



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS  
ALDEAS EL INGENIERO Y PETAPILLA DEL MUNICIPIO DE  
CHIQUMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA**

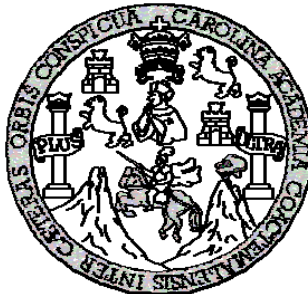
**JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME**

**Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

**Guatemala, mayo de 2004**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS  
EL INGENIERO Y PETAPILLA DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,  
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME**

ASESORADO POR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

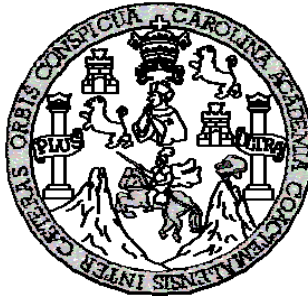
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2004



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS  
ALDEAS EL INGENIERO Y PETAPILLA DEL MUNICIPIO DE  
CHIQUMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA**

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de septiembre de 2003.

José Gilberto Quijada Sagastume





## **DEDICATORIA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

A Dios, por que es él quien me ha dado la vida y la fortaleza para vivir.

A mis padres José Gilberto y Noly por el inmenso amor y sacrificio que me manifiestan día a día.

A mis hermanos José Gilberto y Sindy María por el cariño que nos ha unido siempre.

## **DEDICATORIA DEL ACTO DE GRADUACIÓN**

A toda mi familia, porque de alguna u otra manera me han brindado el apoyo necesario y siempre han estado conmigo.

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

A todos mis amigos y compañeros que compartieron conmigo momentos especiales dentro y fuera de la Universidad.

Al Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta por su colaboración en mi práctica del ejercicio profesional y a la Municipalidad de Chiquimula.



## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN .....	XXI
OBJETIVOS .....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV

### 1. INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea El Ingeniero.....	1
1.1.1. Características socioeconómicas de la comunidad .....	1
1.1.1.1. Generalidades .....	1
1.1.1.1.1. Aspectos físicos.....	2
1.1.1.1.2. Ubicación y localización.....	2
1.1.1.1.3. Vías de comunicación.....	2
1.1.1.1.4. Colindancias .....	3
1.1.1.2. Condición económica .....	3
1.1.1.2.1. Vivienda.....	4
1.1.2. Aspectos socioculturales .....	5
1.1.2.1. Educación.....	5
1.1.2.2. Religión y costumbres .....	5
1.1.2.3. Cultura .....	6
1.1.2.4. Organización social .....	6
1.1.3. Aspectos demográficos.....	7
1.1.4. Aspectos topográficos.....	7
1.1.5. Servicios y diversiones existentes en la comunidad .....	7

1.1.5.1.	Agua potable .....	7
1.1.5.2.	Disposición de aguas residuales .....	9
1.1.5.2.1.	Inadecuada disposición de aguas residuales .....	9
1.1.5.3.	Salud .....	10
1.1.5.4.	Desechos sólidos .....	10
1.1.5.5.	Transporte .....	10
1.1.5.6.	Energía eléctrica .....	10
1.1.5.7.	Teléfono .....	11
1.1.5.8.	Comercios .....	11
1.1.5.9.	Diversiones.....	11
1.2.	Monografía de la aldea El Ingeniero .....	11
1.2.1.	Características socioeconómicas de la comunidad .....	11
1.2.1.1.	Generalidades .....	11
1.2.1.1.1.	Aspectos físicos.....	12
1.2.1.1.2.	Ubicación y localización .....	12
1.2.1.1.3.	Vías de comunicación .....	13
1.2.1.1.4.	Colindancias .....	13
1.2.1.2.	Condición económica .....	13
1.2.1.2.1.	Vivienda.....	14
1.2.2.	Aspectos socioculturales .....	14
1.2.2.1.	Educación.....	14
1.2.2.2.	Religión y costumbres .....	14
1.2.2.3.	Cultura.....	14
1.2.2.4.	Organización social .....	15
1.2.3.	Aspectos demográficos .....	16
1.2.4.	Aspectos topográficos .....	16
1.2.5.	Servicios y diversiones existentes en la comunidad .....	17
1.2.5.1.	Agua potable .....	17

1.2.5.2. Disposición de aguas residuales .....	17
1.2.5.3. Inadecuada disposición de aguas residuales .....	18
1.2.5.4. Salud .....	18
1.2.5.5. Desechos sólidos .....	18
1.2.5.6. Transporte .....	19
1.2.5.7. Energía eléctrica.....	19
1.2.5.8. Teléfono .....	19
1.2.5.9. Comercios .....	19
1.2.5.10. Diversiones.....	20

## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL INGENIERO Y PETAPILLA**

2.1. Estudio topográfico.....	21
2.1.1. Altimetría.....	21
2.1.2. Planimetría.....	21
2.2. Población futura .....	22
2.3. Período de diseño .....	22
2.4. Cálculo de caudales .....	23
2.4.1. Aspectos generales .....	23
2.4.1.1. Caudal .....	23
2.4.1.2. Velocidad de flujo .....	24
2.4.1.3. Velocidad de arrastre .....	24
2.4.1.4. Factor de área .....	24
2.4.1.5. Densidad de población .....	25
2.4.1.6. Tirante .....	25
2.4.2. Caudal domiciliar .....	25
2.4.3. Caudal de conexiones ilícitas .....	26
2.4.4. Caudal de infiltración .....	28
2.4.5. Caudal comercial .....	28

2.4.6.	Caudal industrial.....	29
2.4.7.	Factor de Harmond.....	29
2.4.8.	Factor de caudal medio.....	30
2.4.9.	Caudal de diseño.....	31
2.4.10.	Pendientes máximas y mínimas.....	32
2.5.	Cálculo de cotas Invert.....	32
2.6.	Tubería.....	34
2.6.1.	Características.....	35
2.6.2.	Ventajas.....	36
2.6.3.	Normas.....	36
2.6.4.	Diámetros.....	37
2.6.5.	Factor de rugosidad.....	37
2.7.	Pozos de visita.....	38
2.7.1.	Especificaciones de colocación.....	39
2.7.2.	Especificaciones físicas.....	40
2.7.3.	Conexiones domiciliarias.....	41
2.7.4.	Profundidad de tubería.....	43
	2.7.4.1. Normas y recomendaciones.....	44
2.8.	Volumen de excavación.....	45
2.9.	Principios hidráulicos.....	46
2.9.1.	Ecuación de Maning para flujo en canales.....	46
2.9.2.	Ecuación a sección llena.....	48
2.9.3.	Ecuación a sección parcialmente llena.....	49
2.9.4.	Relaciones hidráulicas.....	50
2.10.	Tratamiento de aguas residuales.....	54
2.10.1.	Importancia del tratamiento.....	54
2.10.2.	Proceso de tratamiento.....	55
	2.10.2.1. Tratamiento preliminar.....	56
	2.10.2.2. Tratamiento primario.....	56

2.10.2.3. Tratamiento secundario .....	56
2.10.2.4. Tratamiento terciario.....	57
2.10.2.5. Sistemas de tratamiento .....	57
2.10.2.6. Limitaciones en la selección del tipo de tratamiento .....	59
2.10.2.7. Debilidad de los tratamientos .....	62
2.10.2.7.1. Primario .....	62
2.10.2.7.2. Secundario .....	62
2.10.3. Propuesta de planta de tratamiento.....	63
2.11. Desfogue.....	66
2.12. Especificaciones técnicas .....	67
2.12.1. Parámetros de diseño.....	67
2.13. Ejemplo de cálculo de un ramal .....	70
<b>3. CUANTIFICACIÓN Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>75</b>
<b>4. VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b>	
4.1. Características de las amenazas, daños y riesgos para el sistema de alcantarillado .....	93
4.1.1. Amenazas naturales .....	95
4.1.2. Efectos generales producidos por los terremotos.....	99
4.1.3. Daños producidos por terremotos.....	100
4.2. Concepto de vulnerabilidad.....	102
4.2.1. Cuantificación de la vulnerabilidad .....	103
4.2.2. Estimación de la vulnerabilidad .....	104
4.2.3. Identificación de la vulnerabilidad .....	104
4.2.3.1. Vulnerabilidad administrativa.....	105
4.2.3.2. Vulnerabilidad operativa .....	107
4.2.3.3. Vulnerabilidad física .....	107

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>115</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>117</b>



## LISTA DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Caso especial de cota Invert .....	14
2.	Partes de un pozo de visita .....	13
3.	Conexiones domiciliars.....	26
4.	Profundidad de tubería .....	29
5.	Área a sección parcialmente llena.....	31
6.	Plano topográfico, proyecto Petapilla .....	44
7.	Plano densidad de vivienda, proyecto Petapilla .....	75
8.	Plano red general, proyecto Petapilla .....	77
9.	Plano planta perfil 1, proyecto Petapilla.....	79
10.	Plano planta-perfil 2, proyecto Petapilla .....	81
11.	Plano planta-perfil 3, proyecto Petapilla .....	83
12.	Plano en detalle del pozo de visita y las conexiones domiciliars .....	85
13.	Plano topográfico, proyecto El Ingeniero .....	87
14.	Plano densidad de vivienda, proyecto El Ingeniero .....	75
15.	Plano red general, proyecto El Ingeniero.....	77
16.	Plano planta perfil 1, proyecto El Ingeniero .....	79
17.	Plano planta-perfil 2, proyecto El Ingeniero .....	81
18.	Plano planta-perfil 3, proyecto El Ingeniero .....	83
19.	Plano planta-perfil 4, proyecto El Ingeniero .....	85
20.	Plano en detalle del pozo de visita y las conexiones domiciliars .....	87

## TABLAS

I.	Dimensiones básicas de la tubería NOVAFORT .....	19
II.	Factores de rugosidad (n) .....	22
III.	Profundidad mínima de la cota Invert para evitar ruptura (cm).....	24
IV.	Ancho de zanja de acuerdo al diámetro de la tubería que se va a instalar y la profundidad a la que será colocada (m) .....	27
V.	Relaciones hidráulicas para sección circular .....	29
VI.	Sistemas de tratamiento .....	29
VII.	Limitaciones en los sistemas de tratamiento .....	53
VIII.	Costo de mano de obra .....	69
IX.	Constantes para registro en conexión domiciliar .....	69
X.	Constantes para pozos de visita.....	69
XI.	Andamios de pozos de visita .....	70
XII.	Costos directos del colector, proyecto Petapilla .....	70
XIII.	Costos directos de los pozos de visita, proyecto Petapilla .....	70
XIV.	Costos directos de las conexiones domiciliarias, proyecto Petapilla ....	71
XV.	Costo directos de las obras accesorias, proyecto Petapilla.....	72
XVI.	Resumen de costos por renglón, proyecto Petapilla .....	72
XVII.	Costos directos del colector, proyecto El Ingeniero.....	70
XVIII.	Costos directos de los pozos de visita, proyecto El Ingeniero .....	70
XIX.	Costos directos de las conexiones domiciliarias, proyecto El Ingeniero	71
XX.	Costo directos de las obras accesorias, proyecto El Ingeniero .....	72
XXI.	Resumen de costos por renglón, proyecto El Ingeniero .....	73
XXII.	Efecto de los desastres naturales.....	93

## LISTADO DE SÍMBOLOS

km (km)	Kilómetro (s)
m (m)	Metro (s)
r.	Tasa de crecimiento de la población
%	Por ciento
v .	Velocidad del flujo en la alcantarilla
V.	Velocidad del flujo a sección llena
d.	Altura del tirante de agua en la alcantarilla
D.	Diámetro de la tubería
a.	Área que ocupa el tirante de agua en la alcantarilla
A.	Área de la tubería (en caso a/A)
A.	Área de terreno (en el caso $Q=CIA$ )
q.	Caudal de diseño
Q.	Caudal a sección llena de la tubería
v/V.	Relación de velocidades
d/D.	Relación de diámetros
a/A.	Relación de alturas
q/Q.	Relación de caudales
m/s.	Metros por segundo (velocidad)
I.	Intensidad de lluvia
C.	Coefficiente de escorrentía de una superficie
A.	Área
mm/h.	Milímetros por hora
FH.	Factor de Harmond
P.	Población
n.	Coefficiente de rugosidad

R.	Radio
S.	Pendiente
Rh.	Radio Hidráulico
Min.	Mínima
Max.	Máxima
P.V.C.	Material fabricado a base de Cloruro de Polivinilo
Est.	Estación
P.O.	Punto Observado
Dist.	Distancia
Lts/hab/día.	Litros por habitante por día
Adim.	Adimensional
M <sup>2</sup>	Metros cuadrados
M <sup>3</sup>	Metros cúbicos
hab	Habitantes
S%	Pendiente en porcentaje
P.V.	Pozo de visita
Secc.	Sección (se refiere a la sección de la tubería)
dis	Diseño (se refiere a caudal de diseño)
secc. Ll.	Sección llena
p/unit.	Precio unitario
conex.	Conexión
domic.	Domiciliar
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
D.G.O.P.	Dirección General de Obras Públicas
S.S.	Sólidos en suspensión totales.

## GLOSARIO

<b>Acimut</b>	El acimut verdadero de una visual a un objeto terrestre, es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El acimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
<b>Aeróbico</b>	Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
<b>Aguas negras</b>	El agua que se desecha, después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.
<b>Aguas servidas</b>	Sinónimo de aguas negras.
<b>Amenaza</b>	La probabilidad de ocurrencia dentro de un tiempo y lugar determinado, de un fenómeno natural o provocado por la actividad humana y que se torna peligroso para las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas y medio ambiente.
<b>Anaeróbico</b>	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.

<b>Análisis de Vulnerabilidad</b>	Proceso para determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño o interrupción de edificaciones, instalaciones y sistemas o de grupos humanos y las medidas de emergencia a tomarse ante las amenazas.
<b>Bacteria</b>	Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento, incluyendo oxidación biológica, digestión, nitrificación y desnitrificación.
<b>Banco de marca</b>	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Canon de agua</b>	Volumen de agua que se utiliza en un mes en una vivienda (establecido por la municipalidad).
<b>Coagulación</b>	Aglomeración de partículas coloidales (<0.001mm.) y dispersas (0.001 a 0.01 mm.) en coágulos visibles, con la adición de un coagulante.

<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
<b>Coliformes</b>	Bacterias gram negativas, de forma alargada, capaces de fermentar lactosa, con producción de gas a la temperatura de 35 ó 37 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 ó 44.5 °C, se denominan coliformes fecales.
<b>Componentes</b>	Parte discreta del sistema capaz de operar independientemente, pero diseñado, construido y operado como parte integral del sistema. Ejemplos de componentes individuales son los pozos de visita, las conexiones domiciliarias, el colector, etc.
<b>Confiabilidad</b>	Seguridad de un componente o sistema para resistir amenazas.
<b>Cota invert</b>	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
<b>DBO</b>	Demanda bioquímica de oxígeno; cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente 5 días y 20 °C).

<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno; medida de la cantidad de oxígeno requerido por oxidación química de la materia orgánica (carbonácea), del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en una prueba que dura 2 horas.
<b>Depuración de aguas residuales</b>	Término usado para significar la purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales, como DBO, DQO, bacterias, materiales tóxicos, etc. Se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos. El término tratamiento de aguas residuales es preferible para aplicarlo a líquidos y lodos.
<b>Desastre natural</b>	Ocurrencia de un fenómeno natural en un espacio y tiempo limitado que causa trastornos en los patrones normales de vida y ocasiona pérdidas humanas, materiales y económicas debido a su impacto sobre poblaciones, propiedades, instalaciones y ambiente.
<b>Descarga</b>	Lugar a donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, sean crudas o tratadas.
<b>Desfogar</b>	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
<b>Efluente del emisario</b>	Caudal de aguas negras que salen de la alcantarilla.



<b>Emergencia</b>	Situación fuera de control que se presenta por el impacto de un desastre.
<b>Etareos</b>	Clasificación por edades y sexos.
<b>Excretas:</b>	Residuos de alimento que, después de hecha la digestión, despide el cuerpo por el ano.
<b>Fenómeno natural</b>	Manifestación de las fuerzas de la naturaleza, como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etc.
<b>Fétido</b>	Que arroja de sí mal olor.
<b>Filtro percolador</b>	Proceso de tratamiento secundario, formado por un medio filtrante de piedra gruesa o de material sintético, sobre el cual se distribuye el agua residual que percola hacia abajo. La película de microorganismos que crece en el medio de contacto metaboliza la materia orgánica del desecho y se desprende, siendo removida en el proceso de sedimentación secundaria.
<b>Laguna aeróbica</b>	Término utilizado a veces para significar “laguna de alta producción de biomasa”.
<b>Lagunas facultativas</b>	Laguna de coloración verdosa, cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una laguna facultativa primaria existe comensalismo entre algas

y bacterias en la presencia de oxígeno, y en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaeróbica de los sólidos sedimentados.

**Lodo activado**

Lodo recirculado del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el proceso de lodos activados, que consiste principalmente de biomasa y lleva alguna cantidad de sólidos inorgánicos.

**Medidas de mitigación**

Conjunto de acciones y obras a implementar antes del impacto de las amenazas, para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y sistemas.

**Monografía**

Breve descripción de las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo o tratamiento específico de un tema.

**Nivelación**

Término general que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos altimétricos por medio de los cuales se determinan elevaciones o niveles de puntos determinados.

**Parásito**

Organismo protozoario y helmintos que, habitando en el intestino, pueden causar enfermedades. Los helmintos pueden ser de forma plana y redonda (nematodos). Estos últimos son los de mayor significación en aguas residuales.

<b>Permeabilidad</b>	Propiedad que tienen los suelos de dejar pasar el agua a través de sus poros.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las proyecciones horizontales de una superficie.
<b>Porcentaje de escorrentía</b>	Porcentaje del agua pluvial que va a la alcantarilla.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tuberías, y para iniciar un tramo de drenaje.
<b>Prevención</b>	Acciones de preparación para disminuir el efecto del impacto de los desastres.
<b>Proceso biológico</b>	Proceso en el cual la materia orgánica del desecho es asimilada por bacterias y otros microorganismos, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos.
<b>Proceso de lodos activados</b>	Proceso de tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aeración una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para recirculación y/o disposición del lodo activado.

<b>Rafa</b>	Reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos, en el cual el desecho fluye hacia arriba a través de una zona de manto de lodos.
<b>Reúso de aguas residuales</b>	Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico (reúso agrícola, industrial, etc.).
<b>Riesgo</b>	Resultado de una evaluación, generalmente probabilística, de que las consecuencias o efectos de una determinada amenaza excedan valores prefijados.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.
<b>Topografía</b>	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre y debajo de la misma.
<b>Tratamiento terciario</b>	Proceso de tratamiento físico-químico o biológico usado para alcanzar un grado de tratamiento superior al de tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros, como: remoción de sólidos en suspensión (microcribado, clarificación química, filtración, etc.), remoción de complejos orgánicos disueltos (absorción, oxidación química, etc.), remoción de compuestos inorgánicos disueltos (destilación, electro diálisis, intercambio

iónico, ósmosis inversa, precipitación química, etc.),  
remoción de nutrientes (nitrificación-desnitrificación,  
desgasificación del amoníaco, precipitación química,  
asimilación biológica, etc.).

**Tratamiento biológico** Proceso de tratamiento en el cual se intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

**Tratamiento en el terreno** Irrigación con aguas residuales parcialmente tratadas (remoción de nemátodos intestinales), con el fin de alcanzar una purificación adicional en el suelo y cultivos, los cuales utilizan los nutrientes del agua residual.

**Vulnerabilidad** Grado de daño susceptible que experimentan las personas, edificaciones, sistemas, cuando están expuestas a la ocurrencia de un fenómeno natural.



## **RESUMEN**

Este estudio se basa en el diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla, del municipio de Chiquimula, enfocado para darle solución a un problema primordial y mitigar el daño al ambiente.

En la primera parte de este documento se formula una breve monografía de las comunidades, con datos como aspectos socioculturales y económicos, que son factores importantes en el desarrollo del proyecto.

En la segunda parte se describen criterios técnicos que se deben considerar y que fueron aplicados en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, así como de los sistemas de tratamiento de aguas negras, y se presenta una propuesta de planta de tratamiento ajustada a los recursos con que cuentan las comunidades para que su funcionamiento sea eficaz.

En la tercera parte se presentan los criterios utilizados para la elaboración y estimación de costos de los sistemas de alcantarillado.

En la cuarta parte se detalla el análisis de vulnerabilidad, no sólo a las estructuras físicas de los sistemas o componentes, sino también a la organización y administración, estrategias de operación y mantenimiento del sistema por parte de la entidad encargada, que en este caso sería la municipalidad de Chiquimula.





# OBJETIVOS

## General

Diseñar el sistema de drenaje sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla, del municipio de Chiquimula, para proporcionar a las comunidades una solución técnica a un servicio de vital importancia, disminuyendo así la proliferación de enfermedades y la contaminación del medio ambiente, para mejorar el nivel de vida de los habitantes del lugar.

## Específicos

- Diseñar un sistema de drenaje sanitario adecuado y eficiente para cada una de las aldeas El Ingeniero y Petapilla, ya que actualmente no cuentan con dicho servicio, por lo cual las aguas negras no tienen una disposición final correcta.
- Evitar la propagación de enfermedades y el deterioro del medio ambiente con la implementación del servicio de drenajes sanitarios que mejoraría el nivel de vida de la población y el ornato de la comunidad.



# INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que afrontan la ciudad de Chiquimula y sus alrededores es la insuficiencia o escasez de agua, lo que ha obligado a muchos a buscar otras fuentes de abastecimiento, siendo la más accesible las fuentes subterráneas.

Y es aquí donde nace la necesidad de la aplicación de proyectos científicos que ayuden a reducir las condiciones desfavorables, ya que uno de los factores que contribuyen a la contaminación del agua superficial y subterránea y del ambiente es la mala disposición de las aguas negras, teniendo como consecuencia inmediata para el ser humano la propagación de enfermedades. Además, las aguas residuales a flor de tierra causan mal aspecto y producen olores desagradables, derivados de la descomposición de la materia orgánica que transportan.

Por esta razón, la correcta disposición de las aguas servidas constituye un factor importante para la conservación de la salud de los habitantes y proporciona un mejor nivel de vida a los mismos.

Este estudio desarrolla un sistema de alcantarillado que servirá para transportar de manera segura las aguas negras de las aldeas El Ingeniero y Petapilla, del municipio de Chiquimula, hacia un lugar alejado, a fin de darle el tratamiento adecuado y la disposición final para lograr mitigar el daño al ambiente y solucionar uno de los problemas de dichas comunidades.



# **1. INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía de la aldea El Ingeniero**

### **1.1.1. Características socioeconómicas de la comunidad**

#### **1.1.1.1. Generalidades**

A finales del siglo XIX, la región que ocupa la aldea se encontraba casi deshabitada y pertenecía a la jurisdicción de Petapilla, pero cuando se iniciaron los trabajos de construcción de la carretera de Chiquimula a Zacapa se instaló un campamento donde se alojaban los trabajadores e ingenieros que tenían a su cargo los trabajos, y para mayor identificación, a ese lugar se le denominó “Mojón del Ingeniero”, lugar que al irse poblando paulatinamente se le fue conociendo como el “Ingeniero”. Por esta carretera de terracería viajaban como a lomo de bestia las personas que al llegar a Zacapa abordaban los trenes que los conducían a la Ciudad Capital.

Posteriormente, entre 1920 y 1930, con la llegada a esta región de los primeros vehículos automotores, la carretera Zacapa-Chiquimula se amplió y adquirió mayor importancia, hasta que en 1969, en el gobierno del Lic. Julio César Méndez Montenegro, se inauguró la nueva carretera asfaltada del tramo Río Hondo-Agua Caliente, Esquipulas, que dejó en desuso la que atravesaba la aldea El Ingeniero, quedando en la actualidad, como un vestigio, el tramo que sirve de calle principal a la aldea, al igual que lo hace con Petapilla.

#### **1.1.1.1.1. Aspectos físicos de la región**

La comunidad se encuentra ubicada en la zona de vida bosque espinosa sub-tropical, con una precipitación pluvial promedio de 1000 mm. anuales, distribuida de mayo a septiembre (*Atlas climatológico de la República de Guatemala*). Tiene una temperatura media de 35 °C, una humedad relativa de 67%. Su altura con respecto al nivel del mar es de 350 metros.

#### **1.1.1.1.2. Ubicación y localización**

La aldea El Ingeniero se encuentra ubicada en una latitud 14° 44' 44" y longitud 89° 32' 36", localizada en el municipio de Chiquimula, en el departamento del mismo nombre, en el km 164 de la carretera que de la ciudad capital de Guatemala conduce a la ciudad de Esquipulas, distribuidos así: Ciudad de Guatemala a cruce de Río Hondo (CA-9 Ruta al Atlántico) 136 km, cruce de Río Hondo a aldea El Ingeniero (CA-10 Ruta a Esquipulas) 28 km. La distancia de la cabecera departamental de Chiquimula es de sólo 7 km.

#### **1.1.1.1.3. Vías de comunicación**

La aldea es de fácil acceso por la carretera asfaltada mencionada anteriormente, conocida también como carretera "De la Fe", por conducir a Esquipulas, donde se venera al "Cristo Negro".

El eje de la aldea lo constituye la antigua carretera Zacapa-Chiquimula, que es de terracería y corre paralelamente a la nueva cinta asfáltica, a menos de 100 metros de ella. La mayoría de las viviendas de la aldea se encuentran diseminadas a lo largo de la antigua carretera, en una extensión aproximada de kilómetro y medio, que va del puente Petapilla al pie del llamado “Cerro del Potro” o “La cumbre del Ingeniero”.

#### **1.1.1.1.4. Colindancias**

La aldea limita al norte con el llamado “Cerro del Potro”, al sur con el puente “Petapilla”; al este con la carretera “De la Fe”, y al oeste con la quebrada “Las Pozas”. Las aldeas vecinas son: al sur, Petapilla; al este, San Miguel y Santa Bárbara y al oeste, Maraxcó y el Pinalito.

#### **1.1.1.2. Condición económica**

La población económicamente activa es del 47.7%. Un 51.9% de familias poseen con tierra y un 48.1% no cuentan con ella.

La mayoría de las personas de la comunidad (84%) son agricultores dedicados a la labranza de sus tierras y ejidos municipales. Su principal cultivo lo constituye el maíz. En menor escala se siembra unas variedades de frijol llamado “cachito” y “petaca”. Algunos crían vacas, cerdos y gallinas para venderlos, y ello constituye su principal fuente de ingresos.

