza sea mayor a 1/4 del diámetro de la tubería de conducción. Ideal sería que

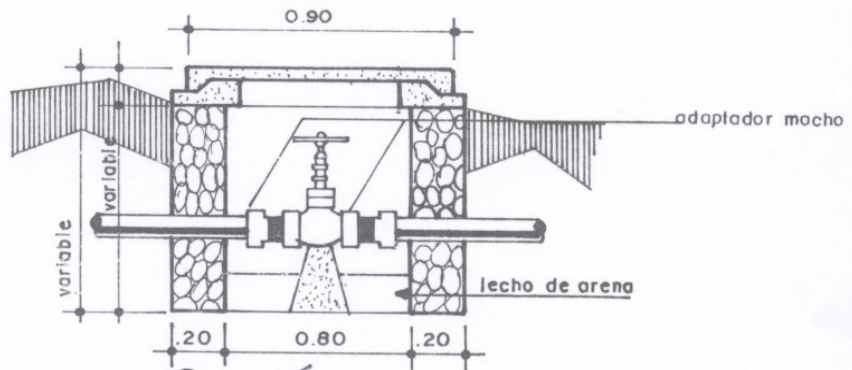
FIGURA 2 - 12

CAJA DE VÁLVULA DE LIMPIEZA

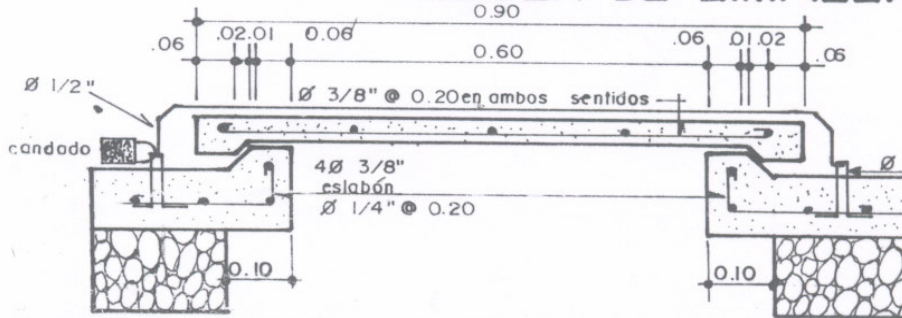
43



Planta  
VÁLVULA DE LIMPIEZA



Sección  
VÁLVULA DE LIMPIEZA



DETALLE DE TAPADERA

fuera 1/2 de ésta. Por ejemplo, si la tubería de conducción fuera de 8 pulgadas de diámetro, entonces el diámetro mínimo de la tubería de limpieza debería ser de 2 pulgadas. Ideal sería que fuera de 4 pulgadas. Las válvulas de compuerta de este tamaño ya resultan muy caras y representan un rubro significativo en el presupuesto. Por eso, se permite la de menor diámetro indicado.

#### 2.2.6 Caja rompe presión

La caja rompe presión consiste en una caja normal y corriente, construida de block, concreto ciclópeo o concreto reforzado. Tiene como objeto conducir el agua a través de cada uno de sus extremos. Las figuras 2-13 y 2-14 ilustran esta obra auxiliar del proyecto.

Conforme la tubería sigue a la topografía del terreno, puede darse el caso de que sea necesario descender a través de una pendiente brusca o pronunciada (ver figura 2-7). Puede darse el caso también, que la tubería de conducción forme un sifón, con el extremo de salida mucho más bajo que la cota inicial. Cuando cualquiera de estos dos casos sucede, la tubería experimentará un incremento de presión conforme más abajo esté respecto del punto inicial superior. En este caso, se debe utilizar cada vez, en la parte inferior, tubería de alta presión o H.G. Si la presión es demasiado grande, tal que para soportarla se necesitara de mucha tubería H.G., se puede liberar la presión del agua en el interior de la tubería, al exponerla a la presión atmosférica en ese punto. Esto se logra simplemente al permitir el paso del agua a través de una caja normal y corriente expuesta a la presión atmosférica (ver figuras 2-13 y 2-14). El agua, así, seguirá su camino y la presión dentro de la tubería será liberada, pues la caja está a la misma presión que la presión atmosférica.

El nivel de la caja es ahora el nivel inicial del siguiente tramo de conducción, por tanto, el agua en adelante, no llegará nunca a más altura o nivel que el de la caja rompe presión. Por eso es necesario que la caja rompe presión se coloque como mínimo 15.00 m sobre la cota más alta del siguiente tramo en la línea de conducción.

FIGURA 2 - 13  
CAJA ROMPEPRESIÓN

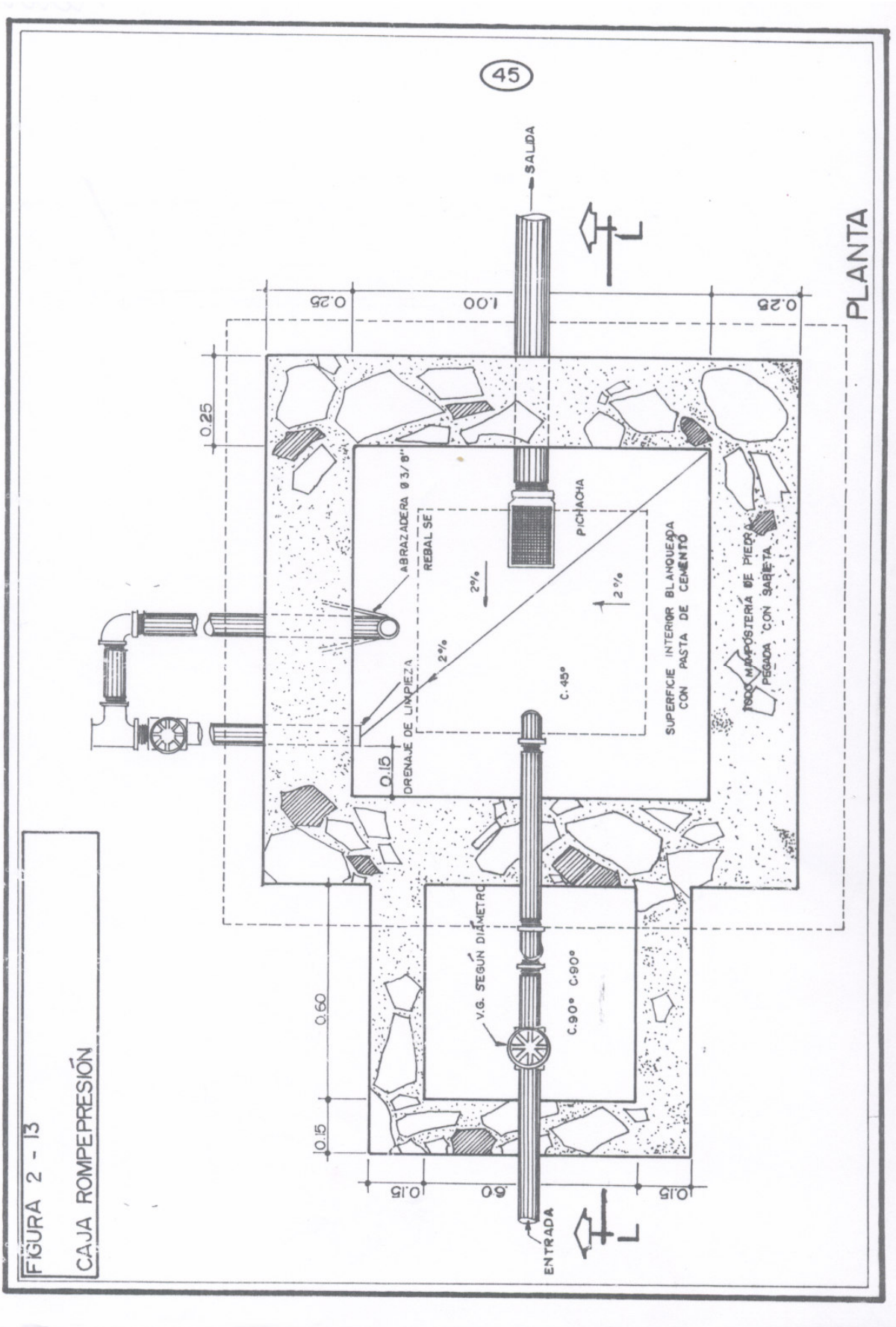
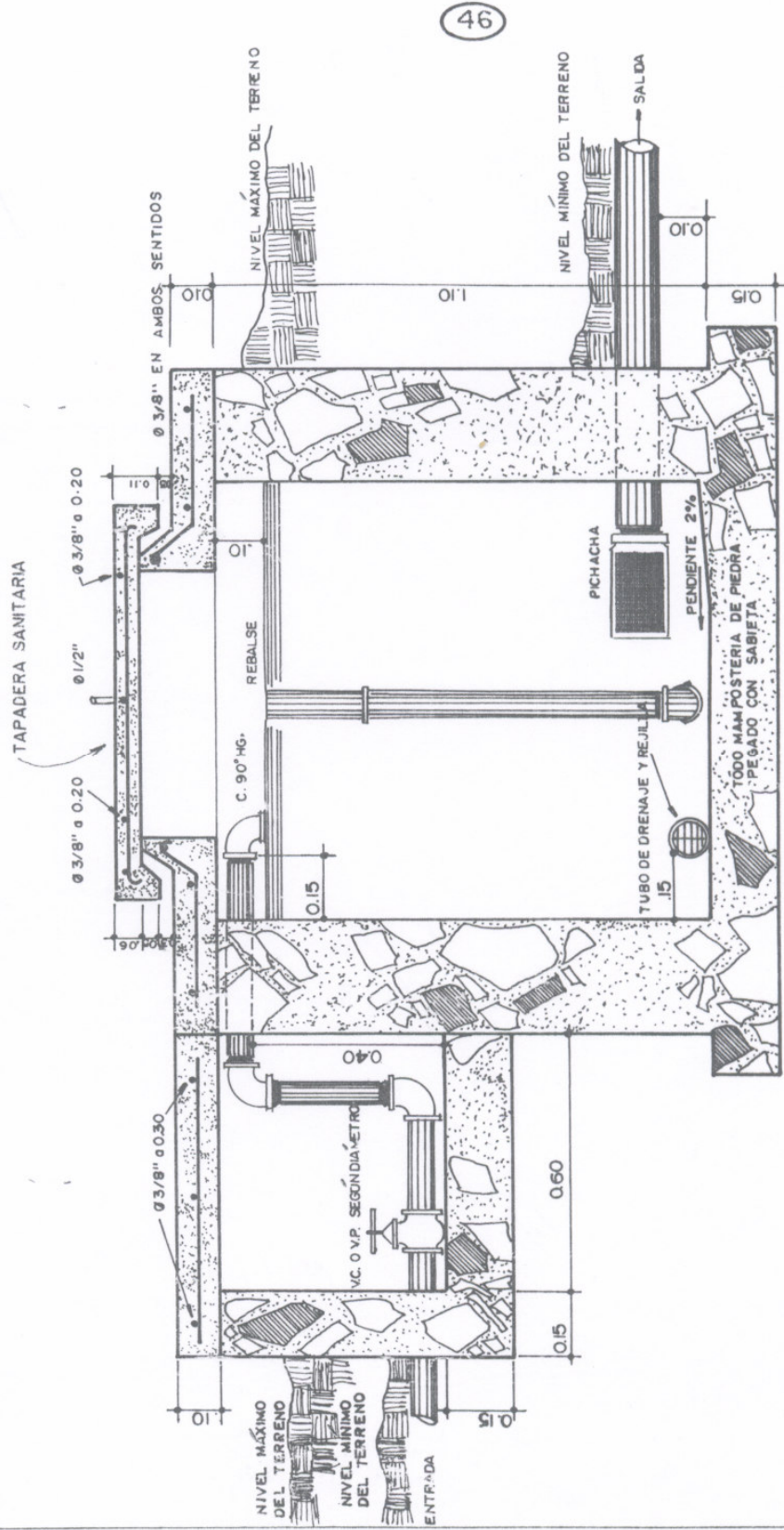


FIGURA 2 - 14

CAJA ROMPEPRESIÓN



CORTE L-L



Se le llama rompe presión debido precisamente a que su función es disipar la presión en la tubería de conducción en ese punto. La presión de la tubería queda reducida a cero, y se inicia un nuevo ciclo.

### 2.3 Sistema de Purificación

Como se expuso anteriormente, de este tema se abordarán únicamente generalidades y se expondrán únicamente los sistemas más tradicionales y usuales en las comunidades de Guatemala. Aunque hay que decirlo, casi la totalidad (arriba del 95%) de todos los sistemas existentes, no brindan tratamiento alguno al agua distribuida. Esto se debe básicamente a cuestiones de educación y presupuesto. Muchas comunidades creen que el agua es gratis, porque corre en la montaña y se niegan a aportar económicamente al mantenimiento del sistema, menos aún al proceso de purificación.

No obstante lo anterior, el agua debe ser purificada debido a que puede estar contaminada de alguna forma; entonces, en lugar de ser signo de salud, sería un peligro inminente su distribución y consumo.

La gran mayoría de personas cree que el agua de un manantial es pura (que está libre de contaminación), debido a que se ha filtrado en la naturaleza, o simplemente porque es de un manantial. Esta idea es equivocada, pues, como ya se indicó, el agua subterránea es susceptible de contaminación a través de la filtración de agentes patógenos. El agua de manantial no necesariamente es pura.

La forma de la contaminación del agua determinará el procedimiento de purificación a ser utilizado.

El agua puede estar contaminada por agentes físicos, químicos y bacteriológicos. Por eso es necesario, antes de la realización del proyecto, la determinación de las características y propiedades del agua. Siempre deben hacerse dos tipos de análisis: examen físico químico y examen bacteriológico.

Dependiendo de las condiciones iniciales del agua, según la fuente de aprovisionamiento, así serán las obras de purificación. Por ejemplo, el agua de manantial usualmente no conduce basura o sólidos de gran tamaño; pero si la fuente de abastecimiento es un río, entonces es muy probable que sean conducidos muchos sólidos de gran tamaño: hojas, botes, animales pequeños muertos, etc.

### 2.3.1 Características físicas del agua (apreciación sensorial)

El agua debe tener ciertas características básicas elementales, para que pueda ser considerada como apta para el consumo humano. Las características que en adelante se describirán, están relacionadas con la apreciación sensorial del ser humano. El agua no solo debe ser potable, sino parecerlo a los sentidos de las personas que la consumirán, es decir, que el agua debe ser psicológicamente segura para que el humano siente o perciba esa seguridad y la consuma gratamente sin tensión alguna.

El agua debe ser agradable al paladar, y para esto se requiere que esté exenta de color, turbidez, sabor y olor. Además, debe poseer una temperatura moderada, intermedia. Es obvio que el humano percibe estas características del agua, por medio de cuatro sentidos, así: el sentido de la vista registra el color y la turbidez; el gusto y el olfato, registran el olor mientras que el tacto registra la temperatura. Desde el punto de vista del confort, se puede considerar también como atractivo el sonido del agua al fluir, por ejemplo, en cascadas, lluvia, etc. Estos sonidos tienen un gran impacto en la psique del hombre debido a su ritmo y su intensidad. Siendo así, se puede decir que el agua impacta todos los sentidos del hombre.

Las características sensoriales son las siguientes:

#### 2.3.1.1 Color y turbidez

Usualmente, el color es de origen vegetal, excepto cuando el color predominante es un rojo óxido. Este se debe a la presencia de hierro en el agua. Además, el agua también puede deber su color a la presencia de desechos industriales y por los productos de la corrosión. La turbidez genera desconfianza en el consumidor del agua. Mucha de ésta también se debe al paso del líquido a través de bancos de limo. Cuando esto sucede, el agua tiene la característica tradicional de parecer lodosa. Este aspecto es altamente desagradable.

Debido a que la turbidez se refiere a la presencia de limo, entonces se está hablando de material fino en suspensión. Esta característica puede ser determinada en laboratorio. La turbidez se expresa en partes por millón (ppm) de sólidos en suspensión. Debido a su origen, las aguas de caudales pequeños o menores, usualmente son menos turbias que las aguas provenientes de fuentes más productoras, como ríos o lagos. Éstas pueden

ser turbias todo el tiempo. La turbidez aumenta en el agua cuando la fuente de abastecimiento se ve afectada por la lluvia.

Como se expuso anteriormente, el problema de la turbidez es que genera un rechazo inmediato en el consumidor, por ejemplo, la presencia de apenas 10 partes por millón (ppm) ya son detectadas por el ser humano, considerando éste el agua como turbia, por lo tanto, el límite máximo para el agua potable es de 5 partes por millón (ppm).

Por otra parte, el color está muy relacionado también con la presencia de material visible fino en suspensión. Esta característica únicamente se puede medir en el laboratorio, debido al procedimiento que es el siguiente: se procede a realizar la centrifugación de la muestra obtenida hasta haber eliminado toda la turbidez. Luego, el producto se compara contra un catálogo ya establecido de tonalidades normalizadas.

El límite máximo aceptable para la presencia de color en el agua es de 5 ppm. Esto varía según el código, pues hay autoridades que consideran la posibilidad de 10 ppm y hasta 15 ppm. En Guatemala, prevalece el primero y más rígido (5 ppm).

El color natural de las aguas puede ser eliminado mediante la aplicación de ozono en el agua. Además, la coagulación, sedimentación y la filtración también producen usualmente agua sin color y sin materia en suspensión (más adelante se describirán estos procesos).

#### 2.3.1.2 Sabor y olor.

La fuente usual de contaminación del agua en los aspectos de sabor y olor, es la presencia de algas, pero sobre todo, la descomposición de éstas en ese medio.

Los olores y sabores también pueden ser producidos por cualquier otra materia orgánica y también por sustancias químicas disueltas en el medio. Todas estas características del agua deben ser eliminadas si ésta se utiliza para ser bebida.

El agua puede presentar olor y sabor, debido también a la presencia de hierro, manganeso, cloro de desinfección y otros compuestos sintéticos.

Los olores son percibidos por el sistema gusto olfato (debido a que ambos sentidos se complementan) y para ser detectados, tienen que ser más fuertes que el umbral o valor mínimo. Usualmente, los olores con valor mínimo

o próximos al umbral, no son dañinos; pero debido a que el ser humano los registra, sí son molestos, generan una tensión psicológica en el consumidor, por lo tanto, son objetables.

Se ha determinado que los sabores se clasifican únicamente en cuatro: dulce, salado, agrio y amargo.

Mientras que los olores, parecen ser innumerables; en realidad, existen muchas clasificaciones. Pero básicamente, también son cuatro, así: Dulce o fragante, agrio o ácido, quemado y caprino.

El objetivo debe ser que los sabores y olores no sean tan intensos como para impresionar negativamente al consumidor. El cloro (uno de los medios más utilizados para la desinfección en Guatemala) produce olores y sabores; además los acentúa.

Muchos olores y sabores pueden ser eliminados mediante la filtración a través de carbón activado.

El valor máximo aceptable para el olor es de tres (sin dimensional).

#### 2.3.1.3 Temperatura

La temperatura del agua depende de la fuente que se esté utilizando. Los manantiales y ríos conservan usualmente el agua a temperaturas relativamente frías (aproximadamente entre 16-26 grados centígrados). Por otra parte, el agua caliente usualmente es suministrada por pozos perforados y depende de la ubicación de éste. Por ejemplo, en algunas colonias circundantes al lago de Amatitlán, se han perforado pozos que suministran agua caliente. El problema puede ser que sea de origen sulfuroso y que tenga partículas de azufre. Además, la tubería debe estar preparada para la temperatura del agua. No siempre es una ventaja recibir el agua caliente. A veces se vuelve un grave problema cuando, por ejemplo, excede el umbral del dolor.

La única ventaja del agua caliente es que usualmente no contiene algas o cualquier otro ser vivo.

#### 2.3.2. Contenido químico

Los componentes químicos comunes en el agua cruda (tal y como se encuentra en la naturaleza, antes de la purificación) que deben medirse para

determinar si el agua es potable o no, son: dureza, pH, hierro, manganeso y total de sólidos.

La dureza del agua se mide en forma de partículas por millón de carbonato de calcio disueltas en el fluido. Por ejemplo, el máximo permisible de dureza para la ciudad de Guatemala es de 150 ppm de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio).

#### 2.3.2.1 La dureza

La dureza es objetable debido a que implica un gran consumo de jabón. Empíricamente se le reconoce debido a que al aplicarle jabón, éste no hace espuma, no reacciona. Un ejemplo claro de esto es la denominada agua mineral, que en realidad, es un agua carbonatada.

Para consumo humano, el valor de 150 ppm es aceptable. No obstante, si el agua será utilizada a nivel industrial, este valor puede ser excesivo. Por ejemplo, si se utilizará el agua para calderas, entonces debe emplearse un método para neutralizar la dureza. Este procedimiento se conoce como “ablandamiento o reblandecimiento” del agua.

#### 2.3.2.2 El pH del agua

La concentración de hidrogeniones del agua, se conoce comúnmente como pH. En pocas palabras, indica si el agua es de tendencia ácida o alcalina (lo contrario de ácida). El pH es un factor que indica la potencial posibilidad de corrosión y formación de incrustaciones en las tuberías. El pH con valor neutro es aquel con valor de 7. Si el pH es menor que este número, entonces el líquido analizado es ácido. Por otra parte, si el pH es mayor que 7, entonces, el líquido analizado es alcalino. El procedimiento empleado es sumergir indicadores en la muestra tomada. Al reaccionar éste, por medio del color y comparándolo contra estándares, se puede determinar el valor del pH hasta una décima del punto más cercano (es por eso que el pH no se indica en centésimas de punto). El límite máximo aceptable para el pH del agua es de 7.0 a 8.5

#### 2.3.2.3 Hierro y manganeso

La presencia de estos elementos, también se mide por la cantidad de partes por millón. Se encuentran de manera suspendida en el agua.

La dificultad o principal problema que presenta el agua con estos materiales, consiste en que puede manchar la ropa, la tubería y las instalaciones. Para efectos de consumo humano, el agua no debe contener una concentración de hierro mayor a 0.3 ppm y una concentración de manganeso mayor a 0.05 ppm.

Si el agua será utilizada para actividades industriales, estos valores son excesivos.

### 2.3.3 Número de bacterias

Para determinar si el agua es apta para el consumo humano, es necesario determinar el número de bacterias que contiene.

El procedimiento es el siguiente: se toma una muestra normalizada de cinco porciones, cada una de 10 centímetros cúbicos, cada una con una disolución diferente del agua que se pretende analizar. Luego se procede a colocar cada muestra en un tubo para permitir su posterior fermentación. Posteriormente, se calcula el valor del gas emanado por cada una de las muestras. La ausencia de gas en todas las muestras se expresa como número más probable menor de 2.2 coliformes en 100 centímetros cúbicos (o sea NMP/100 cm<sup>3</sup>) y es un indicador de que esa muestra aislada, satisface las condiciones de potabilidad y por lo tanto, es apta para el consumo humano.

En el procedimiento anterior, fueron tomadas cinco muestras; pero también existe otro procedimiento: se toman nueve muestras, tres de 10 centímetros cúbicos, tres porciones de 1 cm<sup>3</sup> y tres de 0.1 cm<sup>3</sup>. Entonces, si al realizar el procedimiento por medio de los tubos de fermentación, en todas las muestras no se obtiene gas, se dice que el NMP (número más probable) es menor de 3.0 coliformes en 100 cm<sup>3</sup>; lo cual se interpreta comúnmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

Estos ensayos, los debe realizar un laboratorio competente. Usualmente, se solicita que los realice la Universidad de San Carlos. No obstante, de manera inicial, es el centro de salud de cada comunidad el encargado de certificar la potabilidad del agua en cada fuente.

#### 2.3.4 La contaminación física

La contaminación física se debe básicamente a la presencia de sólidos en el agua. Debido a que éstos pueden ser de diversos tamaños, el procedimiento empleado para cada tamaño es distinto; así, en orden decreciente de tamaño, el procedimiento es el siguiente: para los sólidos de gran tamaño (basura orgánica e inorgánica), se utilizan las cribas y rejillas. Los sólidos más pesados que el agua, se sedimentarán. Los sólidos con densidad aproximada al agua y menor, deberán desalojarse o eliminarse del agua a través de procesos de flotación, y finalmente, los sólidos de menor tamaño, cualquiera sea su densidad, deberán ser eliminados a través de la filtración.

Se entiende por sólidos en suspensión a todos aquellos elementos físicos que de una u otra manera se encuentran circulando de manera desordenada, arrastrados por el flujo del agua. Las cribas y rejillas retiene a los sólidos en suspensión. El objetivo es eliminar los contaminantes según su tamaño, de mayor a menor, por lo que el primer paso para purificar el agua es eliminar los elementos físicos visibles (o sea de gran tamaño). Para esto, se colocan rejillas que actúan como tamices o coladores, reteniendo los elementos de mayor tamaño a su abertura, y permitiendo el paso a través de ellos, de los elementos de menor tamaño. Estos a su vez, serán retenidos por otras rejillas de abertura menor. Así, paso a paso, se eliminan los elementos contaminantes de gran tamaño. Posteriormente, pueden ser sepultados, incinerados o digeridos (con la finalidad de hacer abonos). También pueden eliminarse, favoreciendo su traslado a las aguas residuales o devolviéndolo a la fuente de suministro.

Los elementos de sedimentación son de tamaño considerablemente menor que los anteriores, provienen del limo, bancos de arena, elementos minerales variados y todas aquellas partículas suspendidas en el agua de tamaño regular. Estos sedimentos son transportados por el agua turbulenta, pero son más pesados que ésta. Por lo tanto, para eliminarlos es necesario reducir considerablemente la velocidad del flujo que los contiene. El objetivo es reducir la potencia de arrastre del flujo del agua fluyente. Al hacer esto, las partículas se sedimentan por gravedad (es decir, caen hacia la parte baja de los tanques que la contienen).

En el agua también pueden existir sustancias diminutas que sean sólidas no sedimentables o bien, que sí lo sean, pero ésta sea demasiado lenta. Cuando esto sucede, es necesario agregar un agente químico denominado coagulador. El objetivo de esta sustancia es precisamente juntar, unir todas estas partículas, con la finalidad de que éstas formen una molécula mayor, más pesada, que se sedimente más rápido. Según sea el tipo de sólido suspendido, también puede unirse éste a algún sólido mayor sedimentable. El objetivo es formar agregados o flóculos. Este proceso es conocido como coagulación química. El paso siguiente es la eliminación de estos flóculos por sedimentación. Los coagulantes más comunes son las sales de hierro y aluminio (por ejemplo, el sulfato de aluminio y cloruro férrico).

### 2.3.5 Contaminación química

Puede ser que el agua contenga ciertos elementos químicos que deban eliminarse por sedimentación, pero debido a su tamaño sea necesario juntarlos, para que hagan partículas de mayor tamaño. Este proceso se conoce como floculación. Así, pues, para que los elementos químicos sedimenten, antes es necesario flocularlos; así por ejemplo, cuando el agua contiene hierro (tiene un color rojizo), es necesario hacer flóculos, añadiendo cal al agua tratada. Actuando así, éstos se sedimentarán. También puede eliminarse el hierro y el manganeso del agua, mediante la oxigenación de éstos a través de elementos de aireación; es decir, permitiendo que el agua entre en contacto con el oxígeno del ambiente (formando cascadas). Se formará un óxido que se precipitará.

Por otra parte, también puede haber en el agua sustancias que flotan en la superficie, como grasas, aceites, jabones, o bien sustancias finas elevadas a la superficie por burbujas diminutas. Para eliminar estos elementos, es necesario permitir que floten y emerjan todos a la superficie. Se reduce la velocidad del agua, reduciendo así la potencia de transporte del agua fluyente, o bien se puede vencer el poder de la suspensión, reposando el agua. También, algunas veces se propicia la flotación de los elementos mediante la adición de agentes de flotación. Todas las sustancias más ligeras que el agua ascienden a la superficie y deben ser retiradas. A esta sustancia así formada



se conoce con el nombre de “nata”, y su eliminación es entonces a través del proceso conocido como “desnatado”.

Finalmente, una combinación de los procesos anteriores, solo que en escala distinta es el proceso de filtración. El objetivo en esta fase es hacer pasar el agua a través de algún medio poroso, y que el agente contaminante sea atrapado por la superficie del elemento en cuestión. El filtrado puede ser a través de arena, carbón mineral, y algunos otros materiales granulares. La suciedad atrapada en la superficie de estos materiales, debe ser posteriormente separada de éstos.

En la naturaleza, el agua de manantial puede filtrarse a través de formaciones porosas del suelo, cuando se filtra el agua de lluvia recargando el agua subterránea. Esta filtración se debe al paso del agua a través de lechos de arena. Es importante recordar que lo que se está eliminando por medio de la filtración, es la contaminación física (se está eliminando una sustancia), no la contaminación por medio de organismos patógenos.

Luego que del agua se han eliminado todas las sustancias físicas y químicas por los procedimientos descritos, se procede a eliminar los organismos patógenos o dañinos al ser humano.

En el agua, usualmente existen cinco organismos capaces de infectar al ser humano, estos son: bacterias, protozoarios, helmintos (gusanos), virus y hongos. Si el agua contiene cualquiera de estas formas de vida, entonces no es potable, es decir, no es apta para el consumo humano. Como ejemplo de los organismos que diseminan enfermedades a través del agua por medio de la vía fecal – oral ( del excremento a la boca) están las bacterias del cólera, tan difundida en Guatemala, y la fiebre tifoidea. Además, están la paratifoidea (parecida a la tifoidea) o salmonelosis y la disentería bacilar. Todas estas infecciones son importante fuente de mortandad infantil en el país.

La infección más común en Guatemala, debida a protozoarios, es la amebiasis; es decir, la infección por medio de amebas. Es muy difícil encontrar otra forma de infección protozoaria de origen hídrico.

El agua también puede estar contaminada por helmintos, que vulgarmente son “gusanos o lombrices”. Tanto los huevos de las lombrices como las larvas, pueden contaminar las aguas desde su evacuación por un ser

humano o animal. En el país, esto se origina desde el momento en que las aguas residuales son evacuadas libremente a flor de tierra.

La infección por virus también se debe a que la fuente es contaminada de una u otra forma por heces fecales evacuadas por personas infectadas. Uno de los más peligrosos, latente en nuestro país, es el virus de la hepatitis, y de éstos, el de la hepatitis B, más contagiosa y peligrosa que el SIDA. Además, también puede estar contaminada el agua con el virus de la poliomielititis. Las infecciones por adenovirus (conjuntivitis), están más relacionadas con el agua de las piscinas.

Para la eliminación de organismos patógenos en el agua, y la consecuente purificación de la misma, el proceso empleado es la desinfección.

#### 2.3.6.1 La desinfección

La desinfección del agua implica la destrucción de organismos patógenos (bacterias, virus, quistes de amebas), es decir, la eliminación de todos aquellos organismos que son dañinos al ser humano y están presentes en el agua. Este procedimiento no se logra a través de medios biológicos, sino que deben emplearse medios físicos y químicos. Es prudente indicar que la desinfección química es más eficiente que la desinfección física.

La purificación del agua, por medio de la desinfección, es sin duda el arma más poderosa para evitar las infecciones intestinales de origen hídrico.

La eliminación total de todos los organismos patógenos, se conoce con el nombre de “esterilización”, que no es sinónimo de desinfección. La diferencia entre ambas es que la primera tiene por objetivo la eliminación total de todos los organismos y su uso es generalmente farmacológico o investigativo. Mientras que la desinfección implica la reducción de organismos patógenos en el agua, a niveles estadísticamente aceptables como “seguros” contra una posible infección.

El agua se puede desinfectar de varias formas, entre ellas, el empleo de calor, luz y obviamente, el uso de agentes químicos.

#### 2.3.6.1 La desinfección por medio de calor

La desinfección por medio de calor se obtiene mediante el sencillo procedimiento de elevar el agua hasta su punto de ebullición (hervir el agua).

Esto eliminará la mayoría de agentes hídricos patógenos, debido a que éstos no son resistentes al calor. Ésta es una práctica muy recomendada cuando no se tiene seguridad sobre la calidad del agua.

La luz solar es un desinfectante natural. La desinfección por medio de la luz ultravioleta aumenta la efectividad del procedimiento. Usualmente, la fuente más utilizada para la obtención de luz ultravioleta es una lámpara de mercurio. Para que este procedimiento sea efectivo, el agua debe ser expuesta a la luz ultravioleta a través de capas delgadas, libre de partículas en suspensión, que puedan ocultar o proteger a los agentes patógenos. La gran ventaja de este sistema reside en que no deja residuo alguno. Mientras que la gran desventaja es su costo inicial, su mantenimiento y que requiere personal calificado.

#### 2.3.6.2 Desinfectantes químicos

Los desinfectantes químicos son sustancias que al ser expuestas al agua, generan por resultado la eliminación de los organismos patógenos al ser humano. Los desinfectantes químicos pueden ser de varios tipos, pero los más económicos, populares y conocidos en el medio son los productos desinfectantes químicos oxidantes.

Los productos químicos oxidantes comprenden a su vez tres tipos, que son los siguientes:

- a) Los halógenos: entre estos se encuentra el cloro, el bromo y el yodo. Todos desprendidos de fuentes aceptables y seguras.
- b) El ozono.
- c) Otros oxidantes como el permanganato de potasio y el peróxido de hidrógeno.

En el medio, el cloro es el agente químico por excelencia. Esto se debe a que es relativamente económico y no requiere de personal altamente calificado ni de procedimientos o accesorios muy sofisticados. Es muy popular, por lo tanto, la experiencia de las comunidades usualmente se centra en este medio de desinfección. Puede utilizarse de forma gaseosa, como en la planta Lo de Coy, en Mixco, para la desinfección del agua de la ciudad capital de Guatemala. También se utilizan una serie de compuestos de cloro, entre los cuales sobresale el hipoclorito de calcio y su consiguiente dosificador, el denominado hipoclorador.

El cloro es un elemento altamente peligroso. Debe ser manipulado con medidas estrictas de seguridad. La exposición de un ser humano ante el cloro, supone una muerte segura y hasta posiblemente su desintegración.

Por otra parte, el bromo y el yodo usualmente se emplean para la desinfección de piscinas o de agua almacenada en el campo. Es usual la obtención de tintura de yodo así como tabletas de peryoduro de tetraciclina. Ambos agentes químicos son eficientes, pero obviamente para fines municipales, representan costos muy elevados.

Otra buena forma de desinfección, siempre halógena, es por medio del ozono, que es una forma de presentación del oxígeno ( $O_3$ ). Es un excelente desinfectante y tiene la gran ventaja de no producir residuos en el agua. Además, elimina considerablemente los olores desagradables y blanquea el color en forma efectiva. Tiene la gran desventaja de ser un procedimiento muy caro.

El ozono (del griego "ozein", oler), recibió este nombre debido a su olor característico. Se descompone rápidamente en presencia de cualquier materia oxidable. Es altamente corrosivo y venenoso en concentraciones fuertes presentes en la atmósfera. El ozono es famoso, debido a que junto con los gases de combustión, forma el smog, que irrita los ojos y las vías respiratorias (garganta y pulmones). Es necesario pues, aclarar que el ozono es una sustancia tóxica. No obstante, precisamente debido a esta toxicidad, es que es un buen desodorante, decolorante y desinfectante del agua potable.

El último de los halógenos mencionados es el permanganato de potasio, que también es muy efectivo, pero igualmente costoso.

Es lamentable que en Guatemala, la gran mayoría de sistemas de abastecimiento de agua no purifique el líquido distribuido. Por el contrario, las condiciones de potabilidad están siempre en duda. De todos los procedimientos mencionados, el único que algunas veces emplean las municipalidades es la cloración, a través de un hipoclorador. El sistema consiste en un dosificador, al cual se le coloca cloro líquido (como hipoclorito de calcio, por ejemplo) y posteriormente éste se vierte en el agua. Es el caso que estos aparatos, pequeños, necesitan mantenimiento, entonces, en las comunidades pequeñas esto no se logra, perdiéndose esta fase tan importante del suministro de agua.

## 2.4 Elementos de almacenamiento de agua

Luego que el agua ha sido purificada, se debe almacenar, para posteriormente distribuirla a la población.

Tradicionalmente, los elementos de almacenamiento son los tanques. Éstos pueden estar contruidos de concreto ciclópeo, o bien, pueden ser fundidos con concreto reforzado.

Como mínimo, los tanques deben tener el volumen para:

- (1) Compensar las variaciones horarias en el consumo. Es decir, poder distribuir agua incluso en las horas de máxima demanda (horas pico).
- (2) Poder combatir los incendios.
- (3) Tener una reserva de agua, en caso de reparaciones o mantenimiento en la línea de conducción o sistema de bombeo cuando se usa como fuente de abastecimiento.

Debido a que cada día, las fuentes producen menos agua, los renglones (2) y (3) usualmente no se contemplan en Guatemala. Más aún, las comunidades del interior no cuentan con una reglamentación para el calculo de estos volúmenes.

En general, el tanque de almacenamiento debe proporcionar a la comunidad la seguridad de que en cualquier acontecimiento, ésta, sea abastecida, por lo tanto y como regla general, se deberá almacenar la mayor cantidad de agua posible; limitada ésta a la producción de la fuente, al consumo y al presupuesto.

No obstante, es recomendable que el almacenamiento no sea en un solo tanque, sino, como mínimo, en dos. Esto se debe a que cuando se le dé mantenimiento a un tanque, se puede contar con el volumen almacenado por el otro tanque. No es necesario suspender el servicio. Hay que reconocer que la mayor limitación en este caso puede ser la económica. Algunas veces también es difícil contar con la superficie requerida por dos tanques gemelos.

Un tanque (ver figuras 2-15 y 2-16) cuenta con los siguientes elementos:

### 2.4.1 Acceso al tanque

El acceso al tanque debe ser una superficie libre de por lo menos 0.60 m

\* 0.60 m. El objetivo es que se debe permitir el paso, sin dificultad alguna, de una persona, para que ésta pueda ingresar a darle mantenimiento al tanque. Es importante que la tapadera del área de acceso al tanque sea sanitaria, tal como se ve en la figura 2-14. Por ninguna razón deben dejarse los extremos a nivel, pues esto permitirá el ingreso del agua escurrida en la superficie, orines de animales y cualquier otro líquido que pueda contaminar el agua almacenada. El supervisor debe ordenar que se construya de esta forma.

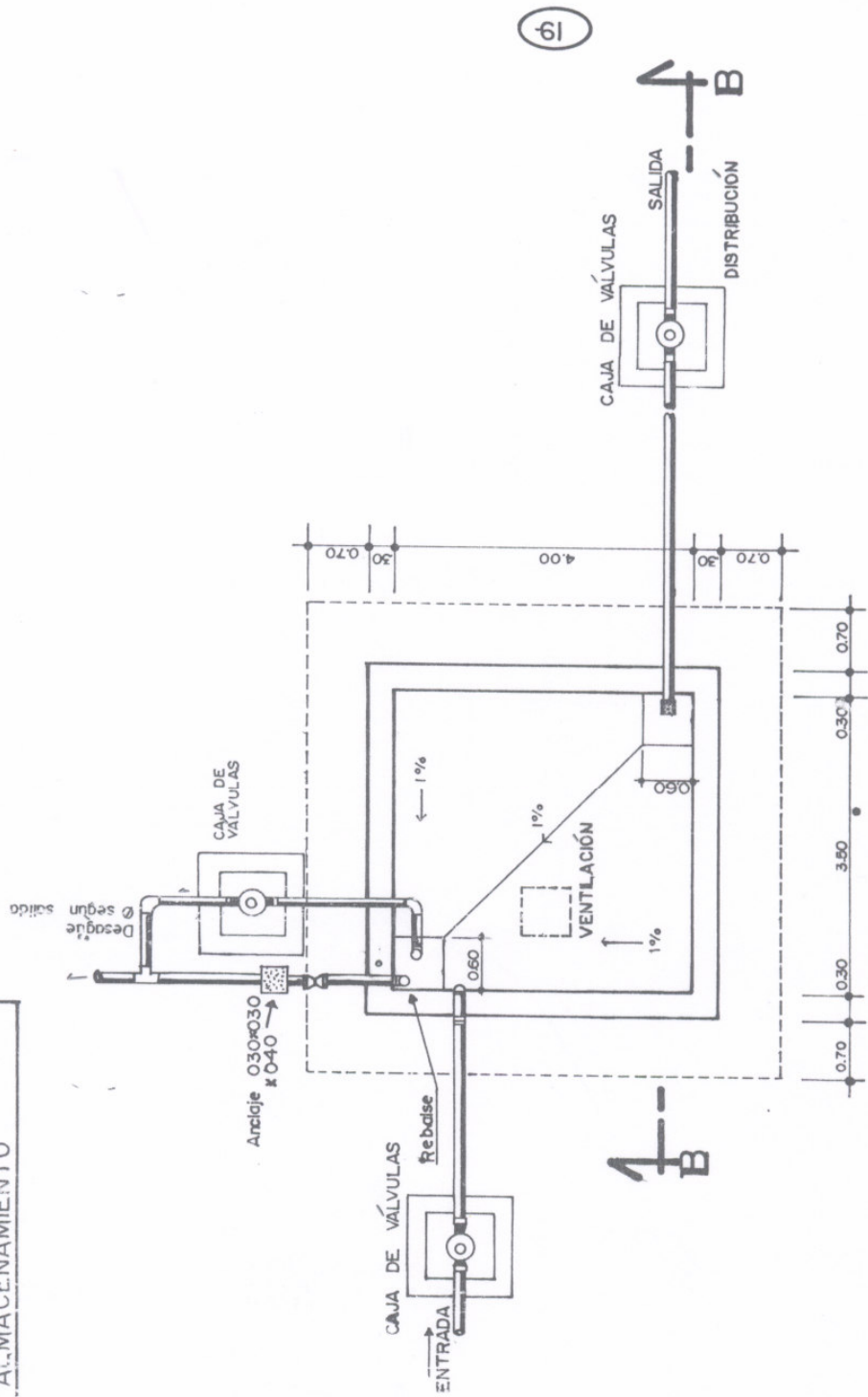
Para evitar la contaminación debida a posibles sabotajes, es necesario que la tapadera tenga un candado. Es bueno identificar el nombre del proyecto. La comunidad a la que pertenecen.

#### 2.4.2 Escalera de acceso

Como su nombre lo indica, permite el libre acceso de una o varias personas, para la realización de las actividades de mantenimiento. Incluso, puede favorecer las actividades de construcción y acabados finales. Usualmente, los peldaños son empotrados en el muro, no hay objeción alguna. El problema es que en la mayoría de proyectos, las escaleras de acceso están construidas con peldaños de hierro corrugado. Este sí es un problema serio, debido a que éstos tienden a oxidarse y contaminar así, el agua almacenada en el tanque. Lo correcto es especificar un material que evite la contaminación, como el hierro galvanizado, plástico o, incluso, el concreto mismo, pudiendo dejar empotrados los peldaños en la pared del muro del tanque.

Algunas comunidades no permiten la construcción de escaleras, porque aseguran que cuando se realice el mantenimiento, llevarán una. La gran desventaja de proceder así es que los tanques de almacenamiento usualmente están ubicados en las partes altas de las montañas circundantes a la comunidad, por lo que cargar una escalera representa una considerable dificultad. Lo recomendable es construirla de la manera aquí descrita.

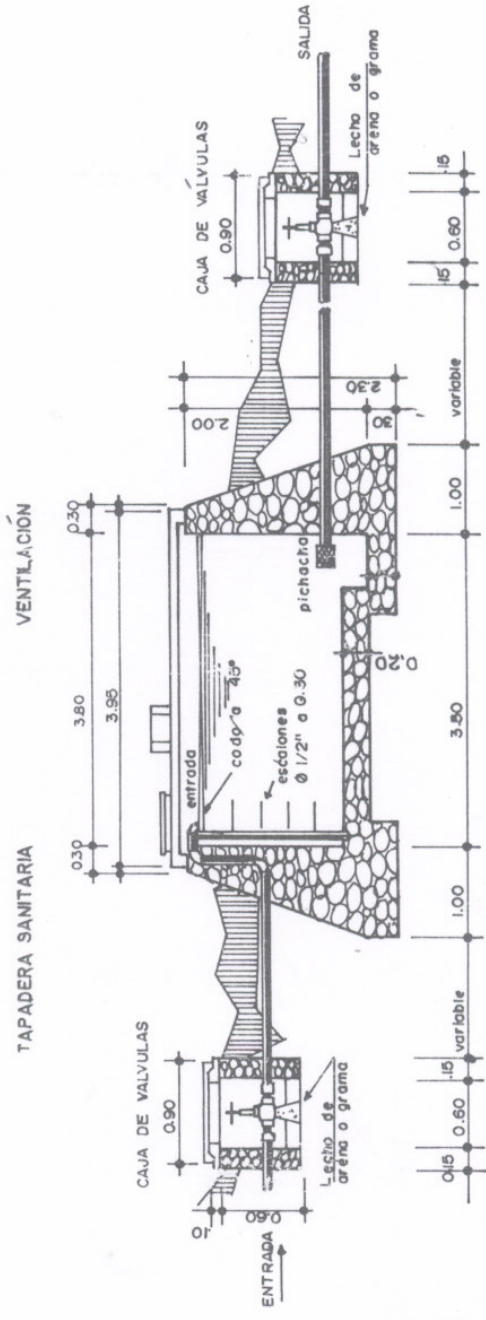
FIGURA 2 - 15  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO



PLANTA

ESCALA 1:75

FIGURA 2 - 16  
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



CORTE B - B

ESCALA 1:75



### 2.4.3 Tubería de entrada

Debe ser del diámetro de la tubería de conducción, nunca menor. Para regular la cantidad de agua que ingresa al tanque, o bien, para poder suprimir el flujo y realizar cualquier actividad de mantenimiento, siempre al ingreso del tanque, se debe colocar una válvula de compuerta. Al igual que todas las válvulas, ésta debe estar protegida por una caja de registro, que la contenga de manera cómoda y permita la manipulación o la realización de trabajos de mantenimiento en su interior. La parte inferior siempre debe permitir la filtración del agua de la caja hacia el terreno. No debe haber piso. Se recomienda para estos casos una plantilla de grava.

Posterior a esta caja, se realiza la acometida al tanque. Si por alguna razón este segmento de tubería quedara expuesto, deberá construirse con tubería H.G. La acometida en el tanque es importante que quede inmediatamente al acceso del tanque, de tal manera que una persona pueda verificar simplemente al levantar la tapadera sanitaria, las condiciones en que está trabajando el sistema. Son innumerables los casos en los que esto no se cumple, y cuando es necesario determinar la cantidad de agua que llega a los tanques para poder compararla con la cantidad de agua producida por el sistema, entonces, es necesario vaciar el tanque, o bien, exigir que una persona trabaje en el interior, contaminando el agua almacenada.

Así pues, la acometida del tanque de almacenamiento, debe estar siempre cercana al ingreso.

### 2.4.4 Tubería de salida

La tubería de salida guarda condiciones similares a la tubería de entrada. Si está expuesta, debe ser de H.G.; además, debe contar con una válvula de compuerta, que pueda abrir o cerrar el sistema de distribución. La caja de protección debe contar con candado y en la parte inferior, un sistema de filtración.

La única diferencia es que el diámetro de salida puede no ser igual al diámetro de acometida del tanque. Debido a que en las horas pico es muy probable que el consumo del agua sea mayor a la cantidad producida por la fuente, entonces, usualmente el diámetro de salida de los tanques ( tubería de

distribución) es mayor al diámetro con que el agua llega al tanque. Esto lo determinará el diseño.

#### 2.4.5 Coladera o pichacha en la tubería de salida

Aun con todos los sistemas empleados para la purificación del agua, es posible la contaminación en esta fase; para eso debe colocársele, por el lado de adentro, una pichacha o coladera al inicio de la tubería de distribución. Este accesorio tampoco es encontrado en la mayoría de proyectos. Los constructores eliminan esto, poniendo en riesgo la fase de distribución y la calidad del agua distribuida. El extremo inferior de la pichacha debe estar por lo menos a 0.10 m de altura sobre el piso, para evitar las partículas de sedimentación. También se recomienda, hacer en el piso un pequeño recuadro de 0.60m \*0.60 m, cuyo nivel debe ser 0.20 por debajo del resto del piso. La figura 2-16 muestra los detalles.

#### 2.4.6 Tubería de desagüe

La tubería de desagüe sirve para permitir la evacuación rápida del agua contenida en el tanque y permitir la realización de actividades de mantenimiento en el sistema.

La tubería de desagüe también debe contar con una válvula de compuerta, protegida ésta por todos los medios anteriormente descritos.

La tubería de desagüe debe colocarse en la parte inferior del tanque, por lo tanto, la parte inferior del tubo debe estar ubicada sobre el nivel del piso. Así, entonces, la tubería de desagüe está colocada en una cota levemente inferior a la tubería de salida de distribución. Esto se hace precisamente para evacuar todo el líquido almacenado cuando se requiera. Además, es importante que sea así, pues en las actividades de mantenimiento, seguramente se barrerá o limpiará el sedimento, expulsándolo del sistema a través del desagüe y nunca a través de la tubería de distribución.

Para un correcto funcionamiento del sistema de desagüe, es importante dejar un desnivel por lo menos del 1% en el piso del tanque. Este desnivel debe conducir el agua y los sedimentos hacia la tubería de evacuación.

