



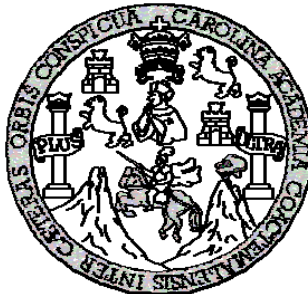
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO
DE LA FINCA SAN JULIÁN, MUNICIPIO DE PATULUL,
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

MANUEL GERARDO URIBIO ORTÍZ
Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, junio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO
DE LA FINCA SAN JULIÁN, MUNICIPIO DE PATULUL,
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MANUEL GERARDO URIBIO ORTÍZ

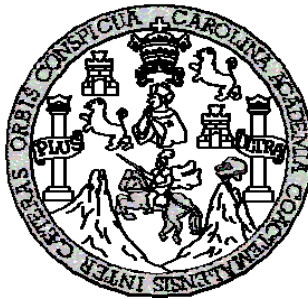
ASESORADO POR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO 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 Issur 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. Luis Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
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 DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO DE LA FINCA SAN JULIÁN, MUNICIPIO DE PATULUL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de febrero de 2004.

Manuel Gerardo Uribio Ortíz

AGRADECIMIENTOS

A Dios,
por darme la vida y la sabiduría, por todas sus bendiciones derramadas sobre mí.

A mi madre, Olga Hortencia Ortiz de Uribio,
por tu apoyo y comprensión, pero sobre todo por todo el amor que siempre me has mostrado.

A mi padre, Francisco Gerardo Uribio Álvarez,
por darme siempre tu apoyo incondicional, por enseñarme siempre el camino del bien y ser un ejemplo para mí.

A mi hermana, Margarita,
porque sin ti la vida sería muy aburrida.

A mis amigos y compañeros,
por su amistad y por todas las experiencias compartidas.

A mi asesor de tesis, Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga,
por compartir sus conocimientos y asesorarme durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

Agradecimientos a Patulul, Suchitepéquez

Al alcalde amigo, José Rubén Orizábal Rodríguez (†), por haberme abierto las puertas para realizar el EPS en la Municipalidad de Patulul.

Al Alcalde Municipal, Gilberto Alejandro Pérez Crispín, su Corporación Municipal y empleados municipales, por haberme brindado su amistad y apoyo durante la realización del EPS.

Un agradecimiento muy especial a la familia Muñoz Montepeque: Dorita, Mario, Mario Gonzalo, José y Sara; por su amistad, cariño y hospitalidad.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Monografía del lugar	1
1.1.1 Aspectos históricos	1
1.1.1.1 Origen del nombre	3
1.1.2 Aspectos físicos	3
1.1.2.1 Extensión territorial	3
1.1.2.2 Ubicación geográfica	4
1.1.2.3 Distancia relativa	4
1.1.2.4 Colindancias	4
1.1.2.5 Población	5
1.1.2.6 Clima	5
1.1.2.7 Principales actividades económicas	6
1.1.3 Servicios	7
1.1.3.1 Vías de acceso	7
1.1.3.2 Agua potable	8
1.1.3.3 Drenaje	8
1.1.3.4 Centros educativos	9
1.1.3.5 Centro de salud	9
1.2 Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicios	10

1.2.1	Descripción de las necesidades	11
1.2.2	Justificación social	13
1.2.3	Justificación económica	13
1.2.3.1	Priorización de las necesidades	14
2.	GENERALIDADES DE LOS ALCANTARILLADOS	15
2.1	Tipos de alcantarillados	16
2.1.1	Alcantarillado sanitario	16
2.1.2	Alcantarillado pluvial	16
2.1.3	Alcantarillado combinado	17
2.2	Partes de un sistema de alcantarillado sanitario	17
2.2.1	Colectores	17
2.2.2	Pozos de visita	17
2.2.3	Conexión domiciliar	18
2.2.4	Desfogue final o punto de descarga	19
2.3	Tipos de tuberías utilizadas	19
3.	ASPECTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN EL DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO	21
3.1	Diámetro de tuberías	21
3.2	Pendientes, velocidades máximas y mínimas permitidas	21
3.3	Profundidad de tubería	23
3.4	Periodo de diseño	24
3.5	Población de diseño	25
3.5.1	Métodos para el cálculo de la población futura	25
3.5.1.1	Método aritmético	26
3.5.1.2	Método geométrico	27
3.6	Factor de Hardmon	28
3.7	Caudal de diseño	28