En algunos hogares también funcionan pequeños talleres de artesanías, donde madre e hijas se dedican a la fabricación de canastos de palma y de tule, así como escobas, que luego se venden en Esquipulas o en el mercado de la cabecera municipal. Es de hacer notar que la materia prima para la fabricación de estos objetos no se produce en la comunidad, sino que se adquiere en Chiquimula. Ellos equivalen un 2.7% de trabajadores por su cuenta, y 1.1% son comerciantes. Algunas personas de la comunidad trabajan en la cabecera departamental en instituciones gubernamentales (un 6.5% de la población). En general, se estima que el nivel económico en esta comunidad está por arriba del de subsistencia, con tendencia a la clase media baja. El promedio de ingreso mensual por familia es de Q 1,200.00.

#### **1.1.1.2.1. Vivienda**

Las condiciones de vivienda arrojan un puntaje promedio de 10.5, lo que significa que la mayoría de los materiales utilizados en la construcción de las viviendas son adquiridos localmente, sin mayor desembolso económico para la familia. La vivienda promedio (57.4%) es de paredes de adobe o bajareque, techo de palma o pajón, y piso de tierra. Un 35.2% con paredes sin repello, techo de teja y adobe con repello, techo de lámina o teja, y piso de torta de cemento, y un 7.4% con paredes de block o adobe con repello, techo de lámina o teja, y piso de torta de cemento.



## **1.1.2. Aspectos socioculturales**

### **1.1.2.1. Educación**

En la aldea desde 1952 funciona la Escuela Nacional Rural Mixta. La primera Directora con Grado fue la profesora Zoila Sarmiento. En 1973 se creó una segunda plaza en la escuela, y desde febrero de 1982 laboran tres profesoras que atienden los seis grados de la enseñanza primaria.

Respecto al edificio escolar, la escuela ha funcionado en dos locales. En febrero de 1953 se inauguró el primero de ellos, que con el aumento de la población escolar llegó a ser insuficiente. El día 17 de febrero de 1973 se inauguró un edificio de una aula, en el local que actualmente ocupa. En 1980 se construyó una segunda aula, y en 1983 se inauguró la tercera. Actualmente la escuela cuenta con cinco aulas, una dirección, una cocina, una cancha de baloncesto. En las mismas instalaciones funciona el Instituto Nacional de Educación Básica por Televisión, jornada vespertina.

### **1.1.2.2. Religión y costumbres**

La mayoría de los habitantes de la aldea son católicos; existen un oratorio y una iglesia. En menor cantidad hay evangélicos, que cuentan con dos iglesias. En la aldea existen curanderos, que incluso son visitados por personas de lugares vecinos.

A pesar de que la mayoría de los habitantes son indígenas, no se habla ninguna lengua autóctona ni se usan trajes típicos.

También existe un pequeño terreno que se utiliza como cementerio.

### **1.1.2.3. Cultura**

La mayoría de pobladores se identifican étnicamente como ladina, y dominan el idioma español.

### **1.1.2.4. Organización social**

La aldea El Ingeniero está organizada por un comité representativo, el cual está identificado con el nombre de Comité Pro-Mejoramiento de la aldea El Ingeniero. Dicho comité se encuentra reconocido por la Gobernación Departamental y la Municipalidad de Chiquimula.

Al promocionar el proyecto de drenaje sanitario se estableció un 100% de participación y disponibilidad para la ejecución del mismo, aceptando la comunidad aportar la mano de obra y los materiales locales disponibles en forma gratuita.

La mayoría de la población se identifica con el proyecto, lo acepta y están interesados en la ejecución del mismo para beneficio y desarrollo de la comunidad. El comité esta organizado y están dispuestos a participar en otras actividades que conlleva el proyecto.

Tomando en cuenta el grado positivo de organización, aceptación y disponibilidad para la ejecución del proyecto puede indicarse que este será sostenible, ya que el 100% de la población está en la disposición de mantenerlo en buen estado.

Para garantizar de mejor forma la sostenibilidad de los proyectos es necesario realizar un proceso de promoción social bastante fuerte a fin de generar en los beneficiarios la capacidad de manejar y mantener el sistema propuesto en buen estado.

La comunidad está dispuesta a proporcionar parte de la mano de obra y materiales locales, así como a dedicar el tiempo que sea necesario, en forma gratuita, para que el proyecto de drenaje sanitario sea una realidad.

### **1.1.3. Aspectos demográficos**

La aldea tiene una población aproximada de 1400 habitantes, en un total de 270 viviendas, lo que da un promedio de 6 personas por familia. Muchas familias provienen de aldeas vecinas como Santa Bárbara, San Miguel y La Puerta.

### **1.1.4. Aspectos topográficos**

La topografía es semiplana, con pendientes del 5 al 10%.

### **1.1.5. Servicios y diversiones existentes en la comunidad**

#### **1.1.5.1. Agua potable**

Las necesidades principales que cubre el uso del agua son: consumo humano, aseo personal y doméstico, lavado de ropa y preparación de alimentos. Como es un área que está creciendo poco a poco, se ha convertido en un área urbana, no teniendo terrenos para cultivo cercanos a la aldea.

La aldea cuenta desde septiembre del año 1981 con un servicio de llenacántaros público, 16 de los cuales funcionan actualmente en forma deficiente, con agua traída de una fuente que se encuentra entre las aldeas La Puerta y San Miguel. Se cuenta con un pozo mecánico que distribuye el vital líquido a la mayoría de viviendas y también con un pozo público excavado que, en épocas de escasez, sirve como fuente de abastecimiento.

El gran problema que ha surgido desde la inauguración es el poco mantenimiento que ha tenido. La falta de seguimiento por parte de la entidad ejecutora ha provocado que el proyecto se haya ido deteriorando, lo cual provoca malestar entre los vecinos.

Por tal motivo, al sentirse abandonados y no tener solución a este problema, han venido sufriendo de escasez de este vital líquido desde el año 2000. Desde entonces no ha habido un servicio regular de agua, habiendo algunos sectores, como las partes altas, adonde no llega agua, lo que ha obligado a la población a construir sus propios pozos. 70 familias cuentan con pozos excavados, de los cuales 50 se operan manualmente y 20 son operados por medio de bombas eléctricas. La profundidad promedio de los pozos es de aproximadamente 15 m.

En lo que respecta al lavado de ropa, la mayoría lo realiza en un río, el cual se encuentra a una distancia promedio de 1.5 km. La distancia promedio de acarreo oscila entre 30 a 40 m.

### **1.1.5.2. Disposición de aguas residuales**

Con relación al sistema utilizado para la disposición de aguas negras, es necesario indicar que el 12% de las viviendas cuentan con pozos de absorción; el 78% de las viviendas evacuan a letrinas pozo ciego exclusivamente las aguas de servicio sanitario, y los 10% restantes evacuan las aguas negras a la intemperie.

#### **1.1.5.2.1. Inadecuada disposición de aguas residuales**

La contaminación del medio resulta de la mala disposición de aguas residuales, las cuales corren sobre las calles de la aldea, ya que en varios de los casos los pozos construidos son utilizados únicamente para depositar el agua de inodoro, no así las de pila y ducha. Esto produce, a la vez, la propagación de zancudos y, con ello, enfermedades como el dengue.

Al estar expuesta el agua residual sobre las calles, se corre el riesgo de que los niños jueguen con esta agua y adquieran enfermedades gastrointestinales, lo cual incide en la economía familiar, ya que deben incurrirse en gastos médicos y medicinales.

Las familias, al construir pozos para depositar aguas servidas, también corren peligro de adquirir enfermedades gastrointestinales, debido a que contaminan las aguas subterráneas, que es su fuente de abastecimiento.

### **1.1.5.3. Salud**

Los habitantes de esta comunidad no cuentan con servicios médicos locales. Por esta razón, se ven obligados a viajar a la cabecera departamental ,que queda a 7 kilómetros de distancia, en donde son atendidos en los Servicios de Salud del Estado (Hospital, Centro de Salud) o en clínicas particulares. Las enfermedades más frecuentes son las respiratorias, las gastrointestinales, el dengue y el paludismo.

La aldea no cuenta con dispensario por su proximidad a la cabecera departamental, pero en ella se llevan a cabo campañas de vacunación en forma periódica.

### **1.1.5.4. Desechos sólidos**

En la aldea no se cuenta con el servicio de recolector de basura, lo que provoca que los habitantes quemen la basura en sitios baldíos.

### **1.1.5.5. Transporte**

La aldea cuenta con servicio de bus urbano hacia la cabecera departamental, además del servicio ordinario que brinda el transporte extra-urbano.

### **1.1.5.6. Energía eléctrica**

Desde 1973 la aldea cuenta con ser vicio de energía eléctrica.

#### **1.1.5.7. Teléfono**

La privatización del servicio telefónico ayudó a que la mayor parte de las viviendas cuente con servicio de teléfono.

#### **1.1.5.8. Comercios**

Además del servicio que prestan varias tiendas y pulperías, la aldea cuenta con un restaurante y con talleres artesanales donde madre e hijas se dedican a la fabricación de canastos de palma y de tule, así como escobas y sillas plegadizas que luego se venden en Esquipulas o en el mercado de la cabecera municipal de Chiquimula.

#### **1.1.5.9. Diversiones**

En lo que respecta a diversiones, el mayor atractivo lo constituye la cancha de fútbol que se encuentra en el extremo sur de la aldea. A la par de esta se ha construido una cancha de baloncesto. Una vez por semana se proyectan películas recreativas. Actualmente se construye un salón comunal para la realización de eventos sociales.

### **1.2. Monografía de la aldea El Ingeniero**

#### **1.2.1. Características socioeconómicas de la comunidad**

##### **1.2.1.1. Generalidades**

Nombre de la comunidad: Petapilla

#### **1.2.1.1.1. Aspectos físicos de la región**

La aldea de Petapilla tiene un clima tropical cálido seco característico del municipio, con una temperatura media de aproximadamente 30°C, precipitaciones pluviales medias anuales de aproximadamente 1,000 milímetros.

En lo que respecta a la flora, podemos decir que es escasa, debido a lo árido del terreno, en donde predominan los llamados “chatunes” o terrenos pedregosos. Sin embargo, podemos encontrar árboles de gallito, aripín, guacamayo, y en menor cantidad, conacastes, ceiba y morro. En algunos hogares de la aldea se encuentran limón, anona, marañón, papaya, mango y otros árboles frutales.

Entre la fauna de la región encontramos víboras cascabel, culebras ratoneras y zumbadoras, tacuazines, zorrillos, ratas, lagartijas, diversas variedad de palomas, liebres, y algunas veces se escuchan coyotes en las lomas vecinas.

#### **1.2.1.1.2. Ubicación y localización**

La comunidad de Petapilla pertenece a la cabecera departamental de Chiquimula. Se encuentra al norte de la cabecera departamental, a 3 kilómetros de distancia. De la ciudad capital dista 167 km distribuidos así: Ciudad de Guatemala a cruce Río Hondo 136 km (asfalto) Ruta CA-10 al Atlántico, y Cruce de Río Hondo a aldea Petapilla 31 km (asfalto) Ruta CA-9 a Esquipulas.



#### **1.2.1.1.3. Vías de comunicación**

La aldea es de fácil acceso por la carretera asfaltada mencionada anteriormente, conocida también como carretera “De la Fe” por conducir a Esquipulas, donde se venera al “Cristo Negro”.

#### **1.2.1.1.4. Colindancias**

La aldea limita al norte con el puente Petapilla; al sur con la cabecera departamental de Chiquimula; al este con la carretera “De la Fe”, y al oeste con las colonias El Mirador y Choropín, de la ciudad de Chiquimula. Las aldeas vecinas son: al norte, El Ingeniero, y al este, Santa Bárbara; al sur colinda con la ciudad de Chiquimula.

#### **1.2.1.2. Condición económica**

El 12.5% de la población se dedica a la agricultura, siendo su principal cultivo el maíz. El 75% son trabajadores asalariados que trabajan a nivel estatal o privado en la ciudad de Chiquimula y un 12.5% se dedica al comercio. Es de hacer notar que un buen número de vecinos reciben apoyo económico de familiares residentes en Estados Unidos.

El promedio de ingreso mensual por familia es de Q 1,350.00 y anual de Q 16,200.00.

### **1.2.1.2.1. Vivienda**

Las viviendas están construidas en 62.5% con paredes de bloque, 25% de bajareque y 12.5% de adobe; el 87% de paredes están con repello. El techo 75% de viviendas lo tienen de lámina, el 12.5% de teja y el 12.5% terraza. El piso es de cemento y ladrillo.

## **1.2.2. Aspectos socioculturales**

### **1.2.2.1. Educación**

La comunidad cuenta con una escuela primaria, con dos maestros. Se estima que el 82% de la población sabe leer y escribir. La cercanía de la comunidad a la ciudad les facilita el acceso a la educación, además de contar con transporte urbano que llega a la misma.

### **1.2.2.2. Religión y costumbres**

La mayoría de los habitantes de la aldea son católicos, existiendo una iglesia. En menor cantidad evangélicos, que cuentan también con una iglesia. Sus habitantes son ladinos, en la misma no se habla ninguna lengua autóctona ni se usan trajes típicos.

### **1.2.2.3. Cultura**

La población en su mayoría se identifica étnicamente como ladina y en su totalidad los habitantes hablan el idioma español.

#### **1.2.2.4. Organización social**

La comunidad cuenta con un comité pro-mejoramiento de la aldea, que ha sido el encargado de llevar a cabo la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable y también serán los encargados de mantener en buenas condiciones el sistema de alcantarillado sanitario. Este comité ha sido reorganizado en varias oportunidades y las personas que lo conforman en la actualidad cuentan con el apoyo de la comunidad. En las reuniones que han sido programadas se ha contado con la participación del sexo femenino.

Al promocionar el proyecto de drenaje sanitario se estableció un 100% de participación y disponibilidad para la ejecución del mismo, aceptando la comunidad aportar en forma gratuita la mano de obra y los materiales locales disponibles.

La mayoría de la población se identifica con el proyecto, lo acepta y está interesada en la ejecución del mismo para beneficio y desarrollo de la comunidad. El comité está organizado y dispuesto a participar en otras actividades que conlleva el proyecto.

Tomando en cuenta el grado positivo de organización, aceptación y disponibilidad para la ejecución del proyecto, puede indicarse que este será sostenible, dado que el 100% de la población está en la disposición de mantenerlo en buen estado.

Para garantizar de mejor forma la sostenibilidad de los proyectos es necesario realizar un proceso de promoción social bastante fuerte, a fin de generar en los beneficiarios la capacidad para manejar y mantener en buen estado el sistema propuesto.

La comunidad está dispuesta a proporcionar parte de la mano de obra y materiales locales, así como a dedicar el tiempo que sea necesario en forma gratuita para que el proyecto de drenaje sanitario sea una realidad.

### **1.2.3. Aspectos demográficos**

La aldea tiene una población aproximada de 695 habitantes, en un total de 115 viviendas, lo que da un promedio de 6 personas por familia. Muchas familias provienen de aldeas vecinas.

### **1.2.4. Aspectos topográficos**

La aldea presenta una topografía semiplana. Tiene una altura sobre el nivel de mar de 345 m (*Atlas climatológico de la República de Guatemala y Diccionario geográfico de Guatemala*).

## **1.2.5. Servicios y diversiones existentes en la comunidad**

### **1.2.5.1. Agua potable**

Los vecinos se abastecen en forma deficiente de un sistema de agua potable domiciliar construido por UNEPAR, en el año 1984, del cual se sirven 115 viviendas. Los componentes del sistema son: una captación superficial, un desarenador, una línea de conducción, un tanque metálico elevado con torre de 12 m y de 20 m<sup>3</sup> de capacidad; red de distribución y conexiones domiciliarias. No cuenta con un tratamiento previo a su distribución.

El proyecto fue diseñado en el año de 1983. Entre los parámetros considerados se incluyó un período de diseño de 20 años, una tasa de crecimiento de 3.6% para una población al año 2003, de 930 habitantes. La dotación fue de 90 l/hab/día.

### **1.2.5.2. Disposición de aguas residuales**

Según un censo realizado por el comité de agua potable de la aldea, existen 115 viviendas con letrina, lo que representa el 74%. De ellas 89 son letrinas de pozo ciego y 26 son lavables. De las letrinas de pozo ciego se encuentran en buen estado 32 y en mal estado 79. El resto de las viviendas no tienen letrinas.

Las aguas grises corren superficialmente, al no contarse con un sistema de disposición adecuado, lo cual genera focos de contaminación. La basura es tirada en las calles o callejones, ocasionando también focos de contaminación.

#### **1.2.5.2.1. Inadecuada disposición de aguas residuales**

Las aguas grises corren a flor de tierra provocando charcos en el interior de las viviendas; lo que puede originar en un momento dado, serios problemas de contaminación.

Se considera que en esta comunidad un regular número de habitantes posee algún grado de conocimiento sobre la influencia de las condiciones sanitarias e higiénicas con relación a las enfermedades gastrointestinales.

#### **1.2.5.3. Salud**

Los habitantes de esta comunidad no cuentan con servicios médicos, por lo que recurren a la cabecera departamental a (3 km de distancia) para ser atendidos. Las enfermedades más frecuentes son: respiratorias, gastrointestinales, dengue y paludismo.

#### **1.2.5.4. Desechos sólidos**

En la aldea no se cuenta con el servicio de recolector de basura, por lo que no hay otra opción que quemar la basura en sitios baldíos, provocando así malos olores y la contaminación del aire en los alrededores.

#### **1.2.5.5. Transporte**

La aldea cuenta con servicio de bus urbano hacia la cabecera departamental, además del servicio ordinario que brinda el transporte extra-urbano.

#### **1.2.5.6. Energía eléctrica**

La aldea cuenta con servicio de energía eléctrica.

#### **1.2.5.7. Teléfono**

Gracias a la privatización del servicio telefónico existen muchas facilidades para adquirir cualquier tipo de línea telefónica. Esto ayudó a que la mayor parte de las viviendas cuenten con servicio de teléfono.

#### **1.2.5.8. Comercios**

Además del servicio que prestan varias tiendas y pulperías, la aldea cuenta con un restaurante y una cafetería, talleres artesanales donde madre e hijas se dedican a la fabricación de canastos de palma y de tule, que luego venden en el mercado de la cabecera municipal de Chiquimula. También cuenta con un vivero donde se vende toda clase de plantas ornamentales y árboles frutales.

#### **1.2.5.9. Diversiones**

En lo que respecta a diversiones, el mayor atractivo lo constituye la cancha de básquetbol, donde en época navideña se realizan torneos con equipos formados por los mismos habitantes de la aldea, pero también se encuentra abierta todo el año para la recreación.



## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL INGENIERO Y PETAPILLA**

### **2.1. Estudio topográfico**

#### **2.1.1. Altimetría**

Para el desarrollo del estudio fue necesario determinar las diferentes elevaciones y pendientes del terreno mediante un levantamiento topográfico del perfil del mismo. Con los datos obtenidos se calcularon y trazaron las curvas de nivel. Por tratarse de un estudio de drenajes la precisión de los datos es muy importante, por lo que se realizó una nivelación simple, para lo cual se utilizó un nivelador, estadía de cuatro metros y cinta métrica de metal.

#### **2.1.2. Planimetría**

El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y localizar todos aquellos puntos de importancia. Entre los diferentes métodos que existen para realizar el levantamiento planimétrico se utilizó el más común, que es el de conservación de azimut con vuelta de campana para poligonal abierta, debido a la forma en que las aldeas están estructuradas.

Se utilizó un teodolito con  $0^{\circ}00'20''$  de precisión, una plomada y cinta métrica de metal, estacas de madera, martillo.

## **2.2. Población futura**

El sistema de alcantarillado debe diseñarse para que tenga un funcionamiento eficiente durante un período determinado, por lo que se debe determinar la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en el período establecido, para este cálculo se aplicó el método geométrico de incremento de población. Este es un método que responde más a las condiciones reales de las poblaciones en vías de desarrollo, que crecen a un ritmo geométrico o exponencial. Es un método confiable, ya que evalúa de una mejor forma el crecimiento de la población. Para aplicarlo debemos conocer la población del último censo ( $P_o$ ), la tasa de crecimiento ( $r$ ) y el tiempo en el cual se quiere proyectar la población ( $n$ ). Teniendo estos datos encontraremos la población futura ( $P_n$ ).

$$P = P_o * (1 + r)^n$$

Se utilizó para el efecto una tasa de crecimiento de la población a nivel rural del 3.02% y una densidad de habitantes por vivienda de 6 habitantes/vivienda, datos proporcionados por el Instituto nacional de Estadística (INE), un período de diseño de 30 años tomando en cuenta que se tomará un año conseguir el financiamiento y construir el proyecto. Se calcula con un período de 31 años.

## **2.3. Período de diseño**

Es importante decir que, cuando hablamos del período de diseño, se hace referencia al tiempo en el cual el proyecto prestará eficazmente el servicio para el cual fue diseñado. El período de diseño va en función de la vida útil de los materiales, los recursos económicos y las normas específicas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la Dirección General de Obras Públicas.

## **2.4. Cálculo de caudales**

El cálculo de los diferentes caudales que componen el flujo de aguas negras se efectúa mediante la aplicación de diferentes factores, como son: la dotación de agua potable por habitante por día, los usos de agua en el sector comercial y su dotación, la intensidad de lluvia en la población, la estimación de las conexiones ilícitas, la cantidad de agua que puede infiltrarse en el drenaje y las condiciones socioeconómicas de la población

### **2.4.1. Aspectos generales**

#### **2.4.1.1. Caudal**

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería, así como por la rugosidad de la tubería utilizada. Por norma, se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión. El tirante máximo de flujo que va a transportar lo da la relación  $d/D$ , donde  $d$  es la profundidad o altura del flujo, y  $D$  es el diámetro interior de la tubería; esta relación debe ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.75, para que funcione como un canal abierto.

#### **2.4.1.2. Velocidad de flujo**

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, así como por el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena. Por norma ASTM 3034,  $v$  debe ser mayor de 0.60 metros por segundo, para que no exista sedimentación en la tubería y, por lo tanto, evitar taponamiento, y menor o igual que 3.0 metros por segundo, para que no exista erosión o desgaste; estos datos son aplicables para tubería de PVC. Para la tubería de pared corrugada de doble pared norma ASTM F 949, se permiten velocidades máximas de 5.0 metros por segundo, ya que tiene una mayor resistencia a la erosión y desgaste. Es importante mencionar que para tramos iniciales con poco caudal se tolera velocidades mínimas de 0.40 metros por segundo.

#### **2.4.1.3. Velocidad de arrastre**

La velocidad de arrastre es la mínima velocidad del flujo, que evita la sedimentación de los sólidos para evitar la obstrucción del sistema. Para asegurar el buen funcionamiento del sistema, el valor de la relación mínima  $d/D$  debe ser igual a 0.10.

#### **2.4.1.4. Factor de área**

El factor de área es la relación entre el área total, que se va a drenar, y la longitud total de la tubería del drenaje. Debe estar comprendido entre los valores de 0.0035 a 0.0055, cuyas dimensionales son hectáreas por metro.

#### **2.4.1.5. Densidad de población**

Es la relación entre el número de habitantes que se va a servir y el área a drenar. Sus dimensiones son Hab/Ha.

#### **2.4.1.6. Tirante**

Como ya se mencionó, la altura del tirante o profundidad del flujo deberá ser mayor de 10% del diámetro de la tubería y menor del 75% de la misma; estos parámetros aseguran su funcionamiento como canal abierto, así como la funcionalidad en el arrastre de los sedimentos.

#### **2.4.2. Caudal domiciliar**

El agua tiene diferentes usos dentro del hogar. Estos depende de muchos factores, como el clima, el nivel de vida o las condiciones socioeconómicas, el tipo de población, si se cuenta o no con medición, la presión en la red, la calidad y el costo del agua. Estos usos se han cuantificado por diferentes entidades como son la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. Se establecen los datos en lo referente a bebidas, preparación de alimentos, lavado de utensilios, abluciones, baño, lavado de ropa, descarga de inodoros, pérdidas, etc.

Con lo anterior, se ha podido lograr estimar que del total de agua que se consume, aproximadamente entre un 70% a un 90% se descarga al drenaje, lo cual constituye el caudal domiciliar. El porcentaje de agua que se envía a la alcantarilla es el factor de retorno.

El factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua que, después de ser usada, vuelve al drenaje. En este caso, se considera que un 85% es el factor de retorno. Para estimar este porcentaje se consideró que, el clima cálido del municipio de Chiquimula hace que una buena cantidad de la dotación sea utilizada para aseo personal y como medio de mitigación del calor.

$$Q_{dom} = \frac{No.Hab.*Dot.*F.R}{86,400}$$

Donde:

$Q_{dom}$  = Caudal domiciliar (l/seg)

Dot = Dotación (l/hab/día)

No. Hab = Número de habitantes

Para el diseño del alcantarillado sanitario de la aldea El Ingeniero y la aldea Petapilla, se utilizó una dotación promedio de 150 litros por habitante al día, considerando para el efecto el clima, topografía del terreno y los factores socioculturales de los beneficiarios.

### **2.4.3. Caudal de conexiones ilícitas**

Es ocasionado por la conexión de tuberías de sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario; se estima un porcentaje que varía de 0.5 a 2.5 de las viviendas. Se calcula por medio de la fórmula del método racional.

$$Q_{c.l} = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde

Q = Caudal (l/seg)

C = Coeficiente de escorrentía, la que depende de las condiciones del suelo y topografía del área

I = Intensidad de lluvia (mm/hora)

A = Área que es factible de conectar (Ha)

Según investigaciones del Instituto de Fomento Municipal, con el caudal de conexiones ilícitas para un lugar con las condiciones de Chiquimula, es de 120 litros/habitante/día.

$$Q_{c.I} = \frac{Dot.ilícita * No.Hab.}{86400}$$

Donde:

Dot ilícita = Dotación propuesta para el lugar en estudio

No. Hab. = Número de habitantes a servir

### ***Intensidad de lluvia***

Es la cantidad de lluvia que cae en un área por unidad de tiempo, que se expresa en milímetros por hora; en este caso no se tomó en cuenta, ya que el sistema de alcantarillado sanitario es exclusivamente para la conducción de aguas servidas, y el caudal de conexiones ilícitas se calculó por medio de dotaciones del Instituto de Fomento Municipal.

### ***Porcentaje de escorrentía***

Es la cantidad de lluvia que escurre, en función de la permeabilidad de la superficie.

#### 2.4.4. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, que depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad y tipo de tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas, la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica.

Puede calcularse de dos formas: en litros por hectárea o en litros diarios por kilómetro de tubería; se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, que estima un valor de 6.00mts por cada casa, cuya dotación de infiltración varía entre 12000 y 18000 l/km/día.

$$Q_{Inf} = \frac{(Long.Tub. + No.Casas * 0.006)}{86,400} * Dot.$$

Donde:

Dot. = Dotación (l/km/día)

No. Casas = Número de casas a servir

Para el diseño del alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla no se toma en cuenta el caudal de infiltración, ya que se utilizará tubería de PVC, y este material no permite la infiltración de las aguas negras.