#### 2.4.7 Tubería de rebalse

Esta tubería debe estar ubicada a una distancia aproximada de 0.20 de la cara inferior de la losa de cubierta. La altura entre el nivel máximo posible y el nivel del piso es la altura útil. Hasta ese nivel se almacenará el agua. Obviamente, arriba de este nivel, saldrá expulsada por el rebalse. Debe tomarse esto en cuenta porque ésta es la altura que se debe considerar cuando se calcula el volumen total almacenado.

La tubería de rebalse debe permitir la circulación o evacuación del líquido, de manera libre; jamás debe colocársele una válvula de cualquier tipo. En todo caso, puede unirse a la tubería de desagüe, pero esta unión debe estar siempre ubicada posterior o detrás de la válvula de desagüe. Los sistemas también pueden ser separados. Lo anteriormente descrito parece un error infantil, pero en la realidad existen en el país, numerosos casos, debido sobre todo al desconocimiento de los sujetos constructores.

#### 2.4.8 Ventilación

El tubo de ventilación permite la entrada de aire al tanque, nivelando la presión interior de éste, y la presión atmosférica. De no existir este tubo, el agua evacuada por la tubería de distribución dejaría un vacío, que crecería cada vez más conforme más agua fuera evacuada. El aire en el interior del tanque sería succionado y se crearía una presión negativa, que en algún momento, impediría la salida del agua. Sucede exactamente lo mismo con la tubería de conducción y las válvulas de aire, y a nivel más pequeño, con los tanques elevados domiciliarios, con los garrafones de agua pura comercial, con un simple suero, etc.

El tubo de ventilación debe contar en su parte extrema con codos, tal que la abertura esté dirigida hacia la parte inferior. Esto impedirá el ingreso de polvo, basura e insectos. Además, en su interior, debe colocarse una malla, para evitar el ingreso de animales más grandes.

El tubo debe ser de H.G. de diámetro de 2 a 4 pulgadas. De preferencia, debe ser recubierto con concreto armado.

Si el tanque es considerablemente grande, entonces deberán colocarse dos o más tubos de ventilación.

#### 2.4.9 Estructura: muros y cubierta

La finalidad de la estructura es soportar las cargas del agua o bien de la tierra, dependiendo de la ubicación del tanque respecto del nivel del terreno. La mayoría de tanques se construye con concreto ciclópeo o bien con concreto reforzado. Es importante considerar que ambos elementos deben ser fundidos. Muchas veces, la piedra es simplemente colocada en el muro. Esto es incorrecto pues por ser concreto, se debe contemplar una fundición y un formateado. De no hacerlo así, se corre el riesgo de sufrir un agrietamiento en las paredes.

La cubierta también usualmente es de concreto fundido. Lo más importante en este caso es que se debe considerar que no debe estar fija o anclada a los muros. Esto se debe a que sufrirá una increíble dilatación y de estar unida monólicamente con los muros de concreto ciclópeo, es posible que el esfuerzo no sea soportado por éstos, colapsando el sistema estructural. La losa debe estar simplemente soportada sobre la parte superior del muro.

En los capítulos siguientes se propondrá un sistema simplificado para el cálculo del volumen de almacenamiento.

#### 2.5 Elementos de la distribución

En esta fase del sistema, el objetivo es conducir el agua desde el almacenamiento (los tanques) hasta la vivienda de cada familia. Por lo tanto, técnicamente funciona de igual manera que la tubería de conducción mencionada anteriormente en este mismo capítulo.

Se le denomina “tubería de distribución” únicamente debido a su objetivo y a su ubicación respecto del sistema general. Pero debe responder técnicamente a los requisitos de conducción que demande el proyecto.

Así pues, los elementos pueden ser los mismos: tubería P.V.C., tubería H.G. y otros.

Los pasos aéreos, las válvulas de aire y de limpieza, usualmente no se colocan en esta tubería, únicamente debido a que la tubería de distribución suele ser considerablemente de menor longitud que la tubería de conducción. No obstante, ninguno de estos elementos es específico de la tubería de conducción ni se puede excluir su utilización en la tubería de distribución. Debe recordarse que la utilización, por ejemplo, de los pasos aéreos, se debe a

la necesidad de atravesar un accidente topográfico. Si esta condición también se presenta en la tubería de distribución, entonces obviamente también en esta fase se debe construir un paso aéreo. Esto es válido para todos los elementos mencionados en la tubería de conducción.

La única diferencia, pequeña por cierto, es que de necesitarse una caja rompe presión en la línea de la tubería de distribución, ésta deberá funcionar con una válvula de flotador. No obstante, esto no es requisito indispensable para el funcionamiento correcto del sistema, pues puede utilizarse una caja rompe presión normal. Lo que sucede es que llegados a este punto, el agua ya ha sido transportada, purificada, almacenada e inicia su proceso de distribución, es decir, el agua en esta fase ya tiene un gran valor agregado, ya no es agua cruda (así como la produce la fuente). Por lo tanto, en una caja rompe presión normal, cuando el nivel del agua tiende a subir (debido a que los usuarios han reducido su consumo), sucedería que el agua llegaría hasta el nivel del rebalse y comenzaría a derramarse. El problema, como se expuso, es que se trata de agua purificada, con un gran valor. Lo correcto es entonces, que por medio de una válvula de flotador, se cierre el paso del agua y ésta se siga almacenando en el tanque y no se desperdicie.

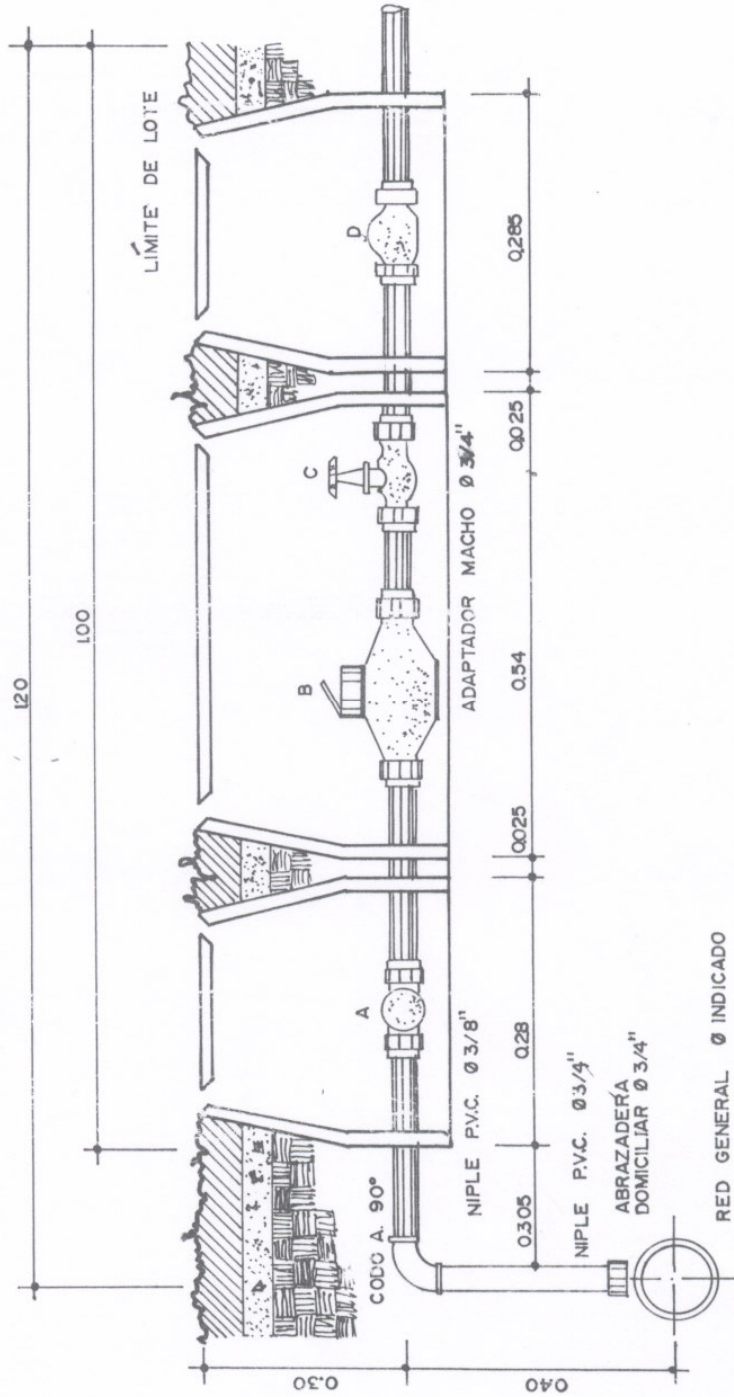
Además de cualquiera de los elementos ya mencionados, es obvio que el agua debe ser conducida hasta las viviendas. Lo usual es colocar en la tubería de conducción un accesorio reductor (pues se supone que la tubería de distribución será de mayor diámetro que el tubo de abastecimiento domiciliar) y llegar con tubería diámetro  $\frac{1}{2}$ " o  $\frac{3}{4}$ " hasta el límite de la vivienda (ver figura 2-17). Esto según lo presupuestado por el ente financiero, pues en otros casos, se considera el ingreso de medio tubo o un tubo como longitud máxima dentro de la vivienda. La gran mayoría de proyectos en las comunidades rurales e incluso en las cabeceras departamentales, no contempla la colocación de medidores o contadores de agua, debido a que su inclusión representa usualmente graves problemas sociales. No obstante, desde el punto de vista de la gestión ambiental, esto no es correcto. Se debe implementar en lo posible, sistemas de medición, pues no hacerlo presupone un uso inadecuado del agua. Además, es necesario el financiamiento para las actividades de mantenimiento. El agua sí cuesta dinero llevarla hasta las comunidades.

La figura 2-17 representa una acometida típica ideal en un proyecto rural, mientras que la figura 2-18 ilustra la acometida mínima recomendada para comunidades pequeñas. Debe notarse que se contempla una válvula de compuerta, para el mantenimiento en el interior de la vivienda y una caja para esa válvula. Finalmente, un montante de tubería H.G. y en el extremo, un grifo. En la parte inferior, es importante que esté fundido, para evitar que la tubería de P.V.C. se quiebre por accidente o por sabotaje. Ésta es la culminación exitosa de nuestro proyecto.

En el anexo "D" se presenta un cuadro resumen de todos los elementos constitutivos de un sistema. En el anexo "E" se indica un flujograma sugerido.

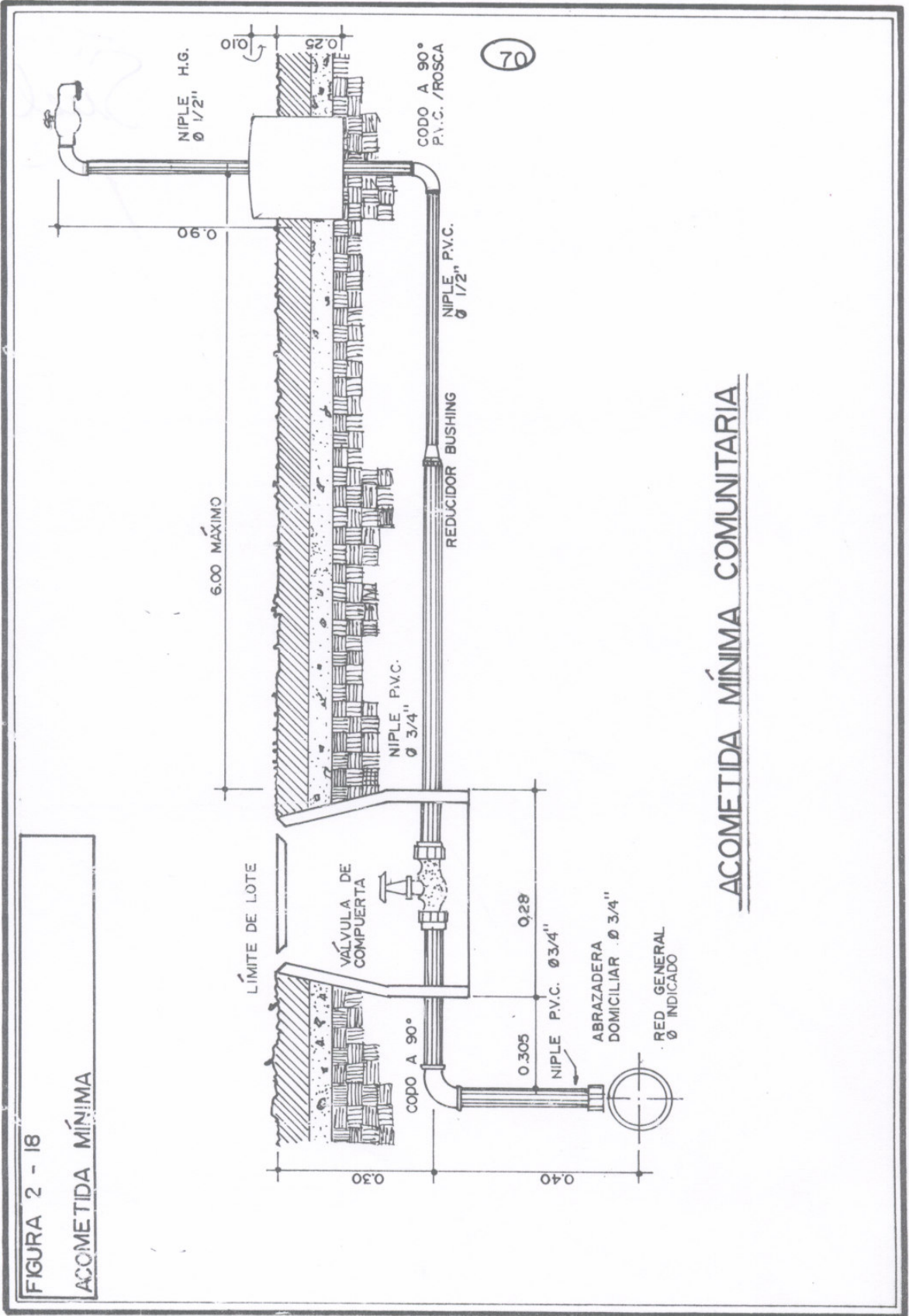
FIGURA 2 - 17

ACOMETIDA IDEAL



- A. LLAVE DE PASO
- B. CONTADOR
- C. VÁLVULA DE COMPUERTA
- D. CHEQUE

DETALLE DE ACOMETIDA





## **CAPÍTULO TRES**

### **PRINCIPIOS DE FÍSICA BÁSICA**

Los principios que rigen el comportamiento del agua, son estudiados por la Hidráulica (del latín “hidráulica”, que significa fluido, mientras que originalmente en griego “ἵδρω”-idro- significa “agua”) que es la parte de la mecánica que estudia el comportamiento de los fluidos en reposo y en movimiento. En el sentido más amplio de la palabra “hidráulica” implica en general, el estudio del comportamiento de cualquier fluido, como gases, aceites, agua, etc. Para efectos de este trabajo, cuando se indique “líquido” o “fluido”, se referirá exclusivamente al agua.

El estudio de las propiedades del agua en reposo, se realiza mediante la hidrostática (del griego “ἵδρω”, agua; y estática, sin movimiento); mientras que las cualidades físicas del agua en movimiento, se estudia mediante la hidrodinámica (hidros, agua; dinámico, en movimiento).

Tanto la hidrostática como la hidrodinámica brindan la posibilidad de determinar con certeza el comportamiento del agua. Los principios enunciados en este capítulo, tienen estrecha relación con los conocimientos adquiridos por los estudiantes epesistas en los cursos respectivos; representan conceptos y aplicaciones básicas de la física. Por lo tanto, no son extraños al futuro arquitecto ni tampoco implican definiciones complicadas de física pura.

Para diseñar un sistema de introducción de agua, es necesario conocer los conceptos básicos de ambas ramas de la física, pues se encontrarán ambos casos (el agua en reposo y el agua en movimiento). Dado que el objetivo de este trabajo es sistematizar el proceso de cálculo, es necesario conocer como mínimo los conceptos .

#### 3.1 Unidades básicas y sistemas de medición

Debido a las actividades de intercambio comercial, el hombre ha necesitado determinar con exactitud, las cualidades principales por las que su producto puede interesarle o no a otra persona, para un justo intercambio. Además, luego de definir esa cualidad, es necesario determinar la cantidad que posee el producto, de esa cualidad; y finalmente, es necesario que la cualidad en mención, sea medida con los mismos parámetros por todos y cada uno de

los interesados. En respuesta a esta necesidad, el hombre, según el país y sus costumbres, ha elaborado un sistema cultural de medidas. Por ejemplo, en la historia ha habido unidades de medida para la longitud, como las siguientes: la cuarta, los codos, los pasos, el pie, el dedo pulgar, la legua, los nudos, los pasos de caballo, etc.

Durante la historia, han existido innumerables sistemas de medida. En la actualidad, en Guatemala, imperan básicamente tres: el sistema español, el sistema británico, y el Sistema Internacional (SI).

Cada sistema define sus unidades básicas de medida, según sus propias consideraciones. No obstante, es necesario recordar que para definir una cantidad física, es necesario establecer primero, un procedimiento o conjunto de pasos, para medir esa cantidad y luego, posteriormente se le podrá asignar una unidad de medida.

### 3.1.1 El sistema español

En Guatemala, debido a la conquista del territorio por parte de España (principios del siglo XVI), se impone por la fuerza, la cultura de dicho país. Hay que recordar la época histórica en que esto sucedió: todos los países competían por el monopolio de las rutas comerciales y cada potencia luchaba por sobresalir. Por lo tanto, al igual que las monedas, el idioma y otras características, prácticamente cada país tenía sus sistemas de medida. No había un patrón único en las medidas.

Al conquistar España los territorios de América, impone sus costumbres, incluyendo el sistema de medidas. En la actualidad y más de cinco siglos después, el sistema aún es vigente pero cada día es menos usual. Todavía se utilizan algunas unidades mientras que otras han quedado prácticamente en el olvido. Esto se debe a la necesidad precisamente de establecer patrones internacionales que rijan el intercambio comercial. El sistema español fue prácticamente ya desplazado y sobrevive levemente únicamente por costumbre. Tiende a desaparecer debido a que las actividades internacionales de intercambio comercial ya no se realizan con este parámetro y además, es incompleto, es decir, no tiene unidades para todas las cantidades físicas

La unidad básica del sistema español es la “vara”, y a partir de ésta, se definen otras unidades como la vara cuadrada. Además, también están sus

múltiplos, que son: la cuerda de 50 varas y la legua, de 5000 varas. Con respecto a la cuerda, es importante destacar que ésta es una medida todavía muy importante en las comunidades del interior de la república y puede cambiar de cantidad nominal, al ser cuerdas de 25, 30 o 35 varas. Cuando el profesional se encuentra en la comunidad, debe preguntar sobre la cantidad de varas que en ese lugar tienen las cuerdas.

Ubicadas en este mismo concepto, se encuentran las medidas de superficie más utilizadas en el área rural del país: la manzana y la caballería.

### 3.1.2 Sistema británico

El sistema británico, también conocido como Sistema inglés, es mucho más completo y difundido que el anterior. Esto también tiene su origen en la colonización inglesa alrededor del mundo.

En Guatemala, la necesidad de comercializar con países de habla inglesa, ha generado la utilización de las medidas de dicho sistema. Incluso hay algunas cantidades que definitivamente se miden en sistema inglés.

El sistema británico, se utiliza por ejemplo, en los Estados Unidos, en Inglaterra, y en general, en países que alguna vez fueron colonias inglesas o forman en la actualidad parte de la Mancomunidad Británica de Naciones.

Este sistema tiene la característica de definir los submúltiplos de las unidades básicas, como el resultado de la bisección. Es decir, a la unidad básica la divide en dos (medios), luego cada una de estas, también se dividen en dos (cuartos), luego estos, también se dividen en dos (octavos), que se dividen en dos (dieciseisavos), etc. En adelante, se obtienen así fracciones de  $1/32$ ,  $1/64$ ,  $1/128$ , etc.

Las unidad para la longitud es la yarda, siendo submúltiplos de ésta, la pulgada y el pie. La combinación de las unidades básicas es empleada para otras magnitudes; así, la yarda cuadrada, es utilizada para la superficie. Un múltiplo de ésta es el denominado "Acre", muy usado todavía para medir los terrenos en los EUA.

Debido a que muchas de las especificaciones sobre sistemas de conducción de agua se realizan en este sistema, se le dará un tratamiento especial. Se requiere de su conocimiento cuando se calcula un sistema de abastecimiento de agua debido a que las tuberías, las presiones y la gran

mayoría de cantidades que definen o integran un proyecto de agua, se trabajan en sistema británico (sistema inglés). No obstante, en la actualidad, países que tradicionalmente han utilizado este sistema, han adoptado ya una actitud de apertura hacia un sistema muchísimo más práctico y funcional, tal y como lo es el Sistema Internacional.

### 3.1.3 Sistema Internacional

En la actualidad es el sistema más difundido, el más importante y el más práctico. Tiene innumerables ventajas y para la notación científica y cálculos matemáticos simplifica considerablemente los procedimientos.

Este sistema inicialmente se conoció como Sistema Métrico Decimal, debido a que toma como principio la división de una unidad, en décimos, cada uno de estos décimos a su vez dividido en décimos (esta sería la fracción centésima), etc. Cada fracción se considera como la décima parte de la fracción que le dio origen. También, los múltiplos se originan de igual forma, cada uno, representa diez veces el valor que le antecedió.

Este sistema es de gran utilización en el proceso de cálculo de agua potable, junto con el sistema inglés. Muchos procedimientos son calculados en un sistema y posteriormente, el proceso siguiente se calcula en el otro sistema. Así que es de suma importancia conocer ambos.

Las unidades básicas del sistema internacional, SI, que interesan son las siguientes:

Para las cantidades de Longitud, el metro, cuyo símbolo es "m". Para las cantidades de masa, el kilogramo, cuyo símbolo es "Kg" (el prefijo "kilo", significa "mil"). Y para el tiempo, el segundo, cuyo símbolo es "s". Éstas son las unidades básicas. Todas las demás cantidades que interesan, serán determinadas mediante unidades constituidas a partir de la combinación de las anteriores. En adelante se tratará este tema.

## 3.2 Las variables básicas

Se conoce con el nombre de variables, a todas aquellas cantidades que por su naturaleza, cambian de valor, o se les puede asignar cualquier valor. Por lo tanto, en concepto, son contrarias a las "constantes", que son cantidades fijas e inalterables.

### 3.2.1 La masa

La masa es una propiedad inherente a cualquier cuerpo o sustancia en el universo. Todo lo que existe y ocupa un espacio en el universo, por pequeño que sea, tiene masa. La masa es una propiedad común a todos los materiales.

El instrumento que el ingenio del hombre ha utilizado desde tiempos inmemoriales para medir la masa, es la balanza. Si en cada uno de los platillos de la balanza se colocan cuerpos de diferentes naturaleza, hasta conseguir que ambos estén en el mismo nivel, a la misma altura en una situación de equilibrio, se dice entonces que ambos cuerpos poseen la misma masa.

Así pues, la masa es una propiedad que tiene la materia y es independiente de la forma y estado de ésta. Se puede apreciar a través de una balanza.

Como patrón de medida, se ha establecido el kilogramo masa, que corresponde a la masa de un cilindro de platino e iridio, que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, en Francia.

### 3.2.2 Fuerza y peso

Se entiende por fuerza a toda aquella manifestación física que es capaz de producir el movimiento de un cuerpo desde el estado de reposo, y también de detenerlo, si inicialmente se encuentra en movimiento. La fuerza modifica la condición de movimiento de un cuerpo.

La fuerza que requiere un cuerpo para cambiar su situación inicial de movimiento es directamente proporcional a la masa de dicho cuerpo. Entre más grande es la masa, más fuerza se necesita para cambiar su condición inicial. La magnitud de la fuerza está determinada por el valor de la masa, afectado por el valor del cambio en el valor de la magnitud de su movimiento. Técnicamente, se define a la fuerza como  $F=m*a$ , en donde  $F$  es la fuerza,  $m$  es la masa, y  $a$  es la aceleración, que no es más que el cambio en la condición inicial del movimiento del cuerpo.

La fuerza es un vector, por lo tanto, posee magnitud y sentido. Además, es aplicada en un punto específico del cuerpo.

La fuerza puede actuar instantáneamente, ser continua en acción, ser constante o variable en magnitud y dirección.

Cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo simultáneamente, pero en distintos puntos de aplicación, el movimiento que producen es la suma vectorial de todas ellas, y se conoce con el nombre de “fuerza resultante”.

La unidad de la fuerza, se define como aquella fuerza que es capaz de producir en un Kg de masa, una aceleración de un m/seg<sup>2</sup> ( $F=m*a$ ). El concepto de fuerza fue claramente expuesto por sir Isaac Newton en la segunda ley del movimiento. En honor de este gran científico, las unidades internacionales con que se mide la cantidad de fuerza llevan su nombre; para medir la fuerza se emplea el Newton, cuyo símbolo es “N” (ver figuras 3-1 y 3-2).

Por otra parte, cuando una materia está ubicada en las proximidades de la tierra, experimenta una fuerza de atracción hacia el centro de ésta. Dicha fuerza es de magnitud o cantidad proporcional a la masa de la materia en cuestión; es decir, entre más grande es la masa del cuerpo, mayor es la atracción entre la tierra y el cuerpo. Esta fuerza, con que la tierra atrae a cualquier cuerpo, es el “peso” de dicho cuerpo. De forma técnica se puede entender entonces, que el peso es el resultado de afectar la masa de cualquier cuerpo por medio de la aceleración de la gravedad (para efectos de este estudio, se entenderá exclusivamente la gravedad terrestre). La aceleración con que todos los cuerpos caen hacia el centro de la tierra, en teoría siempre es la misma, es decir, es constante (para cuerpos ubicados a distancias cercanas relativamente a la superficie de la tierra). Por lo tanto, lo que diferencia a un cuerpo del otro no es esta magnitud (porque es igual para todos), sino que es la masa, característica inherente y única para cada cuerpo.

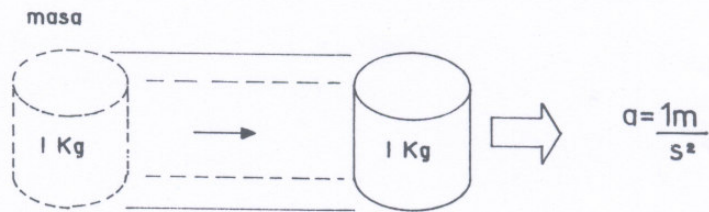
La fuerza es el resultado de aplicar movimiento de aceleración a una masa determinada. Es decir,  $F= m * a$ . Si se considera que el cuerpo es el mismo, entonces su masa será igual. Ahora bien, si se considera que la aceleración tiene siempre la misma magnitud (es decir, es constante), la fuerza que produce el cuerpo, quedará expresada como:  $F = m * g$ ; en donde “g” es la aceleración de la gravedad. A esta fuerza, se le denominará “Peso”; entonces  $P= m * g$ . Se puede utilizar esta ecuación para calcular la magnitud de la

FIGURA 3-1

## LA UNIDAD DE FUERZA

77

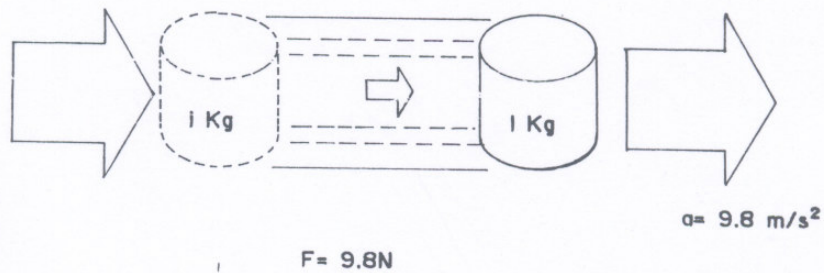
( 1 )



La fuerza que produce una aceleración de  $1m/s^2$  a un Kg de masa es un NEWTON

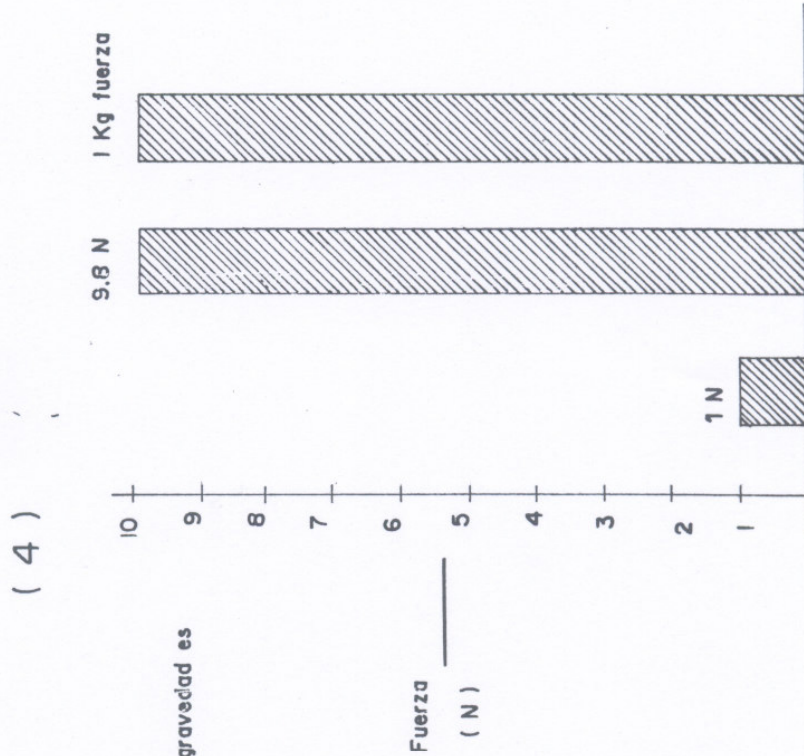
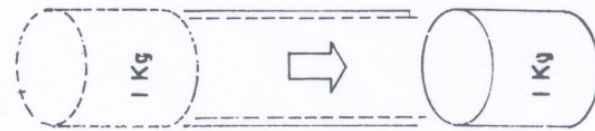
$$F = 1 N$$

( 2 )



La fuerza que produce una aceleración de  $9.8 m/s^2$  en un Kg es 9.8N

FIGURA 3 - 2  
LA UNIDAD DE FUERZA





$P=m \cdot g$ , permite determinar la fuerza que cualquier cuerpo produce debido a su masa. En conclusión, cualquier cuerpo de masa “m”, es atraído hacia el centro de la tierra con una fuerza igual a “mg”, que es la masa en cuestión afectada por la aceleración de la gravedad. Es importante este concepto, debido a que el peso del agua es de vital consideración en los cálculos siguientes.

### 3.2.3 Longitud, superficie y volumen

Las medidas de longitud, superficie y volumen, corresponden en ese mismo orden a medidas en una, dos y tres dimensiones.

La medida de longitud se define como la distancia que existe entre dos puntos. Es una medida de una dimensión. Puede determinarse en pulgadas, pies, yardas, o bien, en centímetros, metros, kilómetros, etc.

Cuando lo que se quiere medir es un área, entonces se está hablando de medidas de dos dimensiones o bien, medidas de superficie o cuadráticas. Las unidades de medida, también son cuadráticas y como ejemplo, se mencionan: pulg.<sup>2</sup>, pie<sup>2</sup>, yarda<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>, Km<sup>2</sup>, etc. El exponente “2” indica que se está hablando de unidades de superficie, o bien, la palabra “cuadrados”, indica lo mismo.

Y finalmente, cuando la magnitud que se quiere determinar corresponde al tamaño del espacio que ocupa un cuerpo, se entiende entonces que se está hablando de medidas de volumen. Este concepto, implica unidades de tres dimensiones, o bien, unidades cúbicas. Entonces, el volumen se puede medir en: pulg.<sup>3</sup>, pie<sup>3</sup>, yarda<sup>3</sup>, cm<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>, etc. También existen múltiplos y submúltiplos de estas medidas, por ejemplo, el galón, la pinta, el cuarto, el litro, el mililitro, el hectolitro, etc.

El concepto de volumen es muy importante en los proyectos hidráulicos, debido a que es obvio que la cantidad de agua producida, trasladada, almacenada y distribuida constituye la esencia misma del proyecto.

La cantidad de agua se mide en unidades de volumen, es decir, en unidades cúbicas. Es muy usual, pero denota desconocimiento, determinar la cantidad de agua únicamente con medidas unidimensionales, por ejemplo: 2.3 metros de agua, 2 pulgadas de agua, etc. Técnicamente es incorrecto, no se puede determinar pues la magnitud del espacio que ocupa el agua se determina únicamente en volumen (unidades cúbicas).

### 3.2.4 Densidad y peso específico

Todos los cuerpos físicos ocupan un volumen en el espacio, y simultáneamente poseen otra característica inherente a ellos que es la masa. La densidad es la relación que existe entre el volumen que ocupa un cuerpo y la masa que tiene ese volumen. En el espacio se pueden encontrar cuerpos que tienen igual volumen, pero masa distinta; se dice entonces que son sustancias que tienen densidad distinta.

Expresado como ecuación, lo anterior se define así:

$$\text{Densidad} = \text{masa} / \text{volumen}$$

La dimensional de la densidad es: unidades de masa / unidades de volumen, concretamente Libras/pie<sup>3</sup>, kg/cm<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>, etc. Es importante recordar, que se está hablando de cantidades de masa.

Se acostumbra a indicar la densidad con la letra griega “rho” ( $\rho$ ). Debido a características de tipografía, en este trabajo se denominará indistintamente con cualquiera de las formas anteriores.

Otro concepto importante es determinar el peso que tiene cada unidad de volumen, de las diversas sustancias. Para determinar esto, es necesario conocer el peso de la sustancia, que es: volumen \* densidad \* gravedad (el volumen \* la densidad determina la masa, que al multiplicarla por la gravedad, se obtiene el peso). Luego, hay que dividir esto (que es el peso total) entre la unidad de volumen, así: Peso total /Volumen.

Al sustituir se obtiene finalmente que el peso por unidad de volumen de una sustancia es: (volumen \*densidad \*gravedad) / volumen, y esto, al anular el valor del volumen es: densidad \* gravedad.

A este concepto se le denomina “peso específico” y representa entonces el peso que tiene un fluido (o cualquier sustancia) por unidad de volumen. De manera matemática se indica:  $\text{Peso específico} = \rho * g$

### 3.2.5 Caudal y aforo

El caudal es la cantidad de volumen de líquido que pasa por un punto específico, medido en la unidad de tiempo. En otras palabras, el caudal es el volumen que circula en la unidad de tiempo. A pesar de que también se le conoce como “gasto”, para efectos de este estudio, se llamará únicamente “caudal”, pues es el término con que las comunidades lo identifican mejor.

El símbolo del caudal es Q; relaciona unidades de volumen en el tiempo; entonces, se puede determinar de muchas formas; no obstante, para este estudio, las dimensionales más importantes del caudal serán: litros por segundo (l/s), metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) y galones por minuto (gpm). Las primeras dos implican el conocimiento y utilización del sistema internacional, mientras que la última deviene del sistema británico.

Al procedimiento técnico para la determinación del caudal, se le conoce con el nombre de “aforo”. Realizar esta actividad será entonces “aforar”.

Para aforar, se necesita un recipiente de cualquier tamaño, que tenga un volumen conocido. Se encausa el agua de la fuente hacia este recipiente y se determina la cantidad de tiempo en que el agua alcanza el volumen conocido. El recipiente más utilizado es un tambo plástico (debido a su maniobrabilidad) de 5 galones. Entre más grande sea el recipiente, mejor, pues evitará errores en el procedimiento.

### 3.3 Conceptos básicos de hidrostática

Es la división de la física mecánica que estudia el comportamiento y las propiedades de los fluidos en reposo. En este estudio, es obvio que se enfatizará especialmente las propiedades del agua.

#### 3.3.1 La presión

Los cuerpos experimentan presión, cuando sobre su superficie actúa una fuerza determinada (ver figura 3-2). Entonces, físicamente se puede definir la presión como una fuerza actuando en la unidad de superficie. Matemáticamente se define así:

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

En este caso, la fuerza en cuestión es perpendicular a la superficie. Cuando la dirección de aplicación de la fuerza no es exactamente perpendicular, será su componente en esta dirección (perpendicular a la superficie) la que produzca la presión en el cuerpo.

Las unidades de medida de la presión, están determinadas por las mismas unidades de fuerza y de área que la definen, las más importantes para este estudio, usadas en el país, son : libra / pulgada <sup>2</sup>, Kgf / cm<sup>2</sup> (kilogramo

fuerza / centímetro cuadrado), Kgf / m<sup>2</sup> y N / m<sup>2</sup> (Newton sobre metro cuadrado).

#### 3.3.1.1 La presión medida en sistema inglés

Debido a que el concepto de presión implica la aplicación de una fuerza sobre una superficie, ambas magnitudes deben estar determinadas consistentemente en el mismo sistema. Para el sistema británico, las unidades de fuerza son las libras, mientras que las unidades de área, pueden ser pulgadas cuadradas o bien, pies cuadrados. Para interés de los proyectos de agua, son las primeras las más importantes.

Las unidades de medida quedan entonces:

Libras / pulgada<sup>2</sup> y libras / pie<sup>2</sup>. Es necesario recordar que se está hablando de libras fuerza, por definición.

Al comparar ambas unidades, se puede observar que una fuerza, aplicada en un pie cuadrado, producirá menor presión que esa misma fuerza, aplicada sobre un área (más pequeña) de una pulgada cuadrada. Es por eso que en proyectos de agua potable, esta unidad se utiliza más.

La unidad libras / pulgada cuadrada se conoce comúnmente también como PSI (por su denominación en inglés). Ambas denominaciones significan exactamente lo mismo. Esta denominación es importante, pues la mayoría de equipos y accesorios que están relacionados con la presión son especificados en PSI. Tal es el caso, por ejemplo, de la tubería comercial que se usa en Guatemala. Algunas casas comerciales indican en el tubo la presión medida en PSI que resiste dicho elemento. Lo mismo puede decirse de las bombas, válvulas, etc.

#### 3.3.1.2 La presión en unidades del sistema Internacional

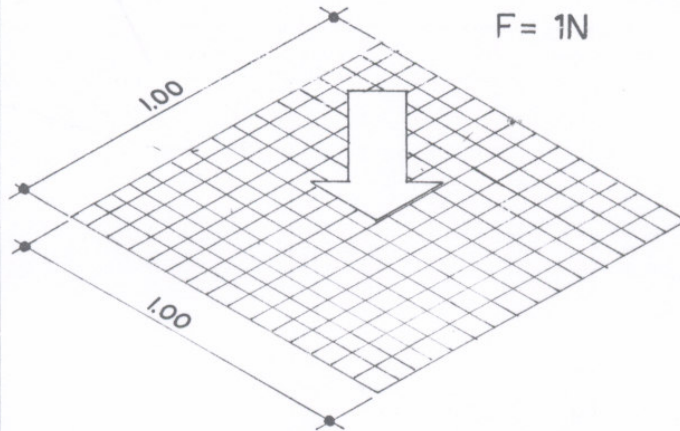
La unidad de medida de la fuerza, en sistema internacional es el Newton; y para el área, es el metro cuadrado. Por lo tanto, la presión, en sistema internacional, se mide en Newton / metro<sup>2</sup>. Esta unidad es denominada "Pascal", en honor del científico francés Blaise Pascal, quien hizo profundos estudios y aportaciones a la hidrostática. El símbolo para indicar a la unidad de medida de la presión es "Pa" (Pascal). El Pascal es una medida importante, debido a que cada vez con mayor frecuencia se emplea

FIGURA 3 - 3

## LA PRESIÓN

83

( 1 ) Unidad de medida



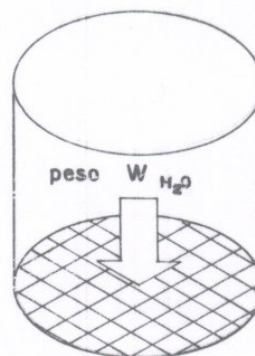
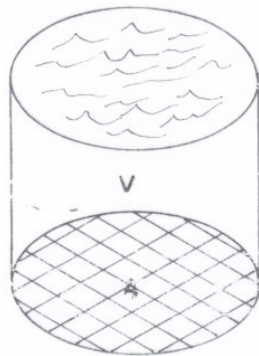
$$P = \text{Fuerza} / \text{área}$$

$$P = 1 N / 1 m^2$$

$$P = 1 N / m^2$$

$$p = 1 \text{ Pascal}$$

( 2 ) Para el agua



$$P = \frac{\text{peso}}{\text{área}} = P = \frac{W_{H_2O}}{A}$$

internacionalmente. Debido a que implica unidades de presión, también se le utiliza en cálculos estructurales, por ejemplo, la resistencia de los materiales y accesorios, el valor soporte del suelo, la presión sobre las zapatas, etc. En la figura 3-3 se ilustra el concepto de esta unidad de medida de la presión.

También se encuentran, las unidades kilogramos / metro <sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>), o bien, kilogramo / centímetro cuadrado(kg/cm<sup>2</sup>). Éstas son importantes debido a que las propiedades del agua fueron utilizadas como la base para la determinación de muchas unidades de medida en el original sistema métrico decimal.

### 3.3.2 Principio de Pascal

Como se expuso anteriormente, Blaise Pascal fue un científico francés que aportó mucho a la física, básicamente a la hidrostática. El principio que lleva su nombre, indica que: “La presión que experimenta determinado fluido en un punto específico se transmite en todas direcciones de dicho fluido y en las paredes del recipiente que lo contiene”. Así pues, la presión ejercida en un punto cualquiera de una masa líquida, se transmite instantáneamente en todas las direcciones y con igual intensidad (incluso hacia arriba).

Una partícula de líquido en reposo, experimenta presión debido al peso que soporta, pero al no haber movimiento, la resultante de todas las fuerzas implicadas debe ser cero y todas las fuerzas deben ser de igual magnitud, debido a que la partícula no se mueve.

La figura 3-4 ilustra el principio de Pascal.

### 3.3.3 Presión atmosférica

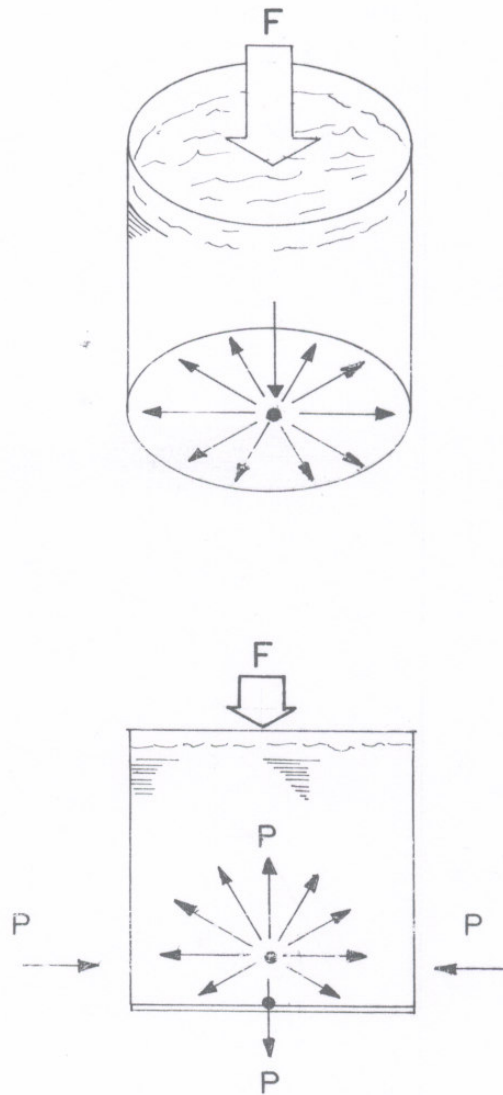
La presión atmosférica es la que ejerce una columna de aire que tiene por altura, el espesor de toda la atmósfera en ese punto.

Toda la columna de aire, tiene un peso, que es igual a la densidad del aire por el volumen de la columna. Este peso al ser aplicado en una superficie, ejerce presión sobre ella. Si la columna tiene la altura de la atmósfera, se dice entonces que la presión en ese punto tiene un valor de una atmósfera. La figura 3-5 ilustra este concepto.

FIGURA 3 - 4

EL PRINCIPIO DE PASCAL

85

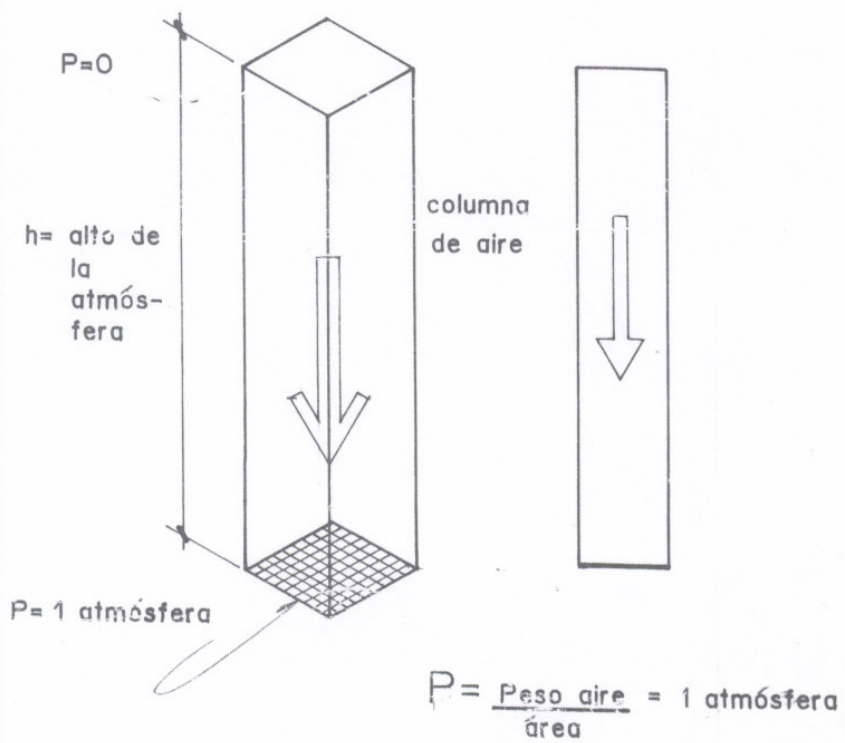
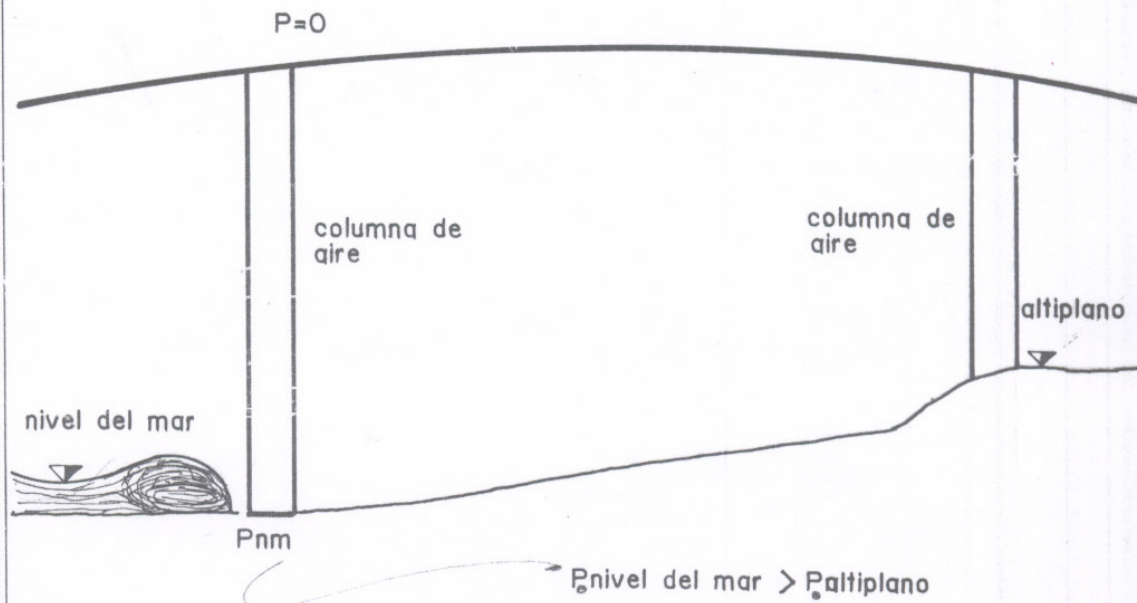


La presión que experimenta determinado fluido se transmite en todas direcciones de dicho fluido y en las paredes del recipiente que lo contiene.

FIGURA 3-5

## PRESIÓN ATMOSFÉRICA

86





Así que, debido a que la altura de las columnas de aire varía conforme lo hace el nivel o cota de terreno, la presión que ejerce la atmósfera es distinta en cada punto según su ubicación.

Para normar esto, la presión atmosférica debe ser determinada al nivel del mar y con condiciones definidas.

Cada vez que el terreno está a más altura, la columna de aire es menor, por lo tanto, la presión atmosférica en ese punto es menor. Lugares altos implican presión atmosférica baja y al contrario, lugares bajos implican presión atmosférica alta.