3.7.1	Caudal sanitario	29
3.7.1.1	Caudal domiciliar	29
3.7.1.2	Caudal comercial	31
3.7.1.3	Caudal industrial	32
3.7.1.4	Caudal de conexiones ilícitas	33
3.7.1.5	Caudal de infiltración	34
3.7.2	Factor de caudal medio	35
3.8	Cálculo de cotas invert	36
4.	PRINCIPIOS HIDRÁULICOS	39
4.1	Ecuación de Manning para flujo en canales	39
4.2	Ecuaciones a sección llena	42
4.3	Ecuaciones a sección parcialmente llena	44
4.4	Relaciones hidráulicas	45
5.	OBRAS ACCESORIAS EN UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO	47
5.1	Pozos de visita	47
5.1.1	Partes que componen un pozo de visita	47
5.1.2	Especificaciones físicas de un pozo de visita	50
5.1.3	Profundidad de los pozos de visita	50
5.1.4	Sistemas de limpieza	51
5.2	Tanques de lavado	53
6.	DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO DE LA FINCA SAN JULIAN	55
6.1	Descripción del proyecto	55
6.2	Bases de diseño	56
6.3	Cálculo del sistema	57
6.3.1	Población futura	57

6.3.2	Cálculo de caudales	59
6.3.2.1	Caudal domiciliario	59
6.3.2.2	Caudal de conexiones ilícitas	60
6.3.3	Factor de caudal medio	60
6.3.4	Ejemplo de tramo	61
6.4	Diseño de la red de alcantarillado	65
7.	RIESGO Y VULNERABILIDAD	85
7.1	Concepto de riesgo	85
7.1.1	Evaluación y valoración del riesgo	86
7.1.2	¿Cómo se determina el riesgo?	87
7.2	Concepto de vulnerabilidad	89
7.3	Factores de vulnerabilidad y riesgo	90
7.3.1	Amenaza natural	90
7.3.2	Desastre natural	90
7.3.3	Reducción de desastres	90
7.3.4	Prevención	91
7.3.5	Mitigación	91
7.4	Riesgo y vulnerabilidad del proyecto de drenaje sanitario	92
7.4.1	Determinación de las medidas de mitigación	93
7.4.1.1	Físicos	93
7.4.1.2	Administrativos	93
7.4.1.3	Operativos	94
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Conexión domiciliar (vista en planta)	18
2.	Conexión domiciliar (elevación)	19
3.	Sección del canal	39
4.	Perímetro mojado	40
5.	Área de sección llena	43
6.	Área de sección parcial	44
7.	Partes de un pozo de visita	48
8.	Pozo de visita con caída	49
9.	Registro de limpieza para profundidades menores de 2.00 m o para tramos iniciales	52
10.	Registro de limpieza para profundidades mayores de 2.00 m o longitudes mayores de 100 m entre pozo y pozo	52
11.	Plano planta general	71
12.	Plano planta-perfil 1	73
13.	Plano planta-perfil 2	75
14.	Plano planta-perfil 3	77
15.	Plano planta-perfil 4	79
16.	Plano de detalles de pozo	81
17.	Plano de detalles de conexión domiciliar	83

TABLAS

I	Coeficiente de rugosidad n	42
II	Coeficiente de rugosidad K	42
III	Memoria de cálculo parte 1 - Carretera	67
IV	Memoria de cálculo parte 2 – Caserío y colonia	69

LISTA DE SÍMBOLOS

ASTM	American Standard Testing Materials.
CA-2	Carretera centroamericana 2
Q	Caudal a sección llena de la tubería.
q	Caudal de diseño.
cm.	Centímetros.
PVC	Cloruro de polivinilo.
C	Coeficiente de escorrentía.
n	Coeficiente de rugosidad de Manning.
K	Coeficiente de rugosidad de Manning-Strickler.
Ø	Diámetro.
D	Diámetro de tubería.
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua.
fqm	Factor de caudal medio
FH	Factor de Hardmon.
f _{inf}	Factor de infiltración.
o ‘ “	Grados, minutos y segundos.
Hab	Habitantes.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
i	Intensidad de lluvia.
Km (s).	Kilómetro (s).
Km ²	Kilómetros cuadrados.
lts/com/día	Litros por comercio por día.
lts/hab/día	Litros por habitante por día.
lts/ind/día	Litros por industria por día.