#### 2.4.5. Caudal comercial

Es el agua que desechan los comercios, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial varía, según el establecimiento que se considera, y puede estimarse entre 600 a 3000 l/comercio/día.

$$Q_{com} = \frac{No.Com. * Dot.}{86,400}$$



Donde:

No. Comercios = Número de comercios en el área a servir

Dot = Dotación comercial para el sector en estudio (l/comerio/día)

#### 2.4.6. Caudal industrial

Es el agua negra proveniente de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada, se puede estimar entre 1000 y 18000 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria.

$$Q_{ind} = \frac{No.Ind.*Dot.}{86,400}$$

Donde:

No. Industrias = Número de industrias en el área a servir

Dot = Dotación industrial para el sector en estudio

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla no se tomó en cuenta el caudal industrial debido a que no existe ninguna industria en el área en estudio.

#### 2.4.7. Factor de Harmond

Es el valor estadístico que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso del servicio, el cual está dado de la siguiente manera:

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = Población futura acumulada en miles, en el tramo

#### 2.4.8. Factor de caudal medio

Al realizar el cálculo de cada uno de los caudales anteriores, se procede a la obtención del valor del caudal medio, que está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{med.} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{esc} + Q_{inf} + Q_{conex}$$

El valor del factor del caudal medio se calcula de la siguiente manera:

$$F.Q.M = \frac{Q_{med}}{86,400}$$

Donde:

$Q_{med}$  = Caudal medio

No. Hab = No. de Habitantes

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones que se dedican al diseño de sistemas de alcantarillado sanitario han establecido valores de este factor, con base en la experiencia.

$F_{Q_{med}}$  = 0.0046 según INFOM

$F_{Q_{med}}$  = 0.0030 según MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

Antes de proceder al cálculo del factor del caudal medio debemos tomar en cuenta otro caudal, que también influye en el diseño del alcantarillado sanitario. Este es el caudal escolar, que se describe a continuación:

### **Caudal escolar**

Es el agua negra proveniente de las escuelas, institutos, colegios, etc. Se toma en cuenta la cantidad de estudiantes y maestros que tiene la escuela y se propone una dotación por estudiante y maestro.

$$Q_{escolar} = \frac{No.Alumnos * Dot.alumno + No.Maestros * Dot.maestro}{86,400}$$

Donde:

- Q Escolar = Caudal escolar
- No. alumnos = Número de alumnos en la escuela
- No. maestros = Número de maestros de la escuela
- Dot. maestro = Dotación para la persona indicada

### **2.4.9. Caudal de diseño**

Al caudal de diseño también se le llama caudal máximo. Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde ésta fluya, el caudal se calcula de la forma siguiente:

$$Q_{dis} = No.Hab. * F.H * F.Q.M$$

Donde:

- No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados
- FH = Factor de Hardmon
- F<sub>Qmed</sub> = Factor de caudal medio

#### 2.4.10. Pendientes máximas y mínimas

Para reducir costos por excavación, la pendiente de la tubería deberá adaptarse a la pendiente del terreno. Sin embargo, en todos los casos se tienen que cumplir las siguientes especificaciones hidráulicas, que determinan la pendiente apropiada de la tubería:

**a.  $q < Q$**

Donde:

Q = Caudal a sección llena

q = Caudal de diseño

**b.  $0.60 \text{ m/seg} < v > 3.00 \text{ m/seg}$**

Donde:

v = Velocidad del caudal de diseño

**c.  $0.10 < d/D > 0.75$**

Donde:

d = Tirante

D = Diámetro interno de la tubería

#### 2.5. Cálculo de cotas Invert

Es la cota que determina la localización de la parte inferior de la tubería. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

$$CT_f = CT_i - (D.H * S_{\text{terreno}} \%)$$

$$S\% = \frac{CT_i - CT_f}{D} * 100$$

$$CIS = CTI - (H_{\min} + E_{tubo} + \phi)$$

$$CIE = CIS - D.H * S_{tubo} \%$$

$$H_{pozo} = CT_i - CIS$$

H min = Altura mínima que depende del tráfico que circule por las calles

CI = Cota invert inicial

CT<sub>i</sub> = Cota del terreno inicial

CT<sub>f</sub> = Cota del terreno final

CIS = Cota invert de la tubería de salida

CIE = Cota invert de la tubería de entrada

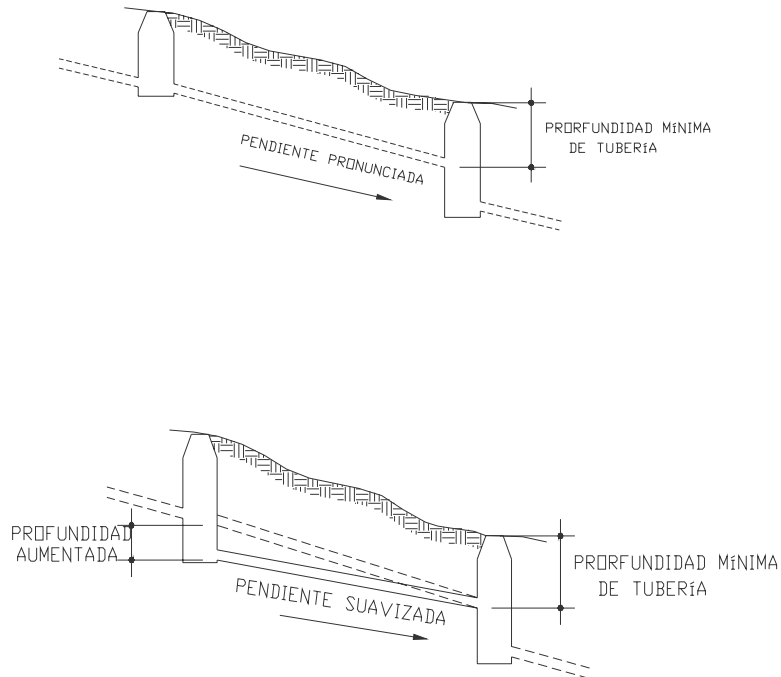
DH = Distancia horizontal

S% = Pendiente del terreno o tubería

Et = Espesor de la tubería

Un caso especial se presenta cuando se calcula la cota invert de salida, de acuerdo con los lineamientos anteriores, y aun utilizando la profundidad mínima de la tubería en el pozo al final del tramo se tiene una pendiente demasiado elevada, que provoca velocidades mayores a las permitidas. En este caso, una posible solución es bajar la cota invert de salida, para lograr una pendiente adecuada. Es decir, que realmente se necesitaría menor profundidad del pozo de visita al inicio del tramo, de acuerdo con las cotas invert de llegada del tramo o los tramos anteriores, y se profundiza el pozo para mejorar la pendiente.

**Figura 1. Caso especial de cota invert**



## 2.6. Tubería

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla se tomó en cuenta que la tubería a utilizar es de cloruro de polivinilo estructurada, conocida con el nombre de NOVAFORT o PVC ESTRUCTURADA, la cual ha sido desarrollada bajo el concepto de tubería corrugada de doble pared, fabricada mediante un proceso de extrucción, que permite obtener una pared interna lisa, que garantiza alto desempeño hidráulico, una pared externa corrugada que asegura un alto momento de inercia y, por tanto, un óptimo comportamiento estructural, así como un sistema de unión por medio de sellos elastoméricos, que garantiza su hermeticidad. Se fabrica en diámetros nominales de 100 mm (4 plg) hasta 600 mm (24 plg).

### 2.6.1. Características

Las principales características de la tubería NOVAFORT, que le permiten ser utilizada con gran confiabilidad, facilidad, rapidez y economía, son:

- Excelente comportamiento mecánico, gracias al diseño óptimo de su doble pared, que le permite alcanzar un alto grado de rigidez.
- Su pared interna lisa le permite una mayor capacidad hidráulica que las tuberías de otros materiales; evita la aparición de incrustaciones y tuberculización. Su coeficiente  $n$  en la fórmula de Manning es 0.009.
- Hermeticidad, porque el diseño del sistema de unión entre tramos de tubería, y/o tubería y accesorios, evita la infiltración y exfiltración, que lo hace un sistema estanco.
- Resistencia al ataque de sustancias químicas.
- Alta resistencia al impacto, que permite que el tubo no se dañe durante el transporte, almacenamiento y/o instalación.
- Resistencia a la corrosión química y electroquímica, ya que está fabricada con material inerte y no conductor.
- Resistencia a la abrasión, pues las características del material y la lisura de sus paredes internas evitan el desgaste, que es generado por los sólidos contenidos en los fluidos transportados.
- Flexibilidad: por su juntas con empaques de hule, el sistema puede absorber asentamientos diferenciales, deflexiones horizontales y verticales menores, movimientos telúricos y contracciones o dilataciones por cambios de temperatura.
- Menor peso: esto facilita su manejo, transporte y almacenamiento, en comparación con otros tipos de tuberías.

### **2.6.2. Ventajas**

1. Rápida instalación, por la longitud de los tubos y su diseño de unión mecánica “Junta Rápida”.
2. Manejo e instalación del sistema sin utilizar equipo mecánico.
3. Disminución de volúmenes de excavación, relleno y compactación.
4. Sistemas de larga vida útil y bajos costos de mantenimiento.
5. Excelente comportamiento hidráulico en alcantarillado sanitario, pues utiliza conexiones inyectadas, que evitan sedimentación y obstrucciones en las conexiones domiciliarias.
6. No contamina acuíferos y evita la intrusión de raíces o de sustancias, que son ajenas al sistema.
7. Optimiza los costos de transporte y almacenamiento.

### **2.6.3. Normas**

Las tuberías y conexiones cumplen con los requerimientos de dimensiones, rigidez y resistencia a impacto exigidos por la norma ASTM F 949.

La materia prima con que se produce la tubería NOVAFORT cumple con las especificaciones de la norma ASTM D 1784.

Las uniones realizadas entre tramos de tubería, así como entre tubos y conexiones, cumplen con los requerimientos establecidos en la norma ASTM D 3212.

El empaque de hule utilizado para el sello entre tuberías y entre tubos y conexiones cumple con los requerimientos de la norma ASTM F 477.



#### 2.6.4. Diámetros

El diámetro mínimo que se utiliza en tubería de cloruro de polivinilo (PVC) es de 6 pulgadas, tomando en cuenta que se cumplan las condiciones generales para el diseño de alcantarillado sanitario, como son la velocidad a sección parcial y la relación de tirantes.

La tubería NOVAFORT se fabrica en longitudes de 6 metros, y cumple con las dimensiones establecidas en la norma ASTM F 949, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla I. Dimensiones básicas de la tubería NOVAFORT**

<b>Diámetro nominal (Dn)</b>		<b>Diámetro interior (Di)</b>		<b>Diámetro exterior (De)</b>	
mm	Pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100.3	3.95	109.2	4.300
150	6	150.1	5.909	163.1	6.420
200	8	200.2	7.881	218.4	8.600
250	10	250.1	9.846	273.9	10.786
300	12	297.6	11.715	325.0	12.795
375	15	364.2	14.338	397.7	15.658
450	18	445.8	17.552	486.5	19.152
600	24	596.1	23.469	649.7	25.580

#### 2.6.5. Factor de rugosidad

Es un valor adimensional y experimental, que indica cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería que se va a utilizar. Este coeficiente varía de un metal a otro y se altera con el tiempo.

Los valores de factor de rugosidad de algunas de las tuberías más empleadas en nuestro medio son:

**Tabla II. Factores de rugosidad (n)**

<b>Material</b>	<b>Rugosidad</b>
Superficie mortero de cemento	0.011 - 0.030
Mampostería	0.017 - 0.030
Tubo de concreto diámetro < 24"	0.011 - 0.016
Tubo de concreto diámetro > 24"	0.013 - 0.018
Tubería de asbesto cemento	0.009 - 0.011
Tubería de P.V.C.	0.006 - 0.011

## **2.7. Pozos de visita**

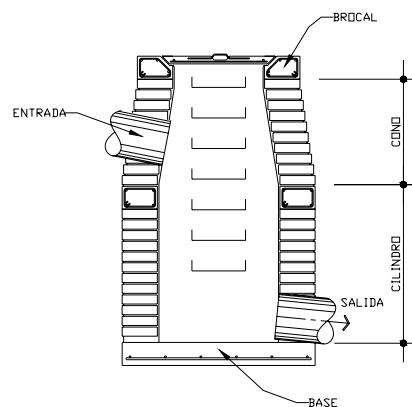
Forman parte del sistema de alcantarillado; proporcionan acceso a éste, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Están construidos de concreto o mampostería. La forma como se construyen está establecida por algunas instituciones, que tienen a su cargo las construcciones de sistemas de alcantarillas de la siguiente manera:

- El ingreso es circular y tiene un diámetro entre 0.60 a 0.75 metros.
- La tapadera descansa sobre un brocal; ambos construidos de concreto reforzado.
- El cono tiene una altura de 0.60 metros, el cual termina en la parte cilíndrica del pozo con un diámetro de 1.20 metros.
- Las paredes del pozo están impermeabilizadas por repello más un cernido liso.
- El fondo está conformado de concreto, que deja la pendiente necesaria para que corra el agua; la dirección en que se dirigirá estará

determinada por medio de canales, constituidos por tubería cortada transversalmente.

- Para realizar la inspección o limpieza de pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo.
- Es necesario aclarar que hay pozos de visitas concéntricos para alturas menores y pozos excéntricos para alturas mayores.

**Figura 2. Partes de un pozo se visita**



### 2.7.1. Especificaciones de colocación

Se colocarán pozos de visita en los siguientes puntos:

1. En el inicio de cualquier ramal
2. En intersecciones de dos o más tuberías
3. Donde exista cambio de diámetro
4. En distancias no mayores de 100 m
5. En las curvas, no más de 30 m
6. Alivio o cambio de pendiente

## 2.7.2. Especificaciones físicas

Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a la cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, así como a una serie de especificaciones que deben tomarse en consideración, las que se indican a continuación:

- Cuando en un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará como mínimo a 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

$$\varnothing A = \varnothing B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{Cota invert de entrada} + 0.03$$

- Cuando en un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.

$$\varnothing A < \varnothing B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{Cota invert de entrada} + ((\varnothing B - \varnothing A) * 0.0254)$$

- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro que las que ingresan en él, la cota invert de salida mínima estará 3 cm debajo de la cota más baja que entre.

$$\varnothing A = \varnothing B = \varnothing C$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{Cota invert de entrada más baja} + 0.03$$

- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro que las que ingresan en éste, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.
- Sólo una tubería de las que sale es de seguimiento; las demás que salgan del pozo de visita deberán ser iniciales. La cota invert de salida de la tubería inicial deberá estar, como mínimo, a la profundidad del tráfico liviano o pesado; y la cota invert de salida de la tubería de seguimiento deberá cumplir con las especificaciones anteriormente descritas.

### **2.7.3. Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios, y llevarlas al alcantarillado central. Constan de las siguientes partes:

- a) Caja de registro (candela domiciliar o acometida domiciliar)
- b) Tubería secundaria

Caja o Candela: La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente; el lado menor de la caja será de 45 centímetros, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas, los cuales deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

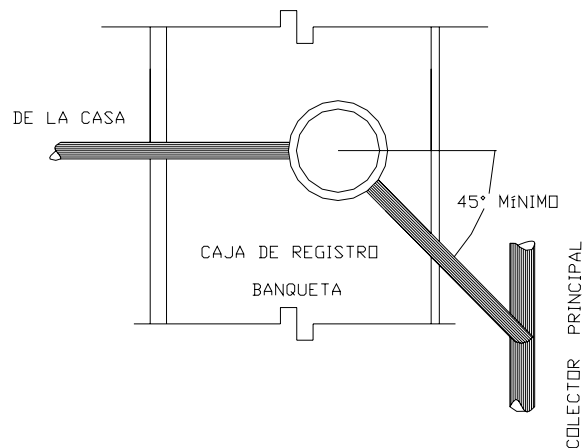
Tubería secundaria: La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC; debe tener una pendiente mínima del 2.00% para evacuar adecuadamente el agua.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados aguas abajo.

Al realizar el diseño del alcantarillado, deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central, para no profundizar demasiado la conexión domiciliar; en algunos casos, esto resulta imposible por la topografía del terreno, por lo que se deben considerar otras formas de realizar dicha conexión.

Los sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado, se emplearán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, según las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construirá. Algunos de estos sistemas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal, etc.

**Figura 3. Conexiones domiciliarias**



#### 2.7.4. Profundidad de tubería

La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad tal que no sea afectada la tubería por las inclemencias del tiempo, principalmente por las cargas transmitidas por el tráfico y que evite rupturas en los tubos.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la tubería, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera:

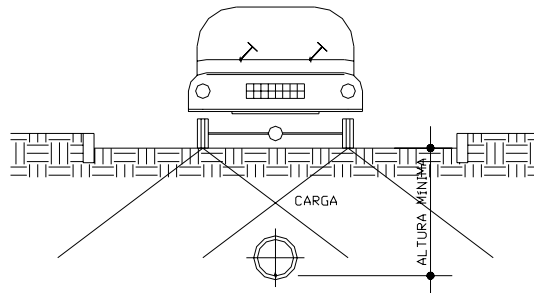
Para tráfico normal (menor a 200 quintales) = 1.00 metros

Para tráfico pesado (mayor a 200 quintales) = 1.20 metros

La cota invert mínima se calcula sumando la profundidad por tráfico más el espesor del tubo más diámetro interior del tubo.

$$\text{Invert mínima} = h \text{ tráfico} + t + D$$

**Figura 4. Profundidad de tubería**



### **Profundidad mínima de pozos de visita**

La profundidad del pozo de visita al inicio del tramo está definida por la cota invert de salida previamente determinada.

$$H_{pv} = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota invert de salida del tramo} + 0.25$$

Debe considerarse que la cota invert mide la distancia del datum (abajo) al punto en cuestión (arriba), mientras que la profundidad del pozo mide la distancia de la superficie del terreno (arriba) a la superficie del fondo del pozo (abajo). Así, una cota Invert menor indica mayor profundidad y una cota invert mayor indica menor profundidad; en cambio, una profundidad de pozo menor es realmente una profundidad menor y una profundidad de pozo mayor es realmente una profundidad mayor.

#### **2.7.4.1. Normas y recomendaciones**

En las tablas 3 y 4 se presentan los valores de profundidad mínima de la cota invert, de la cual depende la profundidad mínima del pozo de visita al inicio y final del tramo y ancho de la zanja, la cual depende del diámetro de tubería y de la profundidad.

**Tabla III. Profundidad mínima de la cota Invert para evitar ruptura (cm)**

<b>Diámetro</b>	<b>4"</b>	<b>6"</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>	<b>12"</b>	<b>15"</b>	<b>18"</b>	<b>24"</b>
<b>Tráfico Normal</b>	111	117	122	128	134	140	149	165
<b>Tráfico Pesado</b>	131	137	142	148	154	160	169	185



**Tabla IV. Ancho de zanja de acuerdo al diámetro de la tubería que se va a instalar y la profundidad a que será colocada (m)**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2.00 metros	Para profundidades de 2.00 a 4.00 m	Para profundidades de 4.00 a 6.00 m
4	0.50	0.60	0.70
6	0.55	0.65	0.75
8	0.60	0.70	0.80
10	0.70	0.80	0.80
12	0.80	0.80	0.80
15	0.90	0.90	0.90
18	1.00	1.00	1.10
24	1.10	1.10	1.35

## 2.8. Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos.

$$V = \left[ \left( \frac{H1 + H2}{2} \right) * d * t \right]$$

Donde:

V = Volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H1 = Profundidad del primer pozo (m)

H 2 = Profundidad del segundo pozo (m)

d = Distancia entre pozos (m)

t = Ancho de la zanja (m)

## 2.9. Principios hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto con el aire, que se les conoce como canales, cuyo flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

La sección del canal puede ser abierta o cerrada; en el caso de los sistemas de alcantarillado, se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por los gases que se forman en el canal.

### 2.9.1. Ecuación de Manning para flujo en canales

Los valores de velocidad y caudal que ocurren en un canal se han estimado por medio de fórmulas desarrolladas experimentalmente, en las cuales se involucran los factores que más afectan al flujo de las aguas en el canal; una de las fórmulas empleada para canales es la de CHEZY, para flujos uniformes y permanentes.

$$V = C\sqrt{R*S}$$

Donde:

v = Velocidad (m/seg)

R = Radio hidráulico

S = Pendiente (m/m)

C = Coeficiente

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{D_{int}}{4}$$

Donde:

R = Área mojada (m<sup>2</sup>)

P = Perímetro mojado (m)

D<sub>int</sub> = Diámetro interno (m)

El valor de C está determinado por una serie de elementos que conforman las características físicas e hidráulicas del canal. Varios investigadores han elaborado fórmulas con las cuales se determina el valor de esta constante; las más utilizadas son:

**Fórmula de Kutter:**

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{5} + \frac{1}{n}}{1 + \left(\frac{n}{\sqrt{R}}\right) * (23 + 0.00155)}$$

**Fórmula de Manning:**

$$C = \frac{\sqrt[6]{R}}{n}$$

La ecuación que más se emplea es la de Manning y se sustituye el valor de C en la ecuación de Chezy. Entonces se obtiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

Esta ecuación se conoce como la fórmula de Manning para canales abiertos y cerrados.

Donde:

v = Velocidad (m/seg)

R = Radio hidráulico en metros

S = Pendiente

n = Coeficiente de rugosidad, el cual depende del material del que está hecho el canal (ver Tabla No. II)

Debido a que normalmente los diámetros nominales de la tubería utilizada son dados en pulgadas, la fórmula anterior ha sido adaptada para poder ser usada de la siguiente forma:

$$v = \frac{0.03429 * \sqrt[3]{\phi^2} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

v = Velocidad (m/seg)

$\Phi$  = Diámetro de tubería (plg)

S = Pendiente

N = Coeficiente de rugosidad, el cual depende del material del que está hecho el canal (ver Tabla No. II)

### 2.9.2. Ecuación a sección llena

Para el diseño del alcantarillado sanitario, se debe contar con la información correspondiente a los valores de la velocidad y caudal de la sección llena de la tubería que se está utilizando.

Para el cálculo de la velocidad, se emplea la fórmula siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

El caudal que transportará:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = Caudal a tubo lleno (l/seg)

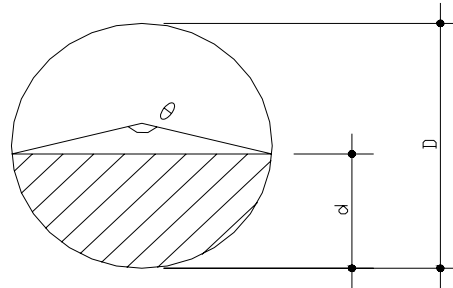
A = Área de la tubería (m<sup>2</sup>)

V = Velocidad a sección llena (m/seg)

### 2.9.3. Ecuación a sección parcialmente llena

Las ecuaciones para calcular las características hidráulicas de la sección parcialmente llena del flujo de una tubería circular se presentan a continuación:

**Figura 5. Área a sección parcialmente llena**



$$a = \frac{D^2}{4} * \left( \theta * \frac{\pi}{360} * \text{sen} \frac{\theta}{2} \right)$$

$$p = \frac{D}{2} * \theta * \frac{\pi}{360}$$

$$v = \frac{r^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

$$r = \frac{D}{4} * \left( 1 - \frac{360}{2\pi\theta} * \text{sen} \theta \right)$$

$$q = a * v$$

$$d = \frac{D}{2} * \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$$

Donde:

D = Diámetro del tubo

d = tirante de la sección

v = Velocidad a sección parcial

q = Caudal a sección parcial

#### **2.9.4. Relaciones hidráulicas**

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, para poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial. De los resultados obtenidos se construyeron el gráfico y las tablas que se presentan más adelante para lo cual se utilizó la fórmula de Manning.

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena, por medio de las ecuaciones ya establecidas; se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), caudal de diseño entre caudal de sección llena; cuyo resultado se busca en la gráfica (Ver Anexo) en el eje de las abcisas; desde allí se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales. El valor de la relación ( $d/D$ ) se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas. La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería.

Para el valor de la relación  $(v/V)$ , velocidad parcial entre velocidad a sección llena, se debe ubicar el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente. Entonces se traza una horizontal hasta llegar a interceptar la gráfica de velocidades. En este nuevo punto se traza una vertical hacia el eje de las abcisas y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad a sección llena, para obtener la velocidad a sección parcial. De igual manera, se calculan las otras características de la sección.

La utilización de la tabla V se realiza determinando primero la relación  $(q/Q)$ . El valor se busca en las tablas, y si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado; en la columna de la izquierda se ubica la relación  $(v/V)$ , y se procede de la misma forma. Se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena, para obtener la velocidad a sección parcial.

Se han de considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

- Que  $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
- La velocidad debe de estar comprendida entre:  
 $0.60 \leq v \leq 3.00$  (m/seg)  
 $0.60 \leq v$ . Para que existan fuerzas de atracción y arrastre de los sólidos  
 $V \leq 3.00$ . Para evitar deterioro de la tubería, debido a la fricción
- El tirante debe estar entre:  
 $0.10 \leq d/D \leq 0.75$

Con los anteriores parámetros, se evita que la tubería trabaje a presión.

**Tabla V. Relaciones hidráulicas para sección circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663



**Continuación**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

## **2.10. Tratamiento de aguas residuales**

Usando los procesos naturales, se han desarrollado plantas de tratamiento de aguas negras, en las cuales se usan aquellos en la forma más eficiente y económica.

### **2.10.1. Importancia de un tratamiento**

Entre la problemática de una región existe un aspecto muy importante si no se tratan las aguas residuales, y es la salud, de la cual depende el bienestar de una población. Además, los materiales que se depositan en los ríos, lagos y mares impiden el crecimiento de plantas acuáticas; los de naturaleza orgánica se pudren, robando oxígeno al agua, con producción de malos olores y sabores; las materias tóxicas, compuestos metálicos, ácidos y álcalis afectan directa o indirectamente la vida acuática; las pequeñas partículas suspendidas como fibras, pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas.

Para que el volumen de aguas residuales que se descarga a una corriente no ofrezca peligros a la salud es necesario:

- a) Mejorar el poder de purificación de la corriente de agua, lo que se logra:
- Disminuyendo la velocidad del agua en la zona de descarga al ensanchar el cauce
  - Regulando la formación de depósitos de lodos por canalización del cauce del río
  - Aumentando la aireación, al provocar artificialmente disturbios en el agua por medio de cascada, remolinos, etc.

- b) Evitando que llegue a ella en forma total o parcial la materia acarreada por los sistemas de alcantarillado, lo que se consigue aplicando los procesos que se conocen como “Tratamiento de aguas residuales”

En este sentido, es importante que, antes de disponer las aguas servidas en ríos, lagos o mares, estas reciban previamente algún tipo de tratamiento que permita la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos, que son males endémicos que afectan al país.

La importancia del tratamiento de las aguas residuales radica en que debe evitarse, en lo posible, la contaminación de ríos, lagos y mares.