#### 3.3.4 Columna de mercurio

El científico Evangelista Torricelli, hacia 1643, descubrió un método para medir la presión atmosférica cuando inventó el barómetro de mercurio. La figura 3-6 ilustra el principio de este invento.

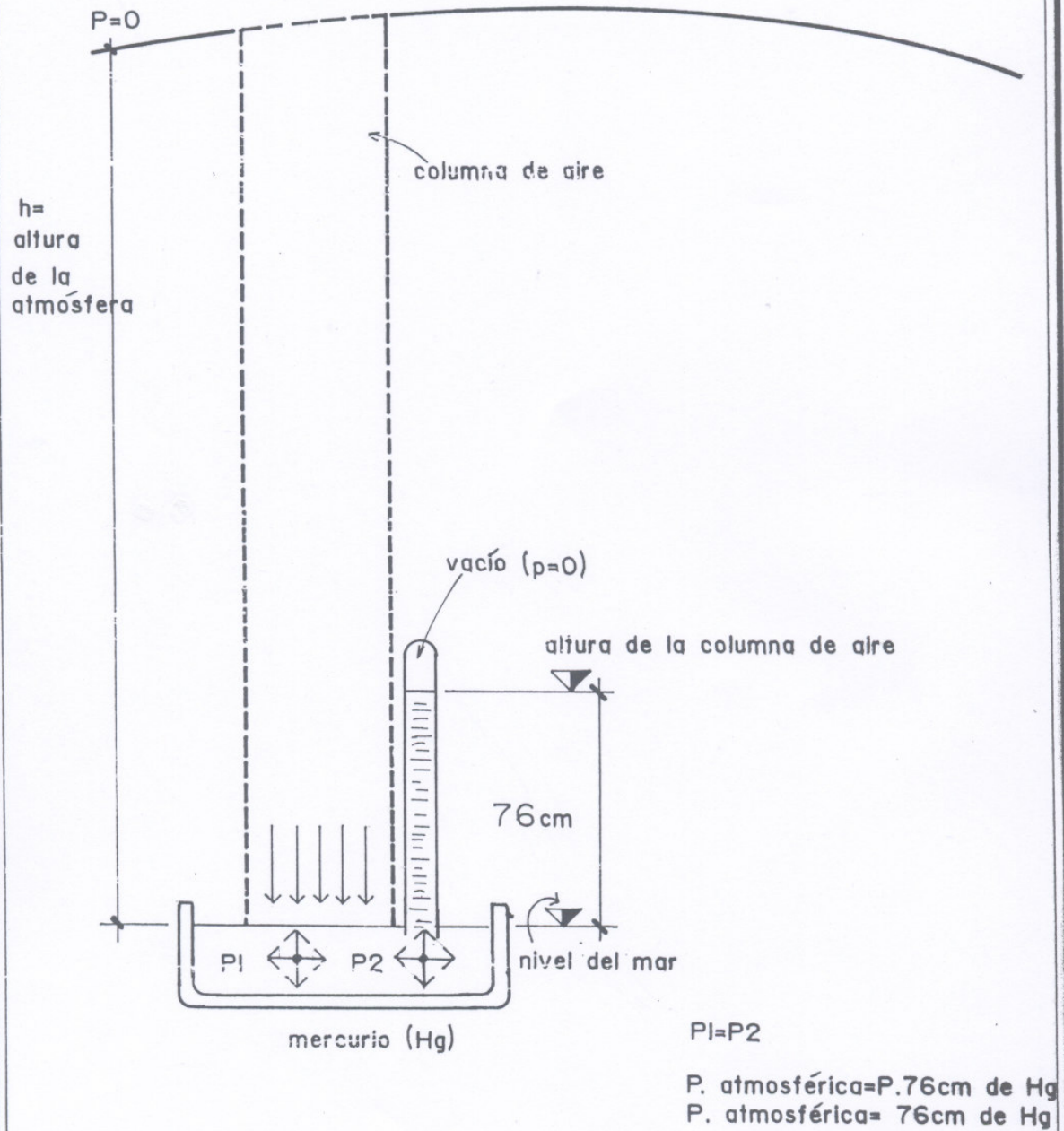
Como se expuso anteriormente, una partícula, cuando está inmersa en un fluido, experimenta presión desde todas las direcciones y la resultante de las fuerzas que la producen es cero, pues no existe el movimiento (principio de Pascal). Puesto que esto es cierto, cuando la presión que ejerce la atmósfera en un punto de un líquido es igual a la presión que ejerce otro fluido en el mismo líquido, éste se encuentra en equilibrio, y cuando no es así, la tendencia es buscarlo. En la figura indicada, puede observarse que cuando la presión que ejerce el mercurio es menor a la presión atmosférica, la columna de éste tiende a subir. Mientras que cuando es mayor la presión ejercida por la columna de mercurio que la presión ejercida por la atmósfera, entonces la columna bajará y tenderá al equilibrio. Cuando este experimento se hace con las siguientes condiciones: (a) a nivel del mar, (b) el mercurio se encuentra a cero grados centígrados, (c) actúa la aceleración de la gravedad patrón  $980.665 \text{ cm} / \text{seg}^2$ , entonces la columna de mercurio siempre se elevará por sobre el depósito, una altura de 76 cm. La presión ejercida por la atmósfera y la presión ejercida por la columna de mercurio son de igual valor, de igual magnitud. A este valor se conoce como “presión atmosférica”.

Así que, decir “una atmósfera de presión” es exactamente equivalente a decir 76 cm de mercurio. Al expresar esto, se sobreentiende que se refiere a “la presión que ejerce una columna de mercurio con una altura de 76 cm”.

FIGURA 3-6

PRESIÓN-COLUMNA DE MERCURIO.

88



No hay que confundir los términos, pues la presión no se expresa en unidades de longitud.

La densidad del mercurio a esa temperatura es de  $13.5950 \text{ g/cm}^3$

### 3.3.5 Metro columna de agua

La presión que una columna de agua con una altura de 1.00 m ejerce en la parte inferior de dicha columna, se denomina "metro columna de agua". Si la columna en cuestión es de dos metros, entonces producirá dos metros columna de agua. Y así, sucesivamente.

El valor de la presión expresado en metros columna de agua se puede comparar con otras formas de medir la presión; por ejemplo, ordinariamente, se dice que una atmósfera es 10.33 metros columna de agua. Hay que recordar que se sobreentiende que se está diciendo que una atmósfera de presión es equivalente a la presión producida por una columna de agua que tiene una altura de 10.33 m de alto.

Lo anterior es importante para poder relacionar el metro columna de agua con las otras unidades de presión (ver figura 3-7). Si se considera un volumen de  $1 \text{ m}^3$ , contenido en un recipiente cúbico de 1 m de lado. Dado que la altura de este recipiente es de 1.0 m, entonces la superficie estará soportando la presión de 1.0 m.c.a. Esta presión, en  $\text{Kg/m}^2$  será:

Volumen total:  $1 \text{ m}^3 = 1,000 \text{ l}$

Peso total del líquido:  $1,000 \text{ l} * 1 \text{ kg / l} = 1,000 \text{ Kg}$ .

Área sobre la que actúa:  $1 \text{ m}^2 = 100 * 100 \text{ cm}^2 = 10,000 \text{ cm}^2$

Presión = Peso / Área => presión =  $1,000 \text{ Kg} / 1 \text{ m}^2$  =>  $1,000 \text{ kg/m}^2$

Y también puede expresarse como:

$1,000 \text{ Kg} / 10,000 \text{ cm}^2$  => presión =  $0.1 \text{ Kg/cm}^2$

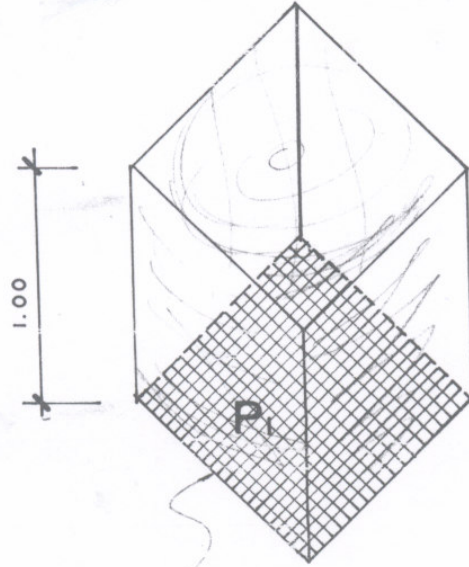
Conclusión: La presión que una columna de un metro de alto ejerce sobre la superficie es de  $1,000 \text{ Kg/m}^2$  (o bien  $0.1 \text{ Kg/cm}^2$ )

Por otra parte, también en la figura 3-7 se puede calcular el valor de la presión que una columna de dimensiones menores ejerce sobre la superficie inferior en la que actúa. Por ejemplo, si el prisma considerado tiene una base cuadrada de 5 cm por lado, y una altura de 1.00 m, la presión que ejercerá en la parte inferior será:

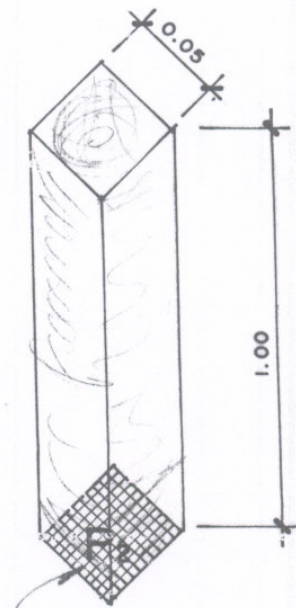
FIGURA 3-7

LA PRESIÓN DE 1 m.c.a.

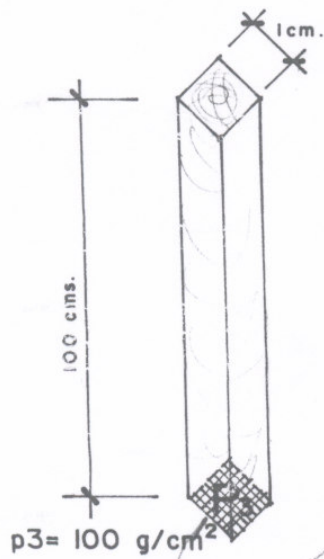
90



$$P_1 = 1000 \text{ Kg/m}^2$$



$$P_2 = 1000 \text{ Kg/m}^2$$



$$p_3 = 100 \text{ g/cm}^2 \quad P_3 = 1000 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ mca} = 1000 \text{ Kg/m}^2$$

Volumen total del líquido:  $0.05 \times 0.05 \times 1.00 = 0.0025 \text{ m}^3 = 2.5 \text{ L}$

Peso total:  $2.5 \text{ L} \times 1 \text{ Kg/L} = 2.5 \text{ Kg}$

Área Total:  $A = 0.05 \times 0.05 \Rightarrow A = 0.0025 \text{ m}^2$

Presión = Peso/área  $\Rightarrow P = 2.5 \text{ Kg} / 0.0025 \text{ m}^2 \Rightarrow P = 1,000 \text{ Kg/m}^2$

Se puede notar que la presión ejercida por una columna de agua de 5cm \* 5cm \* 1.00 metro de alto es exactamente la misma presión que ejerce sobre la superficie un volumen de 1.00 m \* 1.00 m \* 1.00 m. En general, se puede calcular cualquier figura, más grande o pequeña que las anteriores, pero siempre que la altura del agua sea de 1.00 m el valor de la presión será siempre el mismo, no importando la forma del recipiente que contiene el líquido (ver figura 3-8).

Pero, como se expuso anteriormente, es muy importante poder relacionar al m.c.a. con la presión que soportan los tubos de conducción. Para poder hacer esto, se puede llegar al resultado por dos caminos: (1) Se calculan todos los datos en sistema inglés y se llevan los resultados a P.S.I. o bien, (2) se calcula la presión en S.I. y de éste se hace el cálculo hacia P.S.I. Debido a que el dato está dado, se procede a calcularlo así:

Valor de la presión de 1 m.c.a.:  $1,000 \text{ Kg/m}^2 = 0.1 \text{ Kg/cm}^2 = 100 \text{ g/cm}^2$

$1 \text{ m.c.a.} = 0.1 \text{ Kg/cm}^2 \times (2.20468 \text{ lb/1 Kg}) \times (2.54 \text{ cm/pulg})^2$

$1 \text{ m.c.a.} = 1.4224 \text{ lb/pulg}^2 = 1.4224 \text{ P.S.I.}$

Conclusión: La presión que ejerce una columna de agua de 1.00 m de alto es de  $1.4224 \text{ lb/pulg}^2$  (o sea 1.4224 P.S.I.).

Este dato es muy importante, pues permite relacionar de una manera inmediata, la altura de la tubería en metros, con la presión que soporta dicha tubería, en P.S.I.

Para ilustrar lo anterior, un pequeño ejemplo: Una tubería parte del nacimiento (cota 1,000 m) hacia un tanque de almacenamiento (cota 909.75m). La tubería utilizada es de 160 P.S.I. ¿Soportará la presión?

Sol:

.1) calculando qué altura de metros soporta la tubería de 160 P.S.I.

$1.0 \text{ m.c.a.} = 1.4224 \text{ P.S.I.} \Rightarrow 160 \text{ PSI} = 160 / 1.4224 \text{ m.c.a.}$

$h = 112.49$  es la altura en metros, de la columna de agua que soporta la tubería de 160 PSI. El factor de seguridad a utilizar es de 80%-85% o

también  $1.20 \Rightarrow$  la altura máxima que soporta una tubería de 160 PSI es de  $112.49 / 1.20 = 93.73$  m

.2) Calculando la diferencia de alturas

$h_{\text{total}} = H_{\text{nac}} - H_{\text{tanque}} \Rightarrow h_{\text{total}} = 1,000 - 909.75 = 90.25$  m

.3) Conclusión: La tubería de 160 PSI soporta una diferencia de alturas hasta de 93.73 m. La diferencia de alturas entre el nacimiento y el tanque es de 90.25 m. Puesto que la tubería soporta más altura que la existente, entonces es adecuada para el proyecto.

El anterior es un problema sencillo e ideal. Sin embargo, la experiencia dicta que en la realidad, los problemas son más complicados y exigen mayor conocimiento. Lo fundamental, como en este problema, es siempre poder determinar la presión a que está sometida una tubería en cualquier punto de su trayectoria. Para poder hacerlo, es necesario contar con las herramientas básicas que brinda la hidrodinámica.

### 3.4 Conceptos básicos de hidrodinámica

La denominación “hidrodinámica” deviene del latín, y antes del griego “ῥῶπο”, idro, que significa “agua” y “dynamikos”, potente, fuerte, en movimiento. Para efectos prácticos, la hidrodinámica es aquella división de la mecánica que estudia el comportamiento de los fluidos en movimiento. De manera formal, la hidrodinámica estudia el comportamiento de todos los fluidos, pero en este estudio se referirá exclusivamente al agua.

El agua se desplaza de un punto a otro comportándose de diversos modos. Si en la trayectoria descrita por el fluido todas las partículas siguen una misma ruta imaginaria, descrita por la partícula que la antecedió, se dice entonces que el flujo es de régimen laminar (o sea que el desplazamiento del agua es a través de láminas). Por otra parte, cuando la trayectoria de las partículas es errática, aleatoria y no es constante, se dice que el flujo es de régimen turbulento (por ejemplo, un río, un chorro, etc.).

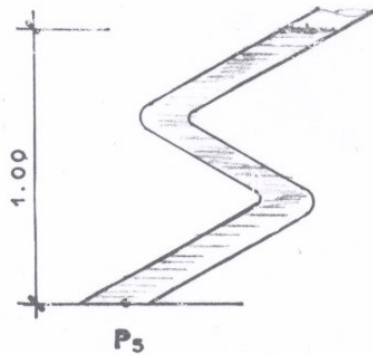
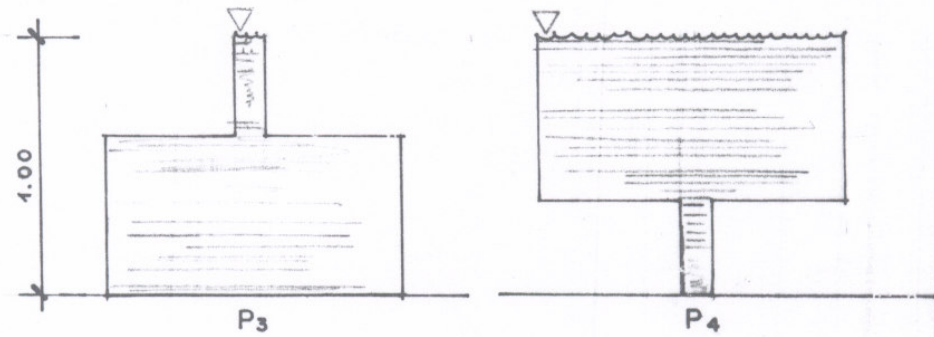
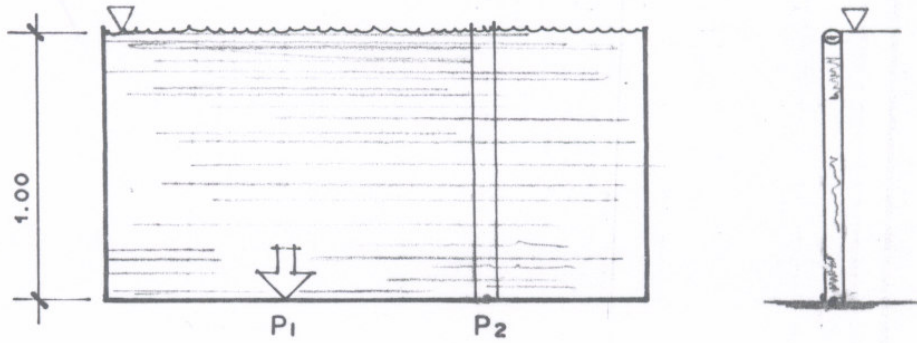
El agua se considera en la práctica como un líquido incompresible (que no se puede comprimir), por lo tanto, se supone de una densidad constante.

Para el interés de este estudio, son básicos algunos conceptos de hidrodinámica, que en adelante se describen.

FIGURA 3- 8

## LA PRESIÓN DEL AGUA

93



$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ m.c.a.} = 1,000 \text{ Kg/m}^2 = \frac{100 \text{ gr}}{\text{cm}^2}$$

### 3.4.1 Ecuación de continuidad

En la figura 3-9, se observa un recipiente que contiene agua. Este líquido se está desplazando del punto "A" hacia el punto "B". Es obvio que en la condición inicial, por el área "B" no pasa líquido alguno. Mientras que en la condición de movimiento, también es bastante obvio que el volumen que ha salido del depósito es exactamente el mismo volumen que ha pasado por la tubería. Es decir, que el agua que ha circulado por la sección "A" es exactamente la misma que ha circulado por el área "B". Se establece entonces que el volumen inicial es igual que el volumen final. Como ambos son de igual valor numérico (ambos son el mismo volumen) y ambos se movieron a la vez, en el mismo tiempo (al mismo tiempo que circuló por el punto "A", también el volumen de agua circuló por el área "B"); entonces el volumen que se ha desplazado en la unidad de tiempo es el mismo. Y como el concepto de volumen en la unidad de tiempo es el caudal, se establece que en un sistema de conducción, el caudal en dos puntos cualesquiera es exactamente el mismo. Matemáticamente, se puede establecer que:

$$\text{Caudal inicial} = \text{Caudal final}$$

$$\text{Vol. Inicial} / t = \text{Vol. Final} / t.$$

El área A1 en el tiempo transcurrido se ha desplazado desde la posición inicial hasta la nueva posición, una distancia d1; mientras que el área A2 también ha experimentado un desplazamiento en el mismo tiempo, desde su posición inicial hasta una distancia d2.

El volumen desplazado se puede describir en el punto inicial como  $A1 \cdot d1$ , y en el punto final, como  $A2 \cdot d2$ . Sustituyendo estas expresiones en la ecuación original de caudal, se obtiene:

$$(A1 \cdot d1) / t = (A2 \cdot d2) / t \text{ que por conmutatividad también puede ser:}$$

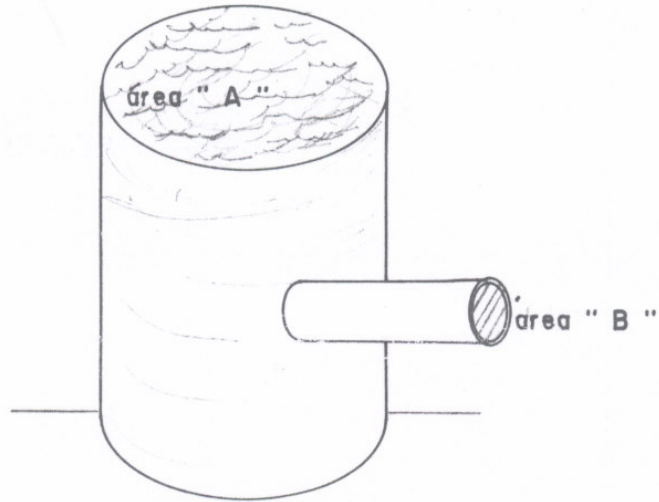
$$A1 \cdot (d1/t) = A2 \cdot (d2/t)$$

En la expresión anterior, se sabe que d1 y d2 son los desplazamientos que han experimentado las superficies A1 y A2. Ambos son de distinto valor, pero ambos han sido en el mismo tiempo. Debido a que el concepto de desplazamiento en la unidad de tiempo implica la velocidad del cuerpo en cuestión, se puede sustituir en la expresión :

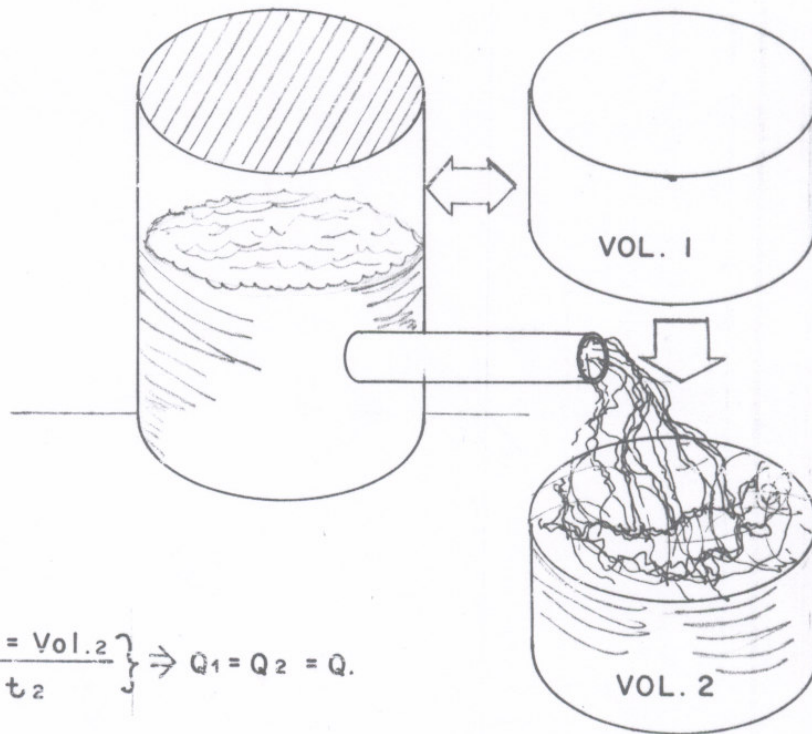


FIGURA 3- 9  
 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

95



CONDUCCIÓN.  
 INICIAL.



$$\left. \begin{array}{l} \text{Vol. 1} = \text{Vol. 2} \\ t_1 = t_2 \end{array} \right\} \Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q.$$

$A_1 \cdot Vel_1 = A_2 \cdot Vel_2$  , ecuación que establece que el caudal inicial es igual al caudal medido en cualquier otro punto, por lo tanto, el caudal es continuo. La ecuación anterior se conoce como “ecuación de continuidad”.

$$\text{Caudal } Q = \text{Vol}/\text{Area} = \text{Área} \cdot \text{Vel.}$$

### 3.4.2 Ecuación de Bernoulli

Daniel Bernoulli presentó la ecuación que lleva su nombre en su libro “hydrodynamica”, hacia 1738. Esta ecuación es una extensión de las leyes de Newton, específicamente aplicada al movimiento de fluidos. Básicamente, establece la igualdad o conservación de la energía entre dos puntos cualesquiera. La energía hidráulica total disponible es la misma en todos los puntos del sistema, así:

$$\text{Energía 1} = \text{Energía 2}$$

La ecuación de Bernoulli lo describe matemáticamente así:

$$V_1^2 / (2g) + P_1 / (\rho \cdot g) + y_1 = V_2^2 / (2g) + P_2 / (\rho \cdot g) + y_2$$

Para describir esta ecuación, se puede apreciar en la figura 3-10 el tubo de Venturi.

El extremo izquierdo de la ecuación se refiere a las condiciones iniciales, mientras que el extremo derecho, a la condición final. En realidad, cualquiera de las condiciones puede considerarse como inicial y cualquiera como final, pues el sistema se considera conservativo.

La expresión  $V^2/(2g)$  está relacionada con la conservación de la energía de movimiento (la única variable en esta expresión es la velocidad). La expresión  $P_1/(\rho \cdot g)$  está relacionada con la presión. La única variable aquí es este valor, debido a que  $(\rho \cdot g)$  es un valor constante, para el mismo fluido en dos puntos cualquiera. Habrá que recordar que la expresión  $\rho \cdot g$  es conocida como “peso específico”. Y finalmente, la expresión  $Y_1$  está relacionada con la energía de posición respecto de un plano de referencia (perpendicular a la aceleración de la gravedad, es decir, horizontal). La expresión  $Y_n$  en varios libros también se describe como  $Z_n$ , pero siempre designa lo mismo: una posición vertical respecto de un plano de referencia.

### 3.4.2.1 Piezométrica y pérdida de carga

Los dos últimos términos de la ecuación  $[P/(ro \cdot g) + Y_1]$  se conocen como “altura piezométrica”. Concepto de fundamental importancia en diseño de sistemas hidráulicos.

La altura piezométrica en un punto es aquella que un fluido es capaz de alcanzar si sobre el punto considerado se coloca un tubo y se permite ascender por él al fluido. En la figura 3-10 se ilustra este concepto.

Cuando el agua circula por una tubería, constantemente cambia la presión que experimenta y la posición respecto del plano horizontal de referencia; por lo tanto, constantemente cambia el valor de la altura piezométrica del fluido. Cuando en varios puntos de una tubería se representa la altura piezométrica que le corresponde a cada uno de ellos y posteriormente se unen todas esas columnas por medio de una línea, se obtiene la denominada “línea piezométrica”; que es la representación gráfica del valor calculado para la altura de la piezométrica en cada uno de los puntos considerados de la tubería.

Es importante considerar que la ecuación de Bernoulli relaciona la energía inicial con la energía final en dos puntos cualquiera. No obstante en la práctica se puede demostrar fácilmente, que la energía inicial sufre un ligero cambio; no toda llega hasta la condición final, hay un cambio de energía. En hidráulica, se denomina a la cantidad de energía perdida como “hf” y representará una columna vertical de igual magnitud que la diferencia de alturas (inicial menos final). “Hf” se conoce como “pérdida de carga” y representa una pérdida en la altura de energía hidráulica total disponible. “Hf” es la energía que se ha disipado en forma de calor al medio ambiente y se produce debido al choque de las partículas entre sí, a la producción de reflujos (remolinos internos) y en general al calor producido por la fricción de las partículas al transitar por la tubería.

La ecuación completa de Bernoulli queda entonces:

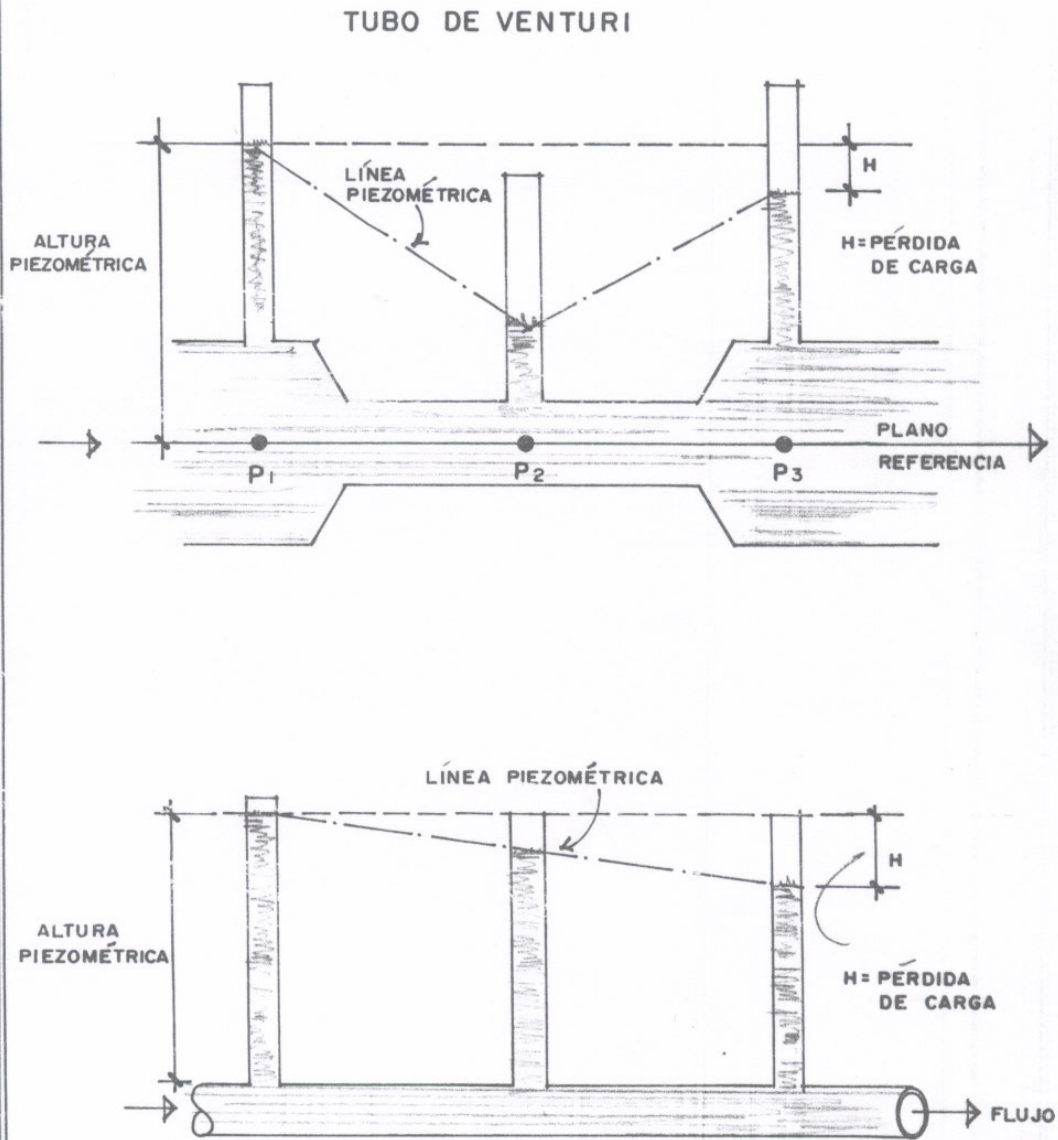
Energía inicial = Energía final + hf

$$V_1^2 / (2g) + P_1 / (ro \cdot g) + y_1 = V_2^2 / (2g) + P_2 / (ro \cdot g) + y_2 + hf$$

Todas estas expresiones tienen una representación gráfica (ver figura 3-11). Como se expuso anteriormente, las dos últimas expresiones  $[+ P_1 / (ro \cdot g) + y_1]$  representan la altura piezométrica. Si a esta altura, se le incrementa la

FIGURA 3-10  
PIEZOMÉTRICA Y PÉRDIDA DE CARGA

98



energía de movimiento, expresada por la cantidad  $V_1^2 / (2g)$ , se estará graficando el valor total de la energía hidráulica disponible. Si esto se hace a lo largo de la tubería, también se tendrá una línea que describe el comportamiento en la magnitud de la energía a lo largo de dicha tubería. Esta línea se conoce como “línea de energía”.

No obstante, técnicamente, tanto la altura piezométrica como la altura de energía hidráulica total disponible, cambian en función del tiempo. Este concepto se denomina en física como “gradiente”, por lo que algunos libros denominan “línea de gradiente hidráulico”, a la altura piezométrica y “línea de gradiente energético” a la línea de energía total disponible.

En la práctica, simplemente se denomina “piezométrica” a la altura de presiones. El concepto “altura piezométrica” equivale a decir “piezométrica”, “línea de presiones”, “gradiente hidráulico” o bien “línea de gradiente hidráulico”. Todas estas expresiones son la suma de los dos últimos términos de la ecuación de Bernoulli.

Para el cálculo de agua potable, el concepto de altura piezométrica es fundamental, pues permite determinar fácil y gráficamente la presión que el fluido tiene en cualquier punto.

#### 3.4.2.2 La piezométrica en proyectos de agua potable

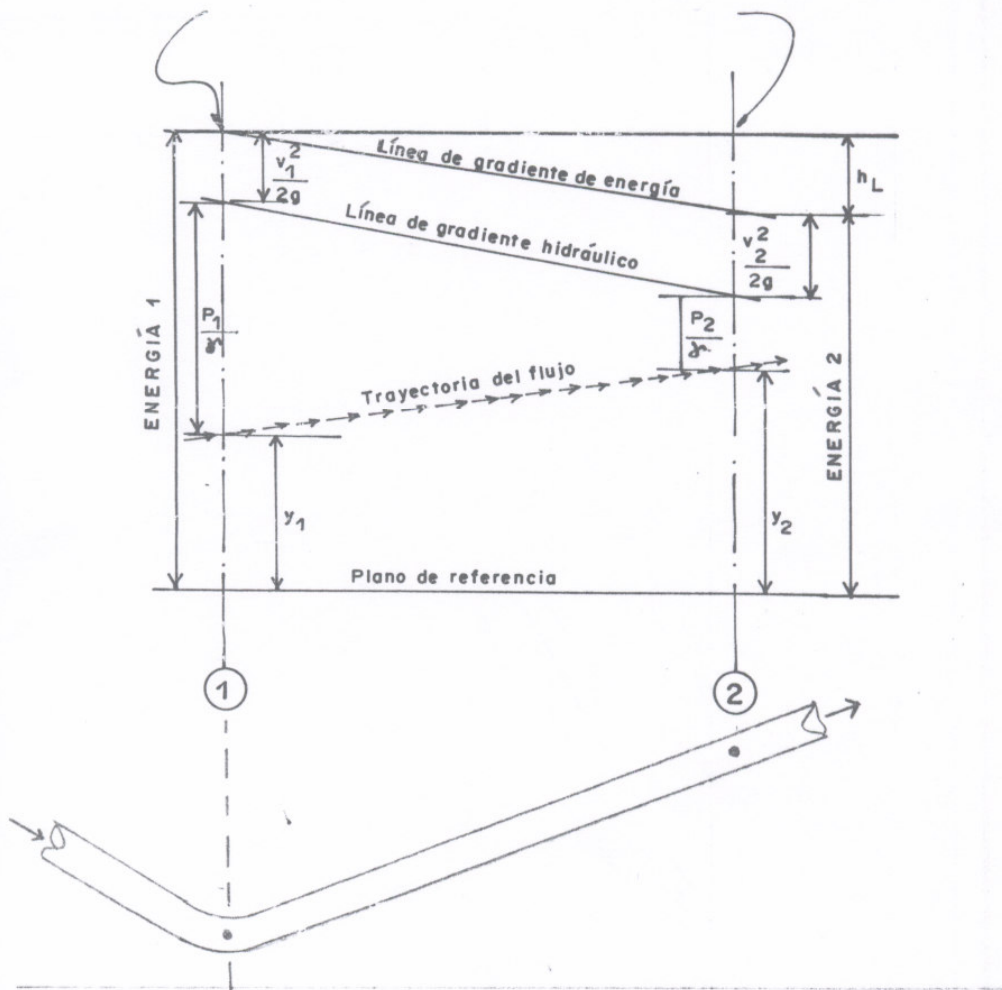
Como se expuso anteriormente, la altura piezométrica representa la altura hasta la que llegaría una columna de agua en el punto considerado. Por otra parte, también se puede mencionar que una columna de agua cualquiera ejerce una presión sobre la superficie sobre la que actúa. Así pues, al graficar (o calcular) la altura piezométrica, se está determinando la presión en metros columna de agua en el punto considerado. El valor de esta presión es exactamente el valor de la altura piezométrica. La importancia de lo anterior es que al calcular la altura piezométrica en cualquier punto de una tubería, se puede determinar el valor de la presión en P.S.I. (o cualquier otra unidad de medida) en ese punto y poder compararla con la resistencia de dicha tubería

Por otra parte, dado que la altura piezométrica representa la presión en m.c.a. entonces, cuando esa altura es “cero”, es decir, cuando la línea piezométrica intercepta la línea de la tubería, la presión del agua en ese punto también será “cero”. Cuando esto sucede en un sistema de conducción de

FIGURA 3-II  
LA ECUACIÓN DE BERNOULLI ENTRE DOS PUNTOS

100

$$Y_1 + P_1 / \delta + V_1^2 / 2g = Y_2 + p_2 / \delta + V_2^2 / 2g + h_L$$



FUENTE: SIMON ANDREW L. (HIDRÁULICA BÁSICA).

agua potable, se dice que la “piezométrica se enterró”, lo que significa que el valor de la presión es menor que la altura de la tubería, por lo tanto hasta ahí llegará el agua y no más. El sistema no trabaja, pues no conduce el agua hasta la población.

No obstante, puede suceder también que la piezométrica sea cero (que la presión sea cero), pero esto es válido únicamente en las cajas rompe presión, que debido a la altura a la que están, sí permiten que el agua circule nuevamente. Como se expuso anteriormente, la cota a la que se ubiquen las cajas rompe presión debe ser más alta que la altura de los puntos más altos de la tubería en adelante.

En todos los planos constructivos de proyectos de agua potable se debe indicar con claridad la línea de presiones (o línea piezométrica).

## CAPÍTULO CUATRO

### PARÁMETROS PRINCIPALES DE DISEÑO

Los parámetros principales que deben ser considerados para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable son:

- a) la dotación de agua.
- b) período de diseño.
- c) número de habitantes o población.
- d) factores de variación del consumo de carga.

Para poder calcular de manera correcta un servicio de abastecimiento de agua potable, es necesario tener el criterio correcto para poder determinar cada uno de los valores de los parámetros anteriormente descritos. Si se coloca un valor inapropiado puede implicar la ineficiencia o el colapso del sistema hidráulico completo.

Para poder determinar cada uno de los valores de los parámetros, el concepto de cada uno y el procedimiento sugerido para su cálculo, se describe a continuación.

#### 4.1) Dotación de agua

Es la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades del usuario.

Para poder correlacionarla con la dimensional que será trabajada, también se puede definir la dotación de agua como aquel volumen de agua que necesita un habitante para realizar cómodamente sus actividades, en un día normal de existencia. Por lo tanto, la dotación deberá expresarse como la cantidad de litros de agua que un habitante consume en un día (litros/hab.-día).

Por ejemplo:

100 l/ hab.-día, indica que el profesional diseñador considera que un habitante consume en ese lugar 100 litros en un día.

La dotación es una cantidad que depende de varios factores externos, como:

- a) el clima.
- b) condiciones socioeconómicas de la población.
- c) estándar de vida.



- d) tipo de sistema de abastecimiento (rural vrs. urbano).
- e) costo del servicio.
- f) presión en el sistema.
- g) fugas y su control.
- h) producción de la fuente.
- i) normas de diseño de la entidad financiera.

El clima es de vital importancia en la dotación. Es obvio que en climas calurosos se necesitará mucha más agua que en climas fríos. Por lo tanto, es de suma importancia que el arquitecto considere la ubicación de la población y la temperatura promedio. Aunque el número de habitantes de una población sea igual que otro, el consumo de agua no será igual, si una de éstas se encuentra situada en Ixchigúan, San Marcos, y la otra en Escuintla.

La dotación es directamente proporcional a la temperatura promedio del lugar: más temperatura, implica más dotación.

Las condiciones socioeconómicas de la población también son muy importantes en la consideración del valor de la dotación. Una población pobre no podrá pagar ni el servicio ni el mantenimiento de un sistema grande. Más bien, se deberá limitar el recurso del agua. Por otra parte, una población muy próspera sí podrá pagar el suministro de cantidades considerables de líquido.

Lo anterior también está relacionado con el estándar de vida de la población y la cultura predominante. Por ejemplo, en lugares en donde la población posee menos automóviles, el consumo de agua será menor, pues no habrá necesidad de lavarlos. En lugares en donde la existencia de aparatos de consumo de agua es mayor (como las lavadoras), es obvio que el consumo será mayor.

Lo dicho hasta el momento parece establecer una diferencia clara respecto de la dotación necesaria en comunidades rurales y urbanas. Debido a las consideraciones descritas, el consumo rural es mucho menor que el consumo de agua en la ciudad. Incluso, el consumo de agua varía entre las ciudades. Por ejemplo, en la ciudad de Quetzaltenango se consume menos agua por habitante que en la ciudad de Guatemala, pero en ésta se consume mucho menos que en la ciudad de Nueva York.

El costo del servicio también está relacionado con la dotación. Mientras más caro sea el servicio, menos uso hará la población de él y viceversa.

La presión del agua también es importante considerarla, pues en un sistema con mayor presión, el consumo de agua es mayor que en los sistemas en que la presión es menor. Esto se debe a una reacción de parte del consumidor.

La dotación también está muy relacionada con el control de las fugas, las conexiones ilícitas y el control de éstas. Mientras menos control se tenga administrativamente del sistema, tanto mayor será el consumo y las conexiones ilícitas. Las fugas también deben considerarse, pues pueden representar hasta un 5% del consumo del líquido incluso en tuberías nuevas.

Para Guatemala, los valores usuales para consumo doméstico son por ejemplo: 60,80,100 l/(hab.-día) (para sistemas rurales) y 125,150,175,200,250,300 l/(hab.-día). Estos valores son exclusivamente para viviendas, no incluye el consumo industrial.

La dotación es un valor que el arquitecto diseñador subjetivamente considera en el diseño de un sistema, mientras que la producción de la fuente, es un valor objetivo, real; está fuera de la capacidad del diseñador, no depende de éste. Entonces, si a pesar de realizar las consideraciones en todos los aspectos anteriores, la fuente no es suficiente, entonces obviamente la cantidad disponible por habitante será menor.

Y finalmente, puede ser que el ente financiero dicte como norma el valor de la dotación. Esto debido a sus intereses particulares. De igual forma, la dotación también puede estar normada por alguna entidad del estado y cambiar de institución en institución. Una dotación de un proyecto a ser financiado por el Fondo de Inversión Social puede ser considerada como insuficiente y ser motivo de rechazo, mientras que otra entidad o la misma municipalidad del lugar sí la consideren viable. El valor de la dotación puede variar hasta en un +- 15%, debido básicamente a que es un valor subjetivo.

Para Guatemala, la Dirección General de Obras Públicas determinó los siguientes parámetros para el valor de la dotación:

- a. Poblaciones rurales: Utilizar de 60 a 100 l / hab.-día.
- b. Poblaciones Urbanas: Utilizar de 100 a 250 l / hab.-día.

Como se puede observar, los valores de la dotación están determinados por un gran rango, en el que el criterio del diseñador es fundamental.

Esta forma de determinar la dotación tiene la desventaja de ser bastante abierta, no considera las variables anteriormente descritas.

Para poder determinar de mejor forma el valor de la dotación, el urbanista Jan Bazant propone la siguiente tabla, en la que la dotación depende del clima como del número de pobladores de la comunidad beneficiada.

DOTACIÓN SEGÚN NUMERO DE HABITANTES Y CLIMA (l / hab.-día)

Población (hab.)	Clima cálido	Clima Templado	Clima 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
150,000 a más habitantes	350	300	250

Fuente: Bazant, Jan. Manual de criterios de diseño urbano.

Tal y como se expuso, en la anterior tabla se puede observar que el incremento de la población, a pesar de ser el mismo clima, incide en la actitud de las personas hacia el consumo del agua. Así pues, se registra un mayor consumo de agua según crece el número de habitantes de la comunidad considerada.

También es importante considerar que esta tabla es únicamente un parámetro, pues no es un requisito legal para el diseño.

Se puede observar también que es una tabla de consumo "ideal", pues no considera poblaciones de menos de 2,500 personas (aprox. 500 familias), casos que sí se presentan en la realidad.

En conclusión, el diseñador deberá tomar en consideración los criterios de la Dirección General de Obras Públicas y la tabla propuesta por Jan Bazant. Siempre debe privar el criterio técnico y debe ser una decisión profesional.

#### 4.2 Periodo de diseño

El "periodo de diseño" es aquel tiempo durante el cual, el sistema o proyecto diseñado funciona de manera óptima, conduciendo eficientemente el agua hasta la población.

El periodo de diseño se refiere exclusivamente al funcionamiento hidráulico del sistema y no a la calidad o vida útil de los materiales. El concepto de periodo de diseño es totalmente distinto al concepto de vida útil de materiales y equipo. Un sistema de conducción de agua potable pudo haber concluido el periodo para el cual fue diseñado; no obstante los materiales constitutivos de éste aún pueden tener la aptitud de ser utilizados nuevamente. Por ejemplo, la vida útil de la tubería P.V.C. puede ser de 100 años o más, pero el sistema diseñado puede colapsar debido a un crecimiento desmedido de la población, al cambio en la actividad productiva, al cambio de la cantidad de agua producida por la fuente, etc. Es decir, a pesar de que el equipo y materiales constructivos aún se encuentren en su vida útil, el funcionamiento del sistema puede no ser el adecuado.

El periodo de diseño depende también de la población a servir, del ente financiero, de la capacidad administrativa de la municipalidad o comunidad que administrará el sistema o proyecto y también depende de la producción de la fuente.

El comportamiento del sistema durante los primeros años de funcionamiento es fundamental también en la consideración final del periodo de diseño de sistemas similares en la comunidad.

Usualmente, para poblaciones pequeñas, el periodo de diseño es reducido; mientras que para poblaciones grandes, se incrementa. Esto se debe a que las poblaciones pequeñas usualmente registran cambios muy drásticos en periodos menores. También es necesario considerar que mientras más prolongado sea el periodo de diseño considerado, tanto mayor será el requerimiento de la producción de caudal de la fuente. En muchos casos, también se está considerando que el nuevo proyecto se sumará a uno ya existente (tal es el caso de las comunidades que desean ampliar o mejorar el caudal disponible). En este caso, tanto el caudal como el periodo de diseño deberán sujetarse a las condiciones del estudio inicial, siendo considerado el proyecto como una fase complementaria.

El periodo de diseño usualmente es de 20 años. Se recomienda que no exceda este valor, pues debido a los cambios que registrará la población, el sistema podría colapsar.

Debido a que las fuentes son cada día menos, y producen menos caudal, hay muchas instituciones que han reducido enormemente el período de diseño. No obstante, se recomienda que por lo menos se satisfaga la necesidad inmediata de la población, realizando el estudio para un periodo de cinco a diez años.

Si la producción de la fuente es considerablemente menor a la cantidad requerida por la comunidad, habrá que considerar la viabilidad del proyecto. Si es levemente menor o igual a la cantidad requerida, el proyecto también es más justificable. Finalmente, si en algún caso la producción de la fuente es considerablemente mayor a la necesidad de la comunidad, únicamente debe tomarse el caudal que satisfará las necesidades de consumo de la población durante un periodo máximo de 20 años.

#### 4.3 Población a servir

Ésta es la variable más importante a considerar en el diseño de un sistema de conducción de agua potable. Usualmente, el número de habitantes de una comunidad se incrementa con el transcurso del tiempo. De cualquier modo, el número de habitantes de cualquier población no es estático; cambia con el tiempo.

La población a servir es la que la comunidad tendrá al final del periodo de diseño considerado, y no la que en la actualidad tiene.

Para determinar qué cantidad de población habrá en el futuro, existen varios métodos. En Guatemala se utiliza el modelo lineal, que asume un crecimiento lineal (este método se utilizará para calcular la tasa de crecimiento de la población en las matrices propuestas). Se utiliza también el modelo geométrico de crecimiento, explicado en adelante.

##### 4.3.1 Modelo de crecimiento geométrico

Como se indicó anteriormente, es el método más utilizado en Guatemala para el cálculo de la población a servir al final de año.

Para la utilización de este método, es necesario conocer primero la población de los dos últimos censos. Con estos dos valores, se procede a calcular el porcentaje de cambio que tuvo la población en el número de años que separan la ejecución de ambos censos. No obstante, debido a que existe

mucha duda respecto del valor de algunos censos de población, pueden utilizarse datos que a criterio del diseñador sean más confiables, por ejemplo: censo del centro o puesto de salud, censo parroquial, censo escolar, etc. La ventaja de contar con esta información, consiste en que ésta se actualiza cada año, y además, no es manipulada, debido a que no representa ningún interés particular, más que la elaboración de políticas comunitarias de acción. Así que, en la mayoría de los casos, estos censos son más confiables que los mismos censos nacionales.