lts/km/día	Litros por kilómetro por día.
lts/seg	Litros por segundo.
≤	Menor o igual que.
mts.	Metros.
m/m	Metros por metros.
mm/hora	Milímetros por hora.
S	Pendiente de la tubería.
P	Perímetro mojado
PEA	Población económicamente activa.
%	Porcentaje.
Pa	Presión atmosférica.
“	Pulgadas.
qq	Quintales.
R	Radio hidráulico.
q/Q	Relación de caudales.
d/D	Relación de tirantes.
v/V	Relación de velocidades.
R-11	Ruta nacional 11
SIAS	Sistema Integral de Atención en Salud.
r	Tasa de crecimiento poblacional.
TC	Tubería de concreto.

GLOSARIO

Aguas negras

Agua que se desecha después de haber servido para un fin, puede ser doméstica, comercial o industrial.

Aguas residuales

Igual a aguas negras.

Bacterias

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.

Bases de diseño

Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias de diseño, que sirven para el dimensionamiento de los distintos elementos que conforman el alcantarillado sanitario. Los datos generalmente incluyen al número de habitantes, caudales de aguas residuales, etc.

Candela

Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.

Caudal

Es la cantidad de agua que se conduce por la tubería en litros por segundo.

Caudal comercial

Volumen de aguas negras que se desechan en los comercios.

Caudal de diseño

Es la suma de los caudales que pasan por una sección de la alcantarilla.

Caudal de infiltración

Es el caudal de agua superficial que se infiltra por las paredes del sistema.

Caudal doméstico

Es el caudal de aguas negras proveniente de las viviendas.

Caudal industrial

Volumen de aguas negras que se desechan en la industria.

Colector

Conjunto de tuberías que conducen las aguas negras.

Conexión domiciliar

Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.

Contaminación

Efecto nocivo sobre el medio ambiente que afecta a todos los seres vivos.

Cota invert

Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalado.

Disentería

Diarrea dolorosa con pujos y sangre.

Dotación

Cantidad de agua que se asigna a una persona en un tiempo determinado.

Latitud

Distancia de un lugar al Ecuador de la Tierra.

Longitud

Distancia de un lugar al primer meridiano.

Mampostería

Obra de albañilería hecha de piedras labradas o ladrillo, unidos con aglomerante.

Morbilidad

Porcentaje de enfermos con relación a la cifra de población.

Mortalidad

Estadística de defunciones en población o tiempo determinados.

Nivel freático

Es el límite superior de la capa freática, la cual se forma por el agua que se infiltra por acción de la gravedad, hasta detenerse en estratos impermeables.

Red de alcantarillado

Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para desalojar aguas negras.

Tirante

Altura de las aguas residuales dentro de la tubería.

Topografía

Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

RESUMEN

El presente trabajo contiene una propuesta técnica para la solución del problema de evacuación de las aguas residuales del caserío de la Finca San Julián, en el municipio de Patulul, Suchitepéquez.

El documento de graduación está conformado por los siguientes capítulos:

Capítulo 1:

En este se presenta una reseña histórica del municipio de Patulul, se describen sus principales aspectos socioeconómicos, además se presenta un análisis de los problemas de infraestructura básica en comunidades de dicho municipio.

Capítulo 2:

En este capítulo se presentan las generalidades de un sistema de alcantarillado sanitario y de los elementos que lo componen.

Capítulo 3:

Aquí se presentan los aspectos y especificaciones técnicas que intervienen en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario.

Capítulo 4:

En este capítulo se mencionan los principios hidráulicos en los cuales se basa el diseño y funcionamiento de los sistemas de alcantarillados.

Capítulo 5:

En este capítulo se describen las características de las obras accesorias que forman parte de un sistema de alcantarillado.

Capítulo 6:

Aquí se presenta el procedimiento de diseño del sistema de drenaje sanitario, el resultado del mismo puede observarse en las tablas de memoria de cálculo y en los planos.

Capítulo 7:

En este capítulo se hace una descripción de la vulnerabilidad y el riesgo de un sistema de alcantarillado sanitario y de las medidas mínimas de prevención y mitigación.