### **2.10.2. Proceso de tratamiento**

Cada etapa en el tratamiento tiene una función específica que contribuye, en forma secuencial, al mejoramiento de la calidad del efluente respecto a su condición inicial al ingresar al ciclo de depuración, que va desde el proceso más simple, hasta el proceso más complejo. Esto permite separar las etapas; por lo tanto, el análisis de cada una en forma individual, ya que existe siempre una interrelación entre cada una. Asimismo, el criterio a utilizar para la selección y diseño de las respectivas unidades que se proponen depende de la etapa de tratamiento.

Todo proceso de tratamiento contiene varias etapas que son:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

### **2.10.2.1. Tratamientos preliminares**

Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Para lograr estos objetivos se utilizan diversas unidades, entre las que se pueden mencionar:

- Rejillas
- Desarenadores

### **2.10.2.2. Tratamientos primarios**

Son los que reducen los sólidos sedimentables y algo del DBO. Los elementos patógenos no se reducen en forma sensible. Es decir, que con estos tratamientos se reduce el daño al medio pero no se protege la salud.

### **2.10.2.3. Tratamientos secundarios**

En éstos, se logra un grado más avanzado de remoción de sólidos transformando los orgánicos no sedimentables, aparte de los que están en solución en sólidos, que pueden ser sedimentados o convertidos a elementos estables, como el CO<sub>2</sub> o los nitratos. Durante estos procesos, hay una reducción sensible del número de patógenos, en especial por los procesos aeróbicos. Con éstos, se reduce notablemente el daño al medio al reducir DBO a valores comparables con los de los cuerpos naturales; se reduce el riesgo a la salud pero no se remueven nutrientes, que en los cuerpos con períodos de retención prolongados aumentan la concentración a los valores, que tienden a producir la eutroficación.

#### 2.10.2.4. Tratamientos terciarios

En éstos se remueven los sólidos en solución, especialmente nitratos y fosfatos, o también los metales pesados.

#### 2.10.2.5. Sistemas de tratamiento

Se han diseñado muchos sistemas de tratamiento de aguas negras. En general, entre más avanzados son más complejos y requieren de mayor energía para operarlos.

Los tratamientos más conocidos son los que se enumeran a continuación, para los que se expresará qué efectos de mejora producen. Los valores son solamente una forma comparativa entre procesos, y por supuesto, dependen de la calidad del diseño del proceso y del equipo, de la calidad de las aguas negras, de las cargas que se les imponen, de la calidad de la operación y de otras variables.

**Tabla VI. Sistemas de tratamiento**

#### Tratamiento primario

Tratamiento Primario	Sól. Sed.	DBO	Patógenos	Sol. Soluc	Nutrientes
Fosa séptica	40 – 60%	50%	10 – 15%	-----	-----
Imhoff	50 – 60%	50%	5 – 15%	-----	-----
Sedim. + Digestor	50 – 60%	50%	10 – 15%	-----	-----
RAFA	40 – 60%	50%	10 – 15%	0 – 5%	-----
RAP	50 – 60%	50%	10 – 15%	0 – 10%	-----
Lagunas anaeróbicas	50 – 80%	60%	30 – 40%	-----	-----
Lagunas facultativas	60 – 90%	80%	40 – 90%	-----	-----

### Tratamiento secundario

Tratamiento Primario	Sól. Sed.	DBO	Patóg.	Sol. Soluc	Nutrien.
Filtros percoladores + Sedimentador	90 – 100%	85%	20 – 30%	40 – 60%	5%
Fangos activados + sedimentador	90 – 100%	85%	30 – 40%	50 – 70%	5%
Fangos Act. Ava + sedimentador	90 – 100%	85%	30 – 40%	60 – 75%	10 – 30%
Zanjas de oxidación	80 – 100%	80%	20 – 30%	40 – 70%	-----
Filtros biológicos	80 – 100%	80%	30 – 40%	50 – 70%	10 – 30%
Irrigación superficial	00 – 100%	90%	60 – 90%	90 – 99%	10 – 70%
Irrigación subsuelo	00 – 100%	95%	90 – 99%	90 – 99%	10 – 80%
Infiltración suelo	00 – 100%	95%	70 – 99%	50 – 99%	0 – 80%
Lagunas aeróbicas	95 – 100%	95%	50 – 99%	-----	0 – 80%
Filtración en arena	95 – 100%	95%	50 – 99%	40 – 70%	-----
Adición cloración	-----	-----	95 – 99%	-----	-----

### Tratamiento terciario

Tratamiento Terciario	Sól. Sed.	DBO	Patóg.	Sol. Soluc	Nutrien.
Coagulación	-----	-----	-----	-----	50 – 99%
Zeolitas	-----	-----	-----	-----	50 – 90%
Intercambio de Iones	-----	-----	-----	-----	80 – 99%

### **2.10.2.6. Limitaciones en la selección del tipo de tratamiento**

Es importante mencionar que en el tratamiento de las aguas negras se deben presentar las limitaciones de tipo físico, tecnológico y económico que se tienen en la comunidad. Se puede decir que para que funcionen las plantas de tratamiento de aguas negras, se requiere del espacio necesario para la ubicación de la misma, a la vez que su implementación le corresponde a un ingeniero sanitario conocedor del tema, para que tome las decisiones oportunas, dentro de las condiciones que se tengan en cada caso, acerca de lo más conveniente que se debe hacer en el proceso de tratamiento. También se puede hacer énfasis en que si la planta requiere del uso de energía eléctrica o de combustible, su funcionamiento puede ser abandonado debido a la escasez de recursos. En el caso de que se requiera de equipos mecánicos, como bombas o compresores, éstos necesitan de un servicio adecuado, y en ese caso hay que recordar que la Municipalidad es la encargada de darles el mantenimiento, y en la mayoría de los casos no se cuenta con los fondos necesarios para cubrir estos rubros. Si se asignan a los mismos procesos indicados anteriormente un indicador de uso de energía y otro de equipo mecánico, se obtiene lo siguiente, usando los comparadores “alto”, “medio”, “bajo”, “muy Bajo”.

**Tabla VII. Limitaciones en los sistemas de tratamiento**

**Tratamiento primario**

<b>Tratamiento Primario</b>	<b>Energía</b>	<b>Equipo</b>
Fosa séptica	Muy bajo	Muy bajo
Imhoff	Muy bajo	Muy bajo
Sedimentador + digestor	Bajo	Bajo
RAFA	Muy bajo	Muy bajo – medio
RAP	Muy bajo	Muy bajo – bajo
Lagunas anaeróbicas	Muy bajo	Muy bajo
Lagunas facultativas	Muy bajo	Muy bajo – medio

**Tratamiento secundario**

<b>Tratamiento Primario</b>	<b>Energía</b>	<b>Equipo</b>
Filtros percoladores + Sedimentador	Bajo	Medio
Fangos activados + sedimentador	Alto	Alto
Fangos Act. Ava + sedimentador	Alto	Alto
Zanjas de oxidación	Alto	Medio
Filtros biológicos	Bajo	Bajo
Irrigación superficial	Bajo – alto	Bajo – alto
Irrigación subsuelo	Bajo – medio	Bajo – medio
Infiltración suelo	Muy bajo	Muy bajo
Lagunas aeróbicas	Muy bajo – alto	Muy bajo – alto
Filtración en arena	Medio	Bajo – medio
Adición cloración	Alto	Medio



### Tratamiento terciario

<b>Tratamiento Primario</b>	<b>Energía</b>	<b>Equipo</b>
Coagulación	Muy alto	Muy alto
Zeolitas	Muy alto	Muy alto
Intercambio Iones	Muy alto	Muy alto

En las tablas anteriores no se pretende hacer una comparación económica, sino solamente resaltar los factores que intervienen en el proceso. Así, en muchos lugares, al hacer un análisis económico de las soluciones, en un período de tiempo dado y para los mismos resultados, se toma como más favorable el alto uso de energía y equipo. Sin embargo, si no se cuenta con la capacidad técnica necesaria para su operación, la inversión resulta inútil.

Si lo que se desea es encontrar los procesos que no requieren de energía producida por el hombre o que usen poco equipo mecánico, aunque idealmente se puedan seleccionar sistemas que resulten en inversiones iniciales altas, se seleccionarán aquellos cuya operación sea simple y sus costos de operación bajos.

De los procesos anteriores, se ve que los primarios tienen un efecto bueno pero limitado sobre el aspecto (SS) y el medio (DBO); muy bajo sobre la salud (con excepción de las lagunas facultativas), y casi ninguna protección a los cuerpos receptores. De los tratamientos secundarios, todos tienen un efecto muy bueno sobre el aspecto (SS) y el medio (DBO); entre bajo y muy bueno sobre la salud (patógenos), y entre nada y bueno en relación con la protección de los cuerpos de agua.

## **2.10.2.7. Debilidad de los tratamientos**

### **2.10.2.7.1. Primario**

- Fosas sépticas: volumen grande con relación al caudal; generalmente no hay previsión para extracción y disposición de lodos.
- Imhoff: estructura muy profunda; si no hay desnivel requiere de bomba para extraer lodos.
- Sedimentador + digestor: si no hay desnivel, requieren de bomba para extraer lodos.
- RAFA: si no hay control de la carga biológica, no operan.
- RAP: malos olores, poca experiencia sobre factores para diseño.
- Lagunas anaeróbicas: malos olores.
- Lagunas facultativas: áreas muy grandes.

### **2.10.2.7.2. Secundario**

1. Filtros percoladores + sedimentador: si no hay desnivel, requieren bombeo. Para alta eficiencia, hay que disponer de recirculación por bombeo.
2. Filtros biológicos: Variedad de diseños y de agente biológico, pueden requerir de mucha operación.
3. Irrigación superficial: Se requiere una actividad agrícola compartible y cercana; en la época de lluvias, no se requiere irrigación.
4. Irrigación suelo: Debe de haber nivel freático profundo; existe posible contaminación de pozos que se encuentren a poca profundidad; para zanjas cubiertas, se requiere mucha área.
5. Lagunas aeróbicas: Mucho terreno (sin uso de energía).

Con las comparaciones anteriores, se puede decir que el diseñador deberá evaluar qué es lo más importante a mitigar en cada caso.

### **2.10.3. Propuesta de planta de tratamiento**

Para proponer una planta de tratamiento para las aldeas El Ingeniero y Petapilla se debe tomar en consideración que la selección y diseño de un tipo de planta de tratamiento es directamente trabajo de un Ingeniero Sanitario. Se solicitó asesoría a la empresa AMANCO, la cual, mediante estudios, ha llegado a diseñar plantas de tratamiento de aguas servidas prototipos, las cuales son funcionales para un complejo habitacional, y tomando en cuenta que en la actualidad todo tipo de obra sanitaria, antes de desfogar, debe pasar por una planta de tratamiento para poder mitigar el daño al ambiente. A continuación se propone una planta de tratamiento, que fue diseñada para las condiciones de las aldeas en estudio.

#### ***Descripción general del sistema***

El sistema propuesto es un sistema biológico aeróbico de aireación extendida **lodos activados** con régimen completamente mezclado, que se utiliza para tratar aguas residuales, que contienen materia orgánica biodegradable, planta paquete.

Con esta modalidad de aireación extendida se lograrán afluentes de calidad, con baja producción de lodos y alto grado de oxidación y estabilización de la materia, adicionándole un sistema de cloración para la seguridad en el reúso del líquido en irrigación de jardines, redes independientes de abastecimiento de inodoros, riego de áreas de plantaciones, terracería, etc. Este proceso involucra básicamente las siguientes etapas:

- a) Una primera acción en un tanque de aireación, donde se suministra aire por difusión en el fondo, lo que permite crecimiento de microorganismos que requieren de oxígeno para vivir. La materia presente servirá para alimentar las bacterias aeróbicas que transforman los contaminantes en materia celular y energía para crecer y reproducirse, lo que originara los flóculos, que son conocidos como lodos activados. El elemento básico en este proceso es el SOPLADOR.
- b) El segundo compartimiento es un complemento de aireación al proceso con los fines anunciados en la etapa anterior, y que complementa el oxígeno necesario para el volumen a tratar.
- c) Los flóculos pasarán al tanque de clarificación secundaria, donde sedimentan por gravedad los lodos. El sobrenadante es vertido al área de cloración y los lodos depositados se recirculan para retroalimentar el sistema. El exceso de lodos se depositará en un tanque de lodos para su estabilización. Una vez estabilizados se seca el área de secado de lodos, que consiste en un pequeño patio.
- d) El agua clarificada es tratada para su desinfección por medio de un sistema de cloración a base de tabletas de hipoclorito de calcio, cuando se descarga directamente a un cuerpo de agua, previa reacción del cloro en un depósito, que variará de acuerdo al volumen tratado.
- e) El agua tratada puede almacenarse o verse al acuífero, previo análisis de la capacidad de absorción del suelo. Se deberá contar con la seguridad de que sus características son adecuadas para esta disposición. Si se almacenan, su función será reutilizarlas adecuadamente. Donde el acuífero es muy alto, la descarga puede hacerse por medio de zanjas de absorción de 0.80 metros de profundidad o descargarse a un drenaje pluvial.

### ***Operación y mantenimiento***

La operación y mantenimiento es bastante sencillo. Sus costos de operación corresponden únicamente a las horas que un responsable de la misma le suministre al día, al consumo eléctrico de motor 7.5 HP y a las tabletas de cloro que se consuman cuando se reutilice el líquido tratado.

El sistema tiene como ventaja lo compacto de la planta, así como su alta eficiencia. De no existir malos olores fuera de las instalaciones de la planta, se recomienda una distancia de 10 metros de separación con la última casa para evitar algunos problemas de ruido durante la quietud de la noche. La producción de lodos es baja, su operación automática y su mantenimiento, mínimo.

A la par de la estructura base, se deberá construir un tanque para bombear el excedente de lodos, cuando el volumen diario sea mayor a 12,000 GPD y haya un sistema de patios para secar los lodos. Estas estructuras son complementarias al sistema y ayudan a un mejor aprovechamiento de los lodos con fines agrícolas.

### ***Equipo electromecánico y básico***

1. Un soplador rotatorio de desplazamiento positivo Urai 56, acoplado a un motor eléctrico horizontal 110/220 de 7.5 HP, con un silenciador y filtro; todo esto, protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro.
2. Tubería de difusión de aire con dos ramales para las líneas de AIREACIÓN con 48 difusores sellados y una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.

3. Un desnatador de superficie con retorno neumático.
4. Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
5. Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, mamparas, válvulas y conexiones.
6. Tabique de lámina plástica con apoyos.
7. Dosificador de hipoclorito de calcio en tabletas (opcional).
8. Recipiente de 25 libras de tabletas de hipoclorito de calcio (opcional).
9. Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático.
10. Manual de operación y mantenimiento.
11. Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta.
12. Tubería de lodos y de aire para el digester de lodos (opcional).

### ***Área necesaria***

Terreno de 12 m x 12 m, a una distancia mínima de 10 m de la última vivienda.

### **2.11. Desfogue**

Hay que considerar que en el presente proyecto las aguas de alcantarillado sanitario se desfoguen. Para poder hacerlo deben estar debidamente tratadas, respetando las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente, para lograr mitigar daños al ambiente y a los pobladores cercanos al lugar de desfogue.

## 2.12. Especificaciones técnicas

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se tomaron como base las normas ASTM F 949 y las normas utilizadas por el Instituto de Fomento Municipal INFOM.

### 2.12.1. Parámetros de diseño

#### Para la aldea El Ingeniero

Tipo de sistema:	Alcantarillado sanitario
Tiempo de vida del sistema:	30 años
Población actual:	636 habitantes
Población de diseño:	1600 habitantes
Tasa de crecimiento:	3.02%
Tipo de tubería:	Tubería estructurada NOVAFORT
Diámetro de tubería:	Mínimo tubería NOVAFORT 6"
Conexión domiciliar:	Tubería NOVAFORT 4" Pendiente 2.00%
Pozos de visita:	Registro tubería de concreto de 12" Construcción en las intersecciones de las calles entre 90 y 100 m Altura cono: 0.60 m Diámetro superior mínimo: 0.75 m Diámetro inferior mínimo: 1.20 m Altura variable
Dotación de agua:	150 l/habitante/día
Factor de retorno de aguas negras:	85%
Recubrimiento mínimo:	1.17 metros

Relación de velocidad: 0.40 =  $v = 5$  m/seg. Por ser tubería NOVAFORT.

### **Para la aldea Petapilla**

Tipo de sistema: Alcantarillado sanitario  
Tiempo de vida del sistema: 30 años  
Población actual: 690 habitantes  
Población de diseño: 1736 habitantes  
Tasa de crecimiento: 3.02%  
Tipo de tubería: Tubería estructurada NOVAFORT  
Diámetro de tubería: Mínimo tubería NOVAFORT 6"  
Conexión domiciliar: Tubería NOVAFORT 4"  
Pendiente 2.00%  
Registro tubería de concreto de 12"  
Pozos de visita: Construcción en las intersecciones de las calles entre 90 y 100 m  
Altura cono: 0.60 m  
Diámetro superior mínimo: 0.75 m  
Diámetro inferior mínimo: 1.20 m  
Altura variable  
Dotación de agua: 150 l/habitante/día  
Factor de retorno de aguas negras: 85%  
Recubrimiento mínimo: 1.17 metros  
Relación de velocidad: 0.40 =  $v = 5$  m/s  
Por ser tubería NOVAFORT.



## **Alcantarillado sanitario**

El sistema diseñado para las aldeas El Ingeniero y Petapilla, del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, es para uso exclusivo de aguas negras, y no para aguas pluviales.

## **Tubería**

La tubería que se va a utilizar en el presente proyecto será una tubería estructurada, conocida en el mercado local con el nombre de NOVAFORT, la cual será colocada con los diámetros y pendientes especificados en las hojas de cálculo hidráulico y los planos.

## **Pozos de visita**

Las paredes de los pozos de visita se construirán con ladrillo tayuyo de 0.23 x 0.11 x 0.066. Los diámetros, profundidades y sistemas de construcción serán los especificados en las hojas de cálculo hidráulico y los planos. Para los pozos de visita muy profundos (mayores a 6 metros), se debe utilizar tubo de concreto reforzado de 72 pulgadas de diámetro interno, hasta una altura de 1 metro.

## **Materiales**

Para la elaboración del presupuesto del proyecto, se consideró utilizar la arena conocida como arena de shusho, piedrín triturado, hierro legítimo, de los diámetros especificados en planos y presupuesto, cemento Pórtland de 4000 psi.

### 2.13. Ejemplo de cálculo de un ramal

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV 08 Y PV 09 del diseño de alcantarillado sanitario de la aldea Petapilla; los datos necesarios para calcularlo son los siguientes:

- Cotas del terreno:

Cota inicial: 98.94

Cota final: 98.75

- Longitud:

Entre los pozos: 90.81 metros

- Pendiente del terreno:

$$P = \frac{98.94 - 98.75}{90.81} * 100 = 0.21\%$$

- Longitud que se va a servir:

Local: 90.81 metros

Acumulada: 769.43 metros

- Población de diseño:

Se obtiene del total de metros que están comprendidos entre el PV 08 y PV 09, ya que estaremos trabajando con longitudes acumuladas.

$$\text{Densidad por metro lineal} = \frac{\text{Población futura}}{\text{Longitud total tubería}}$$

$$\text{Densidad} * ml = \frac{1736\text{Hab.}}{1574ml} = 1.1026\text{Hab} / ml$$

Este factor se utilizará en el tramo principal que se esté diseñando; de igual manera se obtuvo el factor para cada tramo.

$$Pob.futura = 769.43mts * 1.1026Hab / ml = 849habi \ tan \ tes$$

- Factor de caudal medio:

$$Q_{dom} = \frac{150 * 1736 * 0.85}{86,400} = 2.5618l / seg$$

$$Q_{con.ilícitas} = \frac{120 * 1736}{86,400} = 2.4111l / seg$$

$$Q_{comercial} = \frac{4 * 600}{86,400} = 0.0278l / seg$$

$$Q_{escolar} = \frac{(200 * 40) + (3 * 50)}{86,400} = 0.0943l / seg$$

$$F.Q_{med} = \frac{2.5618 + 0.0278 + 0 + 0.0943 + 0 + 2.4111}{1736} = 0.0029l / habi \ tan \ te / seg$$

- Factor de Hardmon:

$$F.Q.M = \frac{18 + \sqrt{\frac{849}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{849}{1000}}} = 3.845$$

- Caudal de diseño:

$$Q_{dis} = P.F. * F.H. * FQ_{med}$$

$$Q_{dis} = 849 * 3.845 * 0.0029 = 9.46677l / seg$$

- Diseño hidráulico  
Diámetro del tubo 10 pulgadas Novafort (PVC)  
Pendiente del terreno 0.21%  
Pendiente de la tubería 1.00%

- Velocidad a sección llena:  
Utilizando la fórmula de Manning, se tiene:

$$F.Q.M = \frac{0.03429 * \sqrt[3]{10^2} * \sqrt{0.01}}{0.01} = 1.5916m / seg$$

- Capacidad a sección llena:

$$A = \frac{\pi * (10 * 0.0254)^2}{4} = 0.0506m^2$$

$$Q = 0.0506m^2 * 1.5916m / seg * 1000lts / m^3 = 80.5350l / seg$$

- Relaciones hidráulicas:

$$\frac{q}{Q} = \frac{9.4667lts / seg}{80.5350lts / seg} = 0.1175$$

Cumple la condición q/Q, de la tabla de relaciones hidráulicas; se obtienen los siguientes valores:

$$\frac{v}{V} = 0.6711$$

$$\frac{d}{D} = 0.232$$

### Revisando especificaciones hidráulicas:

$q < Q$	$9.4667\text{l/seg} < 80.5350\text{l/seg}$
$0.60\text{m/seg} < v < 3.00\text{m/seg}$	$0.60 < 1.591 < 3$
$0.10 < d/D < 0.75$	$0.1 < .232 < .75$

### Cálculo de volumen de excavación

#### *Distancia horizontal efectiva*

$$DH_{ef} = DH - \frac{D.pozo.1}{2} - \frac{D.pozo.2}{2}$$

Donde

$DH_{ef}$  = Distancia horizontal efectiva

DH = Distancia horizontal entre centros de pozos de visita

D pozo 1 = Diámetro exterior del pozo de visita al inicio del tramo

D pozo 2 = Diámetro exterior del pozo de visita al final del tramo

$$DH_{ef} = 90.81 - \frac{2.21}{2} - \frac{2.46}{2} = 88.48\text{m}$$

#### *Excavación*

$$Vol.exc = DH_{ef} * H_{prom} * Ancho$$

Donde

Vol exc = Volumen de excavación en m<sup>3</sup>

DH<sub>ef</sub> = Distancia horizontal efectiva

$$H \text{ prom} = ((\text{Cota terreno inicio} - \text{Cota invert inicio}) + (\text{Cota terreno final} - \text{Cota invert final}))/2$$

$$\text{Ancho} = \text{Ancho de zanja}$$

$$Vol.exc = 88.48 * \frac{(98.94 - 95.02) + (98.75 - 94.11)}{2} * 0.80 = 302.96 \text{ m}^3$$

### 3. CUANTIFICACIÓN Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

A continuación se presentan las tablas de costos, las cuales podrán ser utilizadas para la cuantificación del proyecto de alcantarillado sanitario; en estos datos ya va incluido un 10% que corresponde a porcentajes por desperdicio.

**Tabla VIII. Costos de mano de obra**

Descripción	Pago / día	Factor de prestaciones	Pago total / día
Albañil	A	0.75	$A*(1+0.75)$
Peón	B	0.75	$B*(1+0.75)$

**Tabla IX. Constantes para registro en conexión domiciliar**

Renglón	Unidad	Cantidad
Cemento	Sacos	0.8568
Arena	m <sup>3</sup>	0.04794
Piedrín	m <sup>3</sup>	0.07242
Hierro	qq	0.058
Alambre de amarre	Libras	0.22
Yee 4" a 6"	Unidad	1
Codos 45° de 4"	Unidad	1
Empaque de 4"	Unidad	3
Empaque de 6"	Unidad	2

**Tabla X. Constantes para pozos de visita**

MATERIALES	Unidad	PROFUNDIDAD DEL POZO EN MTS.			
		Hasta 2.00	2.01 a 4.00	4.01 a 6.00	6.00 en adelante
Diámetro interno	Metro	1.20	1.50	1.75	2.00
No. De Ladrillos Cono	Unidad	472	550	615	681
No. De ladrillos * m de altura	Unidad	517	650	759	867
Cemento Sacos	Saco	6.485	8.608	10.526	12.570
Arena	m <sup>3</sup>	0.809	1.033	1.225	1.438
Piedrín	m <sup>3</sup>	0.175	0.25	0.334	0.425
Cal	Bolsa	1.24	1.54	1.76	2.05
Hierro No. 3	qq	0.216	0.414	0.492	0.613
Hierro No. 4	qq	0.157	0.157	0.157	0.157
Alambre de amarre	Lb.	0.90	1.60	1.46	1.57

**Tabla XI. Andamio de pozo de visita**

Profundidad Del Pozo	Madera Pie / Tablar
Hasta 2.00 m	31.52
De 2.01 a 4.00 m	93.48
De 4.01 a 6.00 m	156.08
De 6.00 m en adelante	219.78



Para la cuantificación total de la madera necesaria por pozo de visita, se deben dividir las constantes anteriores entre el número de usos que se le den a la madera; esto queda a discreción del planificador, aunque generalmente se le dan de 3 a 5 usos.

Para la cuantificación de madera para formaleta se utiliza la siguiente relación:

$$1 \text{ m}^2_{\text{formaleta}} = 10.7639 \text{ pie/tablar}$$

Del total obtenido de la relación anterior, se deben considerar los usos que se le den a la madera.

Para la cuantificación de clavo, se debe utilizar la siguiente relación:

$$\text{Formaleta: } 1\text{lb}_{\text{clavo}} = 10 \text{ pie/tablar}$$

$$\text{Andamio: } 1\text{lb}_{\text{clavo}} = 19 \text{ pie/tablar}$$

La cantidad de clavo es para el total de madera que resulta de la Tabla X y la ecuación de madera para formaleta, sin importar los usos que se le den a la madera.

Los pie/tablar son unidades uniformes y contienen 144 pulgadas cúbicas o el equivalente a una tabla de 1"x12"x12". Para su conversión a pie tablar, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$\text{Pie tablar} = \frac{\text{Ancho (plg)} * \text{Alto (plg)} * \text{Largo (pie)}}{12}$$

$$\text{Pie tablar} = \frac{\text{Ancho (plg)} * \text{Alto (plg)} * \text{Largo (plg)}}{144}$$

$$\text{Pie tablar} = \text{Ancho (pie)} * \text{Alto (pie)} * \text{Largo (pie)} * 12$$

### **Costo directo**

El costo directo se encuentra sumando el costo de materiales, costo de mano de obra, costo de herramientas y equipo, fletes e imprevistos.

### **Costo de mano de obra**

El costo de la mano de obra está determinado por la cantidad de trabajo, el rendimiento de la mano de obra y el precio de la misma, por las distintas actividades que se realizan.