Cuando las comunidades son muy pequeñas, el proyecto cuenta con un censo completo, consistente en un listado de los beneficiarios.

En síntesis, lo primordial es poder calcular el porcentaje que ha crecido la población el último año ( o en el último período censal, etc.).

Debido a que el futuro es una situación incierta, este modelo presupone que esta comunidad crecerá el año siguiente, el mismo porcentaje de habitantes que ha crecido durante el último año, y así sucesivamente, hasta llegar al último año del período de diseño. Cuando esto se haga así, se obtendrá la población final al período de diseño.

Debido a que esto se repite tantas veces, como años sean los del período de diseño, entonces nos encontramos en presencia de un cálculo exponencial.

La fórmula utilizada para calcular la población al final del período de diseño es la siguiente:

$$Pf = Po * (1+r/100)^t$$

En donde:

Pf = Población al final del período de diseño

Po = Población en el año inicial del período de diseño

r = Tasa de crecimiento de la población (en porcentaje)

t = Período de diseño ( en años)

Como se expuso anteriormente, la tasa de crecimiento "r" hay que calcularla (en nuestro caso se hará linealmente) y es:

$$r = (Pob. Actual - Pob. Anterior) / (Pob. anterior) * 100\%$$

Ejemplo: Determinar la población a servir para un sistema de conducción de agua potable de una comunidad que según los datos del puesto de salud en el

año 2,001 contaba con 1,780 habitantes y en el año 2,004 con 1,887 habitantes. El periodo de diseño del sistema es de 20 años.

Solución:

Se calcula la tasa de crecimiento, que es:

$$r = (1,887 - 1,780) / (1,780) * 100\% = 107/1,780 * 100\% = 6.01\% \text{ (en tres años)}$$

por lo que se presupone que el crecimiento de esta población ha sido de

$$6.01/3 = 2.00\%$$

Con estos datos, se calcula la población a servir al final del periodo de diseño, así:

Po = Población en el año inicial del periodo de diseño = 1,887 (año 2,004)

r = Tasa de crecimiento de la población = 2.00%

t = Periodo de diseño = 20 ( en años)

$$Pf = 1,887 * ( 1 + (2/100) )^{20} = 1,887 * (1+.02)^{20} = 1,887 * (1.02)^{20}$$

$$Pf = 2,803.98$$

Debido a que debe ser un número entero, se aproxima al inmediato mayor y se concluye que la población de esta comunidad, dentro de 20 años, será de 2,804 habitantes. La importancia que tiene este número es que para esta población es que se diseñará el sistema.

#### 4.4 Factores de variación del consumo

El consumo del agua no es el mismo siempre, varía todos los días, dependiendo de muchas situaciones. Todos los días, el consumo total de la comunidad es distinto. El promedio de todos los consumos diarios se conoce como caudal medio diario. Entonces, a veces, el consumo de la población será mayor o menor que el caudal medio diario. Siempre será un porcentaje de éste.

El caudal medio diario es muy importante, debido a que a partir de éste se calculará el caudal con que deberá diseñarse la tubería de conducción y la tubería de distribución. Además, sirve para calcular el volumen de almacenamiento.

Para garantizar el abastecimiento correcto de agua, es necesario satisfacer el mayor consumo que la población realice. Este consumo es una

proporción mayor que el consumo promedio diario. Para calcular estos valores, se deben tomar en cuenta ciertos factores de incremento en el valor del consumo. A continuación se describen:

#### 4.4.1 Factor de día máximo

Dentro de todos los días, hay muchos en que la población consumirá más cantidad de agua que el valor del caudal medio diario (ver figura 4-1) . Al factor que representa el incremento en el consumo de agua respecto del caudal medio diario, se denomina “factor de día máximo”. En Guatemala, este factor es usualmente 1.20, 1.30, o 1.50 , que indica respectivamente que el día en que más agua se consume, representa un 20%, un 30 % o un 50% más de lo que en promedio esa comunidad consume.

El caudal de día máximo es el caudal con que se diseña la tubería de conducción. En ausencia de un estudio de demanda, la Dirección General de Obras Públicas recomienda como mínimo utilizar un 20% más del caudal medio diario.

Hay muchas instituciones o entes financieras que exigen o determinan el factor de día máximo. Esto aplica cuando la producción de la fuente es mayor que la demanda, y el factor de día máximo representa entonces un factor de seguridad en el abastecimiento de agua. No obstante, y dadas las condiciones actuales, la producción de las fuentes es casi siempre menor que la cantidad requerida por la población. En este caso, únicamente se trabajará con el caudal producido.

#### 4.4.2 Factor de hora máxima

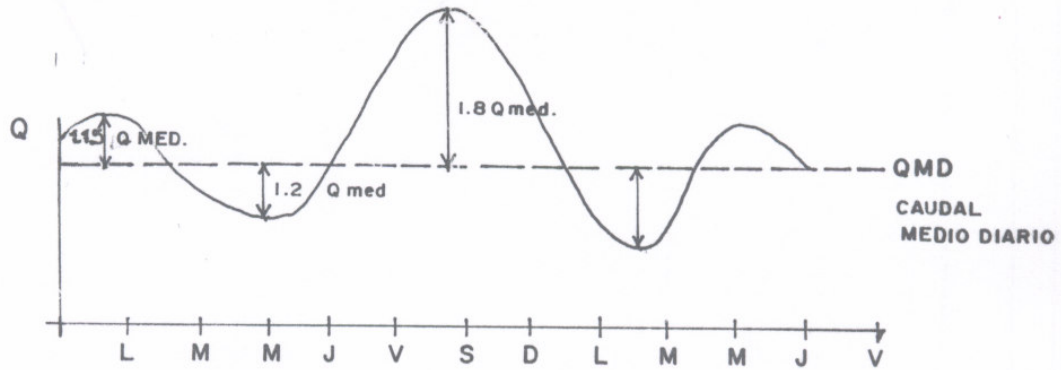
De igual manera que el caso anterior, no todas las horas del día registran un consumo igual (ver figura 4-1). Hay horas del día en que el consumo de agua crece considerablemente, y horas del día en que disminuye hasta casi hacerse nulo. La hora de mayor consumo es conocida como “hora máxima de consumo”, o simplemente “hora máxima”. El sistema debe estar diseñado de tal forma que garantice el abastecimiento del agua aun durante ese consumo. Por lo tanto, y debido a que definitivamente en esa hora se consumirá más de lo que la fuente produce, se requerirá de almacenamiento,



FIGURA 4-1  
FACTORES DE VARIACIÓN DEL CONSUMO

111

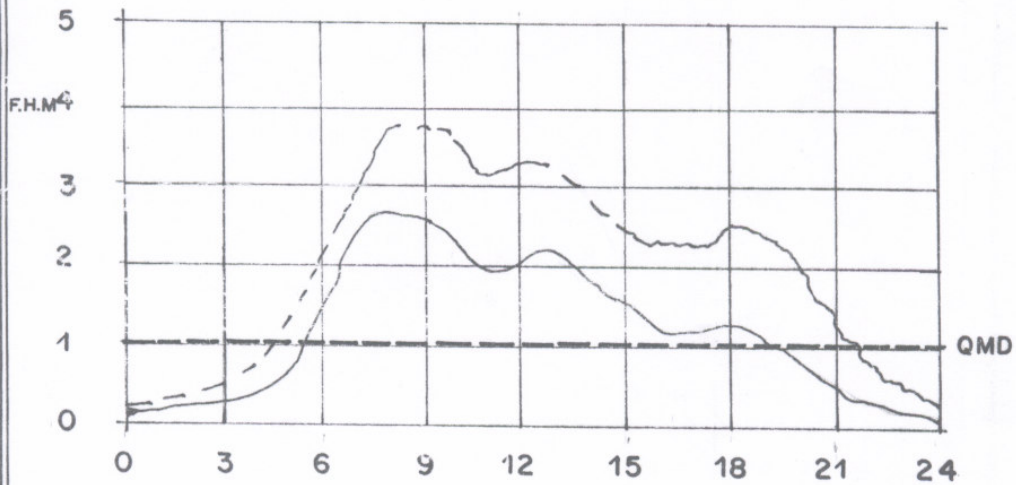
F.D.M. = FACTOR DE DÍA MÁXIMO.



F.D.M. = 1.10, 1.20, ..., 150, ..., 180, .....

F.D.M. = INCREMENTO DEL QMD PARA SATISFACER  
LA DEMANDA EL DÍA DE MAYOR CONSUMO.

F.H.M. = FACTOR DE HORA MÁXIMA.



F.H.M. = INCREMENTO DEL QMD PARA SATISFACER  
LA DEMANDA EN LAS HORAS PICO,

para suplir esta demanda. Por lo tanto, el volumen de almacenamiento deberá ser calculado para satisfacer este consumo.

La hora máxima representa un incremento del valor del caudal medio diario. Al número de veces en que crece este valor, se conoce como "factor de hora máxima". Así, entonces, el factor de hora máxima es siempre mayor que la unidad. Usualmente, toma los valores de 2.00, 2.50, 3.00 y hasta 4.00 que indica que durante la hora de mayor incremento, el consumo de agua crece 2 veces, 2.5 veces, 3 o 4 veces lo que esa población consume en promedio cada hora del día.

El factor de hora máxima es inversamente proporcional al tamaño de la población. Es decir, entre menos numerosa es la población, mayor será el factor de hora máxima; y mientras mayor es la población, el factor de hora máxima es menor. Esto se debe a que cuando la población es mayor, es más uniforme el consumo del agua.

El caudal medio diario multiplicado por el factor de hora máxima, sirve para calcular el caudal de diseño de la tubería de distribución.

El factor de hora máximo entonces, se puede observar que usualmente es mayor que el factor de día máximo, se justifica entonces que la tubería de distribución sea mayor que la tubería de conducción (debido a que los caudales son distintos).

## CAPÍTULO CINCO

### CÁLCULO DE TUBERÍAS

Para poder calcular tuberías, existen varios procedimientos, cada uno con su respectiva fórmula. Es de hacer notar que la mayoría de dichas fórmulas son obtenidas a partir de estudios de laboratorio, por lo tanto son experimentales, son de trabajo (o empíricas) y funcionan exclusivamente en el sistema de medición empleado.

El sistema más completo y elaborado para el cálculo de tuberías de conducción de agua potable, se basa en la fórmula de Darcy-Weisbach (por los científicos que la propusieron). Es tan elaborada que eso mismo la complica, debido a que implica una gráfica del comportamiento del fluido estudiado.

Una tubería conduce un caudal, pero al hacerlo experimenta pérdidas de la presión (la pérdida de carga o altura piezométrica). Este valor depende del caudal conducido, y a su vez, el caudal también depende de la presión que se ha perdido. Ambas dependen de la otra variable. Matemáticamente, se establece que hay más incógnitas que ecuaciones para resolverlo. Se han propuesto varios métodos, cada uno presupone una concordancia entre las ecuaciones y las incógnitas a través de ecuaciones simultáneas o el empleo de modificaciones aplicadas de la fórmula de Darcy-Weisbach. La modificación más importante que se le hace a esta ecuación es considerar que el coeficiente de fricción de la tubería depende únicamente de la rugosidad relativa. La rugosidad relativa es el tamaño promedio de las asperezas del material con que está hecho el tubo, en proporción al tamaño del diámetro del mismo. Por lo tanto, al considerar que las asperezas de los materiales son más o menos constantes, entonces se concluye que la rugosidad relativa será mayor cuando el diámetro sea menor.

#### 5.1 Formula de Hazen-Williams

En general, y debido a que el grado de aproximación con que brinda resultados es suficientemente confiable, en Guatemala (y en muchas partes del mundo), el método más utilizado para el cálculo de tuberías de agua potable se basa en la fórmula propuesta por los científicos Hazen y Williams.

Durante años se ha empleado esta fórmula para diseñar tubería en Guatemala, proporcionando resultados bastante certeros. Incluso, los fabricantes de tubería brindan en los manuales técnicos los coeficientes de sus distintos productos, para ser utilizados en esta fórmula.

El gran problema del flujo hidráulico, es determinar la pérdida de carga que ha tenido un sistema; no obstante, la fórmula de Hazen-Williams lo considera dependiente de la rugosidad relativa, y lo establece como:

$$H = (K' * L / 1,000) * Q^{1.85}$$

En donde:

H = Pérdida de carga, en metros.

L = Longitud de la tubería, medida en metros.

Q = Caudal, medido en litros / segundo.

$$K' = 1,743,811 / (C^{1.85} * D^{4.87})$$

C = Coeficiente "C<sub>1</sub>" para la fórmula de Hazen-Williams. Depende del material de la tubería (entre más grande, mejor).

D = Diámetro (medido en pulgadas).

También se puede sustituir el valor de K' en la ecuación original de H, y se obtiene lo siguiente:

$$H = (K' * L / 1,000) * Q^{1.85}$$

$$H = 1,743,811 / (C^{1.85} * D^{4.87}) * (L/1,000) * Q^{1.85}$$

Es de hacer notar que en la expresión anterior, el coeficiente C es denominador del primer término, lo que significa que entre mayor sea este número, la pérdida de carga H será menor. Así pues, las mejores tuberías, las de mejor conducción, tendrán una menor rugosidad relativa, es decir, serán más lisas y poseerán un coeficiente C de mayor valor. Por ejemplo, el valor de C para el P.V.C. nuevo es de 150. No obstante se recomienda utilizar C=140 debido a que la tubería no siempre será nueva. El valor de C para tubería metálica es aproximadamente 110. Al comparar ambos valores del coeficiente, debido a que el P.V.C. tiene el coeficiente más alto que el H.G. se concluye que el primero conduce mejor el agua en tuberías del mismo diámetro.

## 5.2 El diámetro teórico

En la figura 5-1 puede observarse una tubería de conducción. Este sistema tiene una pérdida de carga igual a la diferencia de alturas ("H"). Por lo tanto, el valor de "H" es conocido (la diferencia de cotas). De igual manera, el valor del caudal Q y la longitud L también son conocidos. Trabajando con la ecuación de Hazen-Williams se tiene:

$$H = K' \cdot L / 1,000 \cdot Q^{1.85}$$
 En donde K' es la única incógnita. Despejamos así:

$$K' = 1,000 H / (L Q^{1.85})$$

Además, también sabemos que:

$$K' = 1,743,811 / (C^{1.85} \cdot D^{4.87})$$

En donde se puede despejar el diámetro, así:

$$D = \{ 1,743,811 / (C^{1.85} \cdot K') \}^{1/4.87}$$

Esta ecuación, en donde la única incógnita es D, permite calcular el diámetro teórico de la tubería del sistema. Representa el valor del diámetro teórico, debido a que es muy difícil que al operarla el resultado sea exactamente un diámetro comercial. Seguramente, el valor que brinde será un número con decimales. Se debe escoger entre los diámetros comerciales próximos a este valor. Para eso sirve, pues es la primera aproximación al cálculo.

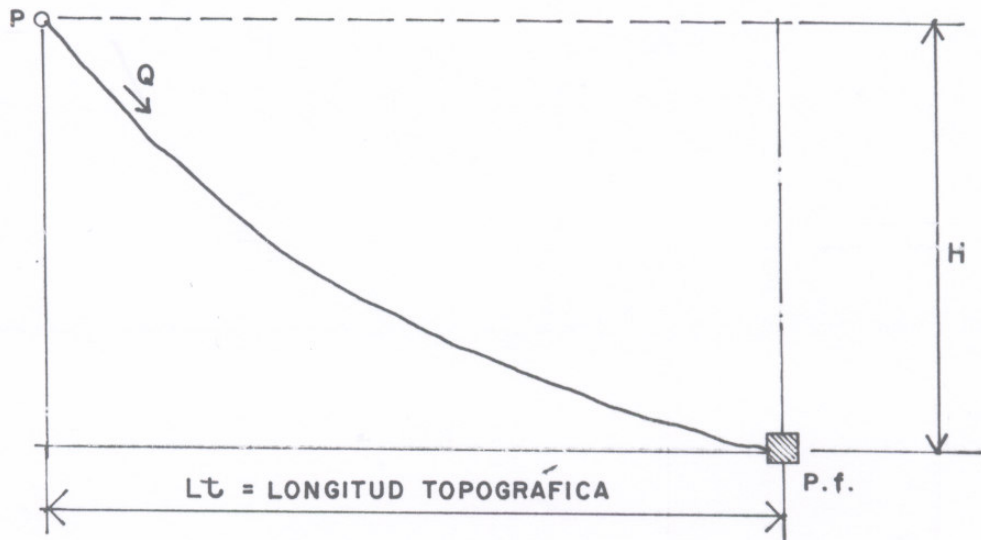
## 5.3 Tubería continua de dos diámetros

Usualmente los sistemas de conducción y de distribución se diseñan con tubería de un diámetro o de dos, no más.

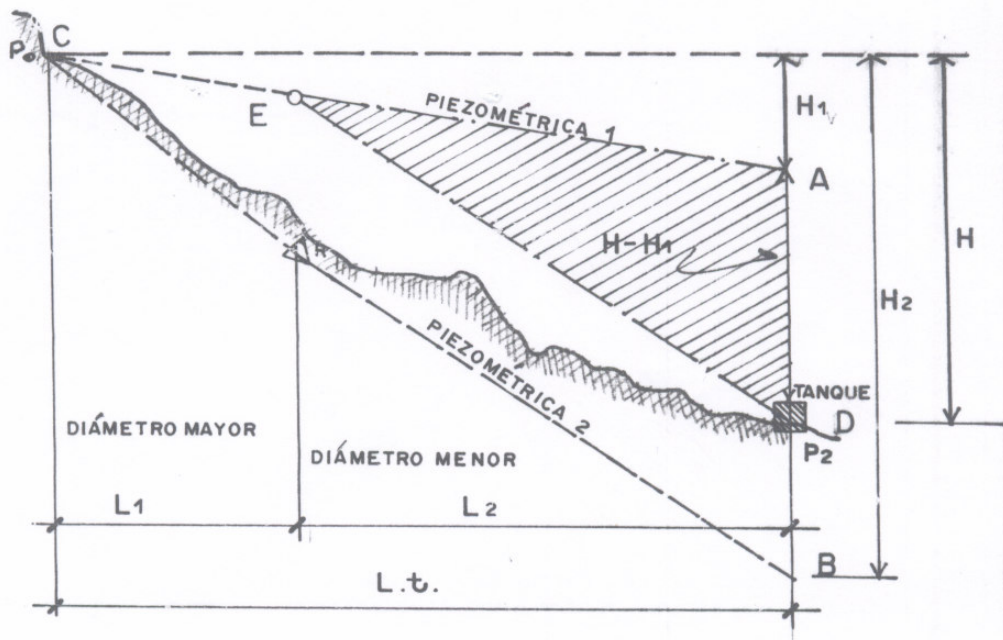
Cuando se diseña únicamente con un diámetro, la aplicación de la fórmula es directa, y el diámetro teórico brinda la posibilidad de escoger el diámetro comercial que más se adecua al diseño. En el caso de una tubería, de un solo diámetro, se debe escoger el tubo de diámetro próximo mayor al valor del diámetro teórico. Un tubo mayor permitirá que la pérdida de carga sea menor a la altura total "H" disponible. Por otra parte, si se especifica el uso del diámetro de menor valor, la pérdida de carga "H" será mayor que la diferencia de alturas entre la fuente y el tanque; esto quiere decir que la piezométrica corta el perfil del terreno "enterrándose", lo que implica que la cota

FIGURA 5-1  
CÁLCULO DEL DIÁMETRO TUBERÍA

(116)



A) ESQUEMA PARA DIÁMETRO TEÓRICO



B) ESQUEMA PARA TUBERÍA CONTINUA DE 2 DIÁMETROS

del terreno es mayor que la altura piezométrica, simplemente, el agua, no llegará a su destino.

No obstante, al utilizar únicamente la tubería de mayor diámetro, aunque la pérdida de carga es menor, el costo puede ser muy grande, de miles de quetzales. Por ejemplo, la tubería de 8" tiene menor pérdida de carga que la tubería de 6", pero cuesta casi el doble. Por lo tanto, especificar únicamente la tubería de mayor diámetro representa un proyecto muy caro y puede ser hasta rechazado, debido a la relación costo-beneficio. Por otra parte, ya se determinó que utilizando únicamente un diámetro menor al diámetro teórico, el agua no llega, pues la piezométrica se entierra.

Para hacer más eficiente el proceso de conducción, se especifican entonces dos diámetros.

En la figura 5-1 se ilustra un sistema de tubería continua de dos diámetros. La altura H1 representa la pérdida de carga que tuviera el sistema si únicamente fuera construido con la tubería de diámetro D1 (mayor que el diámetro teórico). La altura H2 representa la pérdida de carga que el sistema tuviera si fuera construido únicamente con la tubería D2, menor que el diámetro teórico ( puede notarse que la piezométrica es menor que la cota de terreno, por lo tanto, al utilizar este diámetro, el agua no llega al tanque). L1 representa la longitud en donde será utilizado el diámetro D1, mientras que L2 representa la longitud de tubería del diámetro D2. La altura H es la diferencia de alturas entre la fuente y el tanque de almacenamiento (es decir, la altura físicamente disponible).

En esta figura, puede notarse que el triángulo A-B-C es semejante al triángulo A-D-E.

Al resolver estos triángulos semejantes se obtiene:

$(H-H1)/L2 = (H2 - H1)/ L$  y al despejar L2 se obtiene:

$L2 = (H-H1)/ (H2 - H1) * L$  Que representa la longitud que deberá tener la tubería de menor diámetro en un sistema de conducción de tubería de dos diámetros. La longitud L1 (la longitud de la tubería de mayor diámetro) se obtiene restando este valor de la longitud total del proyecto.

Debido a la multiplicidad de cálculos que el proceso implica, los ejemplos se desarrollarán en las matrices propuestas para la sistematización del proceso de cálculo, adelante en el presente estudio.

## CAPÍTULO SEIS

### PROPUESTA DE SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO

A lo largo de este trabajo, se ha presentado un amplio número de cálculos. Como se expuso anteriormente, la parte medular del trabajo, que constituye la propuesta en sí, es proporcionar al profesional un procedimiento ordenado y simplificado para la gran diversidad de cálculos que implica el diseño de una tubería de conducción de agua potable. Se busca reducir errores y contar siempre con la información necesaria, debidamente ubicada en las matrices propuestas.

Debido a que muchas veces no se requerirá el diseño completo del sistema, sino que únicamente alguna de sus fases, las matrices se diseñan de tal forma que el cálculo requerido por el caso, sea factible.

#### 6.1 Instructivo

Así pues, cada matriz propuesta tiene por título el concepto cuyo cálculo se pretende sistematizar. Antes de proceder a la parte numérica, cada matriz incluye conceptos que ayudarán al mismo proceso de cálculo. Estos conceptos o definiciones enunciadas en el proceso de sistematización son los mismos conceptos vertidos a lo largo del presente estudio. La propuesta de sistematización consta de nueve matrices, que abarcan todo el proceso de cálculo. Al final, se incluye también una matriz para el esquema final.

En general, las características de las matrices que sistematizan el proceso de cálculo son comunes a todas y son las siguientes:

- a) Todas las matrices son distintas, no cuentan con el mismo número de filas y columnas; esto se debe a que los cálculos que contienen son distintos.
- b) Todas las matrices cuentan en la parte superior, con la identificación de la Universidad de San Carlos, facultad de Arquitectura. Además, como título, se indican los cálculos que contienen. Enseguida, se enuncia el objetivo o propósito de la hoja de cálculo en mención. Cerca del objetivo, se indica qué sección de la tesis contiene el marco teórico que soporta el proceso sistematizado. Esta indicación prevalece incluso en



cada uno de los incisos. Ej: cuando se indica “Secc. 5.2”, significa que es en esa sección de la tesis en donde se encontrará más información, si el profesional quiere ampliar la información que le servirá para el cálculo.

- c) Existen dos recuadros para indicar el orden propuesto para la ejecución de un cálculo completo: el recuadro ubicado en la parte superior derecha, con el nombre de “M. Cálculo No.” (Matriz de Cálculo No.) está en blanco, y debe ser llenado por el profesional cuando éste haga el cálculo. Debido a que se pueden presentar varios casos, es posible que todas las hojas no se usen, sino que únicamente algunas; también es posible que una misma hoja se use más de una vez. Es por eso que este espacio está en blanco y se llenará solo hasta el final del proceso. Se convierte entonces en el orden “correlativo general”. Por otra parte, siempre en el lado derecho, pero abajo del recuadro superior, se encuentra ubicado el recuadro que ordena las hojas por tema; así, en un caso ideal, se emplearán en ese orden (situado en la parte derecha, con título de “Según tema, Hoja No.” y línea diagonal). Este orden sí aparece impreso en la matriz, y sirve para identificar la hoja. Así, en cualquier redacción, cuando se indique “...ver Hoja No 5”, se refiere a que el dato necesitado, fue calculado en la hoja 5/9 ( aún cuando, debido a las características del problema, no corresponda al correlativo).
- d) Siempre en la parte superior, se indican los datos generales del proyecto, como el nombre, la comunidad, etc. Así también, la fecha es de suma importancia.
- e) El cuerpo del proceso de cálculo está dividido en niveles y subniveles, diseñados de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Inicia con incisos identificados con numerales enteros. Los siguientes niveles inferiores han sido identificados mediante el sistema decimal, hasta un tercer nivel, que es el nivel inferior. Si es necesario ordenar este nivel, por pasos, éstos se indican mediante letras. Así pues, los niveles son entonces: [ 1 ], 1.1) 1.1.1 , 1.1.1a. ,1,1.1b, etc. Todos los niveles están debidamente enmarcados. Gráficamente, esto se logra separando todos los incisos mediante una línea gruesa y los subincisos mediante un punto más fino.

- f) Todos los datos (que son los valores conocidos), son indicados con la letra “D”, seguida de un punto y el número correlativo de ese dato. Así, por ejemplo, la connotación “D.01” indica que es el dato número 1 de esa hoja. Una nota “D.04”, indicará que es el dato número cuatro. Esto servirá para saber la ubicación de un dato y poderlo sustituir en alguna fórmula. Por ejemplo, “D.03”/2 indica entonces que en esa fórmula, el dato D.03 debe ser dividido entre 2. En todas las filas en donde se indique D.xx, debe colocarse el dato pedido ahí.
- g) Todos los resultados de un cálculo también se identifican y se ubican, denotándolos con la letra “C”, seguida de un punto y el número correlativo que en esa hoja le corresponde a ese cálculo. Así, por ejemplo, “C.03” indica que en esa fila está el resultado del tercer cálculo de esa hoja. Puede ser sustituido en alguna fórmula, así “C.03”/100 indicaría que el resultado que está en la fila denotada como C.03 debe ser dividido entre 100. Todas las filas en donde se lea C.xx contienen un número resultado de un cálculo.
- h) Cuando se encuentre una nota “D.02 / C.03”, simplemente indica que en esa fila se encuentran, a la izquierda el dato número 2, mientras que el valor de la derecha corresponde al cálculo C.03. Puede darse el caso de que lo indicado sea lo mismo. Ej: D.01 / D.01, esto indicaría que hay que especificar únicamente uno de esos valores y cualquiera de ellos (el especificado) es el considerado como dato D.01 (lo mismo aplica para los cálculos “C.xx”).
- i) Cuando se encuentre en alguna fórmula la denotación <<Hoja 2/D.02>>, indica que el valor que se desea operar puede ser encontrado en la hoja 2, en la fila en donde se ubique el símbolo “D.02”.
- j) Todos los cálculos (excepto los realmente sencillos), son indicados con la fórmula científica; luego, los valores son sustituidos por las connotaciones D.0x ó C.0X según sean datos o cálculos ya realizados. Posteriormente, en las filas de cálculo, como parte del proceso, se deja un espacio para sustituir esos valores (sean datos o cálculos) y poder realizar la operación con una calculadora simple. Esto es importante, debido a que uno de los objetivos es poder realizar cálculos en el campo (por ejemplo el aforo), sin necesidad de procesar la información en una computadora.

- k) La denotación “\*1” indica un llamado o nota aclaratoria de algún proceso. La nota se leerá en el espacio de “observaciones”.
- l) Existe un espacio para observaciones o aclaraciones al proceso de cálculo.
- m) Finalmente, la firma del profesional responsable del cálculo y de quién revisa.
- n) La última matriz contiene el llamado “esquema final”, que indica de manera concisa, los datos propuestos para el funcionamiento del proyecto y los resultados obtenidos. Puede ser sustituido a consideración por alguna hoja de topografía (Hoja 4/9 y 7/9).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

<b>EL AFORO</b>		M. Cálculo No.	
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Determinar el caudal producido por una fuente o una tubería, medido en litros/segundo. Primero se determina el volumen del recipiente, luego el tiempo de llenado, y por último, el caudal.		/	
<b>DATOS GENERALES</b>	<b>FECHA :</b>	<b>SECCION TESIS</b> 3.2.5	
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> .....		Según Tema	
<b>COMUNIDAD:</b> .....		Hoja No.	
<b>MUNICIPIO/DEPTO</b> .....		1 / 9	
<b>TIPO DE FUENTE:</b> (manantial) (pozo) (río) (tubería) (caja) (otro).....			
<b>NOMBRE DE LA FUENTE:</b> .....			
<b>ESTACION/CAMINAMIENTO</b> .....			
<b>RESPONSABLE /CALCULO:</b> .....			
<b>[1] Cálculo del volumen del recipiente. Únicamente un procedimiento.</b>			
Si se conoce el volumen, en galones => 1.1 / Si el volumen NO es conocido => 1.2			
1.1) El aforo se realiza con un recipiente cuyo volumen sí es conocido, pero en galones.			
D.01	Volumen del recipiente = ..... Galones		
1.1.1	Cálculo de este volumen en litros		
	Volumen del recipiente = Vol. Galones * 3.785 => Vol. Litros = D.01 * 3.785		
C.01	Vol. litros = (.....)*3.785 = ..... Litros ( <b>sigue inciso 2</b> )		
1.2) Si el aforo se realiza con un recipiente cuyo volumen no es conocido.			
1.2.1) Utilizando una cubeta de base y tope circular.			
D.02/D.03	D1=Diámetro Inferior= .....m    D2=Diámetro Superior=.....m.		
	D prom. = (D1+D2)/2=..... / 2 =>		
C.02	Diámetro promedio del recipiente. = (D1+D2)/2=..... (m)		
D.04	Altura efectiva hasta el nivel del agua ..... (m)		
	Volumen = (Diámetro <sup>2</sup> /4)* PI * altura => Volumen = (C.02 <sup>2</sup> /4) * PI * D.04		
	Volumen = (.....) <sup>2</sup> * 3.1416 * (.....) =		
C.03	Volumen = ..... (metros cúbicos)		
1.2.2) Cálculo del volumen del recipiente, pero en litros			
	Vol. litros =(Volumen en m3) * 1,000 = C.03*1,000		
C.04	Vol.= (C.03 * 1000) = (.....)*1,000 litros = .....litros		
<b>[2] Cálculo del tiempo de llenado del recipiente</b>			
2.1	Las lecturas del tiempo son: (Datos de campo)		
	Tiempo No.	minutos	segundos
	total segundos = (minutos * 60) +segundos		
	Tiempo 1		seg.
	Tiempo 2		seg.
	Tiempo 3		seg.
	Tiempo 4		seg.
	Tiempo 5		seg.
C.05	Sumatoria Total		seg.
2.2	Tiempo promedio = Sumatoria Total / No de veces = C.05 / n		
C.06	Tiempo pro.= (.....) / (.....) =>		
	Tiempo pro.= ..... segundos		
<b>[3] CALCULO DEL CAUDAL</b>			
	Caudal = Volumen del recipiente / Tiempo promedio =(C.01 ó C.04) / C.06		
C.07	Caudal = (.....) / (.....)=>		
	Caudal = ..... Litros / segundo		
<b>Observaciones:</b>			

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TESIS: Mario José de León Toledo

<b>PERÍODO DE DISEÑO Y POBLACIÓN A SERVIR.</b>		M. Cálculo No.
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Asignar un período de diseño (en años). Con este valor, y datos conocidos de la población, determinar qué población tendrá la comunidad cuando se haya cumplido el período de diseño.		/
<b>DATOS GENERALES</b>	<b>FECHA :</b>	
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> .....		Según Tema Hoja No.  2                      9
<b>COMUNIDAD:</b> .....		
<b>MUNICIPIO/DEPTO.</b> .....		
<b>RESPONSABLE/ CALCULO:</b> .....		
<b>[1]</b>	<b>PERIODO DE DISEÑO</b>	<b>SECC 4.2</b>
Obj.	Se determina, según las variables consideradas, el período de diseño.	<b>OTRO ( )</b>
<b>1.1)</b> D.01	2 ANOS ( )    5 ANOS ( )    10 ANOS ( )    15 ANOS ( )    20 ANOS ( )    .....ANOS	
<b>[2]</b>	<b>POBLACION AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO</b>	<b>SECC 4.1</b>
Obj/Pro	Se calcula la población al final del período de diseño, considerando la tasa de crecimiento	
<b>2.1)</b>	<b>Datos de los DOS últimos censos</b>	
<b>2.1.1)</b> D.02/D.03	Dato reciente (último censo)	
	Año del dato                      .....                      Población del último censo (hab.)                      .....	
<b>2.1.2)</b> D.04/D.05	Penúltimo censo	
	Año del penúltimo censo                      .....                      población penúltimo censo (hab.)                      .....	
<b>2.2)</b>	Se calcula qué tasa de crecimiento hay en el período transcurrido entre los dos últimos censos	
<b>2.2.1)</b> C.02/C.03	Tasa de crecim. = $\{(pob. \text{ último} - pob. \text{ penúltimo}) / Pob. \text{ penúltimo}\} * (100 / Dif. \text{ años entre censos})$ Dif. Pob=Pob. Último censo - Pob. Penúltimo                      Dif. Años = Año último censo - año penúltimo .....                      Habitantes                      .....                      años	
<b>2.2.2)</b> C.04	Tasa de crecimiento = $Dif. \text{ Pob.} / Pob. \text{ Penúltimo} * 100 / Dif. \text{ años} = (C.02/D.05) * 100 / C.03 =>$ Tasa de crecimiento=(.....)* $\frac{100\%}{\text{.....}}$ = (.....) (.....) Conclusión: La población ha experimentado un crecimiento de un ..... % por año	
<b>2.3)</b>	<b>Cálculo de la población inicial del período de diseño</b>	
<b>2.3.1)</b> C.05 C.06	Período no considerado = P.N.C. = Año del cálculo - año del último censo = .....años Si P.N.C.= cero => Pob. Inicial = Pobl. Último censo = D.03 = ..... habitantes Si período considerado > 0.00 años, entonces: Población Inicial (Actual, del año de cálculo) = $Pob. \text{ Último censo} * (1+tasa \text{ crec.}/100)^{\text{Per.no considerado}}$ Población Inicial = $D.03 * (1+C.04/100)^{C.05}$ = sustituyendo: C.06                      Pob.INICIAL = (.....)* $(1 + \text{.....} / 100)^{(\text{.....})}$ = .....hab	
<b>2.4)</b>	<b>POBLACION AL FINAL del período de diseño = <math>Pob.inicial * (1+tasa \text{ crec.}/100)^{\text{Período de dis.}}</math></b>	
C.07	Población al final del período de diseño = $C.06 * (1+C.04/100)^{D.01}$ , sustituyendo: Pob. FINAL = (.....)* $(1 + \text{.....} / 100)^{(\text{.....})}$ = .....hab.	
<b>Observaciones:</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

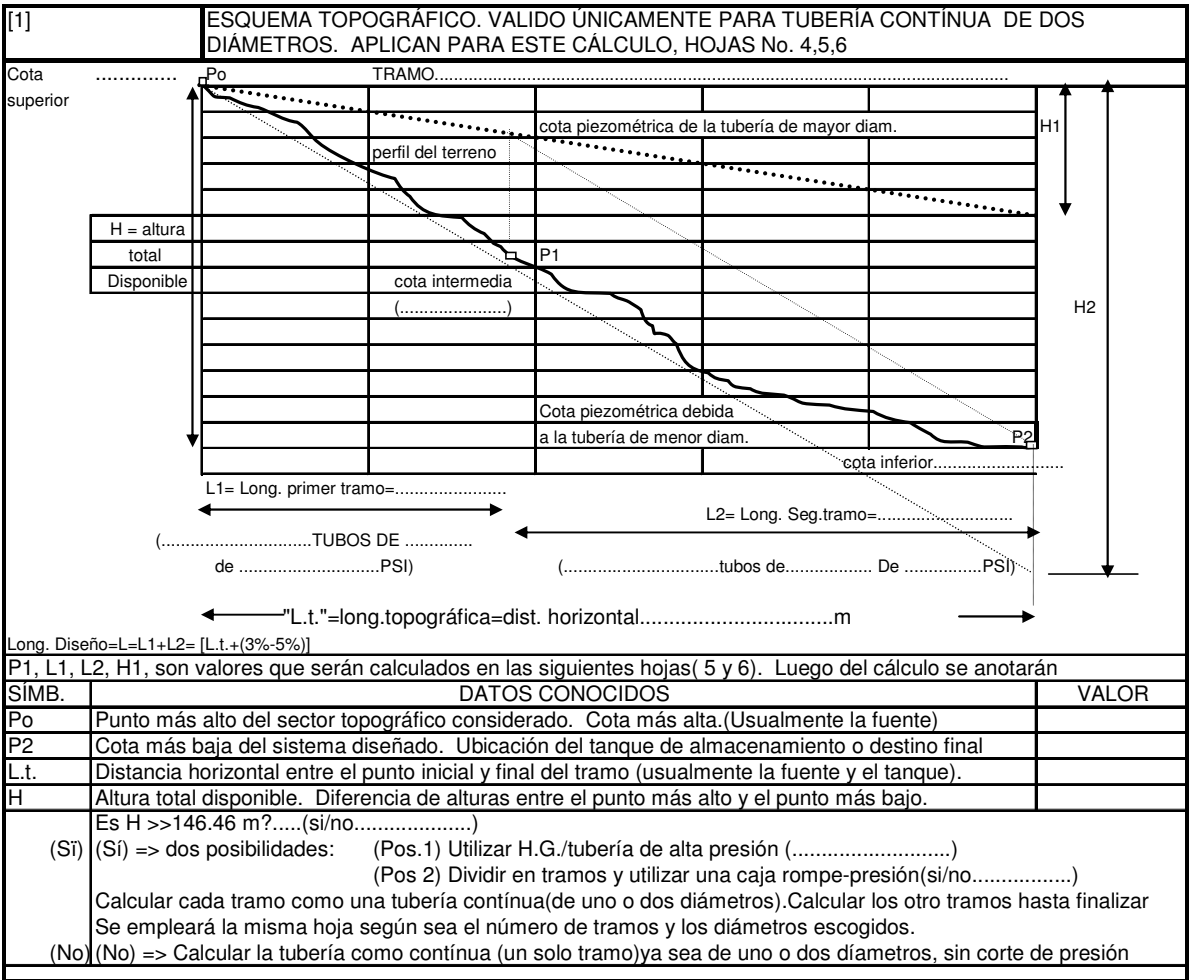
<b>DOTACIÓN, CAUDAL MEDIO DIARIO Y FACTORES DE VARIACIÓN</b>		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO Primero, especificar un valor para la dotación. Con este valor, y datos anteriores, se calcula el caudal medio diario. Por último, este caudal medio se modifica según vaya a ser la utilización de la tubería.		3 / 9
DATOS GENERALES      FECHA :      SECCION TESIS: 4.1 - 4.4		
NOMBRE DEL PROYECTO: .....		Según Tema Hoja No.
COMUNIDAD: .....		
MUNICIPIO/DEPTO. : .....		
RESPONSABLE/ CALCULÓ: .....		
[1]	<b>DOTACIÓN</b>	SECC 4.1
Obj.	Determinar el valor de la dotación, de acuerdo a criterios y normas establecidos	
1.1)	Dotación según la Dirección General de Obras Públicas	
	Area Rural ( )	Area Urbana ( )
D.01/D.01	60, 70,75,80,90,100, .....( ) l/(hab.-día)	100 ...250 .....( ) l / ( hab.-día)
1.2)	Dotación según criterios de Urbanismo, clima y población (Jan Bazant)	
D.02	Pob. al final del período de diseño <<Ver hoja 2 / C.07>> .....hab.	
	Dotación l / (hab.-día)	Clima
	Población	cálido      Templado      Frío
	2,500 - 15,000	150      125      100
	15,000 - 30,000	200      150      125
	30,000 - 70,000	250      200      175
	70,000 - 150,000	300      250      200
	150,000 a más habitantes	350      300      250
	Fuente: Bazan, Jan. Manual de criterios de diseño urbano	
D.03	Dotación según Jan Bazant: ..... litros / (hab.-día)	
1.3)	D.04 Finalmente, al compararlos, la dotación se designa como ..... l / (hab. / día)	
[2]	<b>CAUDAL MEDIO DIARIO</b>	SECC 4.4
Obj/Pro	El Caudal medio diario es el número de litros por segundo que consumirá la población futura	
2.1)	Caudal medio diario= Q.M.D.= Pob.futura (hab.) *Dotación (l /Hab.-día) / 86,400 (segundos/día)	
	Q.M.D.= D.02 * D.04 / 86,400	
C.01	Q.M.D. = ( ..... ) * ( ..... ) / 86,400 => Q.M.D.= ..... l / s	
[3]	<b>FACTORES DE VARIACIÓN DEL CAUDAL</b>	SECC 4.4
Obj.	Asignar el valor de los factores que variarán proporcionalmente el Caudal medio diario (Q.M.D.)	
3.1)	Se especifica UN factor, considerando si la población está ubicada en área rural o urbana. El factor de hora máxima (F.H.M.) depende de la ubicación de la comunidad y sirve para calcular el caudal en una línea de distribución. Poblaciones pequeñas => F.H.M. más alto. Ej. 4.50,4.00, etc.	
	Area Rural (S/N) .....	Area Urbana (S/N).....
*1*	D.05/D.05 2.50,3.00, 3.50,4.00,4.50, OTRO .....( )	1.50,2.00,2.50,OTRO...( )
3.2)	El factor de día máximo = F.D.M.sirve para compensar el incremento de consumo del agua almacenada. Se utiliza en el cálculo de la tubería de CONDUCCIÓN.	
D.06	1.10,1.20,1.30,1.40,1.50,1.60,OTRO...( )	Se asigna un valor, puede ser intermedio.
[4]	<b>CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO</b>	
Obj.	Modificar el caudal medio diario (Q.M.D.) y determinar el valor final del caudal de diseño.	
4.1)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de conducción (Q.D.L.C.)	
Obj.	Caudal de diseño Línea de conducción =Factor de día máximo * Caudal medio diario, entonces:	
	Caudal de diseño Línea de cond.=Q.D.L.C.=(F.D.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.C. = (D.06) * (C.01) =>	
C.02	Q.D.L.C.= ( ..... ) * ( ..... ) = .....l/s	
4.2)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de distribución.	
	Caudal de Diseño línea de Distribución = Factor de hora máx. * Caudal medio diario, entonces:	
	Caudal de diseño línea de dist. =Q.D.L.D.=(F.H.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.D. = (D.05) * (C.01) =>	
C.03	Q.D.L.D.= ( ..... ) * ( ..... ) = .....l/s	
Observaciones:	*1*Únicamente se especifica un valor de éstos, por eso, cualquiera de ellos es D.01	

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE DOS DIÁMETROS</b> (Hojas No.4,5,6)		/
(Para tubería continua de un solo diámetro, pasar a hojas No. 7 y 8)		
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b>		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, gráficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
<b>DATOS GENERALES</b>	<b>FECHA :</b>	<b>SECCION TESIS:</b> 4.1 - 4.4
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> .....		Según Tema Hoja No.
<b>COMUNIDAD:</b> .....		
<b>MUNICIPIO/DEPTO. :</b> .....		4                      9
<b>RESPONSABLE/ CALCULÓ:</b> .....		



**Observaciones:** No. Tubos =  $L1/6.09$

---



---



---

<b>DIAMETRO TEÓRICO, DIAMETROS FINALES, PERDIDA DE CARGA</b>		M. Cálculo No.
MATRIZ DE CÁLCULO PARA DOS DIAMETROS EN UNA TUBERÍA CONTINUA		
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular <b>los dos diámetros</b> de la tubería continua. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de cada diámetro de la tubería. Determinar el valor de la pérdida de carga para poder calcular posteriormente la longitud por tramo.		
DATOS GENERALES	FECHA :	
NOMBRE DEL PROYECTO:		SECCIÓN TESIS: 5.1 - 5.3
COMUNIDAD:		Según Tema Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO		5 / 9
RESPONSABLE/ CALCULO:		

1)	CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERÍA		SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).		
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería.(UN SOLO VALOR)		
1.1.1	D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C. = .....l/s	
1.1.2	D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D. = .....l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado.		SECC. 5.2
	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K') ]^{(1/4.87)}$ en donde "C"= coef. para Hazen-Williams, $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:		
1.2.1	C.01/*1*	Longitud "L"= Longitud topográfica * 1.05 => L= (.....)*1.05 =.....m	
1.2.2	D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams:PVC (140),H.G. (110), OTRO .....( )	
1.2.3	C.02	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, el procedimiento es así: Cota de punto más alto= .....m Cota de punto más bajo= .....m H = Altura total disponible = (..... - .....) = .....m	
1.2.4	C.03	Se calcula el valor de K', sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: $K' = (1,000 * C.02) / (C.01 * D.01^{1.85})$ , sustituyendo: $K' = (1,000 * ..... ) / ( .....^{1.85} ) = .....$	
1.2.5	C.04	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K') ]^{(1/4.87)}$ = $[1,743,811 / (D.02^{1.85} * C.03) ]^{(1/4.87)}$ Díam. Teórico = D.T. = $[1,743,811 / ( .....^{1.85} * ..... ) ]^{(1/4.87)}$ , entonces: Diámetro Teórico = .....Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros finales de la tubería. (Válido para una tubería de dos diámetros)		SECC. 5.3
1.3.1	Como se trata de tubería continua de dos diámetros. Se procede:		SECC. 5.3
	D.03 / D.04	Diámetro menor al diámetro teórico .....Pulg. Diámetro inmediato mayor al diámetro teórico .....Pulg.	
1.3.2	Cálculo de la pérdida de carga de cada una de las tuberías especificadas con longitud total "L".		
a.	C.05	$K' \text{ diam. men} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ men}^{4.87}) => K' \text{ diam.men} = 1,743,811 / (D.02^{1.85} * D.03^{4.87})$ $K' \text{ diam.men} = 1,743,811 / ( .....^{1.85} * .....^{4.87} ) = .....$	
b.	C.06	$K' \text{ diam. May.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ may.}^{4.87}) => K' \text{ diam.may.} = 1,743,811 / (D.02^{1.85} * D.04^{4.87})$ $K' \text{ diam.may.} = 1,743,811 / ( .....^{1.85} * .....^{4.87} ) = .....$	
c.	C.07	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H" que tiene cada tubería (en m.c.a.), así: $H \text{ diam.men} = K' \text{ men} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H \text{ men} = C.05 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ $H \text{ diam.men} = ..... * ( ...../1,000) * ( ..... )^{(1.85)} = .....m$	
d.	C.08	$H \text{ diam.may} = K' \text{ may} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H \text{ may} = C.06 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ $H \text{ diam.may} = ..... * ( ...../1,000) * ( ..... )^{(1.85)} = .....m$	

Observaciones: \*1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_



<b>LONGITUD DE TUBERÍA Y PRESIÓN ESPECIFICADA.</b>		M. Cálculo No.
MATRIZ DE CÁLCULO PARA DOS DIÁMETROS EN UNA TUBERÍA CONTINUA		
CONCEPTO / OBJETIVO		/
Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Determinar el valor de la pérdida de carga para poder calcular posteriormente la longitud por tramo.		
DATOS GENERALES	FECHA :	SECCION TESIS: 5.3
NOMBRE DEL PROYECTO:	.....	Según Tema Hoja No.
COMUNIDAD:	.....	
MUNICIPIO/DEPTO	.....	6 / 9
RESPONSABLE/ CALCULO:	.....	
1) ... Cont.	CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA	SECC. 5-3
Obj.	Determinar la longitud de cada tramo de tubería, así como la presión de la misma.	
1.4	Cálculo de la longitud de tubería, para cada uno de los diámetros	
1.4.1	Longitud de la tubería de diámetro menor = L2 = Tubería de cota más baja. Long. Tub. Diam. Men. = $L2 = [(H - H1) / (H2 - H1)] * L \Rightarrow$ $L2 = [(H - H \text{ diam. May.}) / (H \text{ diam. men.} - H \text{ diam. may.})] * L$ ; en donde: H = Altura total disponible ; H diam. men = pérdida de carga de la tub. de menor diámetro ; H diam. may. = pérdida de carga de la tubería de diám. Mayor; L = longitud de diseño. <b>Todos en la Hoja No.5/8</b> , así: H=C.02 ;Hmen= C.07 ;Hmay= C.08 y L=C.01; sustituyendo: C.01 $L2 = [(Hoja 5;C.02 - Hoja5;C.08) / ( Hoja5;C.07 - hoja5;C.08)] * hoja5;C.01$ $L2 = [(\dots) / (\dots)] * \dots \Rightarrow$ L2 = .....m    L2 << Long. Total => Bien !!    L2 >> Long. Total => Revisión	
1.4.2	Cálculo de la longitud de tubería, para el tramo más alto = L1 = L tub. Diámetro mayor. L1 = L - L2    L1 = .....m    L1 = .....m	
2)	PRESIÓN DE TRABAJO DE LAS TUBERIAS	
Obj/Pro	Especificar la presión que deberá resistir la tubería	
2.1 concepto	La presión máxima en el sistema será cuando esté lleno, pero cerrado en el punto más bajo.	
2.1.1	Se determinan las alturas o cotas de los puntos inicial, intermedio y final	
D.01/ D.02	Cota punto inicial más alto=Po= .....    Cota pto. intermedio (P1)=.....(*1)	
D.03	Cota punto final más bajo= P2= .....	
2.1.2	Cálculo de diferencia de alturas por tramo	
A)	Primer Tramo = Tramo 1 = Tramo de tubería de mayor diámetro = tramo inicial	
C.02	Altura del primer tramo de tubería= $Po - P1=(D.01 - D.02)=\dots\dots\dots m = m.c.a. 1$ P.S.I. Primer tramo = $(m.c.a. 1)*(1.4224)=(\dots\dots\dots)*(1.4224)=\dots\dots\dots P.S.I.$ Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 = $C.02*1.20 \Rightarrow$ Pres.mínima de Tubería tramo 1 = .....P.S.I.. CONCLUSIÓN: Para el primer tramo se usará tubería de .....P.S.I. (*2)	
B)	Segundo Tramo = Tramo 2 = Tramo de tubería de menor diámetro = tramo final	
C.03	Alt. que soporta el segundo tramo de tubería = $Po-P2=(D.01 - D.03)=\dots\dots\dots m = m.c.a. 2$ P.S.I. Segundo tramo = $(m.c.a. 2)*(1.4224)=(\dots\dots\dots)*(1.4224)=\dots\dots\dots P.S.I.$ Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 2 = $C.03*1.20 \Rightarrow$ Pres.mínima de Tubería tramo 1 = .....P.S.I.. CONCLUSIÓN: Para el segundo tramo se usará tubería de .....P.S.I. (*2)	
Observaciones: (*1) La cota del punto intermedio se determina viendo la libreta topográfica.		
(*2) Para verificar la presión y calcular sub-tramos por presión, pasar a hoja 9/9		

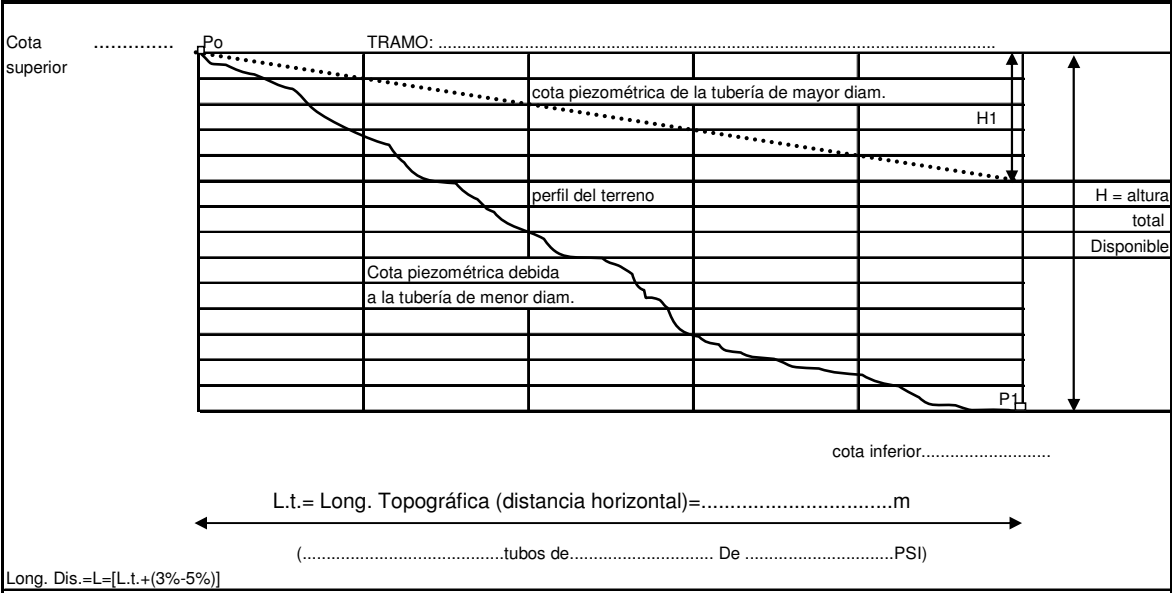
Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE UN SOLO DIÁMETRO (PAG 7,8)</b>		/
(Para cálculo de tubería continua de dos diámetros, ver Hojas No. 4,5,6)		
CONCEPTO / OBJETIVO		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, graficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
DATOS GENERALES	FECHA :	SECCION TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO: .....		Según Tema Hoja No.
COMUNIDAD: .....		
MUNICIPIO/DEPTO. : .....		7      9
RESPONSABLE/ CALCULO: .....		