OBJETIVOS

General

- Diseñar el sistema de drenaje sanitario para el caserío de la Finca San Julián, del municipio de Patulul, Suchitepéquez.

Específicos

- Contribuir a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la Finca San Julián, del municipio de Patulul, Suchitepéquez.
- Evitar que se sigan contaminando los recursos hídricos de Guatemala, siendo específicamente en este caso el Río Madre Vieja.
- Conocer las condiciones de vida de Guatemala en el área rural y tomar conciencia de la función del ingeniero civil en el desarrollo del país.

INTRODUCCIÓN

Como parte de la proyección social de la Universidad de San Carlos de Guatemala, existe en la Facultad de Ingeniería, el programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en el cual los estudiantes de la carrera de ingeniería civil deben diseñar un proyecto de infraestructura básica para algún municipio o comunidad del país, con el propósito de mejorar el nivel de vida de la población. En este caso se desarrolló el diseño del proyecto de drenaje sanitario para el caserío de la finca San Julián, del municipio de Patulul, Suchitepéquez.

Con el propósito de conocer los distintos problemas que afectan al municipio, se realizó un diagnóstico en algunas comunidades rurales asignadas por el Consejo Municipal. En dicho diagnóstico se tomaron en cuenta diferentes problemas, analizándose en cada caso, la magnitud del problema, número de personas afectadas, así como los recursos disponibles para poder desarrollar una solución técnica y profesional. Finalmente se determinó que la falta de un sistema de drenaje sanitario en el caserío de la finca San Julián, es el problema principal entre las comunidades del área rural, constituyéndose en una parte de la solución la planificación y diseño del mismo.

En este trabajo se hace una breve descripción de la población, sus características y las consideraciones preliminares para el diseño de la red de alcantarillado. Así como también se presentan las generalidades de los alcantarillados, sus componentes y las especificaciones de diseño de los mismos.

Con este trabajo se pretende darle una solución que sea tanto técnica como económicamente factible al problema antes mencionado, utilizando para ello los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la formación académica.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del lugar

1.1.1 Aspectos históricos

Patulul es un poblado del período precolonial, pero se desconoce el nombre que tuvo en esa época. Esta población ya existía cuando los quichés sostuvieron una guerra con los pípiles y los tzutuhíles, antes de la venida de los españoles.

En un documento, que data de 1689, Fray Francisco de Zuaza describe *"El pueblo de Santa María Magdalena del Patulul, rodéanle muy buenos ríos de alguna pesca de buen peje. Es el sitio del pueblo muy ameno y frondoso, y de muchos árboles frutales y pies de cacao, más aplicados sus naturales a estas labores que a las del maíz, pero no les falta en el todo este alimento, porque tienen sus siembras de milpa, aunque no tan cuantiosas como las de los indios de tierra fría, ni el grano que se coge es de tanta virtud y substancia, y no dura para poder ser guardado en trojes como en la sierra, porque se pica, o por el temperamento, o por su debilidad. Tiene este pueblo del Patulul mil y doscientas personas de confesión. La lengua materna es zutugil..."*

En su Recordación Florida, escrita hacia 1690, el capitán don Francisco Antonio de Fuentes y Guzmán menciona ya la ventaja económica que representa la ubicación de Patulul *"en el real camino para la ciudad de México"*, pues los tratantes y pasajeros... *"dejan en él buenas porciones por el recambio de los bastimentos y fletes de bestias de silla y carga."*

Al decretarse la Constitución Política del Estado de Guatemala, el 11 de octubre de 1825, se declararon los pueblos que integraban el territorio, señalando a Patulul como parte del circuito de Atitlán.

En el índice alfabético de las ciudades, villas y pueblos del reino de Guatemala, figura el nombre de Patulul, con cabecera de curato en el partido de Atitlán, al ser distribuidos los pueblos del estado de Guatemala para su administración de justicia por el sistema de jurados; dictado el 27 de agosto del año de 1836 y adoptado en el código de Livingston, Patulul fue adscrito al circuito de Atitlán.

Para formar el departamento de El Quiché, fueron cercenados los departamentos de Totonicapán y Sololá, los pueblos que quedaron fueron reorganizados en estos dos últimos departamentos, correspondiéndole a Sololá el municipio de Patulul, según el artículo 30 del Decreto Gubernativo No.72 emitido el 12 de agosto de 1872.