### **Costo de herramienta y equipo**

Se considera como un porcentaje sobre el costo de materiales, y se aplica el criterio de cada ingeniero o empresa.

### **Costo de fletes**

Se considera como un porcentaje sobre el costo de materiales, y depende de la cercanía y/o dificultad de acceso a la población donde se construirá el alcantarillado.

### **Imprevistos**

También se considera como un porcentaje que depende de las observaciones hechas en la visita de campo y recorrido de la población, sobre las posibles dificultades en la ejecución del proyecto.

### **Costo de obras accesorias**

El costo de los componentes no típicos de los sistemas de alcantarillado, tales como planta de tratamiento, sifones invertidos, la descarga y otros, son únicos e irrepetibles en otros proyectos. Esto se debe a la variedad de elementos que pueden ser utilizados, y a las posibles variantes. Igualmente deberá tomarse en cuenta por aparte, cuando sea necesario, la contratación de un topógrafo para nivelación de cotas importantes durante la construcción.

En el caso de las aldeas se sumó a este reglón solamente la planta de tratamiento.

### **Costo total de proyecto**

El costo total del proyecto se obtiene sumando al costo directo, lo correspondiente a equipo especial, las obras accesorias, la administración y las utilidades.

### **Costo de equipo especial**

Se considera equipo especial, los vehículos, picops, camiones, grúa, etc. Esto deberá ser calculado por aparte por el ingeniero que está estimando los costos, pues debe ser él quien con su experiencia y criterio, decidirá cuándo es necesario utilizarlos.

## **Administración**

Incluye el sueldo de supervisores e ingenieros. Normalmente oscila entre el 8 y 10 por ciento del costo directo del proyecto.

## **Utilidades**

Consisten en el beneficio propio de la empresa que ejecuta el proyecto. Normalmente oscilan entre el 10 y 15 por ciento del costo directo del proyecto.

**Tabla XII. Costo directo del colector, proyecto aldea Petapilla**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>						
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>						
<b>ALDEA PETAPILLA, CHIQUIMULA</b>						
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>						
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME</b>					
<b>RENGLÓN:</b>	<b>LÍNEA CENTRAL</b>					
<b>CONCEPTO</b>	<b>COLECTOR</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>METROS</b>	
<b>CODIGO:</b>	<b>1</b>			<b>CANTIDAD:</b>	<b>1580.00</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>
		<b>AD</b>	<b>UNITARIO</b>			
<b>MATERIALES</b>						
Tubo NOVAFORT 6" x 6m Astm F950	Tubo	130.00	Q 399.01	Q	Q	51,871.30
Tubo NOVAFORT 8" x 6m Astm F951	Tubo	60.00	Q 611.98	Q	Q	36,718.80
Tubo NOVAFORT 10" x 6m Astm F952	Tubo	70.00	Q 734.86	Q	Q	51,440.20
Tubo NOVAFORT 12" x 6m Astm F953	Tubo	8.00	Q 850.00	Q	Q	6,800.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q</b>	<b>146,830.30</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
EXCAVACIÓN	DÍA	24.50	Q 215.00	Q	Q	5,267.50
RELLENO	M3	2,705.00	Q 6.43	Q	Q	17,382.65
COLOCACIÓN DE TUBO	TUBO	268.00	Q 10.83	Q	Q	2,903.67
TOPOGRAFÍA	GLOBAL	1.00	Q 2,500.00	Q	Q	2,500.00
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>28,053.82</b>
<b>PRESTACIONES</b>	<b>%</b>		<b>75.00%</b>	<b>Q</b>	<b>Q</b>	<b>21,040.36</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>49,094.18</b>
<b>OTROS</b>						
LIMPIEZA LÍNEA CENTRAL	M <sup>3</sup>	286.00	Q 18.00	Q	Q	5,148.00
<b>TOTAL OTROS</b>					<b>Q</b>	<b>5,148.00</b>
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	DIA	2.30	Q 150.00	Q	Q	345.00
CAL	SACO	2.00	Q 18.00	Q	Q	36.00
MADERA	PIE-TABLA	1.00	Q 2.50	Q	Q	2.50
RETROEXCAVADORA	H/MAQUINA	195.00	Q 250.00	Q	Q	48,750.00
COMPACTADORA	M3	2705.00	Q 7.00	Q	Q	18,935.00
HERRAMIENTA	%		5.00%	Q	Q	7,341.52
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>Q</b>	<b>75,410.02</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q</b>	<b>276,482.50</b>
<b>IMPREVISTOS</b>					<b>5.00%</b>	<b>Q 13,824.12</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q</b>	<b>290,306.62</b>

**Tabla XIII. Costo directo de los pozos de visita, proyecto Petapilla**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>						
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>						
<b>ALDEA PETAPILLA, CHIQUIMULA</b>						
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>						
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME</b>					
<b>RENGLÓN:</b>	<b>POZO DE VISITA</b>					
<b>CONCEPTO:</b>	<b>POZO DE VISITA</b>					
<b>CODIGO:</b>	2.0			<b>UNIDAD:</b>	<b>UNIDAD</b>	
				<b>CANTIDAD:</b>	25	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTI DAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>		
<b>MATERIALES</b>						
LADRILLO TAYUYO 23 X 11 X 6.6 CM	MILLAR	48.68	Q 1,500.00	Q	73,026.00	
CEMENTO	SACO	497.38	Q 39.00	Q	19,397.82	
CAL	BOLSA	115.37	Q 18.00	Q	2,076.66	
ARENA	M <sup>3</sup>	67.12	Q 100.00	Q	6,712.00	
PIEDRÍN	M <sup>3</sup>	20.35	Q 150.00	Q	3,052.50	
HIERRO LEGÍTIMO No. 2	QUINTAL	6.40	Q 175.00	Q	1,120.00	
HIERRO LEGÍTIMO CORRUGADO No. 3	QUINTAL	8.06	Q 195.00	Q	1,571.70	
HIERRO LEGÍTIMO CORRUGADO No. 4	QUINTAL	3.56	Q 192.00	Q	683.52	
ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	27.34	Q 2.70	Q	73.82	
MADERA	PIE/TABLAR	700.00	Q 2.50	Q	1,750.00	
CLAVO	LIBRA	47.00	Q 2.75	Q	129.25	
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q</b>	<b>109,593.27</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
EXCAVACIÓN	DÍA	2.75	Q 215.00	Q	591.25	
RELLENO	M <sup>3</sup>	7.73	Q 13.34	Q	103.12	
LEVANTADO	GLOBAL	1.00	Q 11,833.58	Q	11,833.58	
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					Q	12,527.95
<b>PRESTACIONES</b>	%		75.00%	Q	9,395.96	
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q</b>	<b>21,923.92</b>	
<b>OTROS</b>						
LIMPIEZA DE LOS POZOS	M <sup>3</sup>	384	Q 18.00	Q	6,912.00	
<b>TOTAL OTROS</b>				<b>Q</b>	<b>6,912.00</b>	
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EXCAVADORA	H/MÁQUINA	21.00	Q 250.00	Q	5,250.00	
COMPACTADORA	M <sup>3</sup>	7.73	Q 7.00	Q	54.11	
HERRAMIENTA	%	5.00	5.00%	Q	5,479.66	
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>Q</b>	<b>10,783.77</b>	
<b>TOTAL IMPREVISTOS</b>				5.00%	Q	7,460.65
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>Q</b>	<b>156,673.60</b>	

**Tabla XIV. Costo directo de las conexiones domiciliarias, proyecto Petapilla**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>							
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>							
<b>ALDEA PETAPILLA, CHIQUIMULA</b>							
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>							
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME</b>					<b>UNIDAD:</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>REGLON:</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>					<b>CANTIDAD:</b>	<b>115</b>
<b>CODIGO:</b>	<b>3.0</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	
		<b>AD</b>	<b>UNITARIO</b>	<b>UNITARIO</b>	<b>DIRECTO</b>	<b>DIRECTO</b>	
<b>MATERIALES</b>							
CEMENTO	SACO	100.00	Q	39.00	Q	3,900.00	
ARENA	M³	5.50	Q	100.00	Q	550.00	
PIEDRÍN	M³	8.30	Q	150.00	Q	1,245.00	
HIERRO LEGÍTIMO No. 2	QUINTAL	6.65	Q	175.00	Q	1,163.75	
ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	1.25	Q	2.70	Q	3.38	
TUBO NOVAFORT 4" ASTM F 949	UNIDAD	119.00	Q	178.89	Q	21,287.91	
TUBO CONCRETO 12" X 1M	UNIDAD	115.00	Q	55.00	Q	6,325.00	
YEE 4" A 6" NOVAFORT ASTM F 949	UNIDAD	115.00	Q	105.00	Q	12,075.00	
CODO 90° X 4" NOVAFORT ASTM F 949	UNIDAD	115.00	Q	35.60	Q	4,094.00	
EMPAQUE DE 4" NOVAFORT	UNIDAD	115.00	Q	5.79	Q	665.85	
EMPAQUE DE 6" NOVAFORT	UNIDAD	115.00	Q	6.00	Q	690.00	
MADERA	PIE/TABLAR	70.00	Q	4.00	Q	280.00	
CLAVO	LIBRA	37.00	Q	2.75	Q	101.75	
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q</b>	<b>5,831.60</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>							
EXCAVACIÓN	DÍA	5.40	Q	215.00	Q	1,161.00	
RELLENO	M³	636.25	Q	3.39	Q	2,160.04	
COLOCACIÓN	GLOBAL	1.00	Q	11,323.67	Q	11,323.67	
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>14,644.70</b>	
<b>PRESTACIONES</b>	<b>%</b>			<b>75.00%</b>	<b>Q</b>	<b>10,983.53</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>25,628.23</b>	
<b>OTROS</b>							
LIMPIEZA CONEXIONES DOMICILIAR	M³	15.31	Q	18.00	Q	275.58	
<b>TOTAL OTROS</b>					<b>Q</b>	<b>275.58</b>	
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>							
EXCAVADORA	H/MÁQUINA	43.20	Q	250.00	Q	10,800.00	
COMPACTADORA	M³	636.25	Q	7.00	Q	4,453.75	
HERRAMIENTA	%	5.00		5.00%	Q	291.58	
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>Q</b>	<b>15,545.33</b>	
<b>TOTAL</b>					<b>Q</b>	<b>47,280.74</b>	
<b>IMPREVISTOS</b>			<b>5.00%</b>	<b>Q</b>	<b>2,364.04</b>		
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q</b>	<b>49,644.78</b>	

**Tabla XV. Costo directo de las obras accesorias, proyecto Petapilla**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>				
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>				
<b>ALDEA PETAPILLA, CHIQUIMULA</b>				
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>				
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA</b>			
<b>RENGLÓN:</b>	OBRAS ACCESORIAS			
<b>CONCEPTO</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO		<b>UNIDAD:</b>	UNIDAD
<b>CODIGO:</b>	4		<b>CANTIDAD:</b>	1.00
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>
OBRA CIVIL	GLOBAL	1	Q175,000.00	\$ 175,000.00
<b>TOTAL DE OBRA CIVIL</b>				<b>\$ 175,000.00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>0.00</b>
<b>OTROS</b>				
<b>TOTAL OTROS</b>				<b>0.00</b>
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				
EQUIPAMIENTO	GLOBAL	1.00	\$ 110,000.00	\$ 110,000.00
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$ 110,000.00</b>
<b>TOTAL IMPREVISTOS</b>				<b>\$ 285,000.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>\$ 285,000.00</b>



**Tabla XVI. Resumen de costos directos por renglón, proyecto Petapilla**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>			
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>			
<b>ALDEA PETAPILLA, CHIQUIMULA</b>			
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>			
<b>CÁLCULO:</b>		<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA</b>	
<b>COD.</b>	<b>REGLÓN</b>	<b>TOTAL Q</b>	<b>TOTAL \$</b>
1	LÍNEA CENTRAL		
	MATERIALES	Q 146,830.30	\$ 18,239.79
	MANO DE OBRA	Q 49,094.18	\$ 6,098.66
	LIMPIEZA	Q 5,148.00	\$ 639.50
	MAQUINARIA, EQUIPO Y	Q 75,410.02	\$ 9,367.70
2	POZOS DE VISITA		
	MATERIALES	Q 109,593.27	\$ 13,614.07
	MANO DE OBRA	Q 21,923.92	\$ 2,723.47
	LIMPIEZA	Q 6,912.00	\$ 858.63
	MAQUINARIA, EQUIPO Y	Q 10,783.77	\$ 1,339.60
3	CONEXIÓN DOMICILIAR		
	MATERIALES	Q 5,831.60	\$ 724.42
	MANO DE OBRA	Q 25,628.23	\$ 3,183.63
	LIMPIEZA	Q 275.58	\$ 34.23
	MAQUINARIA, EQUIPO Y	Q 15,545.33	\$ 1,931.10
4	OBRAS ACCESORIAS		
	OBRA CIVIL	Q 175,000.00	\$ 21,739.13
	MAQUINARIA, EQUIPO Y	Q 110,000.00	\$ 13,664.60
<b>TOTAL</b>		<b>Q 757,976.20</b>	<b>\$ 94,158.53</b>
<b>IMPREVISTOS 5.00%</b>		<b>Q 23,648.80</b>	<b>\$ 2,937.74</b>
<b>COSTO DIRECTO DEL PROYECTO</b>		<b>Q 781,625.00</b>	<b>\$ 97,096.27</b>
<b>RESUMEN</b>			
1	LÍNEA CENTRAL	Q 290,306.62	\$ 36,062.93
2	POZOS DE VISITA	Q 156,673.60	\$ 19,462.56
3	CONEXIÓN DOMICILIAR	Q 49,644.78	\$ 6,167.05
4	OBRAS ACCESORIAS	Q 285,000.00	\$ 35,403.73
<b>COSTO DIRECTO DEL PROYECTO</b>		<b>Q 781,625.00</b>	<b>\$ 97,096.27</b>

**Tabla XVII. Costos directos del colector, proyecto El Ingeniero**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>					
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>					
<b>ALDEA EL INGENIERO</b>					
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>					
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA</b>				
<b>RENGLÓN:</b>	<b>LÍNEA CENTRAL</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>COLECTOR</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>METROS</b>
<b>CODIGO:</b>	<b>1</b>			<b>CANTIDAD:</b>	<b>3500.00</b>
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COSTO	COSTO
MATERIALES	AD	UNITARIO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO
Tubo NOVAFORT 6" x 6mts. Astm F950	Tubo	189.00	Q 399.01	Q	75,412.89
Tubo NOVAFORT 8" x 6mts. Astm F951	Tubo	18.00	Q 611.98	Q	11,015.64
Tubo NOVAFORT 10" x 6mts. Astm F952	Tubo	59.00	Q 734.86	Q	43,356.74
Tubo NOVAFORT 12" x 6mts. Astm F953	Tubo	113.00	Q 850.00	Q	96,050.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q</b>	<b>225,835.27</b>
MANO DE OBRA					
EXCAVACIÓN	GLOBAL	1.00	Q 6,000.00	Q	6,000.00
RELLENO	M3	3,116.00	Q 6.66	Q	20,737.93
COLOCACIÓN DE TUBO	TUBO	379.00	Q 10.36	Q	3,926.67
TOPOGRAFÍA	GLOBAL	1.00	Q 3,000.00	Q	3,000.00
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q</b>	<b>33,664.60</b>
<b>PRESTACIONES</b>	%		75.00%	Q	25,248.45
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q</b>	<b>58,913.05</b>
OTROS					
LIMPIEZA LÍNEA CENTRAL	M <sup>3</sup>	500.00	Q 18.00	Q	9,000.00
<b>TOTAL OTROS</b>				<b>Q</b>	<b>9,000.00</b>
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	DIA	2.50	Q 150.00	Q	375.00
CAL	SACO	2.00	Q 18.00	Q	36.00
MADERA	PIE-TABLA	1.00	Q 2.50	Q	2.50
RETROEXCAVADORA	H/MAQUINA	235.00	Q 250.00	Q	58,750.00
COMPACTADORA	M <sup>3</sup>	3116.00	Q 7.00	Q	21,812.00
HERRAMIENTA	%		5.00%	Q	11,291.76
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>Q</b>	<b>92,267.26</b>
	<b>TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>386,015.58</b>
	<b>IMPREVISTOS</b>	5.00%		<b>Q</b>	<b>19,300.78</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>405,316.36</b>

**Tabla XVIII. Costos directos de los pozos de visita, proyecto El Ingeniero**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>						
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>						
<b>ALDEA EL INGENIERO</b>						
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>						
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME</b>					
<b>RENGLÓN:</b>	POZO DE VISITA					
<b>CONCEPTO:</b>	POZO DE VISITA					
<b>CODIGO:</b>	2.0			<b>UNIDAD:</b>	UNIDAD	
				<b>CANTIDAD:</b>	25	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>
		<b>AD</b>	<b>UNITARIO</b>			<b>DIRECTO</b>
<b>MATERIALES</b>						
LADRILLO TAYUYO 23 X 11 X 6.6 CMS	MILLAR	59.71	Q	1,500.00	Q	89,557.50
CEMENTO	SACO	593.17	Q	39.00	Q	23,133.63
CAL	BOLSA	135.73	Q	18.00	Q	2,443.14
ARENA	M <sup>3</sup>	81.66	Q	100.00	Q	8,166.00
PIEDRÍN	M <sup>3</sup>	22.50	Q	150.00	Q	3,375.00
HIERRO LEGÍTIMO No. 2	QUINTAL	8.00	Q	175.00	Q	1,400.00
HIERRO LEGÍTIMO CORRUGADO No. 3	QUINTAL	11.11	Q	195.00	Q	2,166.45
HIERRO LEGÍTIMO CORRUGADO No. 4	QUINTAL	5.55	Q	192.00	Q	1,065.60
ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	37.60	Q	2.70	Q	101.52
MADERA	PIE/TABLAR	845.42	Q	4.00	Q	3,381.68
CLAVO	LIBRA	57.00	Q	2.75	Q	156.75
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q</b>	<b>134,947.27</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
EXCAVACIÓN	GLOBAL	1.00	Q	750.00	Q	750.00
RELLENO	M <sup>3</sup>	10.96	Q	13.34	Q	146.21
LEVANTADO	GLOBAL	1.00	Q	16,082.63	Q	16,082.63
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>Q 16,978.84</b>
<b>PRESTACIONES</b>	%			75.00%	Q	12,734.13
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>29,712.96</b>
<b>OTROS</b>						
LIMPIEZA DE LOS POZOS	M <sup>3</sup>	428	Q	18.00	Q	7,704.00
<b>TOTAL OTROS</b>					<b>Q</b>	<b>7,704.00</b>
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EXCAVACIÓN	H/MÁQUINA	23	Q	250.00	Q	5,750.00
COMPACTACIÓN	M <sup>3</sup>	10.96	Q	7.00	Q	76.72
HERRAMIENTA	%			5.00%	Q	6,747.36
<b>TOTAL</b>					<b>Q</b>	<b>6,824.08</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q</b>	<b>179,188.32</b>
<b>IMPREVISTOS</b>					5.00%	<b>Q 8,959.42</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q</b>	<b>188,147.73</b>

**Tabla XIX. Costo directo de las conexiones domiciliarias, proyecto El Ingeniero**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>						
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>						
<b>ALDEA EL INGENIERO</b>						
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>						
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME</b>					
<b>RENGLÓN:</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>					
<b>CONCEPTO:</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>				<b>UNIDAD:</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>CODIGO:</b>	3.0	<b>CANTIDAD:</b>			115	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>
		<b>AD</b>			<b>DIRECTO</b>	
<b>MATERIALES</b>						
CEMENTO	SACO	104.00	Q	39.00	Q	4,056.00
ARENA	M <sup>3</sup>	5.79	Q	100.00	Q	579.00
PIEDRÍN	M <sup>3</sup>	8.74	Q	150.00	Q	1,311.00
HIERRO LEGÍTIMO No. 2	QUINTAL	7.00	Q	175.00	Q	1,225.00
ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	1.30	Q	2.70	Q	3.51
TUBO NOVAFORT 4" X 6 ASTM F 949	UNIDAD	122.00	Q	178.89	Q	21,824.58
TUBO CONCRETO 12" X 1M	UNIDAD	115.00	Q	55.00	Q	6,325.00
YEE 4" A 6" NOVAFORT ASTM F 949	UNIDAD	115.00	Q	105.00	Q	12,075.00
CODO 90° X 4" NOVAFORT ASTM F 949	UNIDAD	115.00	Q	35.60	Q	4,094.00
EMPAQUE DE 4" NOVAFORT	UNIDAD	115.00	Q	5.79	Q	665.85
EMPAQUE DE 6" NOVAFORT	UNIDAD	115.00	Q	6.00	Q	690.00
MADERA	PIE/TABLAR	70.00	Q	4.00	Q	280.00
CLAVO	LIBRA	37.00	Q	2.75	Q	101.75
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q</b>	<b>53,230.69</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
EXCAVACIÓN	GLOBAL	1.00	Q	1,500.00	Q	1,500.00
RELLENO	M <sup>3</sup>	600.00	Q	3.41	Q	2,046.63
COLOCACIÓN	GLOBAL	1.00	Q	11,261.51	Q	11,261.51
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>14,808.14</b>
<b>PRESTACIONES</b>	%			75.00%	Q	11,106.11
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q</b>	<b>25,914.25</b>
<b>OTROS</b>						
LIMPIEZA EN CONEXIONES DOMICILIARES	M <sup>3</sup>	20.00	Q	18.00	Q	360.00
<b>TOTAL OTROS</b>					<b>Q</b>	<b>360.00</b>
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EXCAVADORA	H/MÁQUINA	41.00	Q	250.00	Q	10,250.00
COMPACTADORA	M <sup>3</sup>	600.00	Q	7.00	Q	4,200.00
HERRAMIENTA	%			5.00%	Q	2,661.53
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>Q</b>	<b>17,111.53</b>
<b>TOTAL</b>					<b>Q</b>	<b>96,616.47</b>
<b>IMPREVISTOS</b>			5.00%	<b>Q</b>	<b>4,830.82</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q</b>	<b>101,447.29</b>

**Tabla XX. Costo directo de las obras accesorias, proyecto El Ingeniero**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>						
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>						
<b>ALDEA EL INGENIERO</b>						
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>						
<b>CÁLCULO:</b>	<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA SAGASTUME</b>					
<b>REGLÓN:</b>	<b>OBRAS ACCESORIAS</b>					
<b>CONCEPTO</b>	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>				<b>UNIDAD:</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>CODIGO:</b>	<b>4</b>				<b>CANTIDAD:</b>	<b>1.00</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>		
<b>OBRA CIVIL</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>1 Q</b>	<b>175,000.00 Q</b>	<b>175,000.00</b>		
<b>TOTAL DE OBRA CIVIL</b>				<b>Q</b>	<b>175,000.00</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>0.00</b>	
<b>OTROS</b>						
<b>TOTAL OTROS</b>					<b>0.00</b>	
<b>MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
<b>EQUIPAMIENTO</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>1.00 Q</b>	<b>110,000.00 Q</b>	<b>110,000.00</b>		
<b>TOTAL MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>Q</b>	<b>110,000.00</b>	
<b>TOTAL IMPREVISTOS</b>				<b>Q</b>	<b>285,000.00</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>Q</b>	<b>285,000.00</b>	

**Tabla XXI. Resumen de costos por renglón, proyecto El Ingeniero**

<b>MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA</b>			
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>			
<b>ALDEA EL INGENIERO</b>			
<b>GUATE. FEBRERO DEL 2004</b>			
<b>CÁLCULO:</b>		<b>EPS ING. JOSÉ GILBERTO QUIJADA</b>	
<b>COD</b>	<b>REGLÓN</b>	<b>TOTAL Q</b>	<b>TOTAL \$</b>
1	LÍNEA CENTRAL		
	MATERIALES	Q 225,835.27	\$ 28,054.07
	MANO DE OBRA	Q 58,913.05	\$ 7,318.39
	LIMPIEZA	Q 9,000.00	\$ 1,118.01
	MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS	Q 92,267.26	\$ 11,461.77
2	POZOS DE VISITA		
	MATERIALES	Q 134,947.27	\$ 16,763.64
	MANO DE OBRA	Q 29,712.96	\$ 3,691.05
	LIMPIEZA	Q 7,704.00	\$ 957.02
	MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS	Q 6,824.08	\$ 847.71
3	CONEXIÓN DOMICILIAR		
	MATERIALES	Q 53,230.69	\$ 6,612.51
	MANO DE OBRA	Q 25,914.25	\$ 3,219.16
	LIMPIEZA	Q 360.00	\$ 44.72
	MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS	Q 17,111.53	\$ 2,125.66
4	OBRAS ACCESORIAS		
	OBRA CIVIL	Q 175,000.00	\$ 21,739.13
	MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS	Q 110,000.00	\$ 13,664.60
<b>TOTAL</b>		Q 946,820.36	\$ 117,617.44
<b>IMPREVISTOS 5.00%</b>		Q 33,091.02	\$ 4,110.69
<b>COSTO DIRECTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		Q 979,911.38	\$ 121,728.12
<b>RESUMEN</b>			
1	LÍNEA CENTRAL	Q 405,316.36	\$ 50,349.86
2	POZOS DE VISITA	Q 188,147.73	\$ 23,372.39
3	CONEXIÓN DOMICILIAR	Q 101,447.29	\$ 12,602.15
4	OBRAS ACCESORIAS	Q 285,000.00	\$ 35,403.73
<b>COSTO DIRECTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q 979,911.38</b>	<b>\$ 121,728.12</b>

Tomando en cuenta las tablas anteriores, el presupuesto del proyecto alcantarillado sanitario para la aldea Petapilla asciende a la cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y UN MIL SEISCIENTOS VEINTICINCO QUETZALES CON UN CENTAVO. I.V.A. INCLUIDO.

El presupuesto del proyecto alcantarillado sanitario para la aldea El Ingeniero asciende a la cantidad de NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL, NOVECIENTOS ONCE QUETZALES CON TREINTA Y NUEVE CENTAVOS. I.V.A. INCLUIDO.

El cambio del dólar de los presupuestos fue cotizado a Q 8.05.

A la fecha de ejecución de los proyectos, hay que considerar la fluctuación de precios en el mercado local, debido a la inflación ocurrida en el período comprendido entre el diseño y la ejecución.

También hay que tomar nota que en el presupuesto no están incluidos los costos indirectos y los impuestos municipales; sólo están contemplados los costos directos.





## **4. VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **4.1. Características de las amenazas, daños y riesgos para el sistema de alcantarillado**

La evaluación del peligro de esta zona o región es esencial para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles de los componentes en riesgo, tomando en cuenta que la geología representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y que existen otros factores que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes.