[1] ESQUEMA TOPOGRAFICO. VALIDO UNICAMENTE PARA TUBERIA CONTINUA DE **UN SOLO** DIÁMETRO. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 7 Y 8



H1, L son valores que serán calculados en la siguiente hoja(ver Hoja8/ 8). Luego del cálculo se anotarán

SIMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta.(Usualmente la fuente)	
P2	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	
(Sí)	Es $H >> 146.46$ m?.....(sí/no.....) (Sí) => dos posibilidades: (Pos.1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (.....) (Pos 2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión(si/no.....) Calcular cada tramo como una tubería continua(de uno o dos diámetros).Calcular los otro tramos hasta finalizar Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.	
(No)	(No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo)ya sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión	

Observaciones: \* Todos las variables marcadas con \* serán calculadas posteriormente.

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

<b>DIAMETRO TEORICO, DIAMETRO FINAL, PERDIDA DE CARGA Y PRESIÓN (Tubería de un solo diámetro)</b>		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular el diámetro único de la tubería en estudio. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Hay que determinar primero el caudal, luego el diámetro teórico y especificar un diámetro mayor que éste.		Según Tema Hoja No.  8 / 9
DATOS GENERALES	FECHA :	
SECCIÓN TESIS: 5.1 - 5.3		
NOMBRE DEL PROYECTO: .....		
COMUNIDAD: .....		
MUNICIPIO/DEPTO .....		
RESPONSABLE/ CALCULO: .....		

1)	CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA		SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).		
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería.(UN SOLO VALOR)		
1.1.1	D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C.= .....l/s	
1.1.2	D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D.= .....l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado.		SECC. 5.2
	Diámetro Teórico = D.T.= $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)}$ en donde "C"= coef. para Hazen-Williams, $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:		
1.2.1	C.01/*1*	Long. total de diseño= "L"= Long.topog.* 1.05 => L= (.....)*1.05 =.....m	
1.2.2	D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams:PVC (140),H.G. (110), OTRO .....( )	
1.2.3	C.02	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, en donde: Cota de punto más alto= .....m Cota de punto más bajo= .....m H = Altura total disponible = (..... - .....) = .....m	
1.2.4	C.03	Se calcula el valor de K',sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: $K' = (1,000 * C.02) / (C.01 * D.01^{1.85}) =$ $K' = (1,000 * ..... ) / ( .....^{1.85} ) =$	
1.2.5	C.04	Diámetro Teórico = D.T.= $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)} = [1,743,811 / (D.02^{1.85} * C.03)]^{(1/4.87)}$ Diám. Teórico = D.T.= $[1,743,811 / ( .....^{1.85} * ..... )]^{(1/4.87)}$ , entonces: Diámetro Teórico = .....Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros final de la tubería. (Válido para una tubería de un solo diámetro)		SECC. 5.3
D.03	Si el sistema diseñado es de un solo diámetro, se debe especificar como mínimo el inmediato superior al diámetro teórico. Si este es el caso, entonces, el diámetro debe ser .....pulg		
1.3.1	Cálculo de la pérdida de carga de la tubería especificadas con longitud total "L".		
a.	C.04	$K' \text{ diam. Esp.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ esp.}^{4.87}) => K' \text{ diam.esp.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D.03^{4.87})$ $K' \text{ diam.esp.} = 1,743,811 / ( .....^{1.85} * .....^{4.87} ) =$	
b.	C.05	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H1" que tiene la tubería especificada (en m.c.a.), así: $H1 \text{ diam.esp.} = K' \text{ esp.} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H1 = C.04 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ $H1(\text{diam.esp.}) = ..... * ( ...../1,000) * ( ..... )^{(1.85)} =$	

2)	CALCULO DE LA PRESION DE TRABAJO (si la tub.fuera de una sola presión)		SECC 5.1-5.3
C.06	Altura del tramo de tubería= P0-P1 => Alt 1 =C.02= .....m = m.c.a. 1 P.S.I. Primer tramo = (m.c.a. 1)*(1.4224)=( .....)*(1.4224)=.....P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 =C.06*1.20 =>Pres.mínima de Tubería tramo 1 =.....P.S.I. Para el primer tramo se usará tubería de .....P.S.I. (más tuberías;ver 9/9)		

Observaciones: \*1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TESIS: Mario José de León Toledo

<b>CALCULO DE LA PRESIÓN DE LA TUBERÍA EN PUNTOS</b>						M. Cálculo No.
SE UTILIZA CUANDO SE QUIERE ESPECIFICAR MAS DE UNA PRESION DE TUBERIA, PARA UN MISMO TRAMO. ES DECIR: <b>UN MISMO DIÁMETRO, PERO VARIAS PRESIONES</b>						/
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de LA PRESIÓN, a la que trabaja la tubería. Se utiliza también la topografía del proyecto.						
DATOS GENERALES		FECHA :		SECCION TESIS: 3.3.5		
NOMBRE DEL PROYECTO: .....						Según Tema Hoja No.
COMUNIDAD: .....						
MUNICIPIO/DEPTO .....						9 / 9
RESPONSABLE/ CALCULÓ: .....						
1)	<b>CALCULO DE LA PRESIÓN EN PUNTOS INTERMEDIOS DE LA TUBERÍA</b>					SECC.3.3.5
TRAMO DE ESTUDIO, TUBERIA DE ..... PULG DIAM.						
Pto. Inicial:..... Pto. Final.....						
Tentativamente, este tramo será dividido en ..... Sub-tramos (a criterio del diseñador)						
Obj.	Determinar la longitud de cada tramo de tubería, según la presión con la que trabaja.					
1.1	Cálculo de la presión de trabajo de las tuberías comerciales:					SECC.3.3.5
1.1.1	Presión de trabajo (m.c.a.) = Presión nominal P.S.I./1.4224/1.2; entonces:					
	Pres. Tubería	100 PSI	125 P.SI.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )
C.O1...	Presión (altura)	58.59	73.23	93.73	146.46	
	Estación de inicio		estación final			
D.01	Punto más alto del sistema (P0)=.....m					
Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy.						
Cota por tub.= Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:						
C.02...	Cota por tub.=	.....	.....	.....	.....	.....
Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento)						
D.02	Camin. Anter.					
D.03	Elev. Ant					
D.04	Camin. Post.					
D.05	Elev. Post.					
D.05	Pres. Tubería	100 PSI	125 P.SI.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )
1.1.2	Obj.	Se especifica el caminamiento cuya cota sea SUPERIOR, a la cota hasta donde soporta cada tubería (D.02 ó D.04 para cada tubería). Cada columna de datos corresponde a cada tubería.				
	Cam. Cota sup.					
D.06	CONCLUSIÓN: El tramo en estudio estará subdividido en ..... Sub-tramos, así: (según el criterio del diseñador, se especifica el número de sub-tramos y la presión de la tubería)					
	Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)	Pto. Final (caminamiento)	Long. Topog.	tubos =Lt. *1.05/6.09	Presión de la tubería PSI
C.04	1					
C.05	2					
C.06	3					
C.07	4					
Observaciones:						

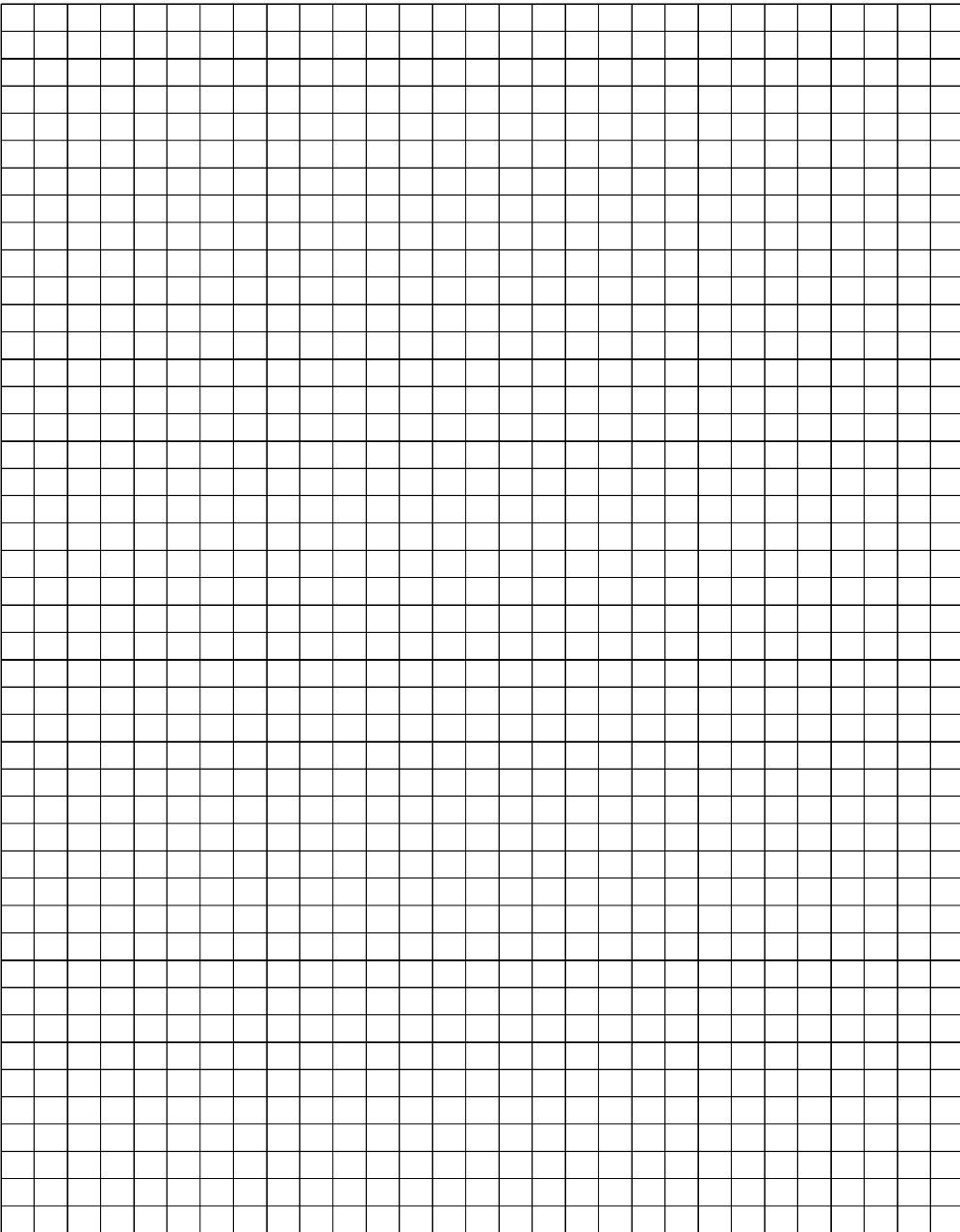
Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

TESIS: Mario José de León Toledo

ESQUEMA FINAL - PERFIL DEL PROYECTO		M. Cálculo No.
DATOS GENERALES	FECHA :	
NOMBRE DEL PROYECTO:		
COMUNIDAD:		
MUNICIPIO/DEPTO		
RESPONSABLE/ CALCULÓ:		
		
Calculó:.....		Rev.....

Ejemplos resueltos de cálculo de tubería, utilizando las  
matrices propuestas

## 6.2 Ejercicio No. 1: Diseño de una tubería de distribución (un solo diámetro)

La comunidad de Guineales, ubicada en la bocacosta de Sololá, ya cuenta con un sistema de distribución de agua que funciona por gravedad. Es el caso que el cantón San José, es el único sector que no cuenta con este servicio. Dicho cantón está ubicado en el sector sur occidental dentro de esta comunidad, y en la realidad no se sabe exactamente con cuántos habitantes cuenta. El último censo que hizo el centro de salud fue en el año 2,002 (1,777 habitantes). También se cuenta con un censo del año 2,000 que registra 1,693 habitantes. La comunidad quiere resolver su problema por lo menos durante 10 años. La tubería de distribución se conectará al tanque ya existente, el cual surte a la aldea. A este tanque llegan 11.05 l/s, cantidad que se considera suficiente para surtir a toda la población.

La distancia horizontal entre el tanque y las primeras viviendas es de 1,050.00 m. Se pide diseñar la tubería de distribución.

Los datos de topografía son los siguientes:

Caminamiento	Altura o cota	Observaciones
0+000	950.00	Ubicación del tanque existente (100 m <sup>3</sup> )
0+200	931.56	
0+400	911.05	
0+600	893.12	
0+800	871.16	
1+000	861.16	
1+050	858.75	Distribución a primeras viviendas

Para el cálculo de los caudales de diseño, utilizar los valores más pequeños posibles, a criterio del diseñador.

Solución:

Debido a que el caudal ya es conducido hasta el tanque de distribución, no será necesario el cálculo en la hoja 1/9; se omite.

Para este caso, el proceso de cálculo inicia estimando la población que tendrá el cantón San José, dentro de diez años, que es el período de diseño. Debido a que no se cuenta con información actualizada, primero habrá que estimar la población para este año (pues el último censo fue hace dos años). Con este valor, ya se procede a calcular la población al final del período de diseño. En este caso, se estima que la población inicial es de 1,866 habitantes.

Luego, en la hoja No. 3/9 se calcula el caudal medio y el caudal de diseño de la tubería de distribución. Debido a que el número de pobladores no está en los rangos de la tabla del inciso 1.2 de esta hoja, entonces no aplica (N.A.). Se especifica, según criterio, una dotación de 100 l (hab.-día).

Las hojas 4/9, 5/9 y 6/9 están diseñadas para calcular una tubería continua de dos diámetros y, como este no es el caso, se omiten. Se pasa a la hoja 7/9 en donde se indican las condiciones iniciales y datos generales para el cálculo de la tubería. Algunos datos del esquema se podrán indicar únicamente después de realizar el cálculo. O bien, después de calculado, se puede regresar y anotarlo. Debido al objetivo del ejercicio, se omitirán estos datos, dejando momentáneamente el espacio en blanco, y la información pertinente se colocará en el “esquema final”, como el número de tubos.

Luego de esquematizar las condiciones, se procede al cuerpo del cálculo. La matriz es clara. El proceso es secuencial de izquierda a derecha y hacia abajo, salvo que se indique lo contrario (en negrillas). En este caso, al utilizar el caudal de diseño para la línea de distribución (7.5878), se obtuvo un diámetro teórico de 2.55 pulgadas. El inmediato mayor es de 3 pulgadas y ése se escoge. Se verifica la pérdida de carga de este diámetro, que es de 41.52 m (inciso 1.2.1.b) y como es menor que la diferencia de alturas (91.25 m), entonces, el diseño está bien.

Según las condiciones particulares del proyecto, la tubería utilizada puede, si se requiere, especificarse de varias presiones. En este caso, se utilizaron únicamente dos presiones. El cambio de la especificación de la presión de la tubería depende de los requisitos particulares del proyecto. Muchos diseñadores no especifican tuberías menores de 125 PSI; algunos otros no especifican tuberías menores de 160 PSI. La tubería debe soportar la presión de trabajo, como el manipuleo y transporte de los constructores. También se justifica utilizar tuberías de mayores presiones, debido a que en el campo, las condiciones de la compactación muchas veces no son las ideales.



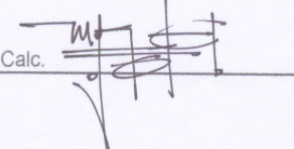
Una tubería puede ser expuesta a rellenos no controlados, con piedras y otros objetos que las pueden dañar. Una tubería que tenga más espesor, también resistirá mayores impactos. De igual forma, una tubería de menor espesor es más susceptible de actividades delictivas, muy propias de este tipo de proyectos. Así también, cuando se requiera de algún trabajo de mantenimiento, una tubería delgada podrá ser rota con mayor facilidad durante la actividad de zanjeo (con cualquier herramienta tradicional).

Por el contrario, mientras más factible sea realizar un relleno controlado (por ejemplo en una fábrica, una colonia o en una cabecera municipal), existe mayor factibilidad para la utilización de tuberías de menor presión.

Otra limitante en la especificación de la tubería, es la existencia comercial de tubería y accesorios. Muchas veces se encuentran en el mercado únicamente de 1 o dos presiones. Es posible que sea necesario mandar a hacer la tubería especificada, igual que sus accesorios. Esto retrasa considerablemente el proceso de construcción del proyecto, el flujo de caja se ve afectado, repercutiendo negativamente en todo. Es posible que los daños sean mayores al ahorro teórico que se tendría al utilizar una tubería más comercial. Es necesario investigar la existencia en el mercado local, de la tubería especificada. Una de las tuberías más comerciales es la de 160 PSI.

Considerando todos los aspectos anteriores, en la solución de este proyecto se han especificado únicamente dos presiones de trabajo para la tubería P.V.C. (ya se dijo que pudo haber sido más).

PERÍODO DE DISEÑO Y POBLACIÓN A SERVIR.		M. Cálculo No.
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Asignar un período de diseño (en años). Con este valor, y datos conocidos de la población, determinar qué población tendrá la comunidad cuando se haya cumplido el período de diseño.		1 6
<b>DATOS GENERALES</b> FECHA: <u>01 / 10 / 2004</u> SECCION TESIS: 4.2 - 4.3		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> <u>L. DISTRIBUCION</u>		Según Tema
<b>COMUNIDAD:</b> <u>CANTÓN SAN JOSE GUVIALES</u>		Hoja No.
<b>MUNICIPIO/DEPTO.</b> <u>STA. CAT. KTAHUSCAN, SOLOLA</u>		2
<b>RESPONSABLE/ CALCULO:</b> <u>MARIO JOSE DE LEON TOLEDO</u>		9
[1]	PERIODO DE DISEÑO	SECC 4.2
Obj.	Se determina, según las variables consideradas, el período de diseño.	OTRO ( )
1.1) D.01	2 AÑOS ( )    5 AÑOS ( )    10 AÑOS (X)    15 AÑOS ( )    20 AÑOS ( )    .....AÑOS	
[2]	POBLACION AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO	SECC 4.1
Obj/Pro	Se calcula la población al final del periodo de diseño, considerando la tasa de crecimiento	
2.1)	Datos de los DOS últimos censos	
2.1.1	Dato reciente (último censo)	
D.02/D.03	Año del dato <u>2,002</u> Población del último censo (hab.) <u>1,777</u>	
2.1.2	Penúltimo censo	
D.04/D.05	Año del penúltimo censo <u>2,000</u> población penúltimo censo (hab.) <u>1,693</u>	
2.2)	Se calcula qué tasa de crecimiento hay en el período transcurrido entre los dos últimos censos	
2.2.1	Tasa de crecim. = $\frac{\text{pob. último} - \text{pob. penúltimo}}{\text{Pob. penúltimo}} * (100 / \text{Dif. años entre censos})$	
C.02/C.03	Dif. Pob=Pob. Último censo - Pob. Penúltimo      Dif. Años = Año último censo - año penúltimo <u>84</u> Habitantes <u>02</u> años	
2.2.2	Tasa de crecimiento = $\frac{\text{Dif. Pob.}}{\text{Pob. Penúltimo}} * 100 / \text{Dif. años} = (C.02/D.05) * 100 / C.03 = >$	
C.04	Tasa de crecimiento = $\frac{84}{1,693} * \frac{100}{02} = 2.48$ Conclusión: La población ha experimentado un crecimiento de un <u>2.48</u> % por año	
2.3)	Cálculo de la población inicial del período de diseño	
2.3.1	C.05      Período no considerado = P.N.C. = Año del cálculo - año del último censo = <u>02</u> años	
C.06	Si P.N.C.= cero => Pob. Inicial = Pobl. Último censo = D.03 = <u>N.A.</u> habitantes	
	Si período considerado > 0.00 años, entonces: Población Inicial (Actual, del año de cálculo) = Pob. Ultimo censo * (1+tasa crec./100) <sup>Per.no considerado</sup>	
C.06	Población Inicial = D.03 * (1+C.04/100) <sup>C.05</sup> = sustituyendo: Pob.INICIAL = ( <u>1,777</u> ) * ( 1 + <u>2.48</u> / 100 ) <sup>( 2 )</sup> = <u>1,866</u> hab	
2.4)	POBLACION AL FINAL del período de diseño = Pob.inicial * (1+tasa crec./100) <sup>Período de dis.</sup>	
C.07	Población al final del período de diseño = C.06 * (1+C.04/100) <sup>D.01</sup> , sustituyendo: Pob. FINAL = ( <u>1,866</u> ) * ( 1 + <u>2.48</u> / 100 ) <sup>( 10 )</sup> = <u>2,384</u> hab.	
Observaciones:		

Calc. 

Rev. \_\_\_\_\_

<b>DOTACIÓN, CAUDAL MEDIO DIARIO Y FACTORES DE VARIACIÓN</b>		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO Primero, especificar un valor para la dotación. Con este valor, y datos anteriores, se calcula el caudal medio diario. Por último, este caudal medio se modifica según vaya a ser la utilización de la tubería.		26
DATOS GENERALES	FECHA: 01/10/2004	SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	Según Tema
COMUNIDAD:	GUINEALES	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO.:	STA. CATA, IXTAHUACÁN, SOLOLA	3
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO	9

[1]	DOTACIÓN	SECC 4.1																											
Obj.	Determinar el valor de la dotación, de acuerdo a criterios y normas establecidos																												
1.1)	Dotación según la Dirección General de Obras Públicas																												
D.01/D.01	Area Rural ( ) 60, 70, 75, 80, 90, 100, ..... ( ) l / (hab.-día)	Area Urbana (X) 100, 250 ..... (100) l / (hab.-día)																											
1.2)	Dotación según criterios de Urbanismo, clima y población (Jan Bazant)																												
D.02	Pop. al final del periodo de diseño <<Ver hoja 2 / C.07>> 2,384 ..... hab.																												
D.03	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dotación l / (hab.-día)</th> <th colspan="3">Clima</th> </tr> <tr> <th>cálido</th> <th>Templado</th> <th>Frío</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,500 - 15,000</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>15,000 - 30,000</td> <td>200</td> <td>150</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>30,000 - 70,000</td> <td>250</td> <td>200</td> <td>175</td> </tr> <tr> <td>70,000 - 150,000</td> <td>300</td> <td>250</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>150,000 a más habitantes</td> <td>350</td> <td>300</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Bazan, Jan. Manual de criterios de diseño urbano</p>		Dotación l / (hab.-día)	Clima			cálido	Templado	Frío	2,500 - 15,000	150	125	100	15,000 - 30,000	200	150	125	30,000 - 70,000	250	200	175	70,000 - 150,000	300	250	200	150,000 a más habitantes	350	300	250
Dotación l / (hab.-día)	Clima																												
	cálido	Templado	Frío																										
2,500 - 15,000	150	125	100																										
15,000 - 30,000	200	150	125																										
30,000 - 70,000	250	200	175																										
70,000 - 150,000	300	250	200																										
150,000 a más habitantes	350	300	250																										
D.03	Dotación según Jan Bazant: N.A. litros / (hab.-día) *2																												
1.3) D.04	Finalmente, al compararlos, la dotación se designa como 100 l / (hab. / día)																												

[2]	CAUDAL MEDIO DIARIO	SECC 4.4
Obj/Pro	El Caudal medio diario es el número de litros por segundo que consumirá la población futura	
2.1)	Caudal medio diario = Q.M.D. = Pobl.futura (hab.) * Dotación (l / Hab.-día) / 86,400 (segundos/día)	
C.01	Q.M.D. = D.02 * D.04 / 86,400 Q.M.D. = (2,384) * (100) / 86,400 => Q.M.D. = 2.7592 l/s *3	

[3]	FACTORES DE VARIACION DEL CAUDAL	SECC 4.4
Obj.	Asignar el valor de los factores que variarán proporcionalmente el Caudal medio diario (Q.M.D.)	
3.1)	Se especifica UN factor, considerando si la población está ubicada en área rural o urbana. El factor de hora máxima (F.H.M.) depende de la ubicación de la comunidad y sirve para calcular el caudal en una línea de distribución. Poblaciones pequeñas => F.H.M. más alto. Ej. 4.50, 4.00, etc.	
*1* D.05/D.05	Area Rural (S/N) ..... 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, OTRO ..... ( )	Area Urbana (S/N) ..... 1.50, 2.00, 2.50, OTRO... (2.75)
3.2)	El factor de día máximo = F.D.M. sirve para compensar el incremento de consumo del agua almacenada. Se utiliza en el cálculo de la tubería de CONDUCCIÓN.	
D.06	1.10, 1.20, 1.30, 1.40, 1.50, 1.60, OTRO... (N.A.) Se asigna un valor, puede ser intermedio.	

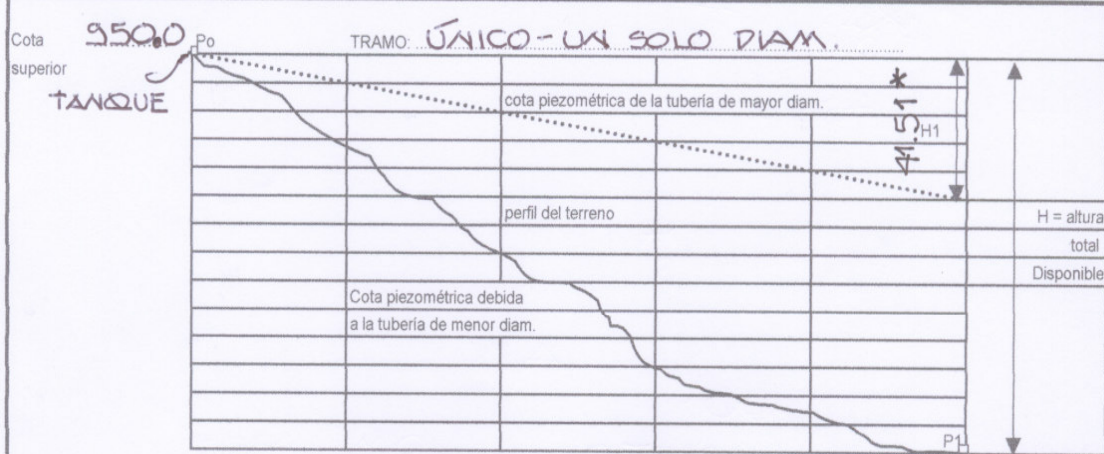
[4]	CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO
Obj.	Modificar el caudal medio diario (Q.M.D.) y determinar el valor final del caudal de diseño.
4.1)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de conducción (Q.D.L.C.)
Obj.	Caudal de diseño Línea de conducción = Factor de día máximo * Caudal medio diario, entonces:
C.02	Caudal de diseño Línea de cond. = Q.D.L.C. = (F.D.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.C. = (D.06) * (C.01) => Q.D.L.C. = ..... l/s
4.2)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de distribución
Obj.	Caudal de Diseño línea de Distribución = Factor de hora máx. * Caudal medio diario, entonces:
C.03	Caudal de diseño línea de dist. = Q.D.L.D. = (F.H.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.D. = (D.05) * (C.01) => Q.D.L.D. = (2.75) * (2.7592) = 7.5878 l/s

Observaciones: \*1\* Únicamente se especifica un valor de éstos, por eso, cualquiera de ellos es D.01  
\*2\* N.A. = NO APLICA. Los habitantes son menos del menor rango  
\*3\* BIEN!! ES MENOR QUE EL Q QUE LLEGA AL TANQUE.

Calc.  Rev. \_\_\_\_\_

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE UN SOLO DIÁMETRO (PAG 7,8)</b>		<b>3/6</b>
(Para cálculo de tubería continua de dos diámetros, ver Hojas No. 4,5,6)		
CONCEPTO / OBJETIVO		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, graficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
DATOS GENERALES	FECHA: <u>01 / Oct / 2004</u>	SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	<u>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN</u>	
COMUNIDAD:	<u>CANT. SAN JOSE, GUINEALES</u>	
MUNICIPIO/DEPTO.:	<u>SA. CAT. IXTAHUACÁN, SOLOLA</u>	
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	<u>MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO</u>	
	7	9

[1] ESQUEMA TOPOGRÁFICO. VALIDO ÚNICAMENTE PARA TUBERÍA CONTÍNUA DE UN SOLO DIÁMETRO. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 7 Y 8



cota inferior: 858.75 (v.v.)

L.t. = Long. Topográfica (distancia horizontal) = 1,050.00 m

\* (.....) tubos de PVC φ 3" De ..... (PSI)

Long. Dis. = [L.t. + (3%-5%)]

(VER M. CALCULO 6/6)

H1, L son valores que serán calculados en la siguiente hoja (ver Hoja 8/ 8). Luego del cálculo se anotarán

SÍMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta. (Usualmente la fuente)	<u>950.00</u>
P2	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	<u>858.75</u>
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	<u>1,050.00</u>
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	<u>91.25</u>
Es $H >> 146.46$ m?.....(si/no. <u>NO</u> .....)		
(Si)	(Si) => dos posibilidades: (Pos.1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (.....) (Pos 2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión (si/no.....)	
Calcular cada tramo como una tubería continua (de uno o dos diámetros). Calcular los otros tramos hasta finalizar. Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.		
(No)	(No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo) ya sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión	

Observaciones: \* Todos las variables marcadas con \* serán calculadas posteriormente. ... SIGUE →

DIÁMETRO TEÓRICO, DIÁMETRO FINAL, PÉRDIDA DE CARGA Y PRESIÓN (Tubería de un solo diámetro)		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular el diámetro único de la tubería en estudio. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Hay que determinar primero el caudal, luego el diámetro teórico y especificar un diámetro mayor que éste.		4/6
DATOS GENERALES	FECHA : 01 / OCT / 2,004	SECCIÓN TESIS: 5.1 - 5.3
NOMBRE DEL PROYECTO:	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	Según Tema
COMUNIDAD:	CANT. SU. JOSE, GUINEALES	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	STA. CAT. XITAHUACAN, SOLOLA	8
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEON TOLEDO	9
1)	CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA	SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).	
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería.(UN SOLO VALOR)	
1.1.1) D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C. = .....l/s	
1.1.2) D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D. = 7.5878...l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado. SECC. 5.2	
	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)}$ en donde "C"= coef. para Hazen-Williams, K' = $(1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:	
1.2.1) C.01/*1*	Long. total de diseño= "L"= Long.topog. * 1.05 => L = $(1,050.00 * 1.05) = 1,102.50$ m	
1.2.2) D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams: PVC (140), H.G. (110), OTRO ..... (140)	
1.2.3)	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, en donde: Cota de punto más alto = 950.00 m Cota de punto más bajo = 858.75 m C.02 H = Altura total disponible = $(950.00 - 858.75) = 91.25$ m	
1.2.4)	Se calcula el valor de K', sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: C.03 $K' = (1,000 * 91.25) / (1,102.50 * 7.5878^{1.85}) = 1.9482$	
1.2.5)	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)} = [1,743,811 / (140^{1.85} * 1.9482)]^{(1/4.87)}$ , entonces: C.04 Diámetro Teórico = 2.55 Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros final de la tubería. (Válido para una tubería de un solo diámetro) SECC. 5.3 D.03 Si el sistema diseñado es de un solo diámetro, se debe especificar como mínimo el inmediato superior al diámetro teórico. Si este es el caso, entonces, el diámetro debe ser 3 pulg	
1.3.1)	Cálculo de la pérdida de carga de la tubería especificadas con longitud total "L".	
a.	K' diam. Esp. = $1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ esp.}^{4.87}) => K' \text{ diam. esp.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D.03^{4.87})$ C.04 $K' \text{ diam. esp.} = 1,743,811 / (140^{1.85} * 3.00^{4.87}) = 0.8863$	
b.	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H1" que tiene la tubería especificada (en m.c.a.), así: C.05 $H1 \text{ diam. esp.} = K' \text{ esp.} * (L / 1,000) * QD^{(1.85)} => H1 = C.04 * (C.01 / 1,000) * D.01^{(1.85)}$ $H1(\text{diam. esp.}) = 0.8863 * (1102.5 / 1,000) * (7.5878)^{(1.85)} = 41.51$ m < HW	
2)	CÁLCULO DE LA PRESION DE TRABAJO SECC 5.1-5.3	
C.06	Altura del tramo de tubería = P <sub>2</sub> - P <sub>1</sub> => Alt 1 = C.02 = 91.25 m = m.c.a. 1 P.S.I. Primer tramo = $(m.c.a. - 1) * (1.4224) = (91.25 - 1) * (1.4224) = 129.794$ P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 = C.06 * 1.20 => Pres.mínima de Tubería tramo 1 = 155.753 P.S.I. CONCLUSIÓN: Para el primer tramo se usará tubería de 160.00 P.S.I. #2	
Observaciones: *1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.		
*2) PARA ESTE CASO SE REQUIERE ESPECIFICAR TUBERIA DE VARIAS PRESIONES => VER HOJA 9/9 (M.CALCULO 5/6)		

CALCULO DE LA PRESIÓN DE LA TUBERÍA EN PUNTOS INTERMEDIOS						M. Cálculo No.
SE UTILIZA CUANDO SE QUIERE ESPECIFICAR MAS DE UNA PRESION DE TUBERIA, PARA UN MISMO TRAMO. ES DECIR: <b>UN MISMO DIÁMETRO, PERO VARIAS PRESIONES</b>						5/6
CONCEPTO / OBJETIVO Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de LA PRESIÓN, a la que trabaja la tubería. Se utiliza también la topografía del proyecto.						
DATOS GENERALES		FECHA: <u>01/OCT/2004</u>		SECCIÓN TESIS: 3.3.5		
NOMBRE DEL PROYECTO:		<u>LINEAS DE DIST.</u>				Según Tema
COMUNIDAD:		<u>CANTÓN SU. JOSÉ: GUJUEALES</u>				Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO		<u>STA. CAT. XITAHUACÁN</u>				9
RESPONSABLE/ CALCULO:		<u>MARIO JOSE DE LEON TOLEDO</u>				9
1)	CALCULO DE LA PRESIÓN EN PUNTOS INTERMEDIOS DE LA TUBERÍA					SECC.3.3.5
TRAMO DE ESTUDIO, TUBERÍA DE <u>3</u> PULG DIAM.						
Pto. Inicial: <u>0+000</u> Pto. Final: <u>1+050</u>						
Tentativamente, este tramo será dividido en <u>02</u> Sub-tramos (a criterio del diseñador)						
Obj.	Determinar la longitud de cada tramo de tubería, según la presión con la que trabaja.					
1.1	Cálculo de la presión de trabajo de las tuberías comerciales:					SECC.3.3.5
1.1.1	Presión de trabajo (m.c.a.) = Presión nominal P.S.I./1.4224/1.2; entonces:					
	Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )
C.01...	Presión (altura)	58.59	73.23	93.73	146.46	
Estación de inicio estación final						
D.01	Punto más alto del sistema (P0)= <u>950</u> m					
Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy. Cota por tub.= Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:						
C.02...	Cota por tub.=	<u>891.41</u>	<u>876.77</u>	<u>856.27</u>	<u>NO APLICA</u>	
Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento)						
D.02	Camin. Anter.	<u>0+400</u>	<u>0+600</u>	<u>1+050</u>		
D.03	Elev. Ant	<u>941.05</u>	<u>893.12</u>	<u>858.75</u>		
D.04	Camin. Post.	<u>0+600</u>	<u>0+800</u>	<u>-</u>		<u>N.A.</u>
D.05	Elev. Post.	<u>893.12</u>	<u>871.16</u>	<u>-</u>		
D.05	Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( → )
1.1.2	Obj.	Se especifica el caminamiento cuya cota sea SUPERIOR, a la cota hasta donde soporta cada tubería (D.02 ó D.04 para cada tubería). Cada columna de datos corresponde a cada tubería.				
	Cam. Cota sup.	<u>-</u>	<u>0+600</u>	<u>1+050</u>		
D.06	CONCLUSIÓN: El tramo en estudio estará subdividido en ..... Sub-tramos, así: (según el criterio del diseñador, se especifica el número de sub-tramos y la presión de la tubería)					
	Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)	Pto. Final (caminamiento)	Long. Topog.	tubos =Lt. *1.05/6.09	Presión de la tubería PSI
C.04	1	<u>0+000</u>	<u>0+600</u>	<u>600.00</u>	<u>104</u>	<u>125</u>
C.05	(*) 2	<u>0+600</u>	<u>1+050</u>	<u>450.00</u>	<u>78</u>	<u>160</u>
C.06	3					
C.07	4					
Observaciones (*) <b>UNICAMENTE POR EJERCICIO ACADÉMICO DE DISEÑO EAL 2; PUDO HABER SIDO EN 3 (EJ. 100 P.S.I.) ARRIBA DE 160 PSI NO SE JUSTIFICA.</b>						

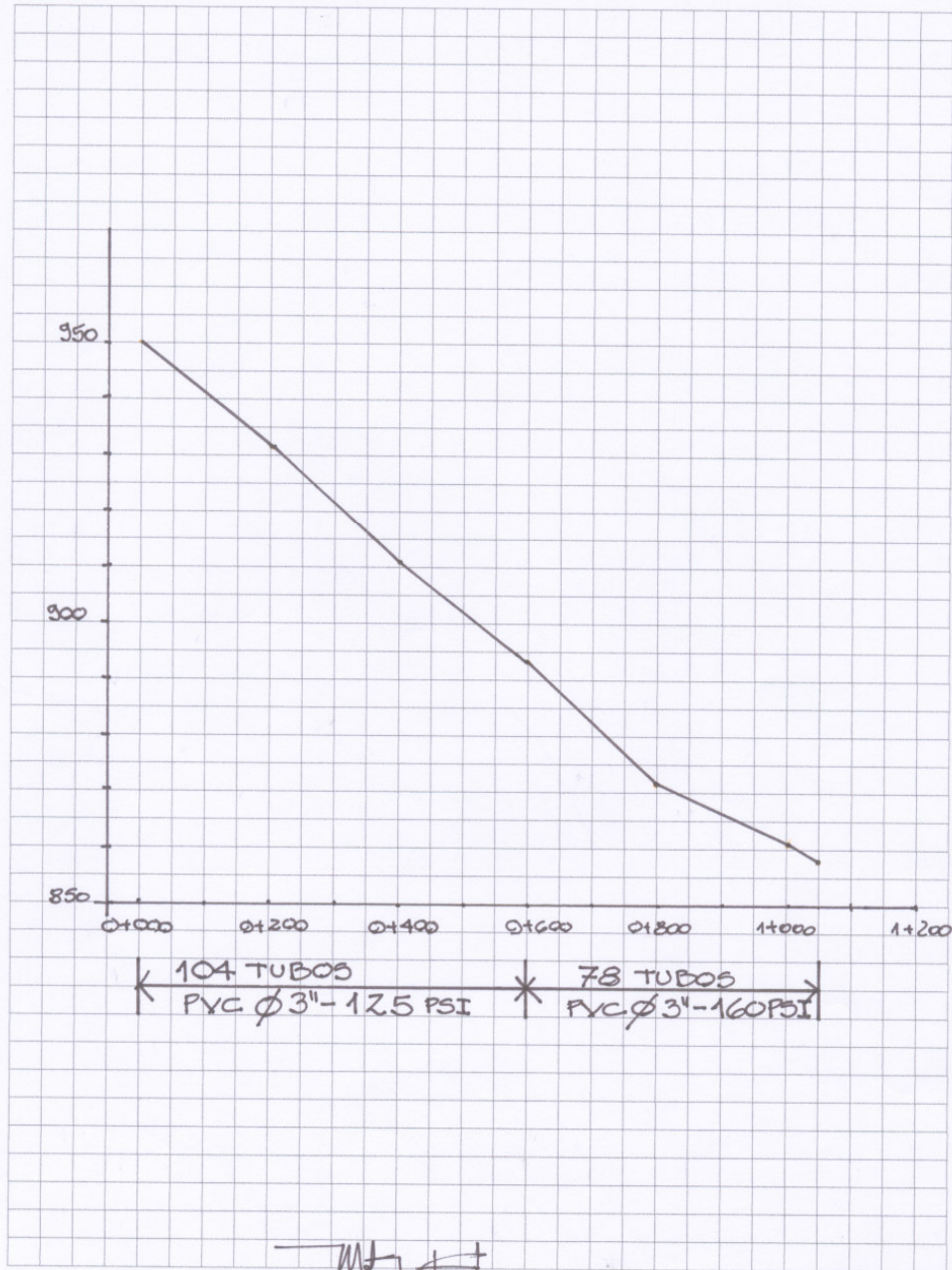
Fuente: Elaboración propia.


Calc. 

Rev. \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESQUEMA FINAL - PERFIL DEL PROYECTO		M. Cálculo No.
DATOS GENERALES	FECHA: 01/10/2004	6/0
NOMBRE DEL PROYECTO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN		
COMUNIDAD: CANTÓN SAN JOSÉ; GUINEALES		
MUNICIPIO/DEPTO: STA. CAT. IXTA HUACÁN		
RESPONSABLE/ CÁLCULO: MARIO JOSÉ DE LEÓN TOLEDO		



Calculó:  Rev.....

### 6.3 Ejercicio No. 2: Diseño de una tubería de conducción (dos diámetros)

La municipalidad de Patulul, Suchitepéquez, desea construir el sistema de abastecimiento de agua (por gravedad), para el cantón San Juan, ubicado al norte de dicha cabecera municipal. Para ello conducirá un nacimiento ubicado a 6.450 Km de distancia.

El centro de salud realizó este año un censo, determinando que en el cantón habitan 375 familias, que representan 1,975 personas. Hace tres años el mismo sector registraba 1,829 personas.

Para aforar el nacimiento, se empleó un bote usual, de 5 galones de capacidad. Los datos son los siguientes:

No.	1	2	3	4	5
Tiempo (s)	3.05	2.99	2.83	3.03	3.15

Los datos de topografía son los siguientes:

Caminamiento	Altura o cota	Observaciones
0+000	380.55	Nacimientos
1+000	349.25	
1+737	328.04	
2+000	321.16	
3+000	299.77	
4+000	274.88	
5+000	259.24	
6+000	249.15	
6+450	238.08	Tanque de alm.

El sistema debe funcionar para un período de 20 años.

Solución:

Debido a que es necesario determinar el caudal, se emplea la matriz de la hoja No. 1/9 "El aforo". Como ya se conoce el volumen del recipiente empleado, el inciso 1.2 de esta hoja, no aplica. (N.A.). La notación en la parte superior derecha de estas hojas "M. Cálculo No." (matriz de cálculo No. 1/8)



indica que exclusivamente para este ejercicio, se han empleado 8 hojas y esa es la primera del cálculo.

Continuando con el proceso, al observar los cinco datos del tiempo, se establece que sí son muy parecidos y se procede a calcular el promedio. Finalmente se calcula el caudal. Se pasa a la Hoja 2/9 "Período de Diseño y Población a servir".

Se siguen los pasos sugeridos para calcular la población al final del período de diseño. Debido a que el último censo es el mismo año en que se realiza el cálculo, la población al inicio del período de diseño, es ésta (la del último censo). Si existiera diferencia entre el año del último censo y el año del cálculo, habría que calcular la población inicial mediante una proyección (inciso 2.3.1 – ver ejercicio anterior).

El resultado de la hoja 2/9 (Matriz de cálculo No. 2/8), es el número de pobladores que hará uso del sistema dentro de 20 años (período de diseño).

Para establecer la dotación, se ha considerado el clima del lugar. En la primera posibilidad (inciso 1.1) se especificó 130 l / (hab.-día), no obstante, la tabla siguiente especifica 150 l / (hab.-día). Debido a que este valor es una consideración del diseñador, cualquier valor sería válido. Con el objeto de ilustrar el proceso, se ha considerado el promedio de ambos (puede hacerse así o tomar cualesquiera de los otros valores).

En el inciso 3.2) se determina el factor de día máximo, debido a que es una línea de conducción. No se emplea 1.10 debido a que es muy pequeño y el clima requiere de abastecimiento inmediato. Se considera aceptable un valor de 1.15 ( a criterio). Se determina el caudal de diseño de la tubería de conducción.

En la Matriz de cálculo 4/8 (Según tema Hoja 4/9) se colocan las condiciones iniciales.

La tubería de PVC de 250 PSI soporta una columna de agua de 146.46 m ( $250/1.4224/1.20$  – Ver también M. Cálculo 9/9). Debido a que la diferencia de alturas no es mayor de lo que soporta esta tubería, entonces el sistema sí se puede construir de manera continua, sin interrumpir la presión. No obstante, se puede interrumpir la presión, reduciéndola nuevamente a cero, mediante la colocación de una "caja rompe presión" (ver ejercicio No. 3). Esto hace más barato el sistema.