La construcción de la vía férrea fue parte de la revolución a gran escala de la agricultura de la bocacosta y de la economía del país, que trajo consigo el cultivo del café, reemplazo del cacao. En Patulul, la siembra del grano se inició en los albores de la caficultura nacional, entre 1855 y 1860, alcanzando su máximo auge en 1895.

El Censo General de Población del 31 de octubre de 1880 describe las actividades económicas predominantes en el municipio para ese entonces: *"Los terrenos producen caña de azúcar, café, cacao y son propios para crianza de ganado. Las industrias más importantes son las siguientes: tejidos de hilo, o sean cotines, mantas y enaguas de las que usan las indias con diferentes labores, trabajos de cuero y manufacturas de ropa de lana."*

Con el auge del café en la bocacosta, fue lógico que en 1934, Patulul, junto con Santa Bárbara y San Juan Bautista fueran separados de Sololá y anexados a Suchitepéquez. Con ese cambio, estos municipios pasaron a tener como cabecera departamental a Mazatenango, en la bocacosta, en vez de Sololá en las montañas del altiplano. La reorganización de la división administrativa del país obedecía a las nuevas circunstancias que originó la caficultura. Su influencia fue tal, que los límites departamentales y municipales fueron establecidos con arreglo al crecimiento de las plantaciones, lo que facilitó las comunicaciones entre muchas de las fincas de café de la bocacosta.

1.1.1.1 Origen del nombre

La referencia más antigua que se ha localizado acerca de Patulul, es el mapa que acompaña la descripción de la provincia de Zapotitlán y Suchitepéquez, elaborado en 1579, en el que aparece como El Patulul. También se le conoció como Santa María Magdalena de Patulul.

La etimología de su denominación actual podría provenir del locativo *pa* y *tulul* zapote (*lucuma mamosa*), es decir, en el lugar donde abundan los zapotales o árboles de zapote.

1.1.2 Aspectos físicos

1.1.2.1 Extensión territorial

El municipio de Patulul cuenta con una extensión territorial de 332 km² (kilómetros cuadrados).

La extensión territorial de la finca San Julián es de 7.2 caballerías, es decir 3.22 km².

1.1.2.2 Ubicación geográfica

Patulul es uno de los 20 municipios que conforman el departamento de Suchitepéquez, al sur occidente del país. Esta situado a 330.78 metros sobre el nivel del mar, su ubicación es longitud 91°09'50" y latitud 14°25'20".

1.1.2.3 Distancia relativa

Localizado en la parte nororiental del departamento de Suchitepéquez, dista 118 kilómetros de la ciudad de Guatemala por la Carretera Internacional del Pacífico (CA-2) y la ruta nacional 11 rumbo noreste. Otro acceso es por la Carretera Interamericana, tomando en Godínez la ruta nacional 11 rumbo suroeste; por esta vía son 184 Km. de distancia de la Capital. De la cabecera departamental, Mazatenango, dista 54 Km.

1.1.2.4 Colindancias

El municipio de Patulul se encuentra localizado en la parte nororiental del departamento de Suchitepéquez. Colinda al Norte con los municipios de San Lucas Tolimán, departamento de Sololá, y Pochuta, en Chimaltenango; al Sur con Nueva Concepción, Escuintla; al Oriente con Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, y Yepocapa y Pochuta, Chimaltenango; y al Occidente con Tiquisate, Escuintla, y Río Bravo, Santa Bárbara y San Juan Bautista, del mismo departamento de Suchitepéquez. Los ríos Coyolate y Madre Vieja sirven de límite natural en parte de sus recorridos, al sur oriente y occidente del municipio, respectivamente.

La finca San Julián colinda al Norte con la finca Cecilia del municipio de Patulul, al Este con el Cantón Luisiana del municipio de Patulul y con la finca El Recuerdo del municipio de Pochuta, del departamento de Chimaltenango; al Sur con la finca Las Vegas del municipio de Patulul; y al Oeste con la Finca Trinidad, del municipio de Patulul.

1.1.2.5 Población

El XI Censo Nacional de Población realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el 2002, reportó que el total de habitantes del municipio de Patulul fue de 29834 habitantes.

Según los datos proporcionados por el censo del 2002, la población de este municipio estaba conformada por 15028 hombres, es decir el 50.37% del total, y 14806 mujeres, que representan el 49.63% restante.