A nivel regional, la geología controla los aspectos genéricos del relieve y la topografía de un área, lo cual permite estimar su susceptibilidad al movimiento. En general, los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas. Sin embargo, la experiencia de trabajar y observar distintos tipos de terrenos ha demostrado que los deslizamientos son más comunes en ciertos tipos de geografía y menos comunes en otros. Las zonas inicialmente estables pueden volverse inestables con la construcción de infraestructura, la deforestación u otras razones.

La mayoría de impactos en la infraestructura del sistema de alcantarillado en lugares susceptibles a inundaciones se deben a los excedentes de lluvias que se extienden por largos períodos del invierno, fundamentalmente en la costa.

Por ello, el incremento y la permanencia de lluvias en muchas zonas de la costa producen efectos directos en los sistemas de alcantarillado.

Los más importantes son los siguientes:

- Taponamiento de colectores por residuos sólidos
- Daño en los elementos del sistema por recarga de acuíferos
- Arrastre de tubería y cámaras debido al empuje de aguas subterráneas
- Rebosamiento y arrastre de letrinas y de pozos sépticos
- Desbordamiento de lagunas de estabilización

Desde luego, el colapso de los elementos del sistema (letrinas, pozos sépticos, colectores de aguas negras, lagunas de oxidación, etcétera) tiene efectos sobre la salud al producir nuevas amenazas, como la generación de focos de contaminación. Igual situación ocurre con la red de alcantarillado para el drenaje de las aguas pluviales. En algunos casos se detectan intercambios entre los sistemas de drenaje y los de alcantarillado sanitario, lo que origina una contaminación incontrolada. La obstrucción de la infraestructura por las inundaciones, el taponamiento por sedimentos, etcétera, hacen colapsar varios sistemas y producen anegamientos que afectan sectores de las poblaciones involucradas.

Otros efectos de los desastres naturales se aprecian en la tabla XIV que a continuación se presenta:

**Tabla XXII. Efecto de los desastres naturales**

Servicio	Efectos esperados	Terremoto	Huracán	Inundación	Tsunami
Abastecimiento de agua y eliminación de aguas servidas	Daños a las estructuras de ingeniería civil	●	●	●	○
	Rupturas de cañerías maestras	●	◐	◐	○
	Interrupciones del suministro de electricidad	●	●	◐	◐
	Contaminación (química o biológica)	◐	●	●	●
	Desorganización del transporte	●	●	●	◐
	Escasez de personal	●	◐	◐	○
	Sobrecarga de las redes (debido a los movimientos de población)	◐	●	●	○
	Escasez de equipos, repuestos y suministros	●	●	●	◐

● posibilidad grave

◐ posibilidad menos grave

○ posibilidad mínima

### 5.1.1. Amenazas naturales

Las amenazas naturales son de tipo geológico o de tipo meteorológico. En esta región las principales amenazas son de tipo geológico (sismos, erupciones volcánicas) y muy remotamente de tipo meteorológico (huracanes, marejadas, ciclones tropicales, vientos fuertes, otras tormentas severas, tornados, inundaciones), y otras, como incendios forestales y las humaredas resultantes, sequías e infestaciones.

Las amenazas pueden ser interrelacionadas y sus efectos, magnificados. Por ejemplo, los vientos huracanados provocan lluvias intensas, las cuales pueden ocasionar inundaciones; asimismo los sismos provocan deslizamientos, los cuales pueden ocasionar refregamiento de ríos e inundaciones progresivas y la rotura de las regresas, que causan inundaciones turbulentas y crecidas.

El fin primordial es conocer la vulnerabilidad del alcantarillado sanitario y sus componentes, en los aspectos físico, operativo, administrativo y organizativo, ya que el funcionamiento ideal de este sistema depende tanto del diseño y de la calidad de los componentes físicos, como de la forma en que es operada, teniendo una constante supervisión, un mantenimiento apropiado y una buena administración en la que se aprovechen al máximo los recursos, a manera de cubrir en forma organizada la mayor parte de la población.

El impacto de las amenazas es directo con los componentes físicos del sistema e indirecto con los aspectos organizativos, administrativos y capacidad de operación. Es directo con los componentes físicos, ya que están expuestos a cualquier amenaza natural y es indirecto, porque la capacidad de operación se ve reducida. Si no se cuenta con los suficientes recursos, deberá solicitarse algún tipo de ayuda externa para llevar a cabo la reparación.

En lo que respecta a sismos y huracanes, se utilizan datos estadísticos para dar a conocer la tolerancia al riesgo, tomando, para el efecto, medidas de alto valor técnico para reducir dicho riesgo.

### ***Desastre natural***

Un desastre natural sucede cuando la ocurrencia de un fenómeno natural afecta a un sistema vulnerable. Los fenómenos naturales en sí no provocan necesariamente desastres. Es sólo su interacción con el sistema y su entorno lo que genera impactos que pueden llegar a tener dimensiones catastróficas, dependiendo de la vulnerabilidad de la zona.

Aunque el mundo siempre ha estado expuesto a los desastres naturales, sus efectos se están volviendo cada vez más severos. Esta tendencia mundial está directamente vinculada a otros fenómenos, como la creciente pobreza, el mayor crecimiento demográfico, el deterioro ambiental y el cambio climático. Puesto que la vulnerabilidad a los desastres es el resultado de las acciones humanas, es posible modificarlas para reducir la vulnerabilidad y, con ella, las pérdidas humanas y materiales.

### ***Reducción de desastres***

La reducción de desastres es la suma de todas las acciones que pueden aplicarse para reducir la vulnerabilidad de un sistema a las amenazas naturales. Estas soluciones incluyen el correcto ordenamiento territorial, con el desarrollo de mapas de riesgo, para asegurar que la gente se asiente donde es seguro; así como la adopción de códigos de construcción apropiados y técnicas de ingeniería que respondan a evaluaciones locales de riesgo.

### ***Medidas generales para la reducción de desastres***

Algunas de las medidas a tomar para reducir la vulnerabilidad: obras para mitigar los impactos de los fenómenos naturales a la infraestructura y servicios básicos; planes de contingencia por medio de mapas de vulnerabilidad y planes de contingencia específicos del sector o los planes generales de instituciones a cargo del manejo integral de emergencias.

Como medida para la reducción de desastres, en otros lugares, debido a la carencia de información acerca de las zonas vulnerables, al inicio de la época de invierno se mantiene un sistema de alerta mediante inspecciones y equipos para tener presencia en las zonas afectadas en menos de una hora.

Gracias a un mapa de vulnerabilidad se podrían economizar recursos para responder a emergencias. Asimismo, es necesario elaborar un estudio profundo de las necesidades y prioridades de obras de ingeniería necesarias para reducir la vulnerabilidad de los servicios básicos y las carreteras.

En cuanto a la posibilidad de ofrecer y recibir asistencia técnica en materia de reducción de vulnerabilidad también corresponde a una medida fundamental.

Asimismo es necesario subrayar la importancia de contar con perfiles de vulnerabilidad de infraestructura y servicios básicos de otros lugares que cuenten con las características semejantes a la de lugar en cuestión.

### ***Mitigación de los efectos de los desastres naturales***

Los sistemas de alcantarillado de las áreas urbanas y rurales son especialmente vulnerables a los peligros naturales. Estos sistemas son extensos y pueden hallarse en mal estado. Cuando el agua potable se contamina como resultado de un desastre o colapso en el sistema de alcantarillado, el riesgo de que la población contraiga enfermedades aumenta y la higiene se deteriora rápidamente. A menudo, resulta difícil valorar las consecuencias indirectas para la salud y el costo de la reparación del sistema es, en general, muy elevado.

Las autoridades encargadas del funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado deben contar con estrategias para reducir la vulnerabilidad de estos sistemas a los desastres naturales y con procedimientos para restablecer rápida y eficazmente el servicio en tales casos. Al igual que para los establecimientos de salud, el análisis de vulnerabilidad es el primer paso para identificar y cuantificar el impacto potencial de los desastres sobre el rendimiento y los componentes del sistema. El proceso es complicado porque los sistemas de alcantarillado se extienden a lo largo de zonas muy amplias, están compuestos por una variedad de materiales y expuestos a diversos tipos de desastres, tales como aludes, inundaciones, vientos fuertes, erupciones volcánicas o terremotos.

#### **5.1.2. Efectos generales producidos por los terremotos**

Según su magnitud, los terremotos pueden producir fallas en las rocas y en el subsuelo, hundimientos de la superficie del terreno, derrumbes, deslizamientos de tierras y avalanchas de lodo; pueden asimismo reblandecer los suelos saturados (debido a la vibración); reducen la capacidad de sustentación de fenómenos combinados con la ondulación del suelo; producen destrucción y otros daños directos en cualquier parte de los sistemas de abastecimiento de agua, ubicados dentro del área afectada por el sismo.

Entre los principales efectos producidos por los terremotos se pueden mencionar:

- Destrucción parcial o total de estructuras recolectoras, tratamiento, etc.
- Ruptura de las tuberías, además de daños en las uniones, con la consiguiente filtración de aguas negras al suelo

- Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso

### **5.1.3. Daños producidos por terremotos**

El sismo actúa con fuerzas de inercia sobre las construcciones que se levantan sobre el nivel del suelo; en cambio las estructuras enterradas (tuberías) se mueven con el suelo, experimentando deformaciones que pueden provocar daños en este tipo de componentes; para las estructuras aéreas se dan deformaciones sin llegar a la ruptura, gracias a las juntas flexibles y los tensores. Los terremotos ocasionan daños en las tuberías y/o en sus uniones rígidas; esto implica que se pueden esperar menores daños en las tuberías relativamente más flexibles como el PVC, y mayores en las tuberías rígidas, como las de mortero comprimido, hormigón, hierro fundido, asbesto y cemento, especialmente si tienen uniones rígidas.

Los daños en las tuberías de agua potable y drenaje sanitario producen, por lo común, afloramientos de agua en zonas cercanas a las roturas de tubos o uniones, pero para determinar su magnitud y alcance y poder hacer las reparaciones habrá que excavar y poner al descubierto las tuberías rotas.

Sin embargo, es posible que la alta permeabilidad del suelo en que se produjeron las roturas o la presión baja del agua oculte zonas de roturas que tal vez se podrían ir detectando posteriormente.



### ***Riesgo de contaminación del agua en las redes de agua potable***

Existe riesgo de contaminación en el agua potable cuando se rompen simultáneamente las tuberías de las redes de agua potable y las de alcantarillado sanitario, porque es posible que algo de las aguas servidas se mezcle o penetre a la red de agua potable. Ello se debe a que usualmente las tuberías de agua potable y alcantarillado sanitario se construyen en forma paralela, por las mismas calles y a pocos metros entre sus ejes. Así, puede haber roturas cercanas en ambas tuberías que posibiliten la entrada de aguas servidas a la red de agua potable, especialmente si es considerable el volumen de aguas servidas vertidas al terreno.

En algunas oportunidades existen aguas subterráneas superficiales que cubren las redes de agua potable y de alcantarillado. Si el sismo produce roturas y fugas en la red de alcantarillado, se contaminará la capa freática. Por su parte, esa capa superficial puede contaminar el agua potable de la red a través de roturas en la misma o por infiltración hacia la red de agua potable por juntas no herméticas si en esa red se producen presiones negativas.

Todas las infraestructuras son proyectadas tomando en consideración las amenazas naturales de tipo geológico, meteorológico y características del área en el cual se encuentra ubicado el sistema.

Muchos de los problemas relativos a los sistemas se deben a fenómenos naturales que no se consideraron en la etapa de concepción, diseño, construcción y operación del sistema. Por esta razón, es de gran importancia para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas existentes y por construir. Los planes de emergencia se fundamentan en el mejor conocimiento posible de la vulnerabilidad del sistema, en cuanto a:

1. Deficiencias en la capacidad de prestación de servicios u operatividad.
2. Debilidades físicas de los componentes ante las solicitudes externas.
3. Debilidades de organización ante las eventuales emergencias que se puedan ocasionar. De una manera general, a la identificación y cuantificación de estas debilidades se le denomina Análisis de Vulnerabilidad, y es el proceso mediante el cual se determina el comportamiento esperado del sistema y sus componentes, para resistir en forma adecuada los efectos debidos a un desastre. Se identifican también las fortalezas del sistema y de su organización, por ejemplo, el personal con experiencia en operación, mantenimiento, diseño y construcción, para atender emergencias.

## **5.2. Concepto de vulnerabilidad**

Se entiende por vulnerabilidad, la susceptibilidad a la pérdida de un elemento o conjunto de elementos como resultado de la ocurrencia de un desastre. Indica el grado en que un sistema está expuesto o protegido del impacto de las amenazas naturales. Esto depende del estado de los asentamientos humanos y su infraestructura, la manera en que la administración pública y las políticas manejan la gestión del riesgo, y el nivel de información y educación de que dispone una sociedad sobre los riesgos existentes y cómo debe enfrentarlos.

Esta definición es lo suficientemente amplia para que se aplique tanto a aspectos físicos, como operativos y administrativos. No obstante, el reconocimiento de las incertidumbres asociadas a la cuantificación de la vulnerabilidad física ha hecho que ésta sea expresada como la probabilidad de que ocurra un determinado fenómeno natural o antrópico.

La selección o caracterización del fenómeno depende del problema y es finalmente una decisión del analista. En este caso, por ejemplo, puede ser una aceleración del terreno, una viscosidad del viento, el caudal de un río provocado por un huracán.

El análisis de las estadísticas disponibles sobre las amenazas y sus consecuencias conduce a establecer una marcada diferencia entre dos grupos de problemas: a) la peligrosidad e intensidad de las acciones esperadas; y b) la vulnerabilidad de las obras hechas por el hombre para soportar, con daños tolerables, tales acciones.

### **5.2.1. Cuantificación de la vulnerabilidad**

La vulnerabilidad de un determinado componente o sistema, se expresa como la probabilidad de alcanzar un determinado estado  $E_j$ , dado que ocurra  $A_i$ , se expresa como:

$$P(E_j/A_i)$$

Los estados  $E_j$  son previamente definidos a conveniencia y descritos en forma explícita. En lo que se refiere a daños y operatividad de equipos es frecuente adoptar los cuatro estados de daño siguientes:

$E_1$  = no daños

$E_2$  = daños leves; equipo operativo

$E_3$  = daños reparables; equipo no operativo

$E_4$  = daños graves o ruina; equipo fuera de servicio

Sea:

$P$  = Probabilidad

Ej = Sistema

Ai = Amenaza

Debe realizarse un estudio de análisis de vulnerabilidad en aquellas instalaciones y obras de infraestructura cuyo mal funcionamiento o ruina (debido a los efectos de los desastres considerados) pueda generar situaciones de emergencia o demandas que excedan la capacidad de atención.

### **5.2.2. Estimación de la vulnerabilidad**

En diversos trabajos, la vulnerabilidad de sistemas de tuberías a las acciones sísmicas viene expresada por el número esperado de fallas por kilómetro de longitud. Tomando en consideración las estadísticas disponibles, resulta ventajoso emplear como referencia el número de fallas por sismo en tuberías de PVC, para diferentes grados de la Intensidad de Mercalli.

### **5.2.3. Identificación de la vulnerabilidad**

El análisis de los sistemas de agua y alcantarillado es realizado por un equipo de profesionales expertos en la evaluación de peligros naturales, salud ambiental e ingeniería civil, en conjunto con el personal de la empresa de servicio de agua encargado del funcionamiento y mantenimiento del mismo. Ese equipo centra su atención en el funcionamiento y mantenimiento, la administración y los impactos potenciales sobre el servicio, tal como se señala a continuación.

### **5.2.3.1. Vulnerabilidad administrativa**

Con el fin de tratar de manera integral los problemas que afectan a los aspectos administrativos / funcionales se recomienda analizar los aspectos que tengan relación en la administración de los sistemas (vulnerabilidad administrativa) por separado de aquellos que tengan referencia con los aspectos operativos de los mismos (vulnerabilidad operativa).

El Departamento de Servicios Públicos de la municipalidad, que es la sección encargada de supervisar el funcionamiento del sistema de agua potable y drenajes sanitarios, y el coordinador de la oficina municipal de Planificación, que se encarga de la operación directa del sistema, están alertas constantemente respecto de cada una de las situaciones que se pudieran suscitar en torno a alguna falla o desperfecto que ocasione la suspensión del servicio. Su función radica principalmente en corregir fallas menores, tales como la reparación del equipo y la infraestructura física. Toda reparación mayor o cambio en la distribución física debe ser estudiado y aprobado por el Concejo Municipal.

Los principales factores de vulnerabilidad administrativa tienen relación con el nivel de capacitación en los temas referentes a las amenazas naturales, la capacidad del personal administrativo para desempeñar sus obligaciones y con las debilidades de la organización institucional.

Algunos indicadores de vulnerabilidad administrativa son: falta de capacitación del personal, altos porcentajes de morosidad de los usuarios en el pago de cuotas, saldos contables negativos, ausencia de comunicación con los usuarios, ausencia de fondos de capitalización y de herramientas para la operación del sistema.

La coordinación interinstitucional es fundamental en la atención de emergencias y desastres, porque si no hay coordinación, el resultado es un caos que afectará a los clientes del sistema y a la capacidad de rehabilitación.

En el nivel de la organización institucional, las debilidades son: escasa o nula comunicación entre los niveles organizacionales, ausencia de coordinación, información, incumplimiento de responsabilidades e incertidumbre en las competencias de las acciones. El objetivo del estudio de la vulnerabilidad administrativa es identificar las debilidades de la organización institucional y de la administración local que impiden contar con una buena gestión para disponer de recursos humanos capacitados, recursos materiales y económicos suficientes, así como de una correcta organización del trabajo para el funcionamiento del sistema en condiciones normales, la implementación de medidas de mitigación y la respuesta oportuna en caso de impacto de un fenómeno natural.

La capacitación de las personas encargadas de la operación de la línea de conducción es indispensable, ya que las fallas pueden ser de diferentes índoles, pero debido a un descontrol en la organización y designación del personal capacitado para realizar dichas tareas, se ha incurrido en el atraso de la realización de tareas, por la falta de información, asignación de más personal y falta de transporte, pues la extensión a cubrir es muy grande. La falta de fondos asignados para mejorar el servicio, también ha sido una causa muy grande, por lo que los sistemas sufren fallas, y al no ser corregidas su deterioro es indudable.

### **5.2.3.2. Vulnerabilidad operativa**

Los principales factores de vulnerabilidad operativa tienen relación con la cantidad, calidad y continuidad, las rutinas de operación, mantenimiento y la capacitación del operador para el cumplimiento de sus funciones.

Algunos indicadores de vulnerabilidad operativa son: poca o ninguna capacitación del operador, mal estado de equipos, herramientas, operación y mantenimiento defectuoso, ausencia de registros de caudales, del monitoreo de la calidad de agua, tratamientos defectuosos del agua.

El objetivo del estudio de la vulnerabilidad operativa es identificar las debilidades que ocasionan deficiencias en la prestación del servicio en cuanto a cantidad, continuidad y calidad del agua, por rutinas de operación de mantenimiento y por capacidad del personal, durante la operación normal.

### **5.2.3.3. Vulnerabilidad física**

Los factores de vulnerabilidad física tienen relación con las condiciones desfavorables actuales de los componentes y del sistema en su conjunto, de acuerdo a su ubicación en relación con las amenazas naturales; luego, la vulnerabilidad física puede presentarse por condición y/o por ubicación.

Para identificar las condiciones favorables del estado actual se deben inspeccionar los elementos, equipos y accesorios de cada componente y señalar su estado, su conformidad con las normas de diseño, su utilidad dentro del funcionamiento del sistema y su necesidad. Este proceso es el que permite determinar los elementos y componentes deficientes para el funcionamiento normal del sistema.

Para estimar los daños potenciales provocados por los fenómenos naturales, se debe primero identificar las amenazas se priorizan para comenzar su análisis, con base en la recurrencia y magnitud de los efectos esperados. Luego se cuantifican los efectos, pudiéndose utilizar el parámetro denominado factor de daño o cualquier otro procedimiento disponible, como la utilización de los daños observados por el impacto de amenazas ocurridas en el pasado. Llegar a valores numéricos de los efectos sólo se justifica cuando el riesgo del sistema es muy alto.

La población guatemalteca es susceptible a sufrir daños a su salud debido a que al ocurrir este tipo de catástrofes, existe el riesgo de contaminación del agua, por lo que aumenta la tasa e incidencia de enfermedades como la diarrea, el cólera, las infecciones respiratorias, las enfermedades infecto-contagiosas, entre otras.

La vulnerabilidad física ante huracanes y sismos es evidente, porque los componentes están expuestos directamente al medio, por lo que según sea la intensidad del huracán o sismo, podrán sufrir daños graves o destrucción total.

Los daños esperados por el impacto de este tipo de amenazas, deben ser tomados en cuenta en el momento en que ocurra otro siniestro; para ello se toman las debilidades que provocan daños físicos en los sistemas en relación con las siguientes amenazas:



- Por sismo: Prácticamente todos los componentes de los sistemas pueden sufrir las consecuencias directas del impacto de un sismo. Las estructuras de concreto sufren, en mayor o menor grado, agrietamientos y fallas estructurales que las inutilizan; las cajas, pozos de visita, planta de tratamiento, fallan en las uniones rígidas del concreto con las tuberías; las tuberías rígidas fallan en cortante y las de juntas flexibles se desacoplan.
- Por huracanes: Para los componentes ubicados en pasos expuestos en los cauces de los ríos, quebradas y terrazas inundables existe el riesgo de rotura de tuberías debido a correntadas, rotura y daños de las tapas en los tanque o pozos de visita, y falla de estructuras por asentamientos del terreno por inundaciones.

### **Capacidad de respuesta del gobierno local**

A nivel de gobierno municipal, en caso de bienes y servicios para reparar, rehabilitar, reconstruir y remplazar elementos de infraestructura por la ocurrencia de un fenómeno natural, se recurre a maquinaria y empleados de instituciones públicas o empresas privadas locales. Sin embargo se considera que, como en el caso de infraestructura vial, las autoridades no se restringen a mencionar aquellos elementos que sólo pueden ser suministrados a nivel del gobierno central.

El municipio de Chiquimula cuenta con personal técnico capacitado, maquinaria y materiales para llevar adelante las tareas de reparación, rehabilitación, reconstrucción y reemplazo de componentes esenciales de la red de alcantarillado; requiriendo, en cambio, ayuda financiera externa cuando las tareas son de gran magnitud.

## **Importancia de la concienciación y preparación para emergencias a nivel local**

La vulnerabilidad no solamente representa un asunto geográfico; también es causada por la falta de preparación de los individuos para reaccionar cuando algo anormal está sucediendo.

Es muy probable que aquellas comunidades que sí están conscientes de los peligros, y que saben cómo responder ante los mismos, sufran menos pérdidas humanas y daños a la propiedad. La coordinación más efectiva de los servicios de respuesta también contribuye a reducir la vulnerabilidad (es decir, el mejoramiento en la preparación de los especialistas). Todo esto es obvio, pero no siempre se refleja en la realidad. Todas las personas relacionadas con las respuestas de emergencias deben obedecer a una sola orden, guiarse por procedimientos comunes y mantener una comunicación transparente. Las acciones de respuesta deben practicarse de vez en cuando para confirmar que funcionarán en la práctica y no solamente cuando están plasmadas en el papel.

## CONCLUSIONES

1. Con la ejecución de los proyectos de alcantarillado sanitario en las aldeas El Ingeniero y Petapilla, del municipio de Chiquimula, se brindará una solución técnica a los problemas de saneamiento ambiental y a la contaminación de aguas subterráneas. Y de esta manera se evitarán las enfermedades gastrointestinales, se eliminarán los focos de contaminación, los malos olores producidos por las aguas negras que corren a flor de tierra, y se mejorará el ornato de las comunidades.
2. Dependiendo del mantenimiento y del correcto uso del sistema de alcantarillado sanitario, éste prestará un servicio eficiente durante 30 años a partir de su construcción, contribuyendo a mejorar el nivel de vida de los habitantes.
3. El análisis de vulnerabilidad desde el punto de vista de prevención, es una de las herramientas más importantes con que cuenta la municipalidad de Chiquimula para realizar un manejo adecuado de los efectos que los desastres naturales pueden causar en los sistemas de alcantarillado, mitigando los efectos de los desastres con estrategias para reducir la vulnerabilidad de estos sistemas a los desastres naturales y con procedimientos para restablecer rápida y eficazmente el servicio.



## RECOMENDACIONES

1. La promoción social en las comunidades se deberá realizar basada en las condiciones de vida de la comunidad, respetando los patrones culturales de la población. Se buscará involucrar en el proyecto de saneamiento a líderes comunitarios, a fin de orientarlos y capacitarlos para la autogestión y participación comunitaria sobre el uso adecuado del drenaje sanitario y la educación sanitaria, procurando mejorar las condiciones de vida de la población en general y lograr cambios significativos en los hábitos higiénicos sanitarios.
2. En la fase de ejecución del proyecto, la municipalidad de Chiquimula, conjuntamente con el Consejo de Desarrollo, deben tener una supervisión constante y adecuada, para garantizar que los proyectos se ejecuten con base en los planos y las especificaciones técnicas descritas por el diseñador de los sistemas, para lograr la funcionalidad adecuada y eficaz durante toda la vida útil de éstos.
3. el comité Pro-Mejoramiento, con colaboración de la municipalidad, deben concienciar a los vecinos a evitar que conecten las aguas pluviales al sistema de aguas negras, para que éste funcione adecuadamente.
4. Indudablemente, para evitar la contaminación al medio ambiente se debe dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales, por medio de la implementación de una planta de tratamiento, antes de ser descargadas en los cuerpos receptores.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Carrera Rípiele, Ricardo Antonio. **Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1989. 135 pp.
2. Contreras Barrientos, Walter Giovanni. **Aplicaciones de Microsoft Excel al diseño, cálculo y estimación de costos de sistemas de alcantarillado en la República de Guatemala.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2000.
3. De León de León, Jorge Horacio. **Investigación de demandas de agua potable por medio de medidores en los proyectos por bombeo de las aldeas El Ingeniero y Sabana Grande del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2001.
4. Instituto de Fomento Municipal – UNEPAR. **Informe Final de Proyectos Programa III KFW.** Manual del INFOM. Guatemala, 2000.
5. Instituto Nacional de Estadística. **Características de la Población y de los Locales de Habitación Censados.** Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002. Guatemala, 2003.
6. Nij Reyes, César Alfredo. **Diseño de alcantarillado para las colonias El Shoropín y La Colina de la ciudad de Chiquimula.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Noviembre 2002.
7. Ramírez Sierra, Mario Rolando. **Análisis de vulnerabilidad sobre los daños de infraestructura civil causados por el huracán Match y sismos a la línea de conducción de agua potable que abastece a la cabecera municipal de Chiquimula denominado El Abundante.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2000.