Ahora bien, puede ser que por alguna razón (topográfica sobre todo), no sea recomendable la utilización de una caja rompe presión; entonces, el sistema se debe diseñar de forma continua (tal y como está el ejercicio). Puede ser que la caja rompe presión sea especificada en un lugar en donde no pueda construirse, porque el propietario no quiera otorgar el derecho, por ejemplo.

En la M. Cálculo No 4/8 (Hoja No. 5/9) se calculan los diámetros.

Se puede observar que la pérdida de carga del diámetro mayor, siempre será menor que la pérdida de carga de la tubería de menor diámetro.

En la hoja 6/9 se calcula el número de tubos para cada tubería, según la longitud previamente determinada..

En la parte inferior, inciso 2) se han calculado las presiones máximas recomendadas para cada tubería. Son recomendadas, debido a que tuberías de mayor resistencia también soportan la presión de trabajo, pero sería una mala solución, debido a que no es la más económica.

La propuesta de presión de trabajo, es la máxima recomendada, aún cuando, según las consideraciones particulares del proyecto, sea susceptible de aumentar escalonadamente el valor de resistencia de la presión. En pocas palabras, proponer dos o más tramos. En este caso, para el primer tramo (diámetro de 4") no se especifica más que la utilización de la tubería de P.V.C. de 100 PSI, debido a que no se desea correr el riesgo utilizando una tubería menor. Por otra parte, para el segundo tramo (diámetro de 3"), se han especificado tres resistencias distintas, para la tubería utilizada (pudieron ser dos, según otro criterio).

<b>EL AFORO</b>		M. Cálculo No.																																			
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Determinar el caudal producido por una fuente o una tubería, medido en litros/segundo. Primero se determina el volumen del recipiente, luego el tiempo de llenado, y por último, el caudal.		1 8																																			
<b>DATOS GENERALES</b>	FECHA: <u>17/04/2004</u>	SECCION TESIS: 3.2.5																																			
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>	<u>AMPLIACION DE SISTEMA</u>																																				
<b>COMUNIDAD:</b>	<u>CANTON SAN JUAN</u>																																				
<b>MUNICIPIO/DEPTO</b>	<u>PATULUL SUCHITEPEQUEZ</u>																																				
<b>TIPO DE FUENTE:</b>	(manantial) (pozo) (rio) (tubería) (caja) (otro).....																																				
<b>NOMBRE DE LA FUENTE:</b>	<u>CHITULUL</u>																																				
<b>ESTACIÓN/CAMINAMIENTO</b>	<u>0+000</u>																																				
<b>RESPONSABLE /CALCULÓ:</b>	<u>MARIO JOSE DE LEON TOLEDO</u>																																				
<b>[1]</b> Cálculo del volumen del recipiente. Únicamente un procedimiento.																																					
Si se conoce el volumen, en galones => 1.1 / Si el volumen NO es conocido => 1.2																																					
1.1	El aforo se realiza con un recipiente cuyo volumen sí es conocido, pero en galones.																																				
D.01	Volumen del recipiente = <u>5.00</u> Galones																																				
1.1.1	Cálculo de este volumen en litros																																				
Volumen del recipiente = Vol. Galones * 3.785 => Vol. Litros = D.01 * 3.785																																					
C.01	Vol. litros = ( <u>5.00</u> ) * 3.785 = <u>18.925</u> Litros (sigue inciso 2)																																				
1.2	Si el aforo se realiza con un recipiente cuyo volumen no es conocido.																																				
1.2.1	<u>N.A.</u> Utilizando una cubeta de base y tope circular.																																				
D.02/D.03	D1=Diámetro Inferior= .....m    D2=Diámetro Superior=.....m.																																				
D prom. = (D1+D2)/2= (..... +.....) / 2 =>																																					
C.02	Diámetro promedio del recipiente. = (D1+D2)/2= ..... (m)																																				
D.04	Altura efectiva hasta el nivel del agua ..... (m)																																				
Volumen = (Diámetro / 4) * PI * altura =>    Volumen = (C.02 <sup>2</sup> / 4) * PI * D.04																																					
Volumen = (.....) <sup>2</sup> * 3.1416 * (.....) =																																					
C.03	Volumen = ..... (metros cúbicos)																																				
1.2.2	Cálculo del volumen del recipiente, pero en litros																																				
Vol. litros = (Volumen en m3) * 1,000 = C.03 * 1,000																																					
C.04	Vol. = (C.03 * 1000) = (.....) * 1,000 litros = .....litros																																				
<b>[2]</b> Cálculo del tiempo de llenado del recipiente																																					
2.1	Las lecturas del tiempo son: (Datos de campo)																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo No.</th> <th>minutos</th> <th>segundos</th> <th>total segundos = (minutos * 60) + segundos</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo 1</td> <td>—</td> <td><u>3.05</u></td> <td>✓</td> <td>seg.</td> </tr> <tr> <td>Tiempo 2</td> <td>—</td> <td><u>2.99</u></td> <td>✓</td> <td>seg.</td> </tr> <tr> <td>Tiempo 3</td> <td>—</td> <td><u>3.83</u></td> <td>✓</td> <td>seg.</td> </tr> <tr> <td>Tiempo 4</td> <td>—</td> <td><u>3.03</u></td> <td>✓</td> <td>seg.</td> </tr> <tr> <td>Tiempo 5</td> <td>—</td> <td><u>3.15</u></td> <td>✓</td> <td>seg.</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">Sumatoria Total</td> <td><u>15.05</u></td> <td>seg.</td> </tr> </tbody> </table>			Tiempo No.	minutos	segundos	total segundos = (minutos * 60) + segundos		Tiempo 1	—	<u>3.05</u>	✓	seg.	Tiempo 2	—	<u>2.99</u>	✓	seg.	Tiempo 3	—	<u>3.83</u>	✓	seg.	Tiempo 4	—	<u>3.03</u>	✓	seg.	Tiempo 5	—	<u>3.15</u>	✓	seg.	Sumatoria Total			<u>15.05</u>	seg.
Tiempo No.	minutos	segundos	total segundos = (minutos * 60) + segundos																																		
Tiempo 1	—	<u>3.05</u>	✓	seg.																																	
Tiempo 2	—	<u>2.99</u>	✓	seg.																																	
Tiempo 3	—	<u>3.83</u>	✓	seg.																																	
Tiempo 4	—	<u>3.03</u>	✓	seg.																																	
Tiempo 5	—	<u>3.15</u>	✓	seg.																																	
Sumatoria Total			<u>15.05</u>	seg.																																	
C.05																																					
2.2	Tiempo promedio = Sumatoria Total / No de veces = C.05 / n																																				
Tiempo pro. = (..... <u>15.05</u> .....) / (..... <u>5</u> .....) =>																																					
C.06	Tiempo pro. = <u>3.01</u> segundos																																				
<b>[3]</b> CALCULO DEL CAUDAL																																					
Caudal = Volumen del recipiente / Tiempo promedio = (C.01 ó C.04) / C.06																																					
C.07	Caudal = ( <u>18.925</u> ) / ( <u>3.01</u> ) =>																																				
Caudal = <u>6.287</u> Litros / segundo																																					
Observaciones:																																					

Fuente: Elaboración propia.

Calc.

Rev.

PERÍODO DE DISEÑO Y POBLACIÓN A SERVIR.		M. Cálculo No.
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Asignar un período de diseño (en años). Con este valor, y datos conocidos de la población, determinar qué población tendrá la comunidad cuando se haya cumplido el período de diseño.		$\frac{2}{8}$
<b>DATOS GENERALES</b> FECHA: <u>03/10/2004</u> SECCION TESIS: 4.2 - 4.3		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> <u>AMPLIACIÓN DE SISTEMA</u>		Según Tema
<b>COMUNIDAD:</b> <u>CANTON SAN JUAN</u>		Hoja No.
<b>MUNICIPIO/DEPTO.</b> <u>PATULUL SUCHITEPEQUEZ</u>		2 / 9
<b>RESPONSABLE/ CALCULÓ:</b> <u>MARIO JOSE DE LEON TOLEDO</u>		
[1]	PERIODO DE DISEÑO	SECC 4.2
Obj.	Se determina, según las variables consideradas, el período de diseño.	OTRO ( )
1.1) D.01	2 AÑOS ( )    5 AÑOS ( )    10 AÑOS ( )    15 AÑOS ( ) <u>20 AÑOS (X)</u> .....AÑOS	
[2]	POBLACION AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO	SECC 4.1
Obj/Pro	Se calcula la población al final del período de diseño, considerando la tasa de crecimiento	
2.1)	Datos de los DOS últimos censos	
2.1.1	Dato reciente (último censo)	
D.02/D.03	Año del dato <u>2.004</u> Población del último censo (hab.) <u>1,975</u>	
2.1.2	Penúltimo censo	
D.04/D.05	Año del penúltimo censo <u>2.001</u> población penúltimo censo (hab.) <u>1,829</u>	
2.2)	Se calcula qué tasa de crecimiento hay en el período transcurrido entre los dos últimos censos	
2.2.1	Tasa de crecim. = $\frac{\text{pob. último} - \text{pob. penúltimo}}{\text{Pob. penúltimo}} * (100 / \text{Dif. años entre censos})$	
C.02/C.03	Dif. Pob=Pob. Último censo - Pob. Penúltimo      Dif. Años = Año último censo - año penúltimo ..... <u>146</u> .....      Habitantes      ..... <u>03</u> ..... años	
2.2.2	Tasa de crecimiento = $\frac{\text{Dif. Pob.}}{\text{Pob. Penúltimo}} * 100 / \text{Dif. años} = \frac{\text{C.02/D.05}}{\text{C.03}} * 100 =$ Tasa de crecimiento = $\left( \frac{146}{1,829} \right) * \frac{100}{3} =$ ..... <u>2.66</u> ..... % por año	
C.04	Conclusión: La población ha experimentado un crecimiento de un <u>2.66</u> % por año	
2.3)	Cálculo de la población inicial del período de diseño	
2.3.1	C.05      Período no considerado = P.N.C. = Año del cálculo - año del último censo = <u>00</u> años	
C.06	Si P.N.C. = cero => Pob. Inicial = Pobl. Último censo = D.03 = <u>1,975</u> habitantes	
	Si período considerado > 0.00 años, entonces: Población Inicial (Actual, del año de cálculo) = Pob. Último censo * $(1 + \text{tasa crec.}/100)^{\text{Per.no considerado}}$ Población Inicial = $D.03 * (1 + C.04/100)^{C.05}$ = sustituyendo: Pob INICIAL = $(1,975) * (1 + \frac{2.66}{100})^{00} = 1,975$ hab	
C.06		
2.4)	POBLACION AL FINAL del período de diseño = $\text{Pob.inicial} * (1 + \text{tasa crec.}/100)^{\text{Período de dis.}}$	
C.07	Población al final del período de diseño = $C.06 * (1 + C.04/100)^{D.01}$ , sustituyendo: Pob. FINAL = $(1,975) * (1 + \frac{2.66}{100})^{20} = 3,339$ hab.	
Observaciones:		

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

<b>DOTACIÓN, CAUDAL MEDIO DIARIO Y FACTORES DE VARIACIÓN</b>		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO Primero, especificar un valor para la dotación. Con este valor, y datos anteriores, se calcula el caudal medio diario. Por último, este caudal medio se modifica según vaya a ser la utilización de la tubería.		38
DATOS GENERALES	FECHA: 03/10/2004	SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	AMPLIAC. SISTEMA	Según Tema
COMUNIDAD:	CANTON SAN JUAN	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO.:	BATULUL, SUCHITEPEQUEZ	3
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEON TOLEDO	9

[1]	<b>DOTACIÓN</b>	SECC 4.1																												
Obj.	Determinar el valor de la dotación, de acuerdo a criterios y normas establecidos																													
1.1)	Dotación según la Dirección General de Obras Públicas																													
	Area Rural ( )	Area Urbana (X)																												
D.01/D.01	60, 70, 75, 80, 90, 100, ..... ( ) / (hab.-día)	100 ... 250 ..... (130) / (hab.-día)																												
1.2)	Dotación según criterios de Urbanismo, clima y población (Jan Bazant)																													
D.02	Pob. al final del periodo de diseño <<Ver hoja 2 / C.07>> ... 3,339 ..... hab.																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dotación l / (hab.-día)</th> <th colspan="3">Clima</th> </tr> <tr> <th>Población</th> <th>cálido</th> <th>Templado</th> <th>Frio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,500 - 15,000</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>15,000 - 30,000</td> <td>200</td> <td>150</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>30,000 - 70,000</td> <td>250</td> <td>200</td> <td>175</td> </tr> <tr> <td>70,000 - 150,000</td> <td>300</td> <td>250</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>150,000 a más habitantes</td> <td>350</td> <td>300</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table>		Dotación l / (hab.-día)	Clima			Población	cálido	Templado	Frio	2,500 - 15,000	150	125	100	15,000 - 30,000	200	150	125	30,000 - 70,000	250	200	175	70,000 - 150,000	300	250	200	150,000 a más habitantes	350	300	250
Dotación l / (hab.-día)	Clima																													
Población	cálido	Templado	Frio																											
2,500 - 15,000	150	125	100																											
15,000 - 30,000	200	150	125																											
30,000 - 70,000	250	200	175																											
70,000 - 150,000	300	250	200																											
150,000 a más habitantes	350	300	250																											
D.03	Fuente: Bazan, Jan. Manual de criterios de diseño urbano Dotación según Jan Bazant: ..... 150 ..... litros / (hab.-día)																													
1.3)	D.04 Finalmente, al compararlos, la dotación se designa como ..... 140 ..... l / (hab. / día)																													

[2]	<b>CAUDAL MEDIO DIARIO</b>	SECC 4.4
Obj/Pro	El Caudal medio diario es el número de litros por segundo que consumirá la población futura	
2.1)	Caudal medio diario = Q.M.D. = Pob.futura (hab.) * Dotación (l / Hab.-día) / 86,400 (segundos/día)	
	Q.M.D. = D.02 * D.04 / 86,400	
C.01	Q.M.D. = (3,339) * (140) / 86,400 => Q.M.D. = 5.41 l / s	

[3]	<b>FACTORES DE VARIACION DEL CAUDAL</b>	SECC 4.4
Obj.	Asignar el valor de los factores que variarán proporcionalmente el Caudal medio diario (Q.M.D.)	
3.1)	Se especifica UN factor, considerando si la población está ubicada en área rural o urbana. El factor de hora máxima (F.H.M.) depende de la ubicación de la comunidad y sirve para calcular el caudal en una línea de distribución. Poblaciones pequeñas => F.H.M. más alto. Ej. 4.50, 4.00, etc.	
	Area Rural (S/N) ..... ( / )	Area Urbana (S/N) ..... ( / )
*1* D.05/D.05	2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, OTRO ..... ( / )	1.50, 2.00, 2.50, OTRO ..... ( / )
3.2)	El factor de día máximo = F.D.M. sirve para compensar el incremento de consumo del agua almacenada. Se utiliza en el cálculo de la tubería de CONDUCCIÓN.	
D.06	1.10, 1.20, 1.30, 1.40, 1.50, 1.60, OTRO... (1.15) Se asigna un valor, puede ser intermedio.	

[4]	<b>CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO</b>
Obj.	Modificar el caudal medio diario (Q.M.D.) y determinar el valor final del caudal de diseño.
4.1)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de conducción (Q.D.L.C.)
Obj.	Caudal de diseño Línea de conducción = Factor de día máximo * Caudal medio diario, entonces: Caudal de diseño Línea de cond. = Q.D.L.C. = (F.D.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.C. = (D.06) * (C.01) =>
C.02	Q.D.L.C. = (1.15) * (5.41) = 6.2215 l/s
4.2)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de distribución.
Obj.	Caudal de Diseño línea de Distribución = Factor de hora máx. * Caudal medio diario, entonces: Caudal de diseño línea de dist. = Q.D.L.D. = (F.H.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.D. = (D.05) * (C.01) =>
C.03	Q.D.L.D. = ( ) * ( ) = l/s

Observaciones:	*1* Únicamente se especifica un valor de éstos, por eso, cualquiera de ellos es D.01
----------------	--

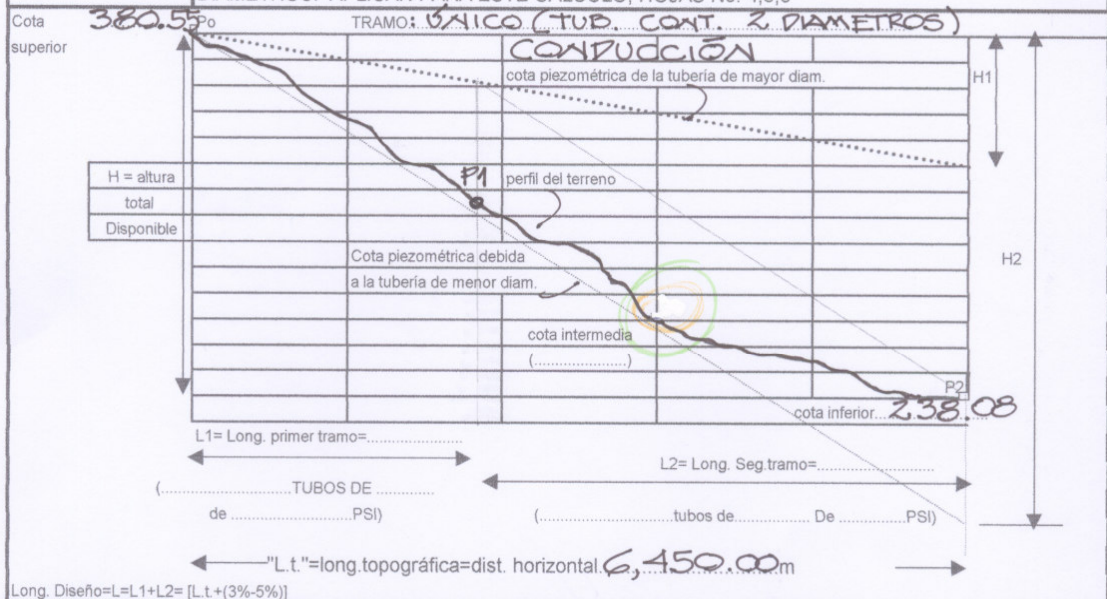
Fuente: Elaboración propia.

Calc.

Rev.

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTINUA DE DOS DIÁMETROS</b> (Hojas No.4,5,6)		4 / 8
(Para tubería continua de un solo diámetro, pasar a hojas No. 7 y 8)		
CONCEPTO / OBJETIVO		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, gráficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
DATOS GENERALES	FECHA: 03/10/2,004	SECCION TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	AMPLIACION DE SISTEMA	Según Tema
COMUNIDAD:	CANTÓN SAN JUAN	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO.:	PATULUL / SUCHITEPEQUEZ	4 / 9
RESPONSABLE/ CALCULO:	MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO	

[1] ESQUEMA TOPOGRÁFICO. VALIDO ÚNICAMENTE PARA TUBERÍA CONTINUA DE DOS DIÁMETROS. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 4,5,6



Long. Diseño=L=L1+L2= [L.t.+(3%-5%)]

P1, L1, L2, H1, son valores que serán calculados en las siguientes hojas( 5 y 6). Luego del cálculo se anotarán

SÍMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta.(Usualmente la fuente)	380.55
P2	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	238.08
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	6,450.00
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	142.47
(Si)	Es $H >> 146.46$ m?.....(si/no <del>NO</del> .....)	
(Si)	(Si) => dos posibilidades: (Pos.1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (.....) (Pos 2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión(si/no.....)	
(No)	Calcular cada tramo como una tubería continua(de uno o dos diámetros).Calcular los otro tramos hasta finalizar Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.	
(No)	(No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo)ya sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión	

Observaciones: No. Tubos = L1/6.09

<b>DIAMETRO TEÓRICO, DIAMETROS FINALES, PERDIDA DE CARGA</b>		M. Cálculo No.
MATRIZ DE CÁLCULO PARA DOS DIAMETROS EN UNA TUBERÍA CONTINUA		5 8
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular los dos diámetros de la tubería continua. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de cada diámetro de la tubería. Determinar el valor de la pérdida de carga para poder calcular posteriormente la longitud por tramo.		
DATOS GENERALES		SECCIÓN TESIS: 5.1 - 5.3
FECHA : 03/10/2004		
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACIÓN DE SIST.		Según Tema
COMUNIDAD: CANTON SAN JUAN		Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO PATULUL / SUCHITE PEQUEZ		
RESPONSABLE/ CALCULÓ: MARIO JOSE DE LEON TOLEDO		5 / 9
1) CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERÍA		SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).	
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería. (UN SOLO VALOR)	
1.1.1) D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C. = 6.2215...l/s	
1.1.2) D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D. = .....l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado. SECC. 5.2	
Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')^{(1/4.87)}]$ en donde "C"= coef. para Hazen-Williams, K' = $(1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:		
1.2.1) C.01/*1*	Longitud "L" = Longitud topográfica * 1.05 => L = (6,450.....) * 1.05 = 6,772.50...m	
1.2.2) D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams: PVC (140), H.G. (110), OTRO .... (140)	
1.2.3)	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, el procedimiento es así: Cota de punto más alto = 380.55...m Cota de punto más bajo = 238.08...m H = Altura total disponible = (380.55... - 238.08...) = 142.47...m	
1.2.4)	Se calcula el valor de K', sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: K' = $(1,000 * C.02) / (C.01 * D.01^{1.85})$ , sustituyendo: K' = $(1,000 * 142.47...) / (6,772.50 * 6.2215^{1.85}) = 0.714938...$	
1.2.5)	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')^{(1/4.87)}] = [1,743,811 / (D.02^{1.85} * C.03)]^{(1/4.87)}$ Diám. Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (140^{1.85} * 0.7149...)]^{(1/4.87)}$ , entonces: Diámetro Teórico = 3.13...Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros finales de la tubería. (Válido para una tubería de dos diámetros) SECC. 5.3	
1.3.1)	Como se trata de tubería continua de dos diámetros. Se procede: SECC. 5.3	
D.03 / D.04	Diámetro menor al diámetro teórico 3.00...Pulg.	Diámetro inmediato mayor al diámetro teórico 4.00...Pulg.
1.3.2)	Cálculo de la pérdida de carga de cada una de las tuberías especificadas con longitud total "L".	
a.	K' diam. men = $1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ men}^{4.87}) => K' \text{ diam. men} = 1,743,811 / (D.02^{1.85} * D.03^{4.87})$ C.05 K' diam. men = $1,743,811 / (140^{1.85} * 3.00^{4.87}) = 0.886302$	
b.	K' diam. May = $1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ may}^{4.87}) => K' \text{ diam. may} = 1,743,811 / (D.02^{1.85} * D.04^{4.87})$ C.06 K' diam. may = $1,743,811 / (140^{1.85} * 4.00^{4.87}) = 0.218338$	
c.	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H" que tiene cada tubería (en m.c.a.), así: H diam. men = $K' \text{ men} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H \text{ men} = C.05 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ C.07 H diam. men = $0.8863 * (6,772.5 / 1,000) * (6.2215...)^{(1.85)} = 176.62...m$	
d.	H diam. may = $K' \text{ may} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H \text{ may} = C.06 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ C.08 H diam. may = $0.218338 * (6,772.5 / 1,000) * (6.2215...)^{(1.85)} = 43.51...m$	
Observaciones: *1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.		

Fuente: Elaboración propia.

Calc.

Rev.

<b>LONGITUD DE TUBERÍA Y PRESIÓN ESPECIFICADA.</b>		M. Cálculo No.
MATRIZ DE CÁLCULO PARA DOS DIÁMETROS EN UNA TUBERÍA CONTINUA		6/8
CONCEPTO / OBJETIVO Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Determinar el valor de la pérdida de carga para poder calcular posteriormente la longitud por tramo.		
DATOS GENERALES	FECHA: 03/10/2004	SECCIÓN TESIS: 5.3
NOMBRE DEL PROYECTO:	AMP. SISTEMA	Según Tema
COMUNIDAD:	CANTON SAN JUAN	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	PATULUL / SUCHITEPEQUEZ	6
RESPONSABLE/ CALCULO:	MARIO JOSE DE LEON TOLEDO	9

1) ... Cont.	CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA	SECC. 5-3
Obj.	Determinar la longitud de cada tramo de tubería, así como la presión de la misma.	
1.4	Cálculo de la longitud de tubería, para cada uno de los diámetros	
1.4.1	Longitud de la tubería de diámetro menor = L2 = Tubería de cota más baja. Long. Tub. Diam. Men. = L2 = [(H - H1) / (H2 - H1)] * L => L2 = [(H - H diam. May.) / (H diam. men. - H diam.may.)] * L ; en donde: H = Altura total disponible ; H diam. men = pérdida de carga de la tub. de menor diámetro ; H diam.may. = pérdida de carga de la tubería de diám. Mayor; L = longitud de diseño Todos en la Hoja No. 5/9, así: H=C.02 ; Hmen= C.07 ; Hmay= C.08 y L=C.01; sustituyendo: C.01 L2 = [(Hoja 5;C.02 - Hoja5;C.08) / ( Hoja5;C.07 - hoja5;C.08)] * hoja5;C.01 L2 = [(142.47 - 43.51) / (176.62 - 43.51)] * 6.772.5 => L2 = 5.034.98 m L2 << Long. Total => Bien !! L2 >> Long. Total => Revisión	
1.4.2	Cálculo de la longitud de tubería, para el tramo más alto = L1 = L tub. Diámetro mayor. L1 = L - L2 L1 = 6.772.5 - 5.034.98 L1 = 1.737.52 m	

2)	PRESIÓN DE TRABAJO DE LAS TUBERIAS	
Obj/Pro	Especificar la presión que deberá resistir la tubería	
2.1 concepto	La presión máxima en el sistema será cuando esté lleno, pero cerrado en el punto más bajo.	
2.1.1	Se determinan las alturas o cotas de los puntos inicial, intermedio y final	
D.01/ D.02	Cota punto inicial más alto=Po= 380.55	Cota pto. intermedio (P1)= 328.04 (*1)
D.03	Cota punto final más bajo= P2= 238.08	
2.1.2	Cálculo de diferencia de alturas por tramo	
A)	Primer Tramo = Tramo 1 = Tramo de tubería de mayor diámetro = tramo inicial	
C.02	Altura del primer tramo de tubería= Po - P1=(D.01 - D.02)= 52.51 m = m.c.a. 1 P.S.I. Primer tramo = (m.c.a. 1)*(1.4224)= (52.51)*(1.4224)= 74.69 P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 = C.02*1.20 => Pres.mínima de Tubería tramo 1 = 89.628 P.S.I. CONCLUSIÓN: Para el primer tramo se usará tubería de 100.00 P.S.I. (*2)	
B)	Segundo Tramo = Tramo 2 = Tramo de tubería de menor diámetro = tramo final	
C.03	Alt. que soporta el segundo tramo de tubería = Po-P2=(D.01 - D.03)= 142.47 m = m.c.a. 2 P.S.I. Segundo tramo = (m.c.a. 2)*(1.4224)= (142.47)*(1.4224)= 202.69 P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 2 = C.03*1.20 => Pres.mínima de Tubería tramo 1 = 243.179 P.S.I. CONCLUSIÓN: Para el segundo tramo se usará tubería de 250.00 P.S.I. (*2)	

Observaciones: (\*1) La cota del punto intermedio se determina viendo la libreta topográfica.  
 (\*2) PARA VERIFICAR PRESIÓN Y CALCULAR SUB-TRAMOS POR PRESIÓN; PASAR A H 9/9  
 DADO QUE PARA EL 2º TRAMO SE ESPECIFICA 250 PSI; SE TRATARÁ DE  
 SUB-DIVIDIR EN TRAMOS. VER HOJA 9/9 ->



CALCULO DE LA PRESIÓN DE LA TUBERÍA EN PUNTOS INTERMEDIOS						M. Cálculo No.																																																																							
SE UTILIZA CUANDO SE QUIERE ESPECIFICAR MAS DE UNA PRESIÓN DE TUBERÍA, PARA UN MISMO TRAMO. ES DECIR: <b>UN MISMO DIÁMETRO, PERO VARIAS PRESIONES</b>						7 8																																																																							
CONCEPTO / OBJETIVO Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de LA PRESIÓN, a la que trabaja la tubería. Se utiliza también la topografía del proyecto.																																																																													
DATOS GENERALES		FECHA: <u>04/10/04</u>		SECCIÓN TESIS: 3.3.5																																																																									
NOMBRE DEL PROYECTO: <u>AMP. SISTEMA</u>				Según Tema																																																																									
COMUNIDAD: <u>CANTÓN SN. JUAN</u>				Hoja No.																																																																									
MUNICIPIO/DEPTO: <u>PATULUL, SUCHITEPEQUEZ</u>				9 / 9																																																																									
RESPONSABLE/ CALCULO: <u>MARIO JOSE PELEÁN TOLEDO</u>																																																																													
1) CALCULO DE LA PRESIÓN EN PUNTOS INTERMEDIOS DE LA TUBERÍA <span style="float: right;">SECC.3.3.5</span>																																																																													
TRAMO DE ESTUDIO, TUBERÍA DE <u>3</u> PULG DIAM.																																																																													
Pto. Inicial: <u>1+737.52</u> Pto. Final: <u>6+450</u>																																																																													
Tentativamente, este tramo será dividido en <u>2</u> Sub-tramos (a criterio del diseñador)																																																																													
Obj. Determinar la longitud de cada tramo de tubería, según la presión con la que trabaja.																																																																													
1.1 Cálculo de la presión de trabajo de las tuberías comerciales: <span style="float: right;">SECC.3.3.5</span>																																																																													
1.1.1 Presión de trabajo (m.c.a.) = Presión nominal P.S.I./1.4224/1.2; entonces:																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Pres. Tubería</th> <th>100 PSI</th> <th>125 P.S.I.</th> <th>160P.S.I.</th> <th>250 P.S.I</th> <th>Otra ( )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C.O1... Presión (altura)</td> <td>58.59</td> <td>73.23</td> <td>93.73</td> <td>146.46</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Estación de inicio <span style="float: right;">estación final</span></td> </tr> <tr> <td colspan="6">D.01 Punto más alto del sistema (P0)=<u>380.55</u> m</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy. Cota por tub.= Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:</td> </tr> <tr> <td>C.O2... Cota por tub.=</td> <td><u>321.96</u></td> <td><u>307.32</u></td> <td><u>286.82</u></td> <td><u>234.09</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento) <span style="float: right;">*2</span></td> </tr> <tr> <td>D.02 Camin. Anter.</td> <td><u>1+737</u></td> <td><u>2+000</u></td> <td><u>3+000</u></td> <td><u>6+450</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.03 Elev. Ant</td> <td><u>328.04</u></td> <td><u>321.16</u></td> <td><u>299.77</u></td> <td><u>238.08</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.04 Camin. Post.</td> <td><u>2+000</u></td> <td><u>3+000</u></td> <td><u>4+000</u></td> <td><u>N.A</u></td> <td><u>N.A.</u></td> </tr> <tr> <td>D.05 Elev. Post.</td> <td><u>321.16</u></td> <td><u>299.77</u></td> <td><u>274.88</u></td> <td><u>N.A</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.05 Pres. Tubería</td> <td>100 PSI <del>X1</del></td> <td>125 P.S.I.</td> <td>160P.S.I.</td> <td>250 P.S.I</td> <td>Otra ( )</td> </tr> </tbody> </table>						Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )	C.O1... Presión (altura)	58.59	73.23	93.73	146.46		Estación de inicio <span style="float: right;">estación final</span>						D.01 Punto más alto del sistema (P0)= <u>380.55</u> m						Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy. Cota por tub.= Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:						C.O2... Cota por tub.=	<u>321.96</u>	<u>307.32</u>	<u>286.82</u>	<u>234.09</u>		Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento) <span style="float: right;">*2</span>						D.02 Camin. Anter.	<u>1+737</u>	<u>2+000</u>	<u>3+000</u>	<u>6+450</u>		D.03 Elev. Ant	<u>328.04</u>	<u>321.16</u>	<u>299.77</u>	<u>238.08</u>		D.04 Camin. Post.	<u>2+000</u>	<u>3+000</u>	<u>4+000</u>	<u>N.A</u>	<u>N.A.</u>	D.05 Elev. Post.	<u>321.16</u>	<u>299.77</u>	<u>274.88</u>	<u>N.A</u>		D.05 Pres. Tubería	100 PSI <del>X1</del>	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )
Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )																																																																								
C.O1... Presión (altura)	58.59	73.23	93.73	146.46																																																																									
Estación de inicio <span style="float: right;">estación final</span>																																																																													
D.01 Punto más alto del sistema (P0)= <u>380.55</u> m																																																																													
Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy. Cota por tub.= Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:																																																																													
C.O2... Cota por tub.=	<u>321.96</u>	<u>307.32</u>	<u>286.82</u>	<u>234.09</u>																																																																									
Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento) <span style="float: right;">*2</span>																																																																													
D.02 Camin. Anter.	<u>1+737</u>	<u>2+000</u>	<u>3+000</u>	<u>6+450</u>																																																																									
D.03 Elev. Ant	<u>328.04</u>	<u>321.16</u>	<u>299.77</u>	<u>238.08</u>																																																																									
D.04 Camin. Post.	<u>2+000</u>	<u>3+000</u>	<u>4+000</u>	<u>N.A</u>	<u>N.A.</u>																																																																								
D.05 Elev. Post.	<u>321.16</u>	<u>299.77</u>	<u>274.88</u>	<u>N.A</u>																																																																									
D.05 Pres. Tubería	100 PSI <del>X1</del>	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )																																																																								
1.1.2 Obj. Se especifica el caminamiento cuya cota sea SUPERIOR, a la cota hasta donde soporta cada tubería (D.02 ó D.04 para cada tubería). Cada columna de datos corresponde a cada tubería.																																																																													
D.06 CONCLUSIÓN: El tramo en estudio estará subdividido en ..... Sub-tramos, así: (según el criterio del diseñador, se especifica el número de sub-tramos y la presión de la tubería)																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sub-tramo</th> <th>Pto inicio (caminamiento)</th> <th>Pto. Final (caminamiento)</th> <th>Long. Topog.</th> <th>tubos =Lt. *1.05/6.09</th> <th>Presión de la tubería PSI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C.04</td> <td>1</td> <td><u>1+737</u></td> <td><u>2+000</u></td> <td><u>263</u></td> <td><u>125</u></td> </tr> <tr> <td>C.05</td> <td>2</td> <td><u>2+000</u></td> <td><u>3+000</u></td> <td><u>1,000</u></td> <td><u>160</u></td> </tr> <tr> <td>C.06</td> <td>3</td> <td><u>3+000</u></td> <td><u>6+450</u></td> <td><u>3,450</u></td> <td><u>250</u></td> </tr> <tr> <td>C.07</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)	Pto. Final (caminamiento)	Long. Topog.	tubos =Lt. *1.05/6.09	Presión de la tubería PSI	C.04	1	<u>1+737</u>	<u>2+000</u>	<u>263</u>	<u>125</u>	C.05	2	<u>2+000</u>	<u>3+000</u>	<u>1,000</u>	<u>160</u>	C.06	3	<u>3+000</u>	<u>6+450</u>	<u>3,450</u>	<u>250</u>	C.07	4																																														
Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)	Pto. Final (caminamiento)	Long. Topog.	tubos =Lt. *1.05/6.09	Presión de la tubería PSI																																																																								
C.04	1	<u>1+737</u>	<u>2+000</u>	<u>263</u>	<u>125</u>																																																																								
C.05	2	<u>2+000</u>	<u>3+000</u>	<u>1,000</u>	<u>160</u>																																																																								
C.06	3	<u>3+000</u>	<u>6+450</u>	<u>3,450</u>	<u>250</u>																																																																								
C.07	4																																																																												
Observaciones: <del>(X1)</del> El tramo <u>0+000 - 1+737</u> con 100 PSI => O.K. ✓																																																																													
<del>(X2)</del> EL TRAMO <u>1+737 -&gt; 6+450</u> SE ESPECIFICARA CON 3 PRESIONES.																																																																													

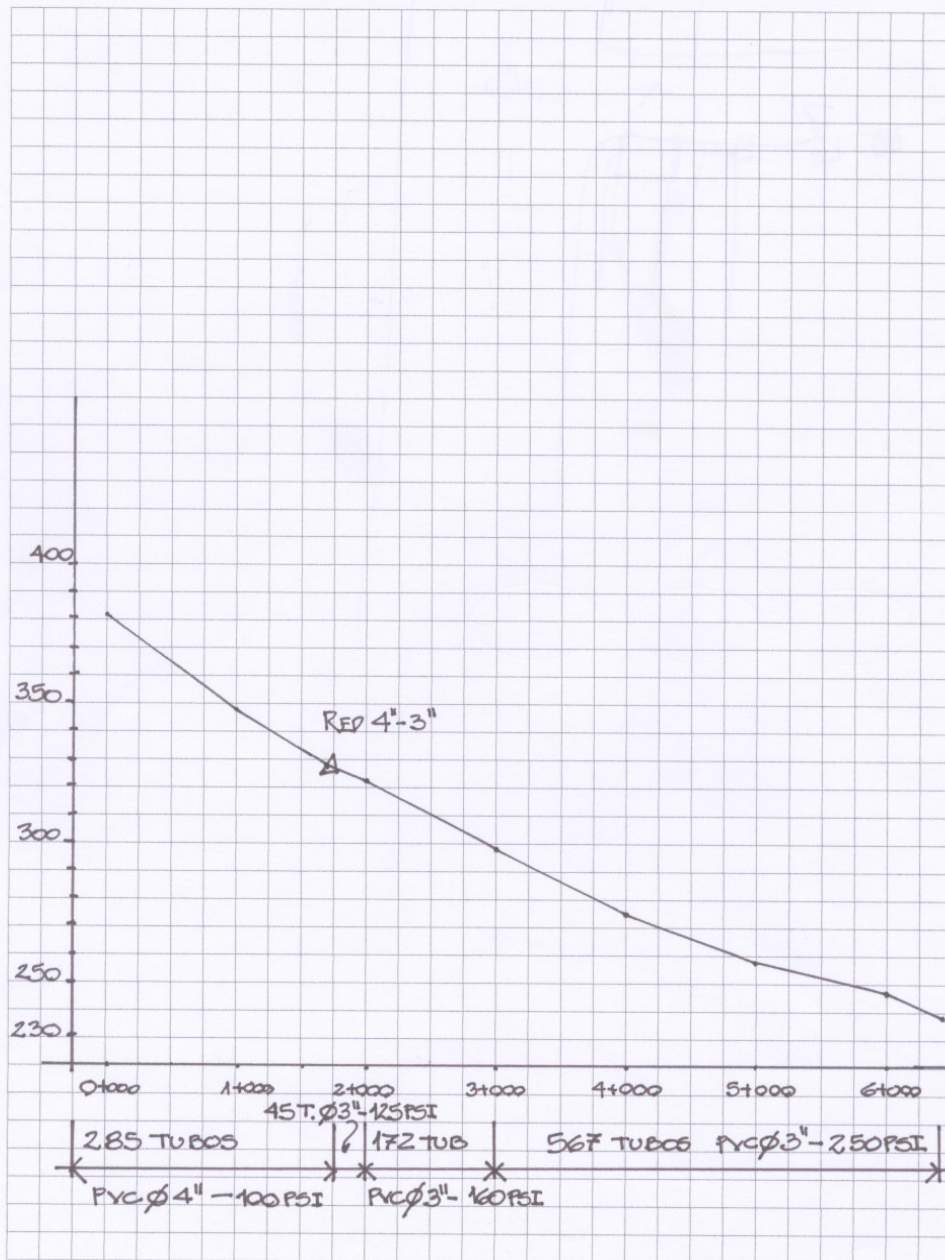
Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESQUEMA FINAL - PERFIL DEL PROYECTO		M. Cálculo No.
DATOS GENERALES	FECHA: 04/10/2004	88
NOMBRE DEL PROYECTO: AMP. SISTEMA		
COMUNIDAD: CANTÓN SAN JUAN		
MUNICIPIO/DEPTO PATULUL / SUCHITEPEQUEZ		
RESPONSABLE/ CALCULO: MARIO JOSE DE LEON TOLEDO.		



Calculó:..... Rev.....

6.4 Ejercicio No. 3: Diseño de un sistema completo (conducción y distribución)

El cantón Chiyax, de la aldea Chimazat, en Sta. Cruz Balanyá, Chimaltenango, desea construir su sistema de agua potable. El nacimiento se localiza a 3.600 kilómetros.

La población de Chiyax en el año 2002 era de 317 personas, mientras que en 2,004 se determinó que habitaban la comunidad 333 personas.

Al realizar el aforo, se empleó una cubeta comercial normal, de diámetro menor = 20 cm, diámetro mayor 27.5 cm y una altura de 32.5 cm. Las lecturas hasta el momento del lleno completo del recipiente, son las siguientes:

No.	1	2	3	4	5
Tiempo (s)	14.25	15.05	14.73	19.68	14.63

Los datos de topografía son los siguientes:

Caminamiento	Altura o cota	Observaciones
0+000	3,000.00	Nacimientos
0+400	2,955.23	
0+800	2,913.12	
1+200	2,908.16	
1+600	2,869.25	
2+000	2,857.54	
2+400	2,839.71	
2+800	2,803.69	
2+903.49	2,793.12	
3+200	2,781.01	
3+600	2,765.11	Ubicación del tanque
4+429.29	2,711.16	Viviendas

Para el cálculo de los caudales de diseño, utilizar los valores mínimos posibles. El sistema debe funcionar para un periodo mínimo de 10 años.

**Solución:**

La solución comienza determinando el caudal, para eso se utiliza la Hoja No. 1/9.

Debido a que este ejercicio es un sistema completo, el cálculo se realizó en 16 hojas, incluyendo hojas comunes y gráficas. Se propone calcular en orden descendente, es decir, de arriba hacia abajo. En general, las soluciones son, básicamente, propuestas; la solución final dependerá de las condiciones reales del campo y el criterio del diseñador, sobre todo en cuestiones sobre la especificación de la presión de las tuberías.

También, se ha propuesto como procedimiento, el escoger los diámetros inmediatamente menor y mayor al diámetro teórico. No obstante, si el diseñador lo desea, puede utilizar otros diámetros, aunque no sean necesariamente próximos.

En los ejercicios anteriores se han desarrollado cálculos para tubería de conducción y distribución, de uno o dos diámetros, y de uno, dos y hasta tres presiones. Un ejercicio completo como el presente no es más que la superposición de incisos. El procedimiento es exactamente el mismo. La única diferencia en este tercer ejercicio, se debe a que no se desea utilizar una tubería de alta resistencia, por lo tanto, se propone “romper” la presión en un punto determinado. Luego, cada tramo es calculado aisladamente y el proyecto es la suma de cada tramo.

Siguiendo con la solución, en los cálculos 1/16, 2/16 y 3/16 se determinan las variables que serán consideradas básicas y comunes a todos los sistemas, como el caudal, longitud, etc.

En la M. cálculo 4/16 se colocan las condiciones iniciales de todo el proyecto. En este punto el diseñador se percata de que la diferencia de alturas entre los puntos inicial (fuente) y final (tanque) es demasiado grande, por lo tanto, en las observaciones se propone la utilización de una caja rompe presión. Es de hacer notar que el tramo que se intentó diseñar comienza en la fuente y termina en el tanque, y no en el último dato, correspondiente a las viviendas. Esto se debe a que el tanque de almacenamiento siempre se considera el inicio del tramo de “distribución”. En el tanque siempre termina o comienza un tramo.

Luego de que se ha establecido la necesidad de ubicar una caja rompe presión, se procede a calcular la tubería desde el nacimiento hasta esta caja. No hay restricción, puede ser de uno o dos diámetros y de una, dos o más presiones, según sea el caso. Para este ejercicio se diseñará con un solo diámetro. En la M. cálculo 7/16 es donde se determina que se utilizarán dos presiones, debido a la altura. El tramo está compuesto por una tubería de un solo diámetro y dos presiones de trabajo.

El siguiente tramo comienza en la caja rompe presión (en donde el valor de la columna de agua es “cero”, no hay presión debido al agua), y termina en el tanque. Debido a la longitud recorrida (2,400 m), se propone solucionar esta conducción mediante un sistema continuo de dos diámetros y las presiones que sean necesarias. En comparación con el tramo anterior, se puede decir que cuando un tramo es pequeño, basta con una tubería de un solo diámetro y cuando es muy largo, pueden utilizarse dos diámetros. No obstante, si el diseñador lo desea, también en tramos pequeños pueden utilizarse sistemas continuos de dos diámetros. Como ejercicio, se han calculado tuberías de un solo diámetro, pero en general se recomienda que se diseñen de dos diámetros todos los tramos, debido a que éstos representan proyectos más económicos para las comunidades.

Siguiendo con el proceso, en la M. Cálculo 12/16 se determinan los puntos que permitirán la utilización de dos presiones para la tubería. En este caso, el subtramo de mayor diámetro podrá construirse con tubería de dos presiones (160 PSI y 250 PSI) mientras que el tramo de menor diámetro, en su totalidad deberá ser construido con tubería de presión 250 PSI.

Finalmente, el diseño de la línea de distribución, únicamente requiere la atención de utilizar el caudal de hora máximo, calculado en “M. cálculo” 3/16

Como se expuso anteriormente, el sistema completo es la suma de todos los tramos y subtramos.

## Cálculos básicos

<b>EL AFORO</b>		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO Determinar el caudal producido por una fuente o una tubería, medido en litros/segundo. Primero se determina el volumen del recipiente, luego el tiempo de llenado, y por último, el caudal.		1 16
DATOS GENERALES	FECHA: 21 / OCT / 04	SECCION TESIS 3.2.5
NOMBRE DEL PROYECTO:	CANT. SISTEMA AGUA POTABLE	
COMUNIDAD:	CHIXAY, CHIMAZAT	
MUNICIPIO/DEPTO	STA. CRUZ, BALANZA, CHIMALTENANGO	
TIPO DE FUENTE:	(manantial) (pozo) (río) (tubería) (caja) (otro)	
NOMBRE DE LA FUENTE:	CHUICIGUAN	
ESTACIÓN/CAMINAMIENTO	0+000	
RESPONSABLE /CALCULÓ:	MARIO JOSE PE LEÓN TOLEDO	

[1] Cálculo del volumen del recipiente. Únicamente un procedimiento.

Si se conoce el volumen, en galones => 1.1 / Si el volumen NO es conocido => 1.2

1.1 El aforo se realiza con un recipiente cuyo volumen sí es conocido, pero en galones.

D.01 Volumen del recipiente = ..... Galones

1.1.1 Cálculo de este volumen en litros

Volumen del recipiente = Vol. Galones \* 3.785 => Vol. Litros = D.01 \* 3.785

C.01 Vol. litros = (.....) \* 3.785 = ..... Litros (sigue inciso 2)

1.2 Si el aforo se realiza con un recipiente cuyo volumen no es conocido

1.2.1 Utilizando una cubeta de base y tope circular.

D.02/D.03 D1=Diámetro Inferior= 0.20 .....m D2=Diámetro Superior= 0.275 .....m

D prom. = (D1+D2)/2 = (0.20 + 0.275) / 2 => ..... (m)

C.02 Diámetro promedio del recipiente. = (D1+D2)/2 = 0.2375 ..... (m)

D.04 Altura efectiva hasta el nivel del agua 0.325 ..... (m)

Volumen = (Diámetro<sup>2</sup> / 4) \* PI \* altura => Volumen = (C.02<sup>2</sup> / 4) \* PI \* D.04

Volumen = (0.2375)<sup>2</sup> \* 3.1416 \* (0.325) =

C.03 Volumen = 0.014397 (metros cúbicos)

1.2.2 Cálculo del volumen del recipiente, pero en litros

Vol. litros = (Volumen en m3) \* 1,000 = C.03 \* 1,000

C.04 Vol. = (C.03 \* 1000) = (0.014397) \* 1,000 litros = 14.398 .....litros

[2] Cálculo del tiempo de llenado del recipiente

2.1 Las lecturas del tiempo son: (Datos de campo)

Tiempo No.	minutos	segundos	total segundos = (minutos * 60) + segundos
Tiempo 1	—	14.25	14.25 seg.
Tiempo 2	—	15.05	15.05 seg.
Tiempo 3	—	14.73	14.73 seg.
Tiempo 4	—	19.68	NO SE TOMA EN CUENTA (X1)
Tiempo 5	—	14.63	14.63 seg.
C.05	Sumatoria Total		seg.

2.2 Tiempo promedio = Sumatoria Total / No de veces = C.05 / n

C.06 Tiempo pro. = (58.66) / (4) => 14.665 segundos

[3] CALCULO DEL CAUDAL

Caudal = Volumen del recipiente / Tiempo promedio = (C.01 ó C.04) / C.06

C.07 Caudal = (14.398) / (14.665) => 0.9817 Litros / segundo

Observaciones: (X1) EL VALOR 19.68 NO SE TOMARÁ EN CUENTA PORQUE DIFIERA TOTALMENTE DE LOS OTROS.

PERÍODO DE DISEÑO Y POBLACIÓN A SERVIR.		M. Cálculo No.
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b> Asignar un período de diseño (en años). Con este valor, y datos conocidos de la población, determinar qué población tendrá la comunidad cuando se haya cumplido el período de diseño.		$\frac{2}{26}$
<b>DATOS GENERALES</b> FECHA: <u>21/OCT/04</u> SECCION TESIS: 4.2 - 4.3		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> <u>CONST. SISTEMA AGUA POTABLE</u>		Según Tema Hoja No.
<b>COMUNIDAD:</b> <u>CHIYAX, CHIMAZAT</u>		
<b>MUNICIPIO/DEPTO.</b> <u>STA. CRUZ BALANZA, CHIMALTENANGO</u>		$\frac{2}{9}$
<b>RESPONSABLE/ CALCULÓ:</b> <u>MARIO JOSE DE LEON TOLEDO</u>		
[1]	PERÍODO DE DISEÑO	SECC 4.2
	Obj. Se determina, según las variables consideradas, el período de diseño.	OTRO ( )
1.1)	D.01    2 AÑOS ( )    5 AÑOS ( )    10 AÑOS (X)    15 AÑOS ( )    20 AÑOS ( )    ..... AÑOS	
[2]	POBLACION AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO	SECC 4.1
	Obj/Pro Se calcula la población al final del período de diseño, considerando la tasa de crecimiento	
2.1)	Datos de los DOS últimos censos	
2.1.1	Dato reciente (último censo)	
D.02/D.03	Año del dato <u>2004</u> .....      Población del último censo (hab.) <u>333</u> .....	
2.1.2	Penúltimo censo	
D.04/D.05	Año del penúltimo censo <u>2002</u> ...      población penúltimo censo (hab.) <u>317</u> .....	
2.2)	Se calcula qué tasa de crecimiento hay en el período transcurrido entre los dos últimos censos	
2.2.1	Tasa de crecim. = $\frac{\text{pob. último} - \text{pob. penúltimo}}{\text{Pob. penúltimo}} \cdot (100 / \text{Dif. años entre censos})$	
C.02/C.03	Dif. Pob = Pob. Último censo - Pob. Penúltimo      Dif. Años = Año último censo - año penúltimo .....      Habitantes      .....      años	
2.2.2	Tasa de crecimiento = $\frac{\text{Dif. Pob.}}{\text{Pob. Penúltimo}} \cdot 100 / \text{Dif. años} = \frac{(C.02/D.05) \cdot 100}{C.03} \Rightarrow$	
C.04	Tasa de crecimiento = $\left( \frac{16}{317} \right) \cdot \frac{100\%}{(02)} = 2.5236$ Conclusión: La población ha experimentado un crecimiento de un <u>2.52</u> ..... % por año	
2.3)	Cálculo de la población inicial del período de diseño	
2.3.1	C.05 Período no considerado = P.N.C. = Año del cálculo - año del último censo = <u>0.00</u> ..... años	
C.06	Si P.N.C. = cero => Pob. Inicial = Pobl. Último censo = D.03 = <u>333</u> ..... habitantes	
C.06	Si período considerado > 0.00 años, entonces: Población Inicial (Actual, del año de cálculo) = Pob. Ultimo censo * (1+tasa crec./100) <sup>Per.no considerado</sup> Población Inicial = D.03 * (1+C.04/100) <sup>C.05</sup> = sustituyendo: Pob. INICIAL = ( ) * (1 + ..... / 100) <sup>( )</sup> = ..... hab	
2.4)	POBLACION AL FINAL del período de diseño = Pob.inicial * (1+tasa crec./100) <sup>Período de dis.</sup>	
C.07	Población al final del período de diseño = C.06 * (1+C.04/100) <sup>D.01</sup> , sustituyendo: Pob. FINAL = ( <u>333</u> .....) * (1 + <u>2.5236</u> / 100) <sup>20</sup> = <u>549</u> ..... hab ( <u>548.18</u> )	
Observaciones:		

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_



<b>DOTACIÓN, CAUDAL MEDIO DIARIO Y FACTORES DE VARIACIÓN</b>		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO Primero, especificar un valor para la dotación. Con este valor, y datos anteriores, se calcula el caudal medio diario. Por último, este caudal medio se modifica según vaya a ser la utilización de la tubería.		3 / 16
DATOS GENERALES	FECHA: 21/OCT/04	SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONST. SIST. AGUA POTABLE	Según Tema
COMUNIDAD:	CHIYAX, CHIMAZAT	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO.:	STA. CRUZ BALANZA, CHIMALTENANJÓ	3 / 9
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEON TOLEDO	

[1]	<b>DOTACIÓN</b>	SECC 4.1																											
Obj.	Determinar el valor de la dotación, de acuerdo a criterios y normas establecidos																												
1.1)	Dotación según la Dirección General de Obras Públicas																												
	Area Rural (X)	Area Urbana ( )																											
D.01/D.01	60, 70,75,80,90,100, ..... (95) l/(hab.-día)	100, 250 ..... ( ) l / ( hab.-día)																											
1.2)	Dotación según criterios de Urbanismo, clima y población (Jan Bazant)																												
D.02	Pop. al final del período de diseño <<Ver hoja 2 / C.07>> ..... 549 ..... hab.																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dotación l / (hab.-día)</th> <th colspan="3">Clima</th> </tr> <tr> <th>cálido</th> <th>Templado</th> <th>Frio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,500 - 15,000</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>15,000 - 30,000</td> <td>200</td> <td>150</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>30,000 - 70,000</td> <td>250</td> <td>200</td> <td>175</td> </tr> <tr> <td>70,000 - 150,000</td> <td>300</td> <td>250</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>150,000 a más habitantes</td> <td>350</td> <td>300</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table>		Dotación l / (hab.-día)	Clima			cálido	Templado	Frio	2,500 - 15,000	150	125	100	15,000 - 30,000	200	150	125	30,000 - 70,000	250	200	175	70,000 - 150,000	300	250	200	150,000 a más habitantes	350	300	250
Dotación l / (hab.-día)	Clima																												
	cálido	Templado	Frio																										
2,500 - 15,000	150	125	100																										
15,000 - 30,000	200	150	125																										
30,000 - 70,000	250	200	175																										
70,000 - 150,000	300	250	200																										
150,000 a más habitantes	350	300	250																										
D.03	Fuente: Bazan, Jan. Manual de criterios de diseño urbano Dotación según Jan Bazant: ..... N.A. .... litros / (hab.-día)																												
1.3)	Finalmente, al compararlos, la dotación se designa como ..... 95 ..... l / (hab. / día)																												

[2]	<b>CAUDAL MEDIO DIARIO</b>	SECC 4.4
Obj/Pro	El Caudal medio diario es el número de litros por segundo que consumirá la población futura	
2.1)	Caudal medio diario= Q.M.D.= Pob.futura (hab.) *Dotación (l /Hab.-día) / 86,400 (segundos/día)	
C.01	Q.M.D.= D.02 * D.04 / 86,400 Q.M.D. = ( 549 ) * ( 95 ) / 86,400 => Q.M.D.= 0.6036 l / s	

[3]	<b>FACTORES DE VARIACIÓN DEL CAUDAL</b>	SECC 4.4
Obj.	Asignar el valor de los factores que variarán proporcionalmente el Caudal medio diario (Q.M.D.)	
3.1)	Se especifica UN factor, considerando si la población está ubicada en área rural o urbana. El factor de hora máxima (F.H.M.) depende de la ubicación de la comunidad y sirve para calcular el caudal en una línea de distribución. Poblaciones pequeñas => F.H.M. más alto. Ej. 4.50,4.00, etc.	
*1* D.05/D.05	Area Rural (S/N) 51 ..... 2.50,3.00, 3.50,4.00,4.50, OTRO ..... (3.00)	Area Urbana (S/N) ..... 1.50,2.00,2.50,OTRO... ( / )
3.2)	El factor de día máximo = F.D.M.sirve para compensar el incremento de consumo del agua almacenada. Se utiliza en el cálculo de la tubería de CONDUCCIÓN.	
D.06	1.10 (1.20), .30,1.40,1.50,1.60,OTRO... ( 1.20 )   Se asigna un valor, puede ser intermedio.	

[4]	<b>CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO</b>
Obj.	Modificar el caudal medio diario (Q.M.D.) y determinar el valor final del caudal de diseño.
4.1)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de conducción (Q.D.L.C.)
Obj.	Caudal de diseño Línea de conducción =Factor de día máximo * Caudal medio diario, entonces: Caudal de diseño Línea de cond.=Q.D.L.C.=(F.D.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.C. = (D.06) * (C.01) =>
C.02	Q.D.L.C.= ( ..... 1.20 ..... ) * ( 0.6036 ..... ) = 0.7244 ..... l/s
4.2)	Cálculo del caudal de diseño para la línea de distribución.
Obj.	Caudal de Diseño línea de Distribución = Factor de hora máx. * Caudal medio diario, entonces: Caudal de diseño línea de dist. =Q.D.L.D.=(F.H.M.) * (Q.M.D.) => Q.D.L.D. = (D.05) * (C.01) =>
C.03	Q.D.L.D.= ( ..... 3.00 ..... ) * ( 0.6036 ..... ) = 1.8108 ..... l/s

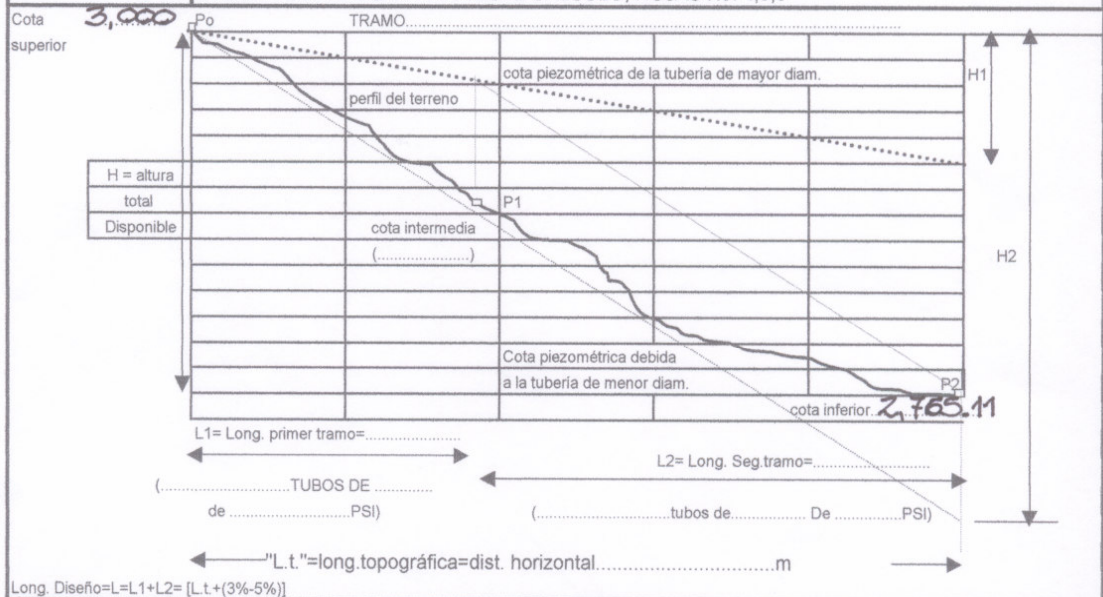
Observaciones: \*1\*Únicamente se especifica un valor de éstos, por eso, cualquiera de ellos es D.01

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE DOS DIÁMETROS</b> (Hojas No.4,5,6)		4 K6
(Para tubería continua de un solo diámetro, pasar a hojas No. 7 y 8)		
CONCEPTO / OBJETIVO Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, graficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
DATOS GENERALES		SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	FECHA: 21/Oct/2004	Según Tema Hoja No.
COMUNIDAD:	CONST. SISTEMA AGUA POTABLE	
MUNICIPIO/DEPTO.:	CHIXAX, CHIMAZAT	4 9
RESPONSABLE/ CALCULO:	STA. CRUZ BALAYÁ CHIMALTENANGO	
	MANO JOSE DE LEON, TOLERO	

[1] ESQUEMA TOPOGRÁFICO. VALIDO ÚNICAMENTE PARA TUBERÍA CONTÍNUA DE DOS DIÁMETROS. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 4,5,6



Long. Diseño=L=L1+L2= [L.t.+(3%-5%)]

P1, L1, L2, H1, son valores que serán calculados en las siguientes hojas( 5 y 6). Luego del cálculo se anotarán

SIMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta.(Usualmente la fuente)	3,000
P2	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	2,765.11
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	4,423.59
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	234.89

Es  $H >> 146.46$  m?....(si/no...SI.....)

(SI) (SI) => dos posibilidades: (Pos 1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (NO.....)

(\*) (SI) (SI) Pos 2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión(si/no...SI.....)

Calcular cada tramo como una tubería continua(de uno o dos diámetros).Calcular los otro tramos hasta finalizar  
Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.

(No)(No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo)ya sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión

Observaciones: No. Tubos = L1/6.09

\*1) SE CALCULARÁN 2 TRAMOS SE PARAROS POR UNA CAJA ROMPE PRESIÓN  
T1: DE 0+000 A 1+200 UN SOLO DIÁMETRO (PARA HOJA 7 & 8)  
TRAMO 2: DE 1+200 AL FINAL (DOS DIÁMETROS CONTINUOS) HOJAS 4,5,  
(2)

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

Tramo 1: Del nacimiento a la caja rompe  
presión (un solo diámetro)

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE UN SOLO DIÁMETRO (PAG 7,8)</b>		5 K6
(Para cálculo de tubería continua de dos diámetros, ver Hojas No. 4,5,6)		
<b>CONCEPTO / OBJETIVO</b>		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, gráficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
<b>DATOS GENERALES</b>		FECHA: <u>21/OCT/2004</u> SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO: <u>CONST. SISTEMA AGUA POTABLE</u>		Según Tema
COMUNIDAD: <u>CHIYAX, CHIMAZAT</u>		Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO.: <u>SA. CRUZ DALANZA, CHIMALTENANGO.</u>		7 / 9
RESPONSABLE/ CÁLCULO: <u>MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO</u>		
[1] ESQUEMA TOPOGRÁFICO. VALIDO ÚNICAMENTE PARA TUBERÍA CONTÍNUA DE <b>UN SOLO</b> DIÁMETRO. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 7 Y 8		
Cota superior <u>3,000</u>	TRAMO: <u>1 (de 0+000 A 1+200 - UN SOLO TRAMO.)</u>	
		cota inferior: <u>2,908.16</u>
L.t. = Long. Topográfica (distancia horizontal) = <u>1,200</u> m (..... tubos de ..... De ..... PSI)		
Long. Dis. = [L.t. + (3%-5%)]		
H1, L son valores que serán calculados en la siguiente hoja (ver Hoja 8/ 8). Luego del cálculo se anotarán		
SÍMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta. (Usualmente la fuente)	<u>3,000</u>
P1	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	<u>2,908.16</u>
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	<u>1,200.00</u>
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	<u>51.84</u>
Es $H >> 146.46$ m?.....(si/no <u>NO</u> .....)		
(Si)	(Si) => dos posibilidades: (Pos.1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (.....) (Pos.2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión (si/no.....)	
Calcular cada tramo como una tubería continua (de uno o dos diámetros). Calcular los otros tramos hasta finalizar. Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.		
(No)	(No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo) ya sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión	
<b>Observaciones:</b> * Todos las variables marcadas con * serán calculadas posteriormente.		

Fuente: Elaboración propia.

DIAMETRO TEÓRICO, DIAMETRO FINAL, PERDIDA DE CARGA Y PRESIÓN (Tubería de un solo diámetro)		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular el diámetro único de la tubería en estudio. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Hay que determinar primero el caudal, luego el diámetro teórico y especificar un diámetro mayor que éste.		6/16
DATOS GENERALES	FECHA : 21 / OCT / 2004	SECCIÓN TESIS: 5.1 - 5.3
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONST. SIST. AGUA POTABLE.	Según Tema
COMUNIDAD:	CHIXAY, CHIMAZAT	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	STA. CRUZ BALANZA, CHIMALTENANGO	8
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO	9

1)	CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERÍA TRAMO 1-COND.	SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).	
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería. (UN SOLO VALOR)	
1.1.1) D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C. = 0.7244...l/s	
1.1.2) D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D. = .....l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado.	SECC. 5.2
	Diámetro Teórico = $D.T. = [1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)}$ en donde "C"= coef. para Hazen-Williams, $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:	
1.2.1) C.01/*1*	Long. total de diseño= "L"= Long.topog.* 1.05 => L= (1,200.....)*1.05 = 1,260.....m	
1.2.2) D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams: PVC (140), H.G. (110), OTRO ..... (140)	
1.2.3) C.02	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, en donde: Cota de punto más alto= 3,000.....m Cota de punto más bajo= 2,908.16...m H = Altura total disponible = (3,000..... - 2,908.16) = 91.84.....m	
1.2.4) C.03	Se calcula el valor de K', sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: $K' = (1,000 * C.02) / (C.01 * D.01^{1.85}) =$ $K' = (1,000 * 91.84.....) / (1,260..... * 0.7244.....^{1.85}) = 132.34307$	
1.2.5) C.04	Diámetro Teórico = $D.T. = [1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)} = [1,743,811 / (D.02^{1.85} * C.03)]^{(1/4.87)}$ Diám. Teórico = $D.T. = [1,743,811 / (140.....^{1.85} * 132.34307)]^{(1/4.87)}$ , entonces: Diámetro Teórico = 1.0732...Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros final de la tubería. (Válido para una tubería de un solo diámetro)	SECC. 5.3
D.03	Si el sistema diseñado es de un solo diámetro, se debe especificar como mínimo el inmediato superior al diámetro teórico. Si este es el caso, entonces, el diámetro debe ser 1.14...pulg	
1.3.1)	Cálculo de la pérdida de carga de la tubería especificadas con longitud total "L".	
a. C.04	$K' \text{ diam. Esp.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ esp.}^{4.87}) => K' \text{ diam. esp.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D.03^{4.87})$ $K' \text{ diam. esp.} = 1,743,811 / (140.....^{1.85} * 1.25.....^{4.87}) = 62.981178$	
b. C.05	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H1" que tiene la tubería especificada (en m.c.a.), así: $H1 \text{ diam. esp.} = K' \text{ esp.} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H1 = C.04 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ $H1(\text{diam. esp.}) = 62.9811 * (1260...../1,000) * (0.7244.....)^{(1.85)} = 43.71.....m < H1 ✓$	

2)	CÁLCULO DE LA PRESION DE TRABAJO (si la tub.fuera de una sola presión)	SECC 5.1-5.3
C.06	Altura del tramo de tubería= P0-P1 => Alt 1 = C.02 = 91.84.....m = m.c.a. 1 P.S.I. Primer tramo = (m.c.a. 1)*(1.4224) = (91.84.....)*(1.4224) = 130.63.....P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 = C.06*1.20 => Pres.mínima de Tubería tramo 1 = 156.7598...P.S.I. Para el primer tramo se usará tubería de 160.....P.S.I. (más tuberías; ver 9/9) *2	

Observaciones: \*1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.  
\*2) SE DIVIDIRA EN 2 TRAMOS, PARA ESPECIFICAR TUBERÍA DE DOS PRESIONES (VER CALC. Y M. CALC. 9/9 ->)

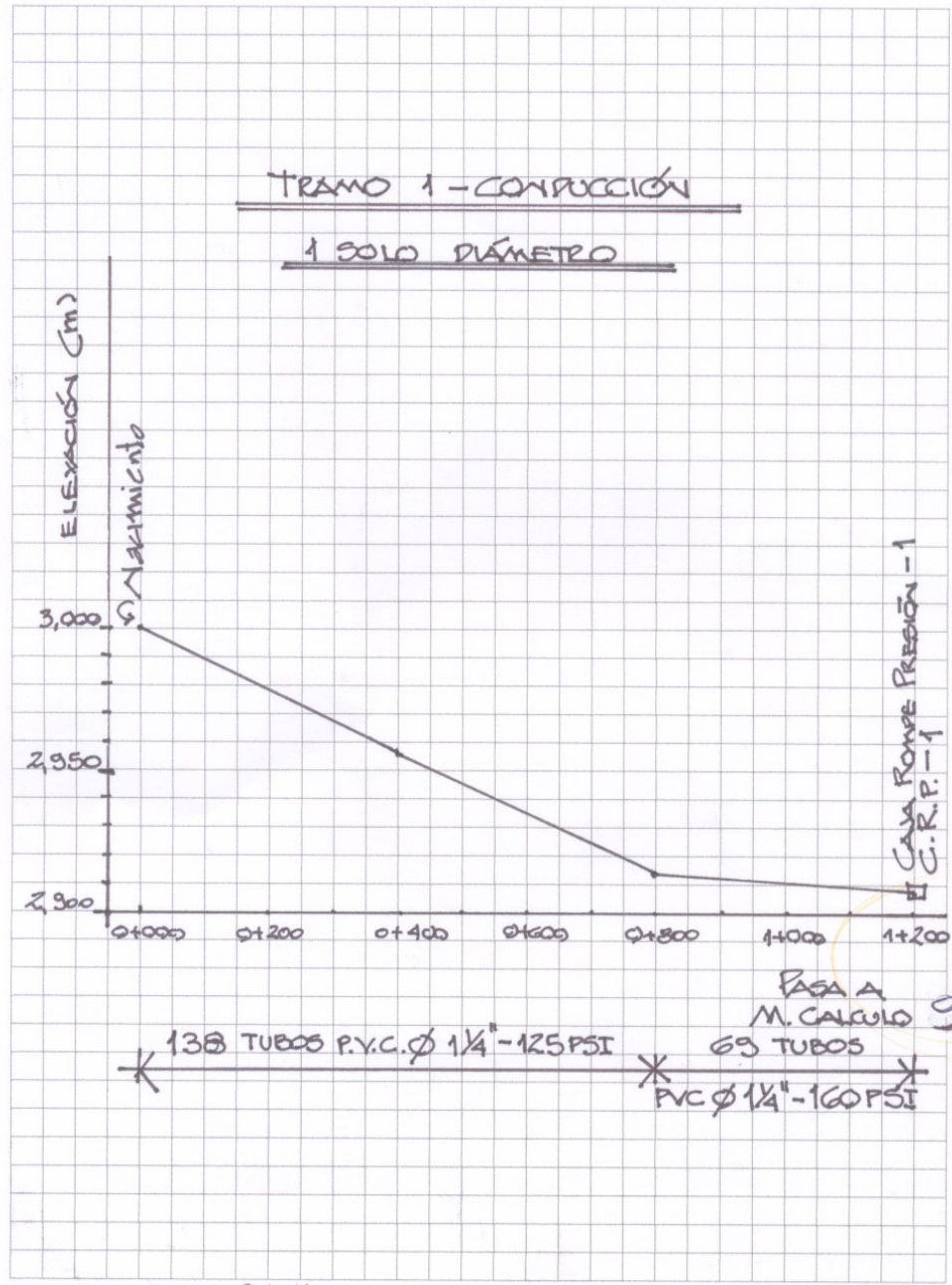
CALCULO DE LA PRESIÓN DE LA TUBERIA EN PUNTOS INTERMEDIOS						M. Cálculo No.																													
SE UTILIZA CUANDO SE QUIERE ESPECIFICAR MAS DE UNA PRESION DE TUBERIA, PARA UN MISMO TRAMO. ES DECIR: UN MISMO DIÁMETRO, PERO VARIAS PRESIONES						7 160																													
CONCEPTO / OBJETIVO																																			
Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de LA PRESIÓN, a la que trabaja la tubería. Se utiliza también la topografía del proyecto.																																			
DATOS GENERALES		FECHA: 21/09/04		SECCIÓN TESIS: 3.3.5																															
NOMBRE DEL PROYECTO:		CONOT. SISTEMA DE AGUA POTABLE		Según Tema																															
COMUNIDAD:		CHITAX, CHIMAZAT		Hoja No.																															
MUNICIPIO/DEPTO		CHIMALTENANGO; STA CRUZ BALANZA		9 / 9																															
RESPONSABLE/ CALCULO:		MARIO JOSÉ DE LEÓN TOLEDO																																	
1) CALCULO DE LA PRESIÓN EN PUNTOS INTERMEDIOS DE LA TUBERIA						SECC.3.3.5																													
TRAMO DE ESTUDIO, TUBERIA DE 1 1/4" PULG DIAM.																																			
Pto. Inicial: 0+000 Pto. Final: 1+200																																			
Tentativamente, este tramo será dividido en 2 Sub-tramos (a criterio del diseñador)																																			
Obj. Determinar la longitud de cada tramo de tubería, según la presión con la que trabaja.																																			
1.1 Cálculo de la presión de trabajo de las tuberías comerciales:						SECC.3.3.5																													
1.1.1 Presión de trabajo (m.c.a.) = Presión nominal P.S.I./1.4224/1.2; entonces:																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Pres. Tubería</td> <td>100 PSI</td> <td>125 P.S.I.</td> <td>160P.S.I.</td> <td>250 P.S.I</td> <td>Otra ( )</td> </tr> <tr> <td>Presión (altura)</td> <td>58.59</td> <td>73.23</td> <td>93.73</td> <td>146.46</td> <td></td> </tr> </table>						Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )	Presión (altura)	58.59	73.23	93.73	146.46																			
Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I.	250 P.S.I	Otra ( )																														
Presión (altura)	58.59	73.23	93.73	146.46																															
Estación de inicio 0+000 estación final 1+200																																			
D.01 Punto más alto del sistema (P0)= 3,000.m																																			
Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy. Cota por tub.= Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:																																			
C.02... Cota por tub.= 2,941.41 2,926.77 2,906.27																																			
Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento)																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>D.02</td> <td>Camin. Anter.</td> <td>0+400</td> <td>0+800</td> <td>1+200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.03</td> <td>Elev. Ant</td> <td>2,955.23</td> <td>2,913.12</td> <td>2,908.16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.04</td> <td>Camin. Post.</td> <td>0+800</td> <td>1+200</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.05</td> <td>Elev. Post.</td> <td>2,913.12</td> <td>2,908.16</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D.05</td> <td>Pres. Tubería</td> <td>100 PSI</td> <td>125 P.S.I.</td> <td>160P.S.I</td> <td>250 P.S.I</td> </tr> </table>						D.02	Camin. Anter.	0+400	0+800	1+200		D.03	Elev. Ant	2,955.23	2,913.12	2,908.16		D.04	Camin. Post.	0+800	1+200	-		D.05	Elev. Post.	2,913.12	2,908.16	-		D.05	Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I	250 P.S.I
D.02	Camin. Anter.	0+400	0+800	1+200																															
D.03	Elev. Ant	2,955.23	2,913.12	2,908.16																															
D.04	Camin. Post.	0+800	1+200	-																															
D.05	Elev. Post.	2,913.12	2,908.16	-																															
D.05	Pres. Tubería	100 PSI	125 P.S.I.	160P.S.I	250 P.S.I																														
1.1.2 Obj. Se especifica el caminamiento cuya cota sea SUPERIOR, a la cota hasta donde soporta cada tubería (D.02 ó D.04 para cada tubería). Cada columna de datos corresponde a cada tubería.																																			
Cam. Cota sup.																																			
D.06 CONCLUSIÓN: El tramo en estudio estará subdividido en ..... Sub-tramos, así: (según el criterio del diseñador, se especifica el número de sub-tramos y la presión de la tubería)																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sub-tramo</th> <th>Pto inicio (caminamiento)</th> <th>Pto. Final (caminamiento)</th> <th>Long. Topog.</th> <th>tubos =Lt *1.05/6.09</th> <th>Presión de la tubería PSI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C.04</td> <td>1</td> <td>0+000</td> <td>0+800</td> <td>800</td> <td>138</td> </tr> <tr> <td>C.05</td> <td>2</td> <td>0+800</td> <td>1+200</td> <td>400</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>C.06</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C.07</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)	Pto. Final (caminamiento)	Long. Topog.	tubos =Lt *1.05/6.09	Presión de la tubería PSI	C.04	1	0+000	0+800	800	138	C.05	2	0+800	1+200	400	69	C.06	3					C.07	4				
Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)	Pto. Final (caminamiento)	Long. Topog.	tubos =Lt *1.05/6.09	Presión de la tubería PSI																														
C.04	1	0+000	0+800	800	138																														
C.05	2	0+800	1+200	400	69																														
C.06	3																																		
C.07	4																																		
Observaciones:																																			

Fuente: Elaboración propia.

Calc. \_\_\_\_\_

Rev. \_\_\_\_\_

ESQUEMA FINAL - PERFIL DEL PROYECTO		M. Cálculo No.
DATOS GENERALES	FECHA: 21 / 10 / 2004	8 / 16
NOMBRE DEL PROYECTO: CONST. SISTEMA DE AGUA		
COMUNIDAD: CHIYAX, CHIMAZAT		
MUNICIPIO/DEPTO STA. CRUZ BALANZA, CHIMALTENANGO.		
RESPONSABLE/ CALCULO: MARIO JOSE DE LEON TOLEDO.		

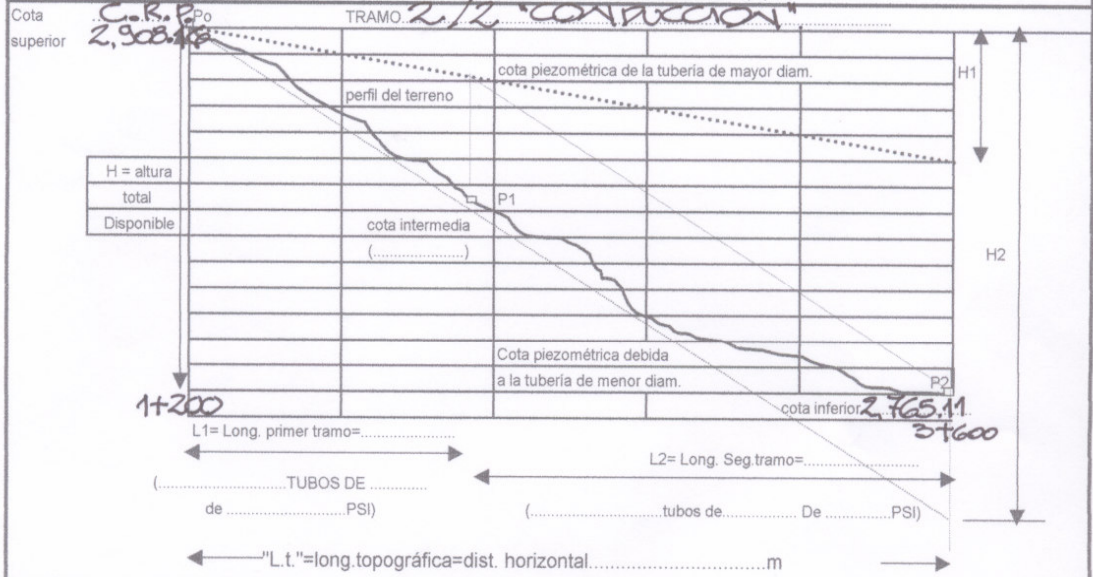


**Tramo 2: De la caja rompe presión al  
tanque de distribución (dos diámetros)**



<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE DOS DIÁMETROS</b> (Hojas No.4,5,6)		<b>9/16</b>
(Para tubería continua de un solo diámetro, pasar a hojas No. 7 y 8)		
CONCEPTO / OBJETIVO		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, gráficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
DATOS GENERALES	FECHA: <b>21/10/04</b>	SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	<b>CONST. SISTEMA DE AGUA</b>	
COMUNIDAD:	<b>CHIYAX, CHIMAZAT</b>	
MUNICIPIO/DEPTO.:	<b>STA. CRUZ BALANZA, CHIMALTENANGO</b>	
RESPONSABLE/ CALCULO:	<b>MARIO JOSE DE LEÓN, TOLERO</b>	
	4	9

[1] ESQUEMA TOPOGRÁFICO. VALIDO ÚNICAMENTE PARA TUBERÍA CONTÍNUA DE DOS DIÁMETROS. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 4,5,6



Long. Diseño =  $L=L_1+L_2= [L.t.+(3\%-5\%)]$

P1, L1, L2, H1, son valores que serán calculados en las siguientes hojas( 5 y 6). Luego del cálculo se anotarán

SIMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta.(Usualmente la fuente)	2,908.16
P2	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	2,765.11
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	2,400.00
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	143.05
(Si)	Es $H >> 146.46$ m?.....(si/no. <b>NO</b> .....)	
(Si)	(Si) => dos posibilidades: (Pos.1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (.....) (Pos 2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión(si/no.....)	
(No)	Calcular cada tramo como una tubería continua(de uno o dos diámetros).Calcular los otro tramos hasta finalizar Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.	
(No)	(No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo)ya sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión	

Observaciones: No. Tubos =  $L_1/6.09$

Fuente: Elaboración propia.

DIAMETRO TEÓRICO, DIAMETROS FINALES, PERDIDA DE CARGA		M. Cálculo No.
MATRIZ DE CÁLCULO PARA DOS DIAMETROS EN UNA TUBERÍA CONTINUA		10 16
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular los dos diámetros de la tubería continua. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de cada diámetro de la tubería. Determinar el valor de la pérdida de carga para poder calcular posteriormente la longitud por tramo.		
DATOS GENERALES	FECHA : 21 / OCT / 04	
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONST. SISTEMA DE AGUA	Según Tema
COMUNIDAD:	CHIXÁ CHIMAZAT	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	STA. CRUZ BALANZA, CHIMALTEQUANGO	5 / 9
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEON TOLEDO	
1)	CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERÍA	SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).	
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería. (UN SOLO VALOR)	
1.1.1 D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C. = 0.7244 l/s	
1.1.2 D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D. = ..... l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado.	SECC. 5.2
	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K)]^{(1/4.87)}$ en donde "C" = coef. para Hazen-Williams, K' = $(1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:	
1.2.1 C.01/*1*	Longitud "L" = Longitud topográfica * 1.05 => L = (2,400 .....)*1.05 = 2,520.00 m	
1.2.2 D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams: PVC (140), H.G. (110), OTRO ..... (140)	
1.2.3	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, el procedimiento es así: Cota de punto más alto = 2,908.16 m Cota de punto más bajo = 2,765.11 m H = Altura total disponible = (2,908.16 ..... - 2,765.11 ..... ) = 143.05 m	
1.2.4	Se calcula el valor de K', sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: $K' = (1,000 * C.02) / (C.01 * D.01^{1.85})$ , sustituyendo: $K' = (1,000 * 143.05 ..... ) / (2,520 ..... * 0.7244^{1.85}) = 103.0687$	
1.2.5	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)} = [1,743,811 / (D.02^{1.85} * C.03)]^{(1/4.87)}$ Diám. Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (.....^{1.85} * 103.0687)]^{(1/4.87)}$ , entonces: Diámetro Teórico = 1.1297 ..... Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros finales de la tubería. (Válido para una tubería de dos diámetros)	SECC. 5.3
1.3.1	Como se trata de tubería continua de dos diámetros. Se procede.	
1.3.1	Diámetro menor al diámetro teórico	Diámetro inmediato mayor al diámetro teórico
D.03 / D.04	..... 1.00 ..... Pulg	..... 1.14 ..... Pulg.
1.3.2	Cálculo de la pérdida de carga de cada una de las tuberías especificadas con longitud total "L".	
a.	$K' \text{ diam. men} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ men}^{4.87}) => K' \text{ diam. men} = 1,743,811 / (D.02^{1.85} * D.03^{4.87})$	
C.05	$K' \text{ diam. men} = 1,743,811 / (.....^{1.85} * 1.00^{4.87}) = 186.707837$	
b.	$K' \text{ diam. May} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ may}^{4.87}) => K' \text{ diam. may} = 1,743,811 / (D.02^{1.85} * D.04^{4.87})$	
C.06	$K' \text{ diam. may} = 1,743,811 / (.....^{1.85} * 1.25^{4.87}) = 62.981179$	
c.	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H" que tiene cada tubería (en m.c.a.), así: $H \text{ diam. men} = K' \text{ men} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H \text{ men} = C.05 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$	
C.07	$H \text{ diam. men} = 186.7078 * (2,520 ..... / 1,000) * (0.7244 .....)^{(1.85)} = 259.13 \text{ m}$ 53.96	
d.	$H \text{ diam. may} = K' \text{ may} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H \text{ may} = C.06 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$	
C.08	$H \text{ diam. may} = 62.981179 * (2,520 ..... / 1,000) * (0.7244 .....)^{(1.85)} = 87.41 \text{ m}$ 92.08	
Observaciones:	*1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.	

Fuente: Elaboración propia.

Calc.

Rev.

LONGITUD DE TUBERÍA Y PRESIÓN ESPECIFICADA.		M. Cálculo No.
MATRIZ DE CÁLCULO PARA DOS DIÁMETROS EN UNA TUBERÍA CONTINUA		11 / 16
CONCEPTO / OBJETIVO Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Determinar el valor de la pérdida de carga para poder calcular posteriormente la longitud por tramo.		
DATOS GENERALES	FECHA: 21/OCT/2004	SECCIÓN TESIS: 5.3
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONST. SISTEMA DE AGUA POT.	Según Tema
COMUNIDAD:	CHIYAX, CHIMAZAT	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	STA. CRUZ, DA LAUNYA, CHIMALTENANGO	6 / 9
RESPONSABLE/CALCULÓ:	MARIO JOSE PE LEÓN TOLEDO.	
1) ... Cont.	CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA	SECC. 5-3
Obj.	Determinar la longitud de cada tramo de tubería, así como la presión de la misma.	
1.4	Cálculo de la longitud de tubería, para cada uno de los diámetros	
1.4.1	Longitud de la tubería de diámetro menor = L2 = Tubería de cota más baja. Long. Tub. Diam. Men. = L2 = [(H - H1) / (H2 - H1)] * L => L2 = [(H - H diam. May.) / (H diam. men. - H diam. may.)] * L ; en donde: H = Altura total disponible ; H diam. men = pérdida de carga de la tub. de menor diámetro ; H diam. may. = pérdida de carga de la tubería de diám. Mayor; L = longitud de diseño. Todos en la Hoja No. 5/9, así: H=C.02 ; Hmen= C.07 ; Hmay= C.08 y L=C.01; sustituyendo: L2 = [(Hoja 5; C.02 - Hoja5; C.08) / (Hoja5; C.07 - Hoja5; C.08)] * Hoja5; C.01 L2 = [(143.05 - 87.41) / (253.13 - 87.41)] * 2,520 => L2 = 816.51.....m L2 << Long. Total => Bien !! L2 >> Long. Total => Revisión	
C.01		
1.4.2	Cálculo de la longitud de tubería, para el tramo más alto = L1 = L tub. Diámetro mayor. L1 = L - L2 L1 = 2,520 - 816.51 L1 = 1,703.49...m	
2)	PRESIÓN DE TRABAJO DE LAS TUBERIAS	
Obj/Pro	Especificar la presión que deberá resistir la tubería	
2.1 concepto	La presión máxima en el sistema será cuando esté lleno, pero cerrado en el punto más bajo.	
2.1.1	Se determinan las alturas o cotas de los puntos inicial, intermedio y final	
D.01/ D.02	Cota punto inicial más alto = Po = 2,908.16	Cota pto. intermedio (P1) = 2,793.16.....(*1)
D.03	Cota punto final más bajo = P2 = 2,765.11	
2.1.2	Cálculo de diferencia de alturas por tramo	
A)	Primer Tramo = Tramo 1 = Tramo de tubería de mayor diámetro = tramo inicial	
C.02	Altura del primer tramo de tubería = Po - P1 = (D.01 - D.02) = 115.00.....m = m.c.a. 1 P.S.I. Primer tramo = (m.c.a. 1) * (1.4224) = (115.00) * (1.4224) = 163.576.....P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 = C.02 * 1.20 => Pres. mínima de Tubería tramo 1 = 196.29.....P.S.I. CONCLUSIÓN: Para el primer tramo se usará tubería de 250.00.....P.S.I. (*2)	
B)	Segundo Tramo = Tramo 2 = Tramo de tubería de menor diámetro = tramo final	
C.03	Alt. que soporta el segundo tramo de tubería = Po - P2 = (D.01 - D.03) = 143.05.....m = m.c.a. 2 P.S.I. Segundo tramo = (m.c.a. 2) * (1.4224) = (143.05) * (1.4224) = 203.47.....P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 2 = C.03 * 1.20 => Pres. mínima de Tubería tramo 1 = 244.169.....P.S.I. CONCLUSIÓN: Para el segundo tramo se usará tubería de 250.00.....P.S.I. (*2)	
Observaciones:	(*1) La cota del punto intermedio se determina viendo la libreta topográfica. (*2) Para verificar la presión y calcular sub-tramos por presión, pasar a hoja 9/9 / SE DESEA CALCULAR TRAMOS POR PRESIÓN => HOJA 9/9 (M. CAL. 11)	

Fuente: Elaboración propia.

Calc.

Rev.

<b>CALCULO DE LA PRESIÓN DE LA TUBERÍA EN PUNTOS INTERMEDIOS</b>		M. Cálculo No.
SE UTILIZA CUANDO SE QUIERE ESPECIFICAR MAS DE UNA PRESION DE TUBERIA, PARA UN MISMO TRAMO. ES DECIR: <b>UN MISMO DIÁMETRO, PERO VARIAS PRESIONES</b>		12 16
CONCEPTO / OBJETIVO Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor de LA PRESIÓN, a la que trabaja la tubería. Se utiliza también la topografía del proyecto.		
DATOS GENERALES	FECHA: 21 oct 2004	SECCIÓN TESIS: 3.3.5
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONST. SISTEMA DE AGUA POTABLE	Según Tema
COMUNIDAD:	CHIXAX, CHIMAZAT	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	Sta. Cruz Balanyá, CHIMALTENANGO.	9
RESPONSABLE/CALCULO:	MARIO JOSE DE LEÓN TOLERO	9

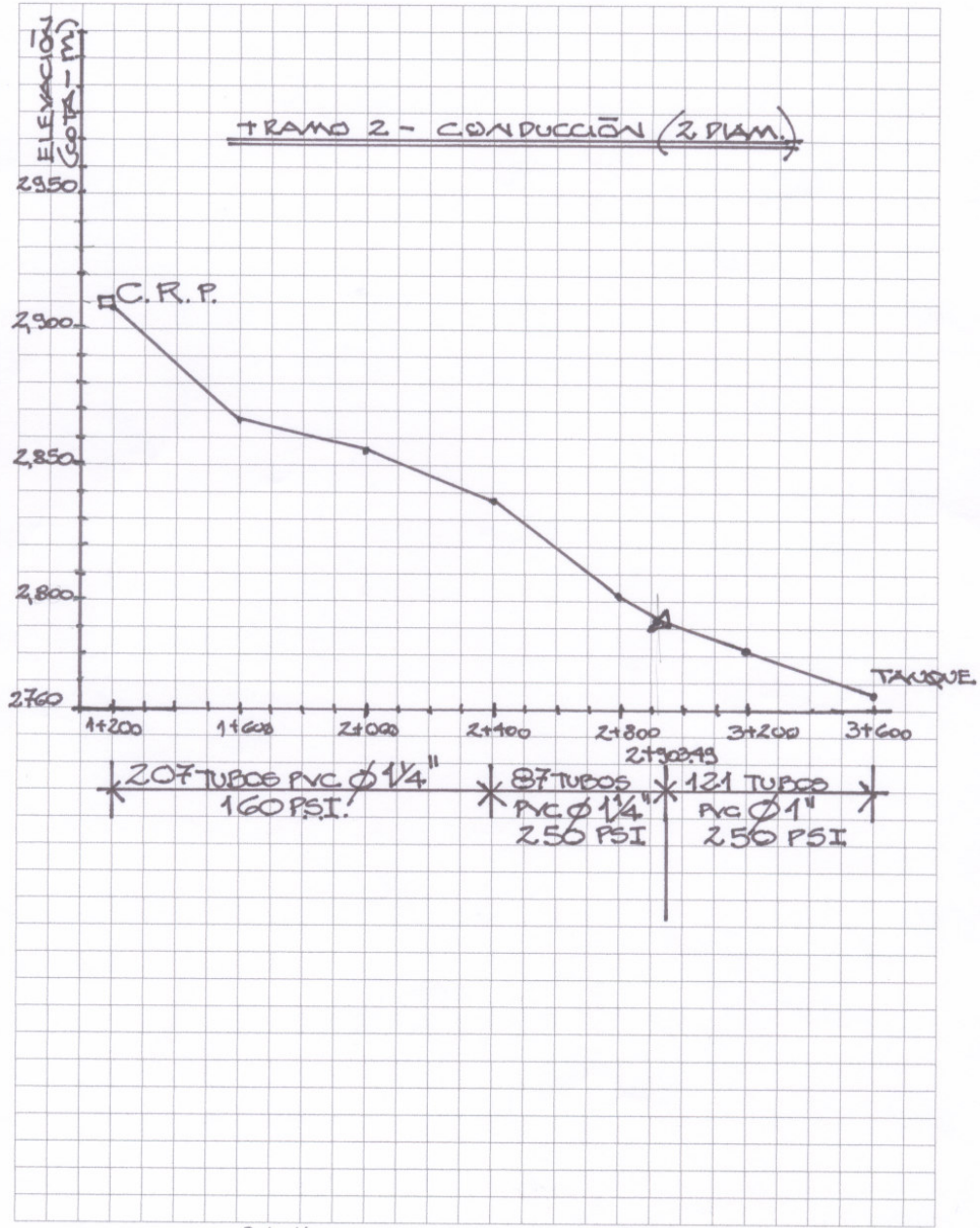
1)	CALCULO DE LA PRESIÓN EN PUNTOS INTERMEDIOS DE LA TUBERÍA	SECC.3.3.5		
TRAMO DE ESTUDIO, TUBERÍA DE ..... PULG DIAM.				
Pto. Inicial: 1+200 (C.R.P.) Pto. Final: 3+600				
Tentativamente, este tramo será dividido en 2 Sub-tramos (a criterio del diseñador)				
Obj.	Determinar la longitud de cada tramo de tubería, según la presión con la que trabaja.			
1.1	Cálculo de la presión de trabajo de las tuberías comerciales:	SECC.3.3.5		
1.1.1	Presión de trabajo (m.c.a.) = Presión nominal P.S.I./1.4224/1.2; entonces:			
C.01...	Pres. Tubería	100 PSI / 58.59   125 P.SI / 73.23   160P.S.I. / 93.73   250 P.S.I. / 146.46   Otra ( )		
D.01	Estación de inicio ..... estación final			
C.02...	Punto más alto del sistema (P0) = 2,908.16m			
D.02	Cada una de las tuberías puede soportar una columna de agua (C.01) según su especificación, Se calcula la cota o elevación hasta donde cada tubería puede resistir, según la topog. Del proy.			
D.03	Cota por tub. = Punto más elevado - Columna que resiste C/tub. = D.01 - C.01; Esto se repite para todas las tuberías (P0 es constante y cambia el valor soportado por c/tub.), así entonces:			
D.04	Cota por tub. = ..... 2,814.13   2,761.70			
D.05	Al estudiar la topografía (ver libreta topog.), se determina que esta cota (C.02) para cada tubería, se encuentra entre las siguientes estaciones (o puntos de caminamiento)			
D.05	Camin. Anter.	2+400   3+600		
D.05	Elev. Ant	2,839.71   2,765.11		
D.05	Camin. Post.	2+800   4+25.29		
D.05	Elev. Post.	2,803.69   2,744.16		
D.05	Pres. Tubería	100 PSI   125 P.SI.   160P.S.I.   250 P.S.I.   Otra ( )		
1.1.2	Obj.	Se especifica el caminamiento cuya cota sea SUPERIOR, a la cota hasta donde soporta cada tubería (D.02 ó D.04 para cada tubería). Cada columna de datos corresponde a cada tubería.		
D.06	CONCLUSIÓN: El tramo en estudio estará subdividido en ..... Sub-tramos, así: (según el criterio del diseñador, se especifica el número de sub-tramos y la presión de la tubería)			
C.04	Sub-tramo	Pto inicio (caminamiento)   Pto. Final (caminamiento)   Long. Topog.   tubos =Lt. *1.05/6.09   Presión de la tubería PSI		
C.05	1	1+200   2+400   1,200   207   160		
C.06	2	2+400   3+600   1,200   207   250 (X1)		
C.07	3			
C.07	4			

Observaciones: Una parte será de  $\phi$  1 1/4" y otra de 1" (ver esquema) la presión no depende del diámetro sino de la dif. alturas.

Fuente: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESQUEMA FINAL - PERFIL DEL PROYECTO		M. Cálculo No.
DATOS GENERALES	FECHA: 21/OCT/2,004	13/16
NOMBRE DEL PROYECTO: CONST. SISTEMA DE AGUA POT.		
COMUNIDAD: CHITAX, CHIMAZAT		
MUNICIPIO/DEPTO: STA. CRUZ DALANAYÁ, CHIMALTENANGO		
RESPONSABLE/ CALCULO: MARIO JOSE DE LEÓN TOLEDO.		