## **APÉNDICE**

- **CÁLCULO HIDRÁULICO**
- **JUEGO DE PLANOS**



**Tabla XXIII. Cálculo hidráulico**

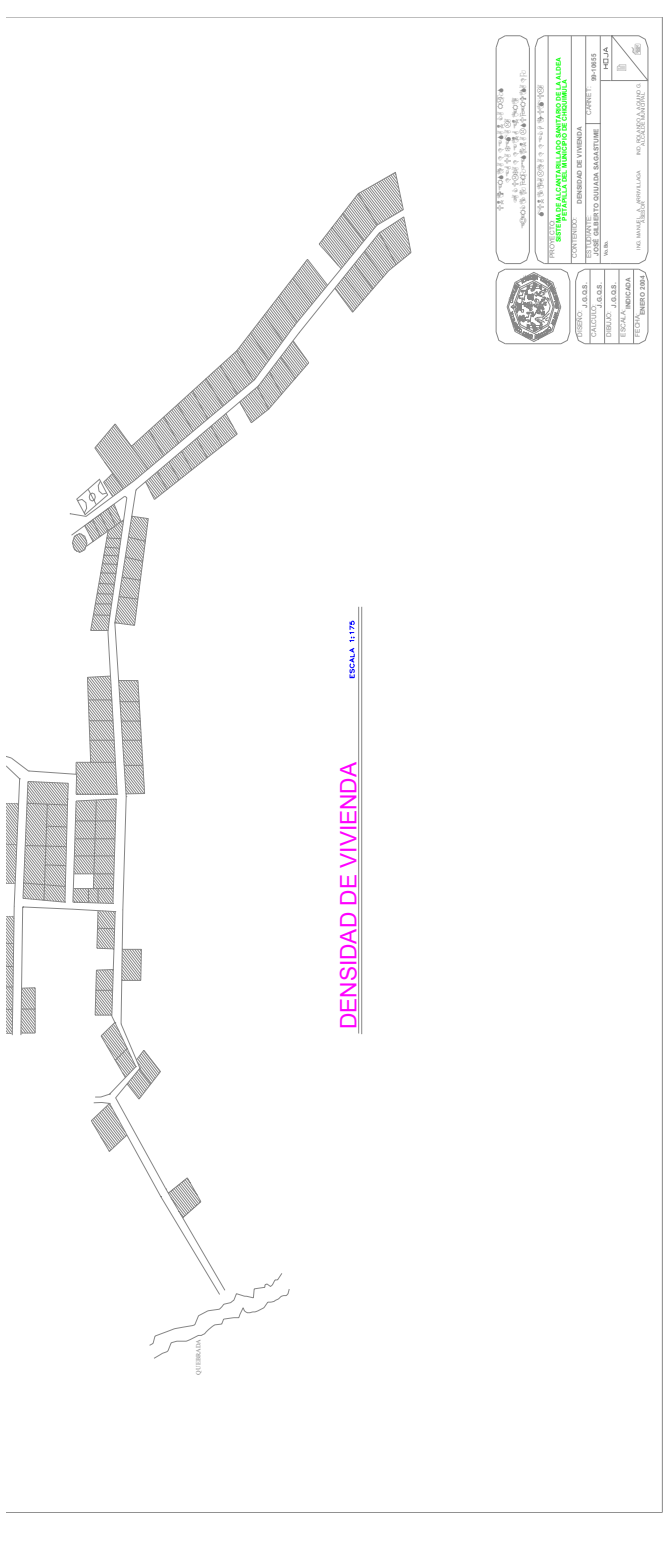
TRAMO	DE P.V	A P.V	D.H	COTA DE TERRENO		% S	Q <sub>OS</sub> ACUM.	DIÁMETRO (pulg)	% S TUBO	SECCIÓN LLENA		v (m/s)	PROF. TUBO		COTA INVERT		PROF. P.V		DIÁMETRO P.V	
				INICIAL	FINAL					V (m/s)	O (l/s)		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
2	2	3	40.50	449.38	448.15	3.04	0.76	6	3.00	1.96	35.77	0.79	1.22	1.20	448.16	446.95	1.32	1.33	1.50	1.20
3	3	33	70.00	448.15	446.55	2.29	1.05	6	2.50	1.79	32.66	0.81	1.23	1.39	446.92	445.16	1.33	1.52	1.20	1.20
4	33	4	68.17	446.55	445.28	1.84	1.68	6	2.00	1.60	29.21	0.87	1.42	1.53	445.13	443.75	1.52	1.86	1.20	1.50
5	3	20	47.84	448.15	447.11	2.17	0.72	6	2.50	1.79	32.66	0.73	0.60	0.66	447.65	446.45	0.60	0.79	1.20	1.20
6	20	21	89.50	447.11	445.13	2.85	1.11	6	3.00	1.96	35.77	0.88	0.89	0.80	446.42	444.33	0.79	0.93	1.20	1.20
7	21	22	27.68	445.13	445.42	-1.05	1.37	6	1.00	1.13	20.65	0.64	0.83	1.39	444.30	444.03	0.93	1.52	1.20	1.90
8	22	4	45.17	445.42	445.28	0.31	1.78	6	1.00	1.13	20.65	0.69	1.42	1.73	444.00	443.55	1.52	1.86	1.50	1.50
9	4	5	23.09	445.28	445.35	-0.30	3.57	8	1.00	1.37	44.48	0.82	1.76	2.06	443.52	443.29	1.86	2.24	1.50	1.50
10	23	5	68.67	445.27	445.35	-0.12	0.66	6	1.00	1.13	20.65	0.51	1.22	1.98	444.05	443.37	1.32	2.24	1.20	1.50
11	5	6	19.00	445.35	445.34	0.05	4.33	8	1.00	1.37	44.48	0.87	2.09	2.27	443.26	443.07	2.19	2.40	1.50	1.50
12	24	34	65.00	445.43	445.59	-0.25	0.62	6	1.00	1.13	20.65	0.51	1.05	1.86	444.38	443.73	1.15	1.99	1.20	1.90
13	34	6	61.80	445.59	446.34	0.40	1.20	6	1.00	1.13	20.65	0.62	1.89	2.25	443.70	443.09	1.99	2.40	1.50	1.90
14	6	7	60.00	446.34	445.72	-0.63	5.90	8	1.00	1.37	44.48	0.95	2.30	3.29	443.04	442.43	2.40	3.42	1.50	1.75
15	7	8	56.98	445.72	447.55	-3.21	6.38	10	1.00	1.59	80.65	0.95	3.32	5.72	442.40	441.83	3.42	5.68	1.75	1.20
16	26	25	21.97	447.55	451.11	-16.20	1.63	6	4.00	2.26	41.31	1.10	1.22	1.25	446.33	449.66	1.32	4.22	1.20	1.20
17	9	27	53.05	451.11	450.40	1.34	3.79	6	1.00	1.13	20.65	0.86	1.22	2.63	449.69	447.77	1.32	2.91	1.20	2.00
18	27	25	72.40	450.40	451.11	-0.98	1.19	6	1.00	1.13	20.65	0.61	2.66	4.09	447.74	447.02	2.76	4.22	2.00	1.20
19	25	8	58.72	451.11	447.55	6.06	1.92	6	6.00	2.77	50.59	1.33	4.12	4.09	446.99	443.46	4.22	5.85	1.20	1.20
20	8	9	78.96	447.55	451.11	-4.51	8.70	10	1.00	1.59	80.65	1.04	5.75	8.51	441.80	442.60	5.85	1.32	1.20	1.20
21	9	35	90.05	449.52	441.52	8.88	9.43	10	1.00	1.59	80.65	1.06	8.54	1.44	440.98	440.08	8.64	1.57	2.00	2.00
22	35	10	31.75	441.52	439.81	5.39	9.68	10	5.00	3.56	180.33	1.89	1.47	1.35	440.05	438.46	1.57	1.48	2.00	1.20
23	10	11	56.05	439.81	437.58	3.98	10.12	10	4.00	3.18	161.30	1.77	1.38	1.39	438.43	436.19	1.48	2.74	1.20	1.90
24	30	29	52.24	437.58	437.94	-0.69	0.60	6	1.00	1.13	20.65	0.47	1.22	1.98	436.36	435.96	1.32	2.11	1.20	1.20
25	29	11	95.53	437.94	437.58	0.38	1.39	6	1.00	1.13	20.65	0.64	2.01	2.61	435.93	434.97	2.11	2.74	1.20	1.50
26	11	12	14.60	437.58	437.18	2.74	11.40	10	1.00	1.59	80.65	1.13	2.64	2.39	434.94	434.79	2.74	3.45	1.50	1.50
27	32	31	70.67	437.18	437.43	-0.35	0.81	6	1.00	1.13	20.65	0.55	1.22	2.75	434.96	434.68	1.32	2.88	1.20	1.90
28	31	12	77.71	437.43	437.18	0.32	1.40	6	1.00	1.13	20.65	0.65	2.78	3.32	434.65	433.86	2.88	3.45	1.50	1.90
29	12	13	90.06	437.18	434.61	2.85	13.25	12	1.00	1.80	131.14	1.15	3.35	1.68	433.83	432.93	3.45	1.81	1.50	1.20
30	13	14	90.72	434.61	434.03	0.64	13.94	12	1.00	1.80	131.14	1.17	1.71	2.03	432.90	432.00	1.81	2.16	1.20	1.50
31	14	15	80.00	434.03	430.79	4.05	14.55	12	3.00	3.11	27.14	1.74	2.06	1.22	431.97	429.57	2.16	1.35	1.50	1.20
32	15	16	80.67	430.79	429.09	2.11	15.17	12	2.50	2.84	207.35	1.66	1.25	1.57	429.54	427.52	1.35	1.70	1.20	1.20
33	16	36	55.00	429.09	428.24	1.55	15.58	12	1.50	2.20	160.62	1.39	1.60	1.57	427.49	426.67	1.70	1.70	1.20	1.20
34	36	17	56.12	428.24	427.08	2.07	16.00	12	1.50	2.20	160.62	1.41	1.60	1.28	426.64	425.80	1.70	1.41	1.20	1.20
35	17	37	60.00	427.08	424.32	4.60	16.45	12	4.50	3.81	278.19	2.08	1.31	1.25	425.77	423.07	1.41	1.38	1.20	1.50
36	37	18	56.37	424.32	422.05	4.03	16.87	12	4.00	3.59	262.28	2.01	1.28	1.26	423.04	420.79	1.38	1.39	1.50	1.20
37	18	19	37.59	422.05	421.40	1.73	17.15	12	1.50	2.20	160.62	1.43	1.29	1.21	420.76	420.19	1.39	1.47	1.20	1.20
38	19	P.T	26.00	421.40	420.30	4.23	17.04	12	3.00	3.11	227.14	1.83	1.24	0.92	420.16	419.36	1.34	-	1.20	-


Continuación

TRAMO	DE P.V	A P.V	D.H	COTA DE TERRENO		% S	Q <sub>DIS</sub> ACUM.	DIÁMETRO (pulg)	% S TUBO	SECCIÓN LLENA		v (m/s)	PROF. TUBO		COTA INVERT		PROF. P.V		DIÁMETRO P.V	
				INICIAL	FINAL					V (m/s)	Q (fs)		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	6	5	23.23	115.13	115.22	-0.31	0.41	6	1.00	1.13	20.65	0.45	1.37	1.75	113.76	113.47	1.47	1.88	1.20	1.20
2	5	21	55.00	115.22	113.54	3.05	1.16	6	3.00	1.96	35.77	0.90	1.78	1.75	113.44	111.79	1.88	1.88	1.20	1.20
3	21	4	62.46	113.54	110.27	5.24	1.98	6	5.00	2.53	46.18	1.26	1.78	1.63	111.76	108.64	1.88	3.00	1.20	1.90
4	4	3	60.06	110.27	104.56	9.51	2.76	6	7.00	3.00	54.64	1.56	2.90	1.39	107.37	103.17	3.00	1.52	1.50	1.20
5	3	22	75.00	104.56	101.26	4.40	3.71	6	4.50	2.40	43.91	1.46	1.42	1.50	103.14	99.76	1.52	1.63	1.20	1.20
6	22	2	78.92	101.26	110.48	-11.68	4.69	6	1.50	1.39	25.30	1.06	1.53	1.93	99.73	105.56	1.63	2.92	1.20	1.50
7	1	2	67.77	99.76	100.48	-1.06	0.94	6	1.00	1.13	20.65	0.57	1.37	2.77	98.39	97.71	1.47	2.92	1.20	1.90
8	2	23	55.00	100.48	100.12	0.65	6.19	8	1.00	1.37	44.48	0.96	2.82	3.01	97.86	97.11	2.92	3.14	1.50	1.90
9	23	7	61.23	100.12	99.30	1.34	6.92	8	1.00	1.37	44.48	1.00	3.04	2.63	97.08	96.47	3.14	2.96	1.50	1.90
10	7	24	65.00	99.30	98.63	0.72	7.69	8	1.00	1.37	44.48	1.03	2.86	3.04	96.44	95.79	2.96	3.17	1.50	1.90
11	24	8	68.94	98.63	98.94	-0.16	8.50	8	1.00	1.37	44.48	1.06	3.07	3.67	95.76	95.07	3.17	4.02	1.50	1.75
12	8	9	90.81	98.94	98.75	0.21	9.56	10	1.00	1.59	80.65	1.07	3.92	4.64	95.02	94.11	4.02	6.46	1.75	2.00
13	19	18	50.41	98.05	97.01	2.06	0.70	6	2.50	1.79	32.86	0.72	1.37	1.89	96.88	95.43	1.47	1.71	1.20	1.20
14	18	17	101.64	97.01	97.18	-0.17	2.05	6	1.00	1.13	20.65	0.72	1.61	2.80	95.40	94.38	1.71	3.78	1.20	1.90
15	20	25	50.00	95.81	96.54	-1.46	0.70	6	1.00	1.13	20.65	0.52	1.17	2.41	94.64	94.13	1.27	2.54	1.20	1.50
16	25	17	55.57	96.54	97.18	-1.15	1.44	6	1.00	1.13	20.65	0.65	2.44	3.63	94.10	93.55	2.54	3.78	1.50	1.90
17	17	15	50.57	97.18	97.95	-1.52	4.04	8	1.00	1.37	44.48	0.85	3.68	4.96	93.50	92.99	3.78	5.09	1.50	1.75
18	16	15	86.91	98.17	97.95	0.25	1.19	6	1.00	1.13	20.65	0.62	1.17	1.82	97.00	96.13	1.27	5.09	1.20	1.75
19	15	9	52.42	97.95	98.75	-1.53	5.11	8	1.00	1.37	44.48	0.91	4.99	6.31	92.96	92.44	5.09	6.46	1.75	2.00
20	9	10	88.90	98.75	96.35	2.70	15.58	10	1.00	1.59	80.65	1.23	6.36	4.85	92.39	91.50	6.46	6.40	2.00	2.00
21	10	11	44.05	96.35	89.90	14.64	16.06	10	3.50	2.98	150.88	1.94	6.30	1.40	90.05	88.50	6.40	4.80	2.00	1.75
22	11	12	37.44	89.90	86.33	12.21	16.47	10	3.00	2.76	139.69	1.85	4.70	1.26	86.20	84.07	4.80	4.37	1.75	1.75
23	12	13	93.61	86.33	79.63	6.09	17.48	10	3.00	2.76	139.69	1.88	4.27	1.37	81.06	78.26	4.37	1.90	1.75	1.20
24	13	26	50.00	79.63	78.99	1.28	18.02	10	1.50	1.95	98.77	1.46	1.40	1.52	78.23	77.47	1.50	1.65	1.20	1.90
25	26	P.T.	43.05	78.99	77.52	3.41	18.48	12	0.50	1.27	92.73	0.89	1.55	0.30	77.44	77.22	1.65	-	1.50	-



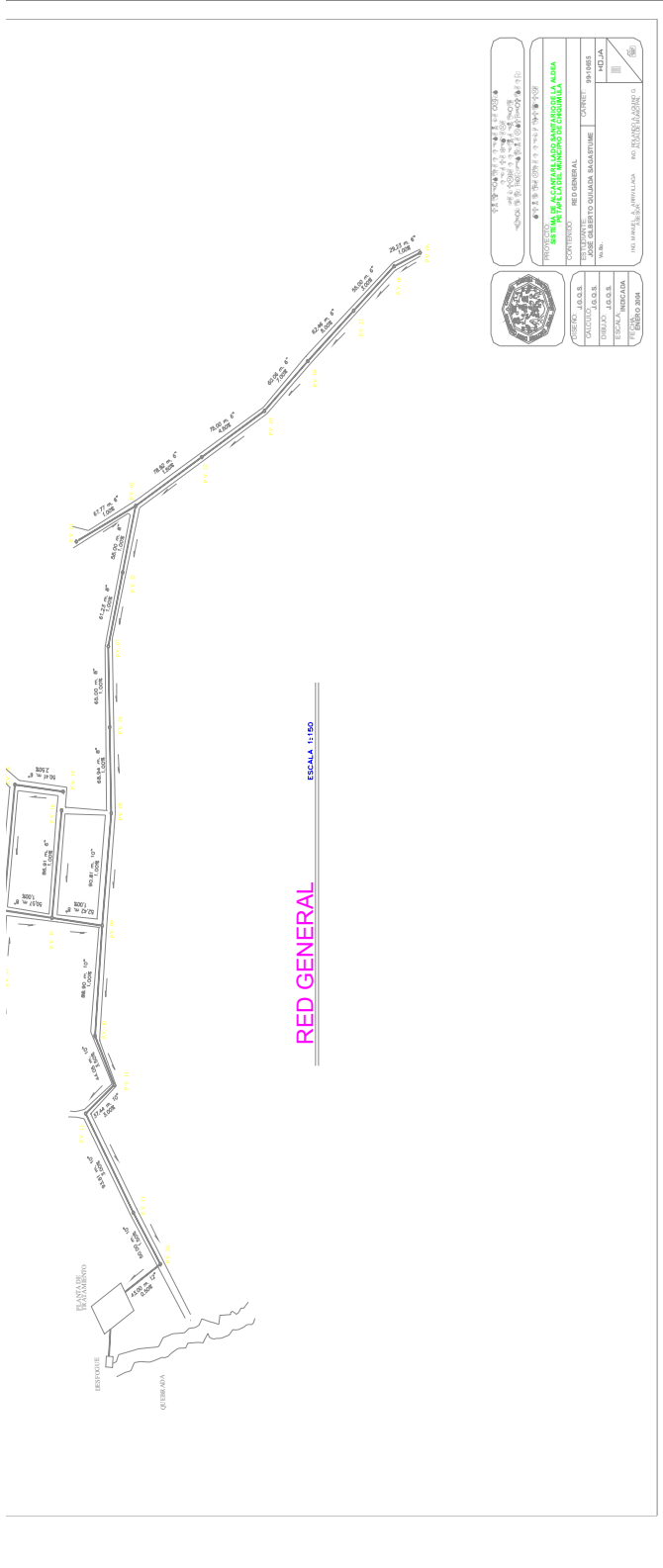




		INSTITUCIÓN: <b>MUNICIPALIDAD DE SAN MATEO DE LOS ANDES</b> DEPARTAMENTO: <b>CUNIBUNTA</b> DISTRITO: <b>SAN MATEO DE LOS ANDES</b>	
TÍTULO: <b>PROYECTO DE DENSIDAD DE VIVIENDA</b> LOCALIDAD: <b>SAN MATEO DE LOS ANDES</b>		FECHA: <b>2018</b> ESCALA: <b>1:175</b>	
AUTOR: <b>ING. JUAN CARLOS GARCÍA</b> INSTITUCIÓN: <b>INGENIERÍA CIVIL</b>		CLIENTE: <b>MUNICIPALIDAD DE SAN MATEO DE LOS ANDES</b> DISEÑO: <b>ING. JUAN CARLOS GARCÍA</b>	
REVISOR: <b>ING. JUAN CARLOS GARCÍA</b> APROBADO: <b>ING. JUAN CARLOS GARCÍA</b>		FECHA: <b>2018</b> ESCALA: <b>1:175</b>	



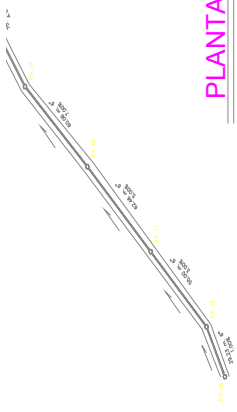
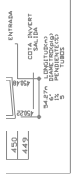




**RED GENERAL**  
ESCALA 1:150

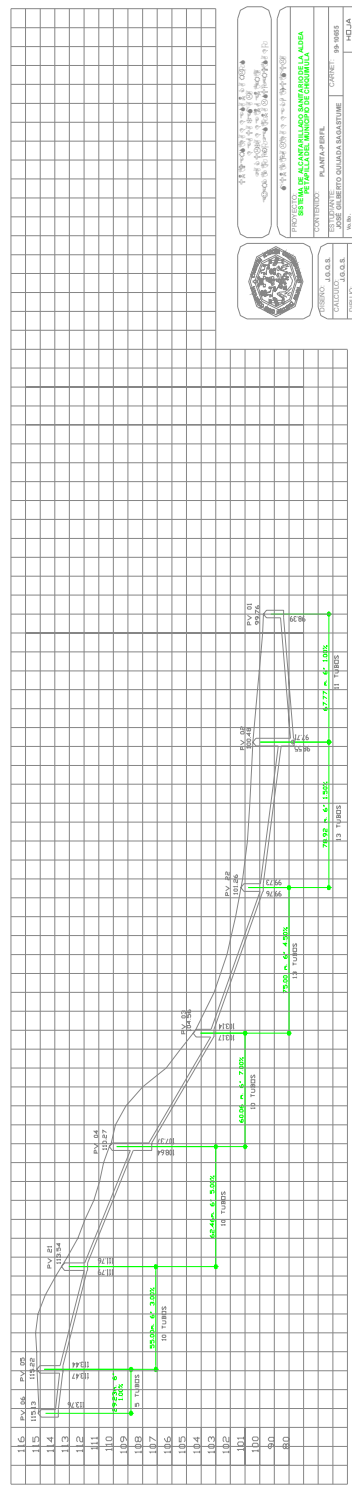
		INSTITUCIÓN EJECUTIVA DE OBRAS PÚBLICAS GOBIERNO DE CHIRIQUÍ	
PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE VIALIDAD EN EL CANTÓN DE CHIRIQUÍ</b>		CONTENIDO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE VIALIDAD EN EL CANTÓN DE CHIRIQUÍ</b>	
CLIENTE: <b>GOBIERNO DE CHIRIQUÍ</b>	ELABORADO: <b>ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ</b>	CALIFICACIÓN: <b>PROYECTO</b>	FECHA: <b>2018</b>
TÍTULO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE VIALIDAD EN EL CANTÓN DE CHIRIQUÍ</b>	AUTORIZADO: <b>ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ</b>	CALIFICACIÓN: <b>PROYECTO</b>	FECHA: <b>2018</b>
TÍTULO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE VIALIDAD EN EL CANTÓN DE CHIRIQUÍ</b>	AUTORIZADO: <b>ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ</b>	CALIFICACIÓN: <b>PROYECTO</b>	FECHA: <b>2018</b>





**PLANTA**

ESCALA: 1:1000

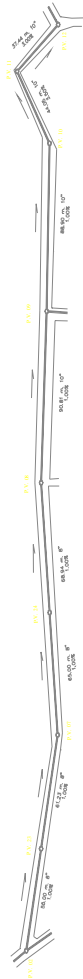
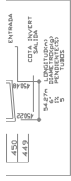


**PERFIL**

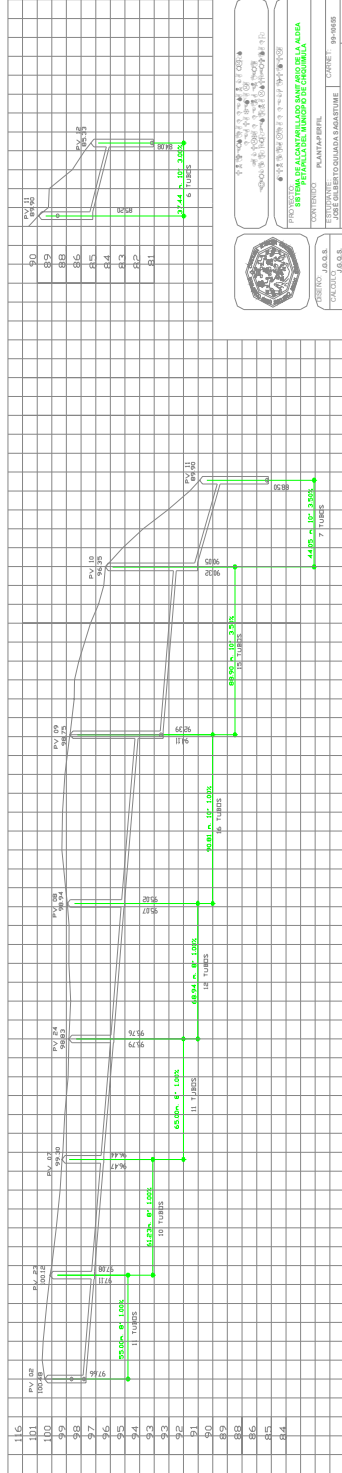
ESC. VER: 1:100  
ESC. HOR: 1:1000

GOBIERNO DE CHIRIQUÍ GOBIERNO REGIONAL GOBIERNO MUNICIPAL GOBIERNO LOCAL	
GOBIERNO REGIONAL DE ALVARADO MARIANO LA ALBA GOBIERNO MUNICIPAL DE PALFICHE, MUNICIPIO DE CHIRIQUÍ	
PROYECTO: PAVIPAFIPIL EJECUCION: JOSE ORIBERTO DOMÍNGUEZ BARRALME DISEÑO: J.O.S. DIBUJO: J.O.S. VERIFICADO: J.O.S. APROBADO: J.O.S. FECHA: 14/07/2015 NO. DE PLANOS: 2/02/02/2015/01	





PLANTA ESCALA: 1:1000



PERFIL ESC. VER: 1:100 ESC. HOR: 1:1000

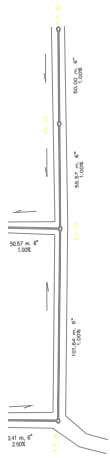
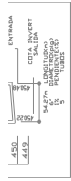


UNIVERSIDAD DE CUENCA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 TUBERIAS Y SISTEMAS DE AGUAS  
 Y SANEAMIENTO  
 PLAN DE TUBERIAS  
 PARA EL SISTEMA DE ALCANALILLADO MASIVO DE LA AGUA  
 DE LA CIUDAD DE CUENCA  
 TUBERIAS DE 150 CM DE DIAMETRO Y 3.00 METROS DE LONGITUD  
 PARA EL TRAMO DE LA AV. BOLIVAR, ENTRE LAS CALLES 10 Y 11

PROFESOR: DR. J. J. GARCIA  
 ESTUDIANTE: P. AYALA  
 TUBERIAS DE 150 CM DE DIAMETRO Y 3.00 METROS DE LONGITUD  
 PARA EL TRAMO DE LA AV. BOLIVAR, ENTRE LAS CALLES 10 Y 11