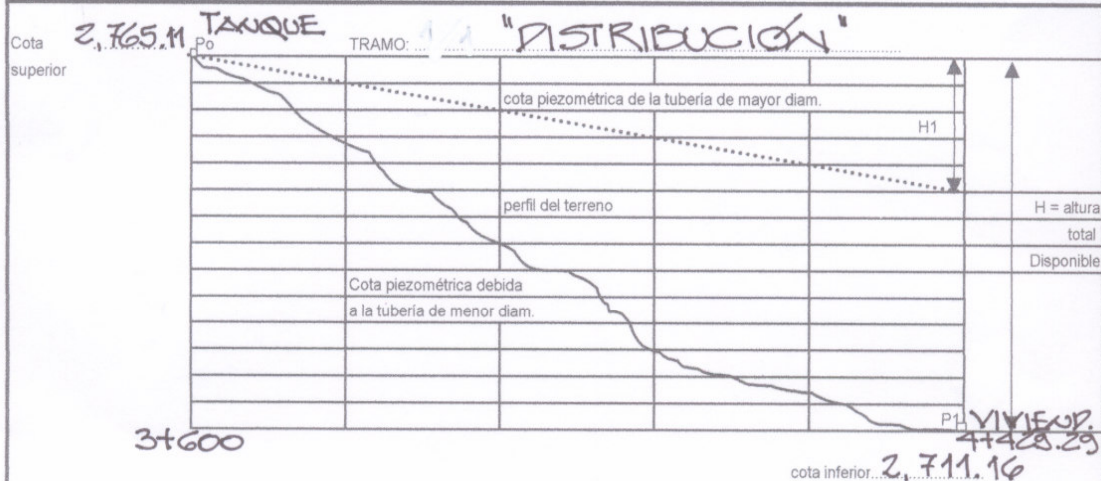


Calculó: ..... Rev.....

Tramo 3: Del tanque de distribución a la  
población (un solo diámetro)

<b>CONDICIONES INICIALES, TOPOGRAFIA Y DATOS GENERALES</b>		M. Cálculo No.
<b>TUBERÍA CONTÍNUA DE UN SOLO DIÁMETRO (PAG 7,8)</b>		<b>14/16</b>
(Para cálculo de tubería continua de dos diámetros, ver Hojas No. 4,5,6)		
CONCEPTO / OBJETIVO		
Establecer en una gráfica, las condiciones topográficas del proyecto. Únicamente de manera esquematizada. No necesariamente a escala. Además, graficar cada uno de los conceptos que se usarán en el futuro.		
DATOS GENERALES	FECHA: <b>21/OCT/2.004</b>	SECCIÓN TESIS: 4.1 - 4.4
NOMBRE DEL PROYECTO:	<b>CONST. SISTEMA AGUA POTABLE</b>	Según Tema Hoja No.
COMUNIDAD:	<b>CHIYAX, CHIMAZAT</b>	
MUNICIPIO/DEPTO.:	<b>STA CRUZ, BALANYA, CHIMALTENANGO</b>	7 / 9
RESPONSABLE/ CALCULO:	<b>MARIO JOSÉ DE LEÓN TOLED</b>	

[1] ESQUEMA TOPOGRÁFICO. VALIDO ÚNICAMENTE PARA TUBERÍA CONTÍNUA DE UN SOLO DIÁMETRO. APLICAN PARA ESTE CÁLCULO, HOJAS No. 7 Y 8



L.t. = Long. Topográfica (distancia horizontal) = **829.29** m  
 (.....) **142** tubos de **PVC 2"** De **100** PSI \* VER HOJAS →  
 Long. Dis = L \* [(3%-5%)]

H1, L son valores que serán calculados en la siguiente hoja (ver Hoja 8/ 8). Luego del cálculo se anotarán

SIMB.	DATOS CONOCIDOS	VALOR
Po	Punto más alto del sector topográfico considerado. Cota más alta. (Usualmente la fuente)	<b>2,765.11</b>
P. 1	Cota más baja del sistema diseñado. Ubicación del tanque de almacenamiento o destino final	<b>2,711.16</b>
L.t.	Distancia horizontal entre el punto inicial y final del tramo (usualmente la fuente y el tanque).	<b>829.29</b>
H	Altura total disponible. Diferencia de alturas entre el punto más alto y el punto más bajo.	<b>53.95</b>

Es  $H \gg 146.46$  m? (si/no) **NO**  
 (Si) (Si) = dos posibilidades: (Pos. 1) Utilizar H.G./tubería de alta presión (.....)  
 (Pos 2) Dividir en tramos y utilizar una caja rompe-presión (si/no.....)  
 Calcular cada tramo como una tubería continua (de uno o dos diámetros). Calcular los otros tramos hasta finalizar  
 Se empleará la misma hoja según sea el número de tramos y los diámetros escogidos.  
 (No) (No) => Calcular la tubería como continua (un solo tramo) y sea de uno o dos diámetros, sin corte de presión

Observaciones: \* Todos las variables marcadas con \* serán calculadas posteriormente.  
**\* TUBOS =  $L / 6.03 * 1.05$**

Fuente: Elaboración propia.

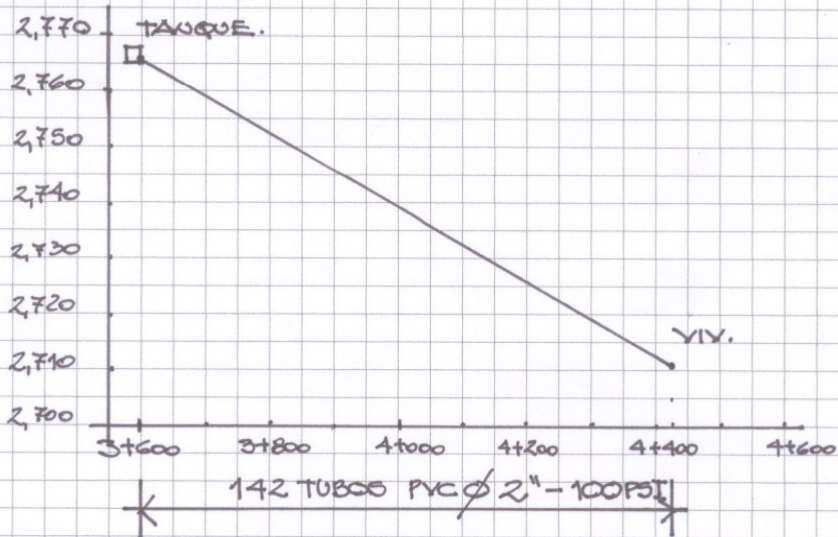
DIAMETRO TEÓRICO, DIAMETRO FINAL, PERDIDA DE CARGA Y PRESIÓN (Tubería de un solo diámetro)		M. Cálculo No.
CONCEPTO / OBJETIVO : Calcular el diámetro único de la tubería en estudio. Utilizando los datos calculados en hojas anteriores, calcular el valor del diámetro de la tubería. Hay que determinar primero el caudal, luego el diámetro teórico y especificar un diámetro mayor que éste.		15 / 16
DATOS GENERALES	FECHA :	SECCIÓN TESIS: 5.1 - 5.3
NOMBRE DEL PROYECTO:	CONST. SISTEMA AGUA POTABLE	Según Tema
COMUNIDAD:	CHIXAY CHIMAZAT	Hoja No.
MUNICIPIO/DEPTO	STA. CRUZ BALAYAT	8 / 9
RESPONSABLE/ CALCULÓ:	MARIO JOSE DE LEON TOLEDO	
1)	CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERÍA <b>DISTRIBUCIÓN</b>	SECC 5.1-5.3
Obj.	Determinar el diámetro de la tubería. Primero, hay que definir si se trata de línea de conducción (se utiliza Q.D.L.C.) o línea de distribución (se utiliza Q.D.L.D.).	
1.1)	Determinar qué caudal se utilizará, dependiendo de la utilización de la tubería.(UN SOLO VALOR)	
1.1.1 D.01	Línea de Cond. => utilizar (Q.D.L.C.) <<ver hoja 3/C.02>> => Q.D. = Q.D.L.C. = .....l/s	
1.1.2 D.01	Línea de Dist. => utilizar (Q.D.L.D.) <<ver hoja 3/C.03>> => Q.D. = Q.D.L.D. = <b>1.8108</b> l/s	
1.2)	Cálculo del diámetro teórico de la tubería, según el caudal determinado. SECC. 5.2	
	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)}$ en donde "C"= coef. para Hazen-Williams, K' = $(1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , "H" la altura total física disponible y "L" la long. De diseño, así:	
1.2.1 C.01/*1*	Long. total de diseño= "L"= Long.topog. * 1.05 => L = $(.829.29) * 1.05 = 870.75$ m	
1.2.2 D.02	Coeficiente C de tub. Para Hazen-Williams: PVC ( <del>100</del> ), H.G. (110), OTRO ..... ( <b>140</b> )	
1.2.3	H = Altura total disponible = Diferencia de alturas entre punto inicial y final, en donde: Cota de punto más alto = <b>2.765.11</b> m Cota de punto más bajo = <b>2.711.16</b> m H = Altura total disponible = $(2.765.11 - 2.711.16) = 53.95$ m	
1.2.4	Se calcula el valor de K', sustituyendo en $K' = (1,000 * H) / (L * Q.D.^{1.85})$ , así: C.03 $K' = (1,000 * 53.95) / (.870.75 * 1.8108^{1.85}) = 20.655588$	
1.2.5	Diámetro Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (C^{1.85} * K')]^{(1/4.87)} = [1,743,811 / (140^{1.85} * 20.655588)]^{(1/4.87)}$ C.04 Diám. Teórico = D.T. = $[1,743,811 / (.140^{1.85} * 20.655588)]^{(1/4.87)}$ , entonces: Diámetro Teórico = <b>1.57</b> Pulg. (Diámetro con pérdida de carga igual a la altura)	
1.3)	Cálculo de diámetros final de la tubería. (Válido para una tubería de un solo diámetro) SECC. 5.3	
D.03	Si el sistema diseñado es de un solo diámetro, se debe especificar como mínimo el inmediato superior al diámetro teórico. Si este es el caso, entonces, el diámetro debe ser <b>2"</b> pulg	
1.3.1	Cálculo de la pérdida de carga de la tubería especificadas con longitud total "L".	
a.	K' diam. Esp. = $1,743,811 / (C^{1.85} * D \text{ esp.}^{4.87}) => K' \text{ diam. esp.} = 1,743,811 / (C^{1.85} * D.03^{4.87})$ C.04 $K' \text{ diam. esp.} = 1,743,811 / (.140^{1.85} * 2.00^{4.87}) = 6.384787$	
b.	Al tener K', se calcula la pérdida de carga "H1" que tiene la tubería especificada (en m.c.a.), así: C.05 $H1 \text{ diam. esp.} = K' \text{ esp.} * (L/1,000) * QD^{(1.85)} => H1 = C.04 * (C.01/1,000) * D.01^{(1.85)}$ $H1(\text{diam. esp.}) = 6.38478 * (.870.75/1,000) * (1.8108)^{(1.85)} = 16.67$ m <b>H ✓</b>	
2)	CÁLCULO DE LA PRESION DE TRABAJO (si la tub. fuera de una sola presión) SECC 5.1-5.3	
C.06	Altura del tramo de tubería= P0-P1 => Alt 1 = C.02 = <b>53.95</b> m = m.c.a. 1 P.S.I. Primer tramo = (m.c.a. 1) * (1.4224) = $(53.95) * (1.4224) = 76.73$ P.S.I. Factor de seguridad = 1.20 => Presión de Diseño = Presión trabajo * 1.20 Pres. Tubería 1 = C.06 * 1.20 => Pres. mínima de Tubería tramo 1 = <b>92.08</b> P.S.I. Para el primer tramo se usará tubería de <b>100</b> P.S.I. (más tuberías; ver 9/9) <b>(X2)</b>	
Observaciones: *1) La longitud se le incrementa de 3% a 5% debido a la pendiente del terreno.		
<b>X2) DEBIDO A QUE SE UTILIZO 100 PSI Y NO SE DESEA DIVIDIR ESTE TRAMO =&gt; NO SE UTILIZARA 9/9</b>		

Fuente: Elaboración propia.



ESQUEMA FINAL - PERFIL DEL PROYECTO		M. Cálculo No.
DATOS GENERALES	FECHA: 21 / OCT / 04	16/16
NOMBRE DEL PROYECTO: CONST. SISTEMA AGUA		
COMUNIDAD: CHIYAX, CHIMAZAT		
MUNICIPIO/DEPTO: STA. CRUZ PALANCA, CHIMALTENANGO		
RESPONSABLE/CALCULO: MARIO JOSE DE LEON TOLEDO.		

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN  
TRAMO UNICO - 1 SOLO DIAM.



Calculó:..... Rev.....

## CONCLUSIONES

- 1) Debido a la presencia del estudiante de arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala en las comunidades del interior, y éstas requieren de su participación para la solución del problema de abastecimiento de agua potable, mediante la realización del estudio o diseño del sistema. La demanda al estudiante es grande, periódica, permanente y constante.
- 2) Simultáneamente, las alcaldías municipales no cuentan con los recursos financieros necesarios para pagar los estudios en cuestión, designando esta responsabilidad al estudiante de Arquitectura. Por lo tanto, la implementación de un proceso de cálculo, mediante un procedimiento sistematizado, ordenado y muy sencillo es de vital importancia para las actividades del Ejercicio Profesional Supervisado de Arquitectura.
- 3) El proceso sistematizado implica una secuencia lógica, sencilla y es susceptible de comparación, revisión, interpretación y corrección.
- 4) La sistematización del proceso de cálculo, mediante las matrices propuestas se convierte en una herramienta con la que puede contar el E.P.S. y en general la comunidad de la facultad de arquitectura.
- 5) El proceso es tan sencillo, que no se necesita de un ordenador o calculadora complicada para su ejecución. Esto favorece las actividades y el monitoreo en el campo. Por ejemplo, la actividad de aforar el caudal con la certeza de que se hizo bien.
- 6) El proceso sistematizado, a través de la presentación de las matrices propuestas, se convierte en la memoria de cálculo del sistema, que puede ser interpretada por cualquier ente financiero interesado en llevar a cabo el proyecto para la comunidad.
- 7) El mecanismo propuesto no solo está dirigido al estudiante del Ejercicio Profesional Supervisado, sino que a cualquier estudiante en sí. Además, servirá también para cualquier profesional de la arquitectura, debido a la tipología de trabajos realizados para instituciones gubernamentales.

- 8) Mediante el procedimiento de subdivisión por tramos, cualquier sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, puede ser resuelto mediante el empleo de las matrices de sistematización propuestas en el presente trabajo. Esto permite que el Ejercicio Profesional Supervisado de Arquitectura esté mejor capacitado para la atención de las comunidades atendidas.
- 9) Al igual que un proyecto complejo, problemas más complicados, de esta índole, sí requieren de especialistas en la materia.
- 10) El tema del agua es uno de los más importantes en la gestión ambiental. Por lo tanto, este trabajo, también puede ser interpretado como la exposición de los conocimientos básicos para dicho tema.
- 11) El proceso de sistematización del cálculo para abastecimiento de agua, puede ser empleado también, para el cálculo del abastecimiento de colonias, colegios, etc.
- 12) La fórmula hidráulica, que es la columna vertebral del proceso, es la llamada de "Hazen-Williams", y fue utilizada por su sencillez y porque ha sido probada y utilizada en Guatemala y el mundo durante décadas con resultados bastante buenos. Es la fórmula recomendada por la Dirección General de Obras Públicas (en su tiempo). Esto implica que todos los datos, fórmulas y la secuencia misma, dependen de esta fórmula. Debido a que no es la única, el empleo de otra fórmula requerirá de nuevos datos y significará un proceso totalmente distinto al propuesto.

## RECOMENDACIONES

- 1) Debido a que cada vez más el tema del agua es abordado por las comunidades de Guatemala, se recomienda que en donde existe presencia del Ejercicio Profesional Supervisado de Arquitectura, sea implementado el proceso de sistematización de cálculo para proyectos de introducción de agua potable.
- 2) De igual manera, sobre todo en lo que respecta a la gestión ambiental general, el tema del agua potable debe ser estudiado con mayor profundidad por los estudiantes que realizarán el Ejercicio Profesional Supervisado de Arquitectura. Se recomiendan: seminarios, conferencias, capacitaciones, etc.
- 3) Según la demanda al practicante de arquitectura puede realizarse un estudio que determine la factibilidad de introducir en el pènsum de la carrera de arquitectura, un curso de carácter electivo, cuyo tema principal sea el agua potable y el saneamiento ambiental.
- 4) Una vez que el estudiante practicante ya ha identificado los posibles proyectos, se recomienda implementar un seminario – taller con los estudiantes que sean requeridos por las autoridades municipales, para la elaboración, diseño, o supervisión de cualquier sistema de conducción de agua potable por gravedad.
- 5) Cuando el estudiante sea demandado para la solución de un problema de abastecimiento de agua potable, se le recomienda que la primera propuesta que haga sea un sistema de conducción por gravedad. Hasta no desechar esta posibilidad, no habrá que pensar en otro tipo de abastecimiento con suministro de energía externa.
- 6) El estudiante abordará a sus catedráticos para la correcta propuesta de solución al problema presentado. Por lo tanto, también se recomienda la capacitación de los catedráticos supervisores.
- 7) Debido a que un error de cálculo puede significar el colapso total del sistema, se recomienda la revisión del mismo. Las matrices propuestas son de fácil revisión y un error se detecta casi inmediatamente.
- 8) La topografía es una base fundamental para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua. Por lo tanto, se recomienda realizar trabajos de primer orden (sobre todo la nivelación), debidamente revisados y

aprobados. Debe emplearse el equipo requerido para tal responsabilidad. No deben emplearse instrumentos que no satisfagan los requisitos de exactitud. Se recomienda que la nivelación sea con un instrumento de alta precisión, no con alímetros, clinómetros u otros.

## BIBLIOGRAFÍA

- a. BAZANT, Jan. Manual de criterios de diseño urbano. 4ta. edición. México D.F., Editorial Trillas, 1,988. 375 pp.
- b. de LEÓN TOLEDO, Mario José, et. al. Estudio de las condiciones de distribución de agua potable en la cabecera municipal de San Lucas Tolimán, replanteo y diseño de la nueva red de distribución. Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos. Guatemala, 1,995. 87 pp.
- c. DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS. Normas de diseño de acueductos. Guatemala: s.p.i., 1,987. 51 pp.
- d. FAIR, Gordon Maskew, et. al. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Vol. 1. Tr.: Ing. Salvador Ayanegui J. México: Editores Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores, 1,993. 269 pp.
- e. FAIR, Gordon Maskew, et. al. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Vol. 2. Tr.: Ing. Salvador Ayanegui J. México: Editores Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores, 1,993. 547 pp.
- f. FAIR, Gordon Maskew, et. al. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Vol. 3. Tr.: Ing. Salvador Ayanegui J. México: Editores Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores, 1,993. 401 pp.
- g. MERRITT, Frederick S. Enciclopedia de la construcción, arquitectura e ingeniería. Vol. 5. Tr.: Ing. José de la Cera. Barcelona, España: Grupo Editorial Océano, 1,990. 547 pp.
- h. RESNICK, Robert, et. al. Física, parte 1. Tr.: Dr. Raúl Gómez Gonzáles. México: Compañía editorial Noriega, S.A., 1,993. 401 pp. 627 pp.
- i. SIMON, Andrew L. Hidráulica básica. Tr.: Ing. Carlos Alberto García Ferrer. México: Editorial Limusa S.A., 1,983. 234 pp.
- j. ZURITA R., José. Obras hidráulicas. España: Ediciones CEAC, 1,978. 259 pp.

ANEXO "A"  
PROVEEDORES DE VÁLVULAS DE AIRE

Como fue expuesto en el capítulo 2, inciso 2.2.4, las válvulas de aire son importantes debido a que permiten regular la presión dentro de la tubería, eliminando las partículas que se acumulan en las partes altas del sistema.

Debido a que es un equipo especializado, no en cualquier ferretería se obtienen las válvulas de aire, en este anexo se consideran por lo menos cinco distribuidores de dicho equipo, con sus respectivos precios ( febrero 2,005).

	Nombre comercial (Dirección)	Teléfono(s)	Diámetro	Costo (Q)	Observaciones
1	Aldana, Hnos. (1° calle 3-31 Z. 9 Guatemala)	23 31 99 33	1"	250.00	Existen válvulas nacionales (bronce), orientales ( PVC) y niqueladas (italianas)
2	Amanco (Av. del Ferrocarril 16-67 Z. 12) Guatemala	24 75 99 49 24 75 90 92	1 / 2", 3 / 4", 1"	Plásticas Q394.24 y de bronce Q 448.00	Todos los tamaños valen lo mismo.
3	Cidisa (Vía 2 4-05 Zona 4)	23 34 45 90	3 / 4"	158.00	Válvulas de bronce
4	Ferretería Universal Ferrun (Calzada San Juan 23-00 Z.7)	24 74 01 73	1 / 2", 3 / 4", 1"	285.00	Todos los tamaños valen lo mismo. Las válvulas en existencia son de bronce.
5	Distribuidora de Poliducto PVC (4° av. 6-29 Z.4) Condominio Terminal, Local 31	23 32 27 53	1 / 2", 3 / 4", 1" , 2"	95.00	Válvulas de bronce y plásticas

## ANEXO "B"

### CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

Tal y como fue expuesto en el capítulo 2, inciso 2.4, el almacenamiento de agua debe ser suficiente como para prever trabajos de mantenimiento en el sistema, el suministro de agua en las horas pico, o bien el suministro de agua durante una emergencia (incendio, invasión, terremoto, huracán, etc.) Por tal motivo, la simple lógica obliga a almacenar "la mayor cantidad posible". No obstante, esto en muchos casos no es posible, debido a que los tanques de almacenamiento son caros y las comunidades no cuentan con recursos.

Las normas de diseño de acueductos de la D.G.O.P. en el inciso 2.1.9a literalmente expone: "Para poblaciones de más de 5,000 habitantes, el almacenamiento deberá ser como mínimo el 40 % del consumo diario". Dichos valores deben incluir además una reserva (se sugiere el 5% como mínimo). Por lo tanto, se recomienda almacenar como mínimo el 45% del caudal medio diario, así:

Ej. 1) La población final del cantón San José Guineales, Sta Catarina Ixtahuacán, Sololá (ejercicio No. 1, inciso 6.2) dentro de 10 años será 2,384 habitantes. Con una dotación de 100 l / (h-día). Calcular el volumen del almacenamiento.

#### 1.1 Determinación del caudal medio diario

Q.M.D.= Población \* Dotación = 2,384 \* 100 = 238,400 l/día , entonces:

Volumen de almacenamiento = 45% de 238,400 => Vol.= 107,280 litros = 107.28 metros cúbicos. Debido a que usualmente no se construyen tanques que midan exactamente esto, se recomienda la cifra par inmediatamente mayor, en este caso, 108.00 metros cúbicos (En dos tanques de 54 m<sup>3</sup> )

Ej 2) La cabecera municipal de San José Ojetenam, San Marcos, tendrá dentro de 10 años una cantidad de 6,500 habitantes. Considerando una dotación de 110 l / (h.-dia), calcular el volumen de almacenamiento.

Sol. El volumen de almacenamiento es:

$$\text{Vol} = 6,500 \text{ h} * 110 \text{ l}/(\text{h-dia}) * 0.45 = 321,750 \text{ l} = 321.75 \text{ m}^3 .$$

Se recomienda entonces, construir dos tanques de 165 m<sup>3</sup> cada uno.



## ANEXO "C"

## AYUDA DE DISEÑO: NOMOGRAMA

A pesar de que uno de los objetivos del presente trabajo es permitir los cálculos en el campo, sin equipo complicado, algunas veces es necesario todavía simplificar más el trabajo, permitiendo soluciones aproximadas pero inmediatas. Con este objetivo se diseñó el "Nomograma de la fórmula de Hazen- Williams para PVC". En pocas palabras, es la representación gráfica, en escala apropiada de por lo menos cuatro variables, presentes en los problemas de diseño de acueductos.

## Descripción:

Cada una de las cuatro columnas representa una condición, así: La primera columna representa el caudal o gasto, en litros por segundo. La segunda columna representa el diámetro considerado de la tubería (en milímetros y en pulgadas) y la variable SDR (Standard Dimension Ratio) que es la relación entre el diámetro exterior y el espesor del tubo (por lo tanto, es una cantidad adimensional). Así pues, entre más grande es el valor SDR, la presión de trabajo (libras/Pulg.<sup>2</sup>) será menor (para facilitar la interpretación se ha añadido el valor en PSI de la presión de trabajo del tubo).

Por otra parte, en la tercera columna se indica la "pendiente hidráulica", que no es más que una relación entre la diferencia de alturas (altura total disponible) y la distancia horizontal. Es importante hacer notar que ambas deben estar en metros, para facilitar el cálculo.

Finalmente, la cuarta columna indica la velocidad del flujo. No hay más de 5.0 m/s debido a que no se recomienda sobrepasar esta velocidad para este tipo de tubería. Tampoco hay menos de 0.50 m/s debido a que tampoco se recomienda una velocidad de flujo menor a este valor.

## Procedimiento:

(1) Se deben conocer, o poder conocer, por lo menos dos valores de los cuatro implicados: caudal, diámetro, pendiente hidráulica, velocidad. Por la tipología de problemas, usualmente se podrán conocer el caudal y la pendiente hidráulica. Determinar el diámetro será el objetivo y finalmente, se puede revisar también la velocidad (si se desea).

Problema 1) Para conducir un caudal de 7.58 l/s en una tubería que tiene una longitud total de 1.05 Km y una diferencia de alturas de 41.51 ¿Qué diámetro se puede utilizar y de qué presión? (Ver ejercicio No. 1, inciso 6.2)

Solución:

- 1.1 Se determina la pendiente hidráulica, así:  
 $s = H/L \Rightarrow s = 41.51\text{m} / 1,050\text{m} \Rightarrow s = 0.0395$
- 1.2 Se procede a buscar en la columna No. 1, el valor del caudal: 7.58 l/s ; simultáneamente se busca el valor 0.0395 en la columna de "s" (pendiente hidráulica-tercera columna).
- 1.3 Se unen estos dos puntos con una recta y se determina el valor de las otras dos variables. En este caso, el diámetro calculado por este procedimiento está entre 2 ½" y 3", se escoge el mayor. En la misma columna, se determina que la presión de trabajo de la tubería puede especificarse como de 125 PSI.

Con el método de matrices propuesto en este trabajo, se calculó un diámetro de 3" y un segmento de tubería también de 125 PSI.

Al unir las cuatro columnas con la recta indicada, también se puede determinar el valor de la velocidad, en este caso, se registra un valor aproximado de 3.7 m/s, por lo tanto, es aceptable.

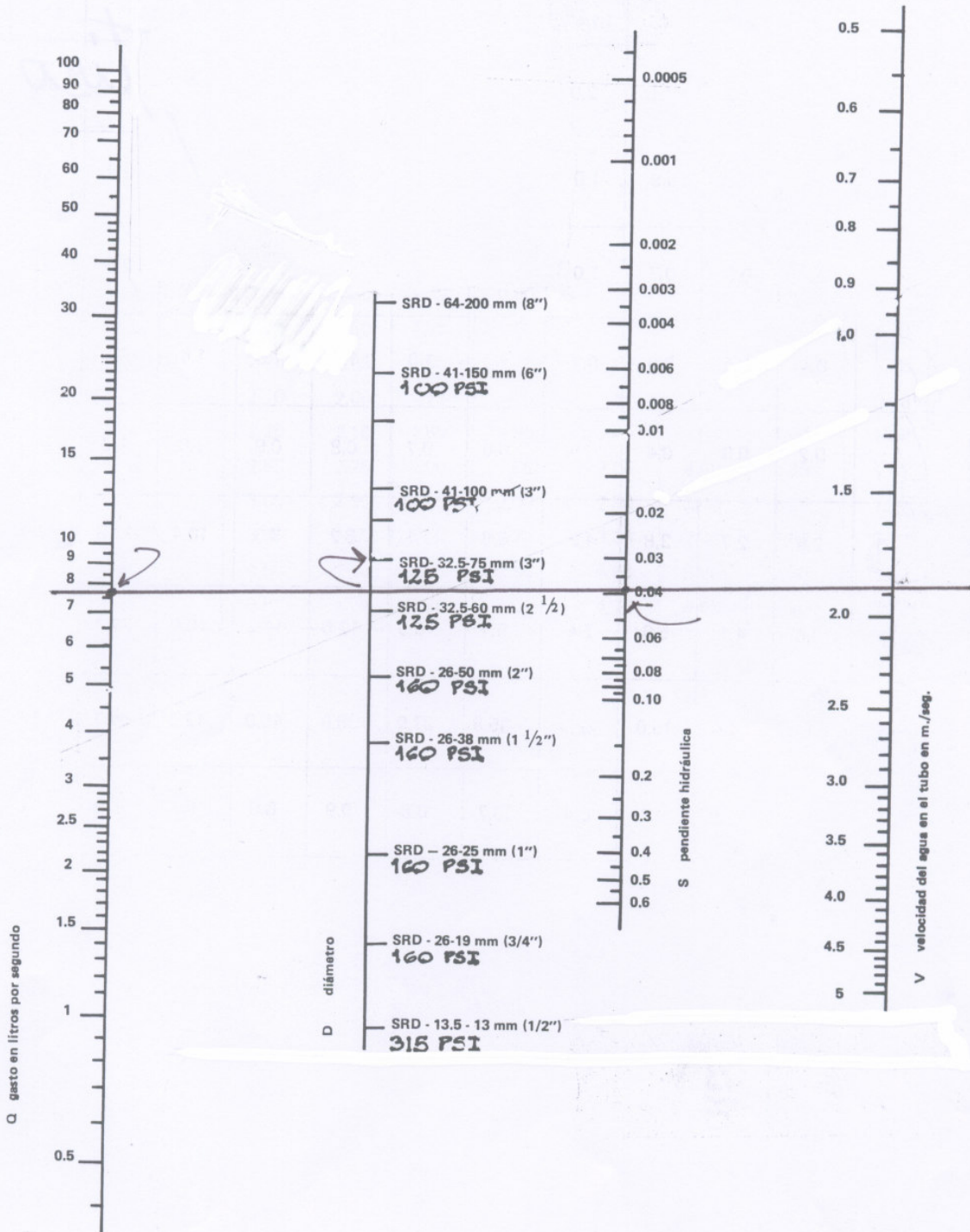
Ver la solución gráfica, en el nomograma de la página siguiente.

Es importante saber que la solución que brinda este método, es a todas luces aproximada, debido a las limitantes gráficas del método. En el caso anterior, un calculista puede determinar que la velocidad es el valor anterior, otro puede ver que la velocidad es 3.8 m/s, etc.

También es muy importante, al comparar las soluciones entre ambos métodos, que este nomograma está calculado con un valor "C" para la fórmula de Hazen Williams de 150. Mientras que al realizar los cálculos con el método matricial, se empleó un valor  $C=140$ , que es un valor más conservador.

Finalmente, el nomograma puede y debe ser empleado exclusivamente para el cálculo de tubería PVC. No puede emplearse para calcular tubería de otro material.

NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE HAZEN WILLIAMS PARA P.V.C.



## Ejercicio 2

Se desea conducir un caudal de 2.05 l/s desde un punto hasta un cisterna, en la parte baja de un edificio. La diferencia de alturas entre el suministro y el cisterna es apenas 15 m y la distancia horizontal entre los puntos es de 0.6 Km. Determinar el diámetro del tubo a utilizar.

Solución:

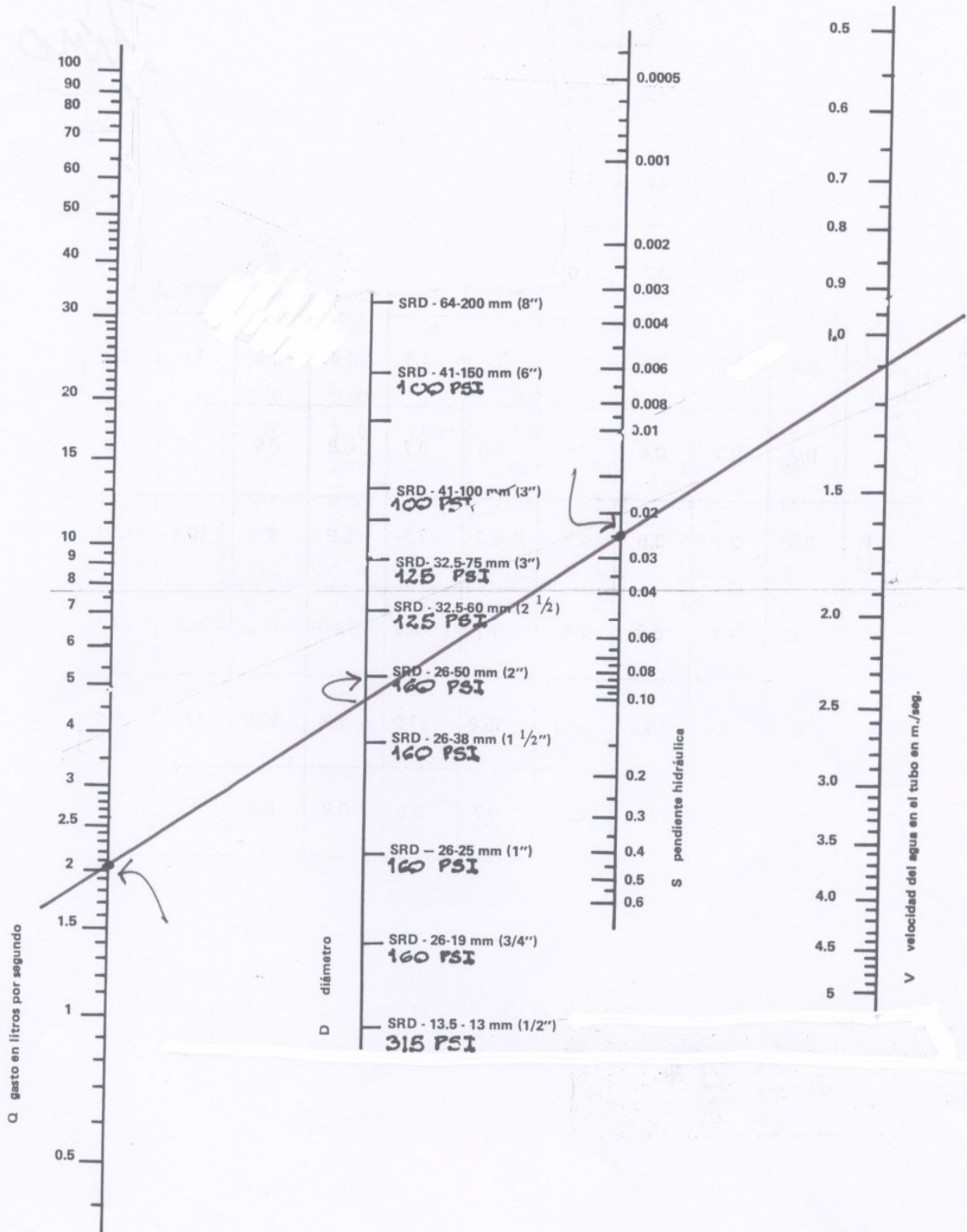
2.1 Se determina la pendiente hidráulica "s".

$$\text{Pend. Hidr. "s"} = H/L \Rightarrow s = 15\text{m} / 600\text{m} \Rightarrow s = 0.025$$

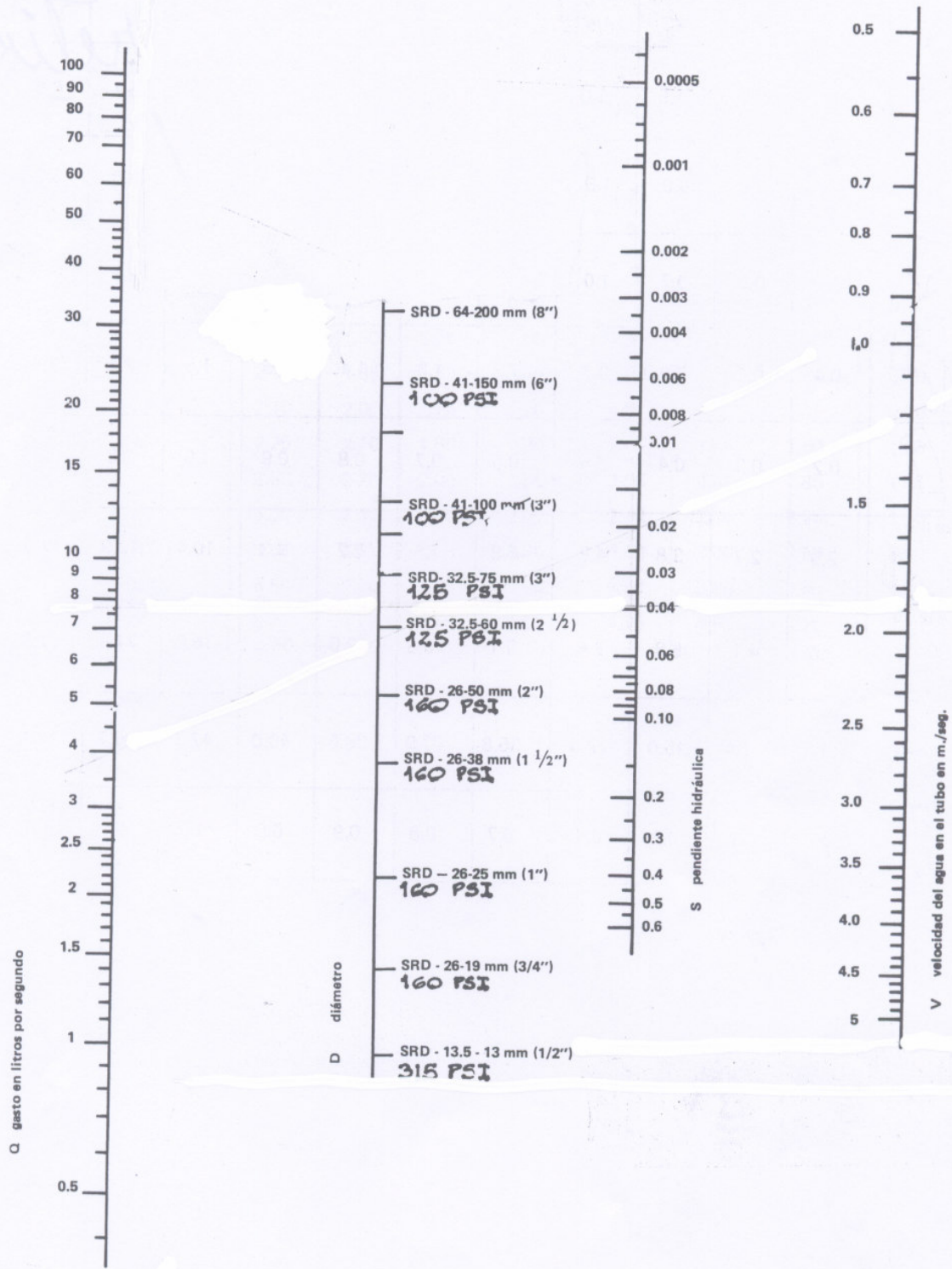
2.2 Se plotean los puntos  $Q = 2.05$  l/s en la primera columna y  $s = 0.025$  en la tercera columna. Se unen ambos puntos. Se determina que un debe utilizarse un diámetro de 2" y tubería de 160 PSI.

Al trazar completamente la línea recta, se puede determinar que el flujo en cuestión registrará una velocidad aproximada de 1.10 m/s , lo que es adecuado para el proyecto.

NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE HAZEN WILLIAMS PARA P.V.C.



NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE HAZEN WILLIAMS PARA P.V.C.



## ANEXO "D"

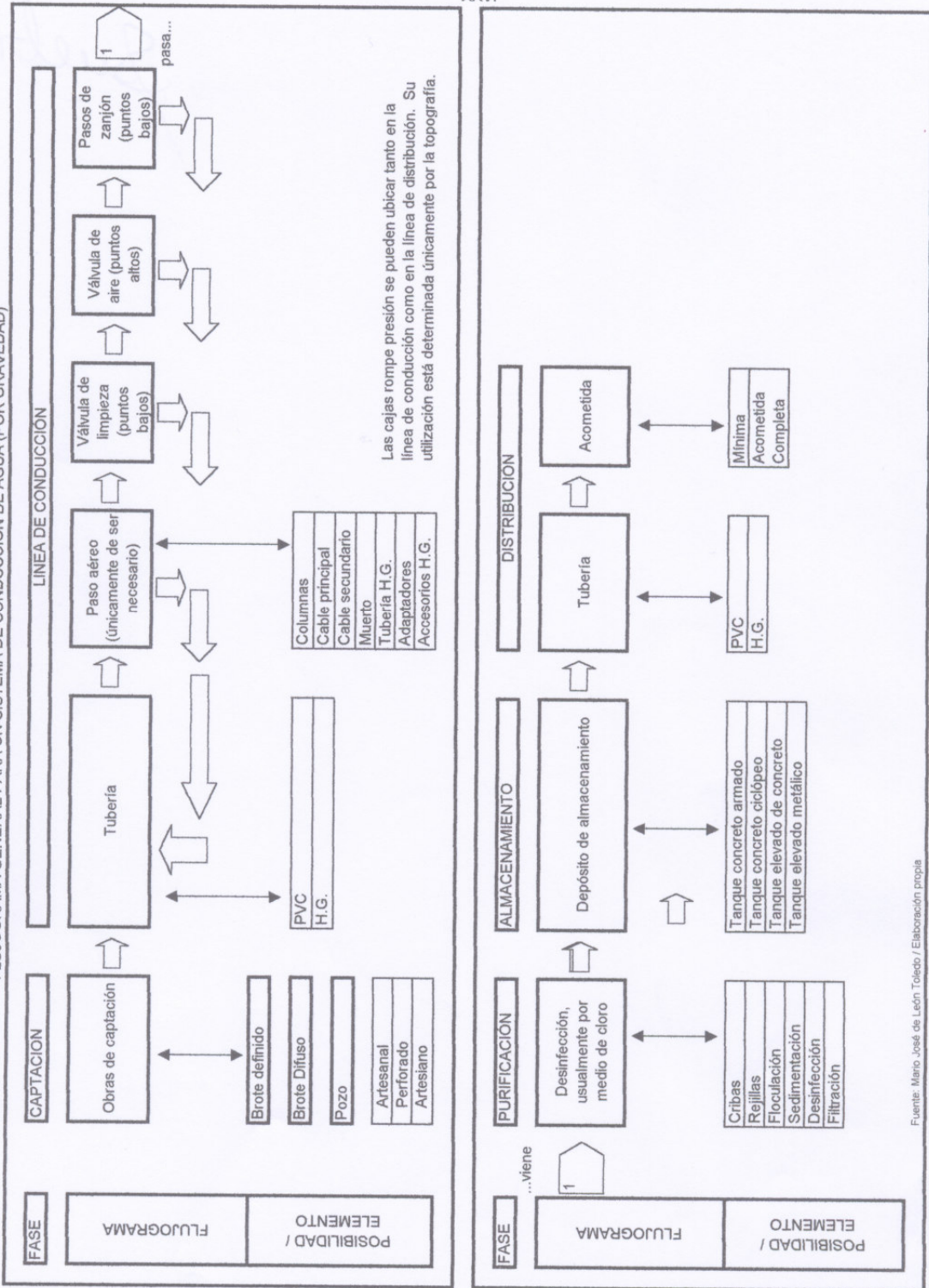
CUADRO RESUMEN					
Fase	sub	Elemento	Objetivo del elemento	Elementos constitutivos	Ver gráfica
(1) Captación	1.1	Captación de brote definido	Captar el agua, recolectar la máxima cantidad de agua cuando es de brote definido, es decir, que se puede localizar claramente el lugar por donde emana el agua.	Canal, muro de piedra, caja recolectora, pichacha, rebalse, desagüe, caja de válvulas, válvulas de compuerta	2 - 2 , 2 - 3
	1.2	Brote indefinido	Cuando el brote es difuso, cuando no se puede determinar con claridad el lugar por donde emana el agua.	Brazos de infiltración (tubería perforada), tubería principal, caja recolectora, pichacha, rebalse, desagüe, caja de válvulas, válvula de compuerta	2 - 4
(2) Conducción	2.1	Tubería de conducción	Transportar el agua, conducirla desde el punto en donde fue captada hasta la comunidad	Tubería plástica (PVC) o de hierro galvanizado (H.G.) No utilizar la tubería de poliducto	2 - 7
	2.2	Paso aéreo	Este elemento se utiliza cuando la línea de conducción debe pasar a través de un desfiladero, barranco o cualquier otro accidente topográfico similar.	Zapatas, columnas, anclaje o fijación (muerto), cable principal, cable vertical(secundario), adaptadores, chuchos, tubería H.G., accesorios	2 - 8
	2.3	Paso de zanjón	Se utiliza cuando la tubería de conducción debe pasar en el punto más bajo de un zanjón, por donde puede pasar corriente de invierno o escorrentía eventual. El elemento consiste en proteger de la erosión a la tubería del sistema o bien, elevar el nivel de	Concreto ciclópeo y tubería	2 - 9 ; 2 - 10
	2.4	Válvula de aire	Eliminar el aire que está en la tubería y que se transporta en la corriente de agua. El aire se concentrará en los puntos altos de un sistema (cúspides o cumbres). Habrá que colocar tantas como sea necesario; usualmente más de una.	Caja de concreto, tapadera sanitaria, reductor, válvula de aire (automática)	2 - 11
	2.5	Válvula de limpieza	Eliminar la suciedad que transporta la corriente de agua. Usualmente partículas sólidas transportadas por ésta. Se coloca en los puntos bajos del sistema. Se pueden utilizar varias cajas en la línea de conducción.	Caja de concreto, tapadera sanitaria, reductor, válvula de compuerta (no es automática)	2 - 12
	2.6	Caja rompe presión	Reducir la presión en el interior de la tubería. Se trata simplemente de exponer al agua a la presión atmosférica. En ese punto, la presión se hace cero, permitiendo utilizar tuberías de menor presión, haciendo el proyecto más económico.	Caja de concreto ciclópeo, normal y corriente, caja de válvula de compuerta, drenaje, rebalse, pichacha, tubería	2 - 13
(3) Purificación	3.1	Cribas y rejillas	Eliminar la contaminación física que pueda ser conducida por el agua. Ej. hojas, monte, cualquier suciedad.	Cribas y rejillas, colocadas de mayor abertura a menor abertura	--
	3.2	Hipoclorador	Desinfectar el agua. Eliminar por medio de la desinfección química (cloro) a organismos patógenos.	Dosificador	--

CUADRO RESUMEN (...cont.)						
Fase	sub	Elemento	Objetivo del elemento	Elementos constitutivos	Ver gráfica	
(4) Almacenamiento	4.1	Tanque de almacenamiento	Almacenar la máxima cantidad de agua posible, para cuando la comunidad tenga alguna emergencia, se realice un trabajo de mantenimiento, o bien, simplemente para surtir el consumo en las horas pico.	Concreto ciclópeo, tapaderas sanitarias, losa, escalera, ventilación, caja de válvulas, y tubería	2 -15 , 2 - 16	
	(5) Distribución	5.1	Tubería de distribución.	Conducir el agua desde el tanque de almacenamiento hasta cada vivienda de la comunidad beneficiada	Tubería plástica (PVC) o de hierro galvanizado (H.G.) No utilizar la tubería de poliducto	- -
		5.2	Acometida mínima	Introducir el agua hasta la propia vivienda. Debe contemplarse tanto el paso como la interrupción del flujo.	Abrazadera domiciliar, válvula de compuerta, caja de válvula, base de concreto, niple H.G., grifo	2 -17, 2 - 18

Fuente: Mario José de León Toledo, elaboración propia.

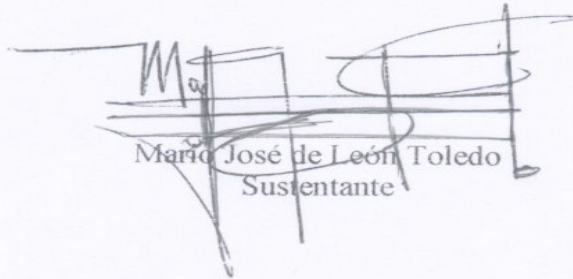


FLUJOGRAMA GENERAL PARA UN SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA (POR GRAVEDAD)

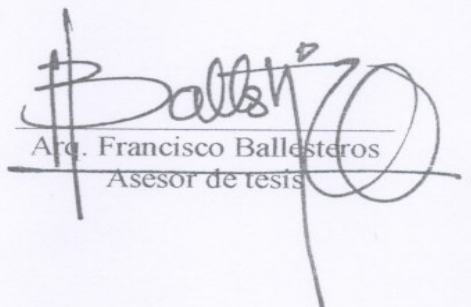


Fuente: Mario José de León Toledo / Elaboración propia

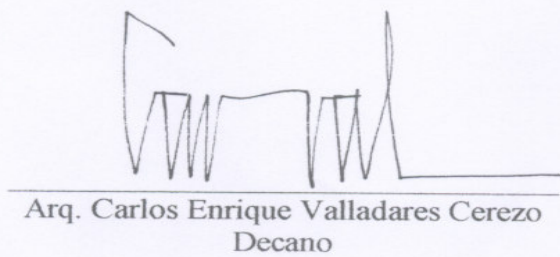
IMPRÍMASE



Mario José de León Toledo  
Sustentante



Arq. Francisco Ballesteros  
Asesor de tesis



Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo  
Decano