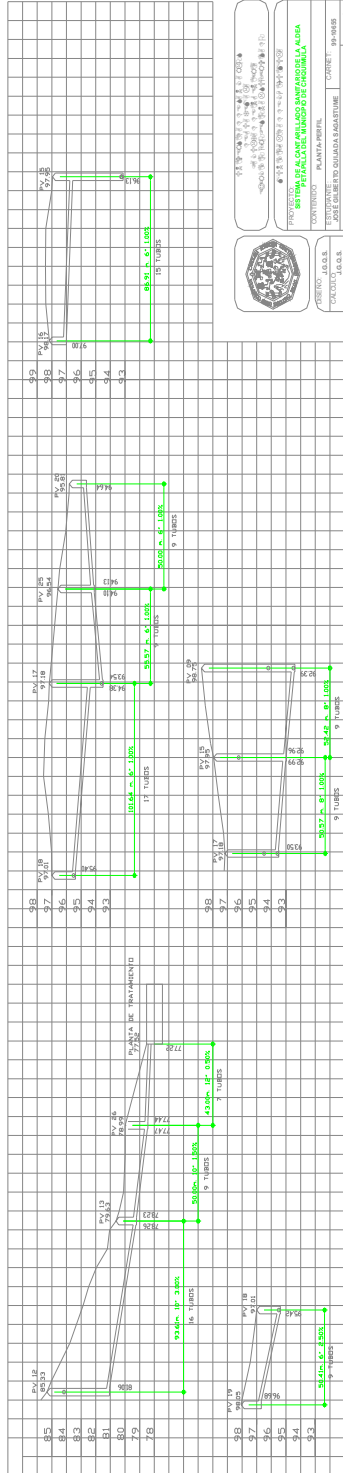
PROFESOR	DR. J. J. GARCIA	ESTUDIANTE	P. AYALA
CARRERA	INGENIERIA CIVIL	ASIGNATURA	TUBERIAS Y SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO
FECHA	10/10/2023	PROFESOR	DR. J. J. GARCIA
		ESTUDIANTE	P. AYALA





## PLANTA

ESCALA: 1:1000



## PERFIL

ESC. VER: 1:100  
ESC. HOR: 1:1000

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN

CLIENTE: D. G. C. C. S. ARAGÓN

PROYECTANTE: PLANTA PERITEL

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN

FECHA: 15/10/2019

HOJA: 10 DE 10

ESCALA: 1:1000

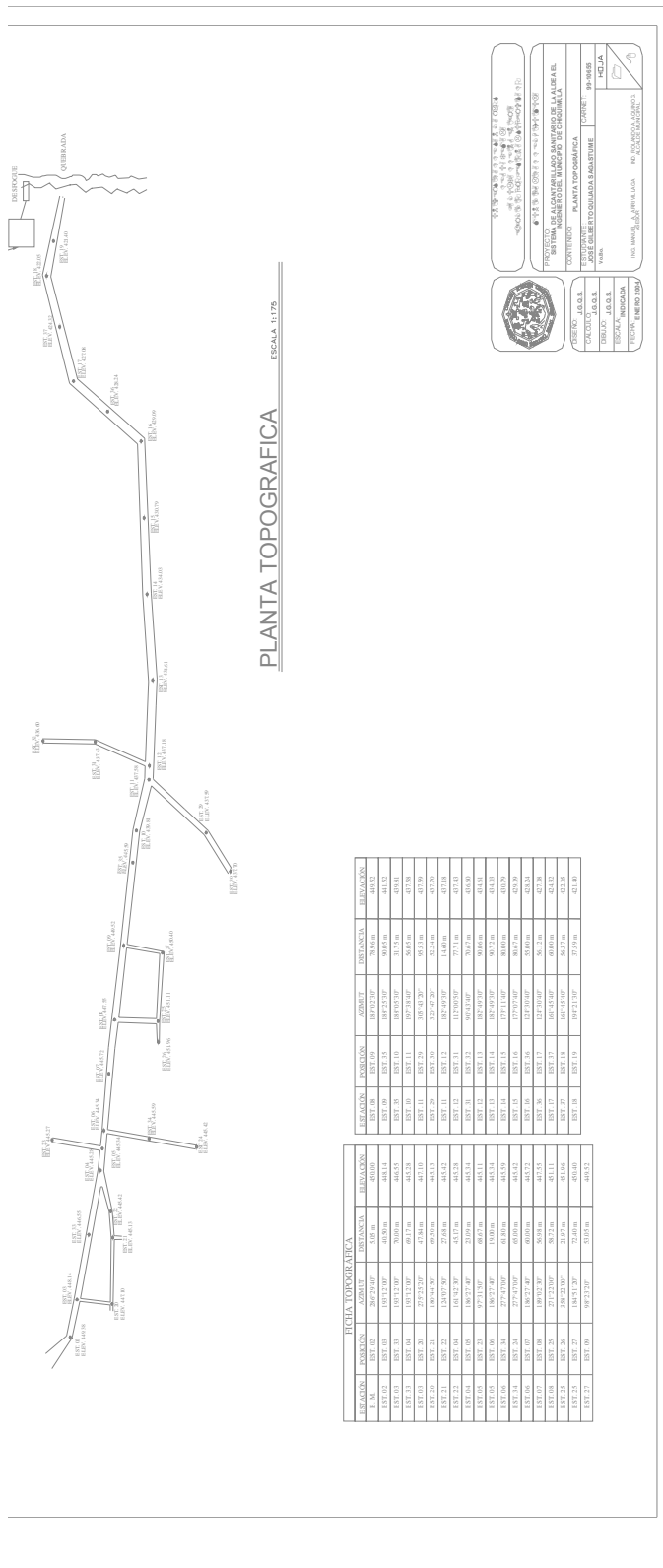
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN











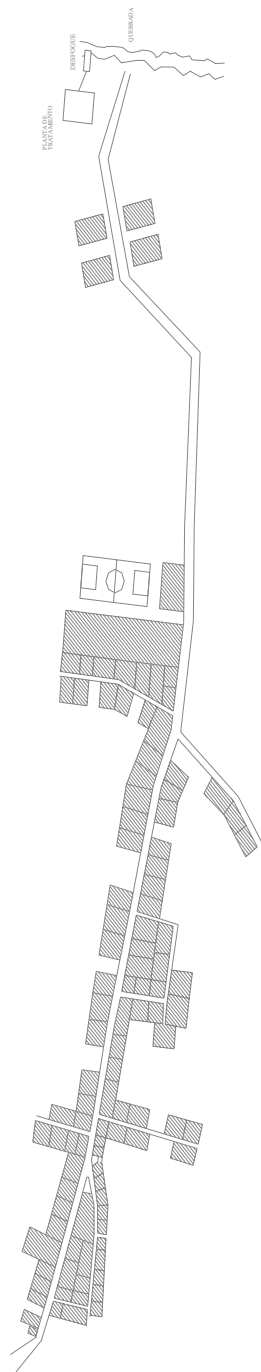
PLANTA TOPOGRAFICA

ESCALA 1:175

HOJA TOPOGRAFICA			
ESTACION	POSICION	ADRES	DISTANCIA
857.08	857.08	287.2720P	5.00 m.
857.09	857.09	184.8220P	7.64 m.
857.10	857.10	184.8220P	15.28 m.
857.11	857.11	184.8220P	22.92 m.
857.12	857.12	184.8220P	30.56 m.
857.13	857.13	184.8220P	38.20 m.
857.14	857.14	184.8220P	45.84 m.
857.15	857.15	184.8220P	53.48 m.
857.16	857.16	184.8220P	61.12 m.
857.17	857.17	184.8220P	68.76 m.
857.18	857.18	184.8220P	76.40 m.
857.19	857.19	184.8220P	84.04 m.
857.20	857.20	184.8220P	91.68 m.
857.21	857.21	184.8220P	99.32 m.
857.22	857.22	184.8220P	106.96 m.
857.23	857.23	184.8220P	114.60 m.
857.24	857.24	184.8220P	122.24 m.
857.25	857.25	184.8220P	129.88 m.
857.26	857.26	184.8220P	137.52 m.
857.27	857.27	184.8220P	145.16 m.
857.28	857.28	184.8220P	152.80 m.
857.29	857.29	184.8220P	160.44 m.
857.30	857.30	184.8220P	168.08 m.
857.31	857.31	184.8220P	175.72 m.
857.32	857.32	184.8220P	183.36 m.
857.33	857.33	184.8220P	191.00 m.
857.34	857.34	184.8220P	198.64 m.
857.35	857.35	184.8220P	206.28 m.
857.36	857.36	184.8220P	213.92 m.
857.37	857.37	184.8220P	221.56 m.
857.38	857.38	184.8220P	229.20 m.
857.39	857.39	184.8220P	236.84 m.
857.40	857.40	184.8220P	244.48 m.
857.41	857.41	184.8220P	252.12 m.
857.42	857.42	184.8220P	259.76 m.
857.43	857.43	184.8220P	267.40 m.
857.44	857.44	184.8220P	275.04 m.
857.45	857.45	184.8220P	282.68 m.
857.46	857.46	184.8220P	290.32 m.
857.47	857.47	184.8220P	297.96 m.
857.48	857.48	184.8220P	305.60 m.
857.49	857.49	184.8220P	313.24 m.
857.50	857.50	184.8220P	320.88 m.
857.51	857.51	184.8220P	328.52 m.
857.52	857.52	184.8220P	336.16 m.
857.53	857.53	184.8220P	343.80 m.
857.54	857.54	184.8220P	351.44 m.
857.55	857.55	184.8220P	359.08 m.
857.56	857.56	184.8220P	366.72 m.
857.57	857.57	184.8220P	374.36 m.
857.58	857.58	184.8220P	382.00 m.
857.59	857.59	184.8220P	389.64 m.
857.60	857.60	184.8220P	397.28 m.
857.61	857.61	184.8220P	404.92 m.
857.62	857.62	184.8220P	412.56 m.
857.63	857.63	184.8220P	420.20 m.
857.64	857.64	184.8220P	427.84 m.
857.65	857.65	184.8220P	435.48 m.
857.66	857.66	184.8220P	443.12 m.
857.67	857.67	184.8220P	450.76 m.
857.68	857.68	184.8220P	458.40 m.
857.69	857.69	184.8220P	466.04 m.
857.70	857.70	184.8220P	473.68 m.
857.71	857.71	184.8220P	481.32 m.
857.72	857.72	184.8220P	488.96 m.
857.73	857.73	184.8220P	496.60 m.
857.74	857.74	184.8220P	504.24 m.
857.75	857.75	184.8220P	511.88 m.
857.76	857.76	184.8220P	519.52 m.
857.77	857.77	184.8220P	527.16 m.
857.78	857.78	184.8220P	534.80 m.
857.79	857.79	184.8220P	542.44 m.
857.80	857.80	184.8220P	550.08 m.
857.81	857.81	184.8220P	557.72 m.
857.82	857.82	184.8220P	565.36 m.
857.83	857.83	184.8220P	573.00 m.
857.84	857.84	184.8220P	580.64 m.
857.85	857.85	184.8220P	588.28 m.
857.86	857.86	184.8220P	595.92 m.
857.87	857.87	184.8220P	603.56 m.
857.88	857.88	184.8220P	611.20 m.
857.89	857.89	184.8220P	618.84 m.
857.90	857.90	184.8220P	626.48 m.
857.91	857.91	184.8220P	634.12 m.
857.92	857.92	184.8220P	641.76 m.
857.93	857.93	184.8220P	649.40 m.
857.94	857.94	184.8220P	657.04 m.
857.95	857.95	184.8220P	664.68 m.
857.96	857.96	184.8220P	672.32 m.
857.97	857.97	184.8220P	679.96 m.
857.98	857.98	184.8220P	687.60 m.
857.99	857.99	184.8220P	695.24 m.
858.00	858.00	184.8220P	702.88 m.
858.01	858.01	184.8220P	710.52 m.
858.02	858.02	184.8220P	718.16 m.
858.03	858.03	184.8220P	725.80 m.
858.04	858.04	184.8220P	733.44 m.
858.05	858.05	184.8220P	741.08 m.
858.06	858.06	184.8220P	748.72 m.
858.07	858.07	184.8220P	756.36 m.
858.08	858.08	184.8220P	764.00 m.
858.09	858.09	184.8220P	771.64 m.
858.10	858.10	184.8220P	779.28 m.
858.11	858.11	184.8220P	786.92 m.
858.12	858.12	184.8220P	794.56 m.
858.13	858.13	184.8220P	802.20 m.
858.14	858.14	184.8220P	809.84 m.
858.15	858.15	184.8220P	817.48 m.
858.16	858.16	184.8220P	825.12 m.
858.17	858.17	184.8220P	832.76 m.
858.18	858.18	184.8220P	840.40 m.
858.19	858.19	184.8220P	848.04 m.
858.20	858.20	184.8220P	855.68 m.
858.21	858.21	184.8220P	863.32 m.
858.22	858.22	184.8220P	870.96 m.
858.23	858.23	184.8220P	878.60 m.
858.24	858.24	184.8220P	886.24 m.
858.25	858.25	184.8220P	893.88 m.
858.26	858.26	184.8220P	901.52 m.
858.27	858.27	184.8220P	909.16 m.
858.28	858.28	184.8220P	916.80 m.
858.29	858.29	184.8220P	924.44 m.
858.30	858.30	184.8220P	932.08 m.
858.31	858.31	184.8220P	939.72 m.
858.32	858.32	184.8220P	947.36 m.
858.33	858.33	184.8220P	955.00 m.
858.34	858.34	184.8220P	962.64 m.
858.35	858.35	184.8220P	970.28 m.
858.36	858.36	184.8220P	977.92 m.
858.37	858.37	184.8220P	985.56 m.
858.38	858.38	184.8220P	993.20 m.
858.39	858.39	184.8220P	1000.84 m.
858.40	858.40	184.8220P	1008.48 m.
858.41	858.41	184.8220P	1016.12 m.
858.42	858.42	184.8220P	1023.76 m.
858.43	858.43	184.8220P	1031.40 m.
858.44	858.44	184.8220P	1039.04 m.
858.45	858.45	184.8220P	1046.68 m.
858.46	858.46	184.8220P	1054.32 m.
858.47	858.47	184.8220P	1061.96 m.
858.48	858.48	184.8220P	1069.60 m.
858.49	858.49	184.8220P	1077.24 m.
858.50	858.50	184.8220P	1084.88 m.
858.51	858.51	184.8220P	1092.52 m.
858.52	858.52	184.8220P	1100.16 m.
858.53	858.53	184.8220P	1107.80 m.
858.54	858.54	184.8220P	1115.44 m.
858.55	858.55	184.8220P	1123.08 m.
858.56	858.56	184.8220P	1130.72 m.
858.57	858.57	184.8220P	1138.36 m.
858.58	858.58	184.8220P	1146.00 m.
858.59	858.59	184.8220P	1153.64 m.
858.60	858.60	184.8220P	1161.28 m.
858.61	858.61	184.8220P	1168.92 m.
858.62	858.62	184.8220P	1176.56 m.
858.63	858.63	184.8220P	1184.20 m.
858.64	858.64	184.8220P	1191.84 m.
858.65	858.65	184.8220P	1200.00 m.
858.66	858.66	184.8220P	1208.16 m.
858.67	858.67	184.8220P	1216.32 m.
858.68	858.68	184.8220P	1224.48 m.
858.69	858.69	184.8220P	1232.64 m.
858.70	858.70	184.8220P	1240.80 m.
858.71	858.71	184.8220P	1248.96 m.
858.72	858.72	184.8220P	1257.12 m.
858.73	858.73	184.8220P	1265.28 m.
858.74	858.74	184.8220P	1273.44 m.
858.75	858.75	184.8220P	1281.60 m.
858.76	858.76	184.8220P	1289.76 m.
858.77	858.77	184.8220P	1297.92 m.
858.78	858.78	184.8220P	1306.08 m.
858.79	858.79	184.8220P	1314.24 m.
858.80	858.80	184.8220P	1322.40 m.
858.81	858.81	184.8220P	1330.56 m.
858.82	858.82	184.8220P	1338.72 m.
858.83	858.83	184.8220P	1346.88 m.
858.84	858.84	184.8220P	1355.04 m.
858.85	858.85	184.8220P	1363.20 m.
858.86	858.86	184.8220P	1371.36 m.
858.87	858.87	184.8220P	1379.52 m.
858.88	858.88	184.8220P	1387.68 m.
858.89	858.89	184.8220P	1395.84 m.
858.90	858.90	184.8220P	1404.00 m.
858.91	858.91	184.8220P	1412.16 m.
858.92	858.92	184.8220P	1420.32 m.
858.93	858.93	184.8220P	1428.48 m.
858.94	858.94	184.8220P	1436.64 m.
858.95	858.95	184.8220P	1444.80 m.
858.96	858.96	184.8220P	1452.96 m.
858.97	858.97	184.8220P	1461.12 m.
858.98	858.98	184.8220P	1469.28 m.
858.99	858.99	184.8220P	1477.44 m.
859.00	859.00	184.8220P	1485.60 m.
859.01	859.01	184.8220P	1493.76 m.
859.02	859.02	184.8220P	1501.92 m.
859.03	859.03	184.8220P	1510.08 m.
859.04	859.04	184.8220P	1518.24 m.
859.05	859.05	184.8220P	1526.40 m.
859.06	859.06	184.8220P	1534.56 m.
859.07	859.07	184.8220P	1542.72 m.
859.08	859.08	184.8220P	1550.88 m.
859.09	859.09	184.8220P	1559.04 m.
859.10	859.10	184.8220P	1567.20 m.
859.11	859.11	184.8220P	1575.36 m.
859.12	859.12	184.8220P	1583.52 m.
859.13	859.13	184.8220P	1591.68 m.
859.14	859.14	184.8220P	1600.00 m.

ESTACION	POSICION	ADRES	DISTANCIA	ELVACION
857.08	857.08	287.2720P	5.00 m.	4800.00
857.09	857.09	184.8220P	7.64 m.	4800.00
857.10	857.10	184.8220P	15.28 m.	4800.00
857.11	857.11	184.8220P	22.92 m.	4800.00
857.12	857.12	184.8220P	30.56 m.	4800.00
857.13	857.13	184.8220P	38.20 m.	4800.00
857.14	857.14	184.8220P	45.84 m.	4800.00
857.15	857.15	184.8220P	53.48 m.	4800.00
857.16	857.16	184.8220P	61.12 m.	4800.00
857.17	857.17	184.8220P	68.76 m.	4800.00
857.18	857.18	184.8220P	76.40 m.	4800.00
857.19	857.19	184.8220P	84.04 m.	4800.00
857.20	857.20	184.8220P	91.68 m.	4800.00
857.21	857.21	184.8220P	99.32 m.	4800.00
857.22	857.22	184.8220P	106.96 m.	4800.00





### DENSIDAD DE VIVIENDA


ESCALA 1:175

	INSTITUCIÓN: <b>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</b> DIRECCIÓN: <b>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</b> DEPARTAMENTO: <b>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</b> DIVISIÓN: <b>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</b> SECCIÓN: <b>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</b>
	PROYECTO: <b>PROYECTO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE LA ALDEA EL BARRIO</b> CLIENTE: <b>MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS BELLO</b> FECHA: <b>2010</b>
AUTOR: <b>J.A.S.</b> COLABORADOR: <b>J.A.S.</b> REVISOR: <b>J.A.S.</b> APROBADO: <b>J.A.S.</b> FECHA: <b>2010</b>	TÍTULO: <b>DENSIDAD DE VIVIENDA</b> CONTENIDO: <b>PLAN DE DENSIDAD DE VIVIENDA</b> ESCALA: <b>1:175</b> MATERIAL: <b>NO MATERIALIZADA</b> OBSERVACIONES: <b>NO MATERIALIZADA</b>





**RED GENERAL**  
ESCALA 1:100

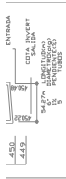
		INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO	
INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO		INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO	
INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO		INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO	
INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO		INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO	





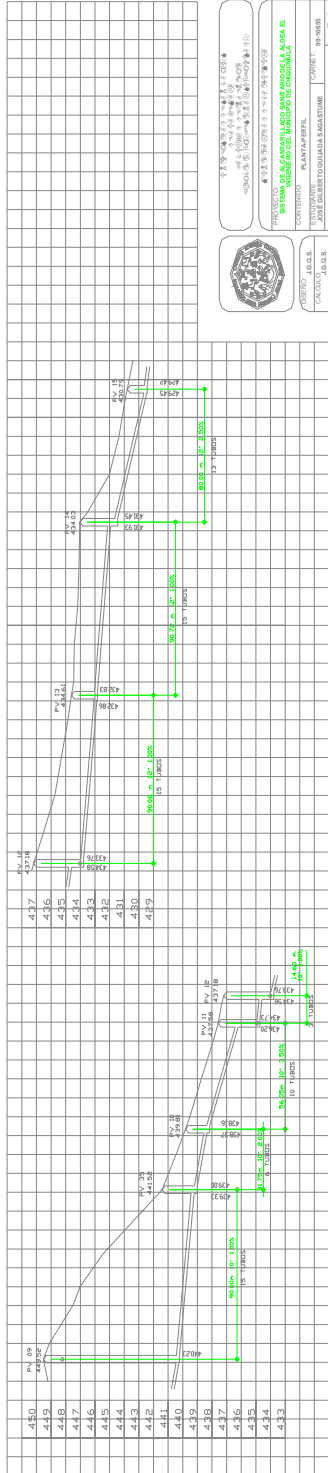






ESCALA 1:1000

PLANTA



ESCALA VER 1:100  
ESCALA HOR 1:1000

PERFIL

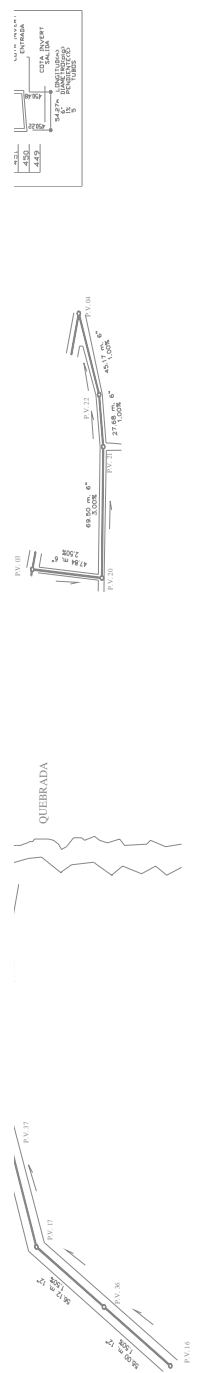
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
INSTITUTO VICE-RECTORAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

PROYECTO: **AV. SAN CARLOS DEL SUR**  
CONTENIDO: **PROYECTO DE PERFIL**  
FECHA: **2018**

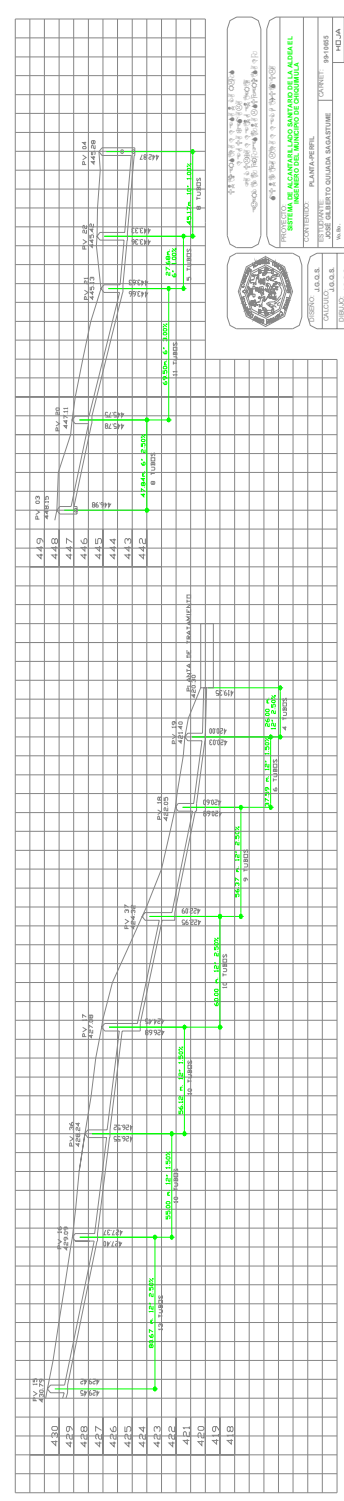
PROFESOR: **J.O.S.**  
ESTUDIANTE: **J.O.S.**  
TÍTULO: **INGENIERÍA**  
TURNO: **NOCTURNO**

INSTITUTO VICE-RECTORAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
CALLE: **AV. ANGAMOS**  
N.º: **1001**

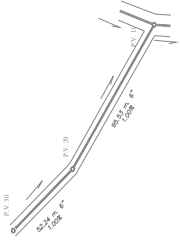
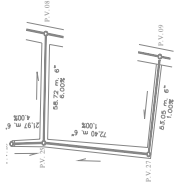
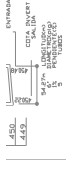




PLANTA  
ESCALA: 1:1000

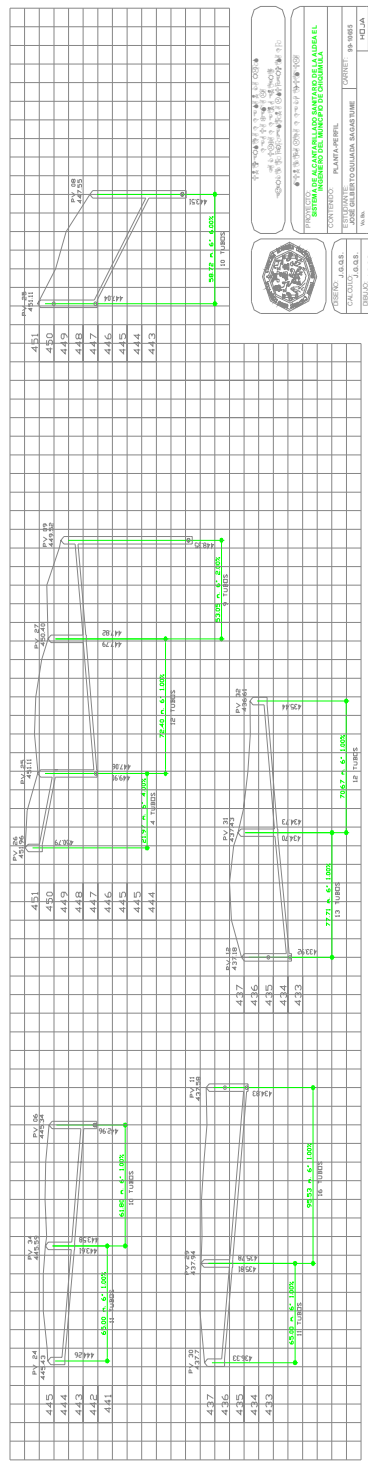






ESCALA: 1:1000

PLANTA



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

ESCALA: 1:1000

PERFIL