Según el último censo del Instituto Nacional de Estadística (INE), el área urbana cuenta con una población de 11259 personas, y el área rural con una población de 18575, es decir que hay una concentración del 37.74% de los habitantes en el área urbana.

Para efectos del presente trabajo, se realizó un censo de población en la finca San Julián, el cual reportó que esta finca cuenta aproximadamente con 1200 habitantes y 160 viviendas.

1.1.2.6 Clima

El clima del municipio es tropical, cálido y húmedo. La temperatura promedio es de 30 grados centígrados.

Patulul goza de dos estaciones en el año; la estación seca o verano inicia en el mes de noviembre y finaliza en el mes de abril, y la estación lluviosa o invierno que inicia en el mes de mayo y finaliza en el mes de octubre.

El patrón de lluvias varía entre 2136 y 4327 mm, promediando 3284 mm de precipitación anual (se refiere al total promedio anual de agua expresada en milímetros que cae de la atmósfera, ya sea como lluvia o granizo).

Según el sistema climatológico de Thornthwaite, el carácter del clima del municipio es muy húmedo con vegetación natural característica de selva. Por las jerarquías de temperatura, el noroccidente del municipio, tiene clima semicálido sin estación fría bien definida y el resto posee clima cálido sin estación fría bien definida.

1.1.2.7 Principales actividades económicas

La actividad productiva del municipio de Patulul se basa principalmente en el sector agrícola. Este sector es el que genera la mayor cantidad de empleo, ocupa la mayor extensión de tierra, sus productos se destinan a la industria y a la exportación y en varios casos aplica tecnología avanzada.

Los productos agrícolas más importantes de Patulul son de carácter agroindustrial. Café, caña de azúcar y hule se cultivan en grandes extensiones de tierra y generan empleo en forma estacional. Únicamente el café se procesa parcialmente en el municipio.

Las actividades pecuarias le siguen en importancia por la extensión de tierra que ocupan, el valor generado y por el hecho de estar integradas verticalmente, en el caso de la avicultura, con empresas de carácter nacional.

El comercio ocupa un lugar importante en la economía de Patulul, ya que debido a su ubicación geográfica, sirve como centro de comercio entre el altiplano y la costa. Asociado al dinamismo comercial está el desarrollo de servicios para quienes acuden a Patulul para realizar sus transacciones.

Las principales actividades económicas de la finca San Julián, es el cultivo de café y la cría de ganado vacuno, porcino y aviar.

1.1.3 Servicios

1.1.3.1 Vías de acceso

Para movilizarse dentro del municipio de Patulul se emplean básicamente medios de transporte terrestre. Existen 44 Km. de carretera asfaltada y cerca de 145 Km. de terracería, aunque muchos de estos caminos sólo son transitables en verano o con vehículo de doble tracción.

La carretera del Pacífico (CA-2), que comunica la Ciudad de Guatemala con la frontera a México por Ciudad Tecún Umán, cruza el municipio de Este a Oeste en una extensión de 14 Km., en tanto que la carretera que va de Nueva Concepción hacia San Lucas Tolimán (R-11) lo cruza aproximadamente 30 Km. de Sur a Norte. Ambas son carreteras asfaltadas en excelente estado. También hay una carretera con cinco kilómetros de asfalto y el resto de terracería en buen estado que conduce a San Miguel Pochuta, departamento de Chimaltenango.

La cabecera municipal se encuentra sobre la carretera hacia San Lucas Tolimán a cinco kilómetros de la Carretera del Pacífico (CA-2). Por otra parte, gran cantidad de fincas y haciendas medianas y grandes facilitan el transporte y la comunicación por medio de carreteras de terracería, pero su acceso se dificulta durante el invierno.

La finca San Julián se encuentra ubicada a 6 Kms. de la cabecera municipal, sobre la carretera que conduce hacia San Lucas Tolimán (R-11).

1.1.3.2 Agua potable

Según el VI Censo Nacional de Habitación realizado en el 2002, la cobertura de este servicio era del 71.30%, pero sólo 58.36% conectado a una red domiciliar de distribución, el resto ocurre a un chorro colectivo. Las viviendas que no cuentan con agua entubada recurren a pozos, nacimientos de agua o a algún río cercano.

1.1.3.3 Drenaje

El Censo Nacional del 2002 reporta una cobertura del 40.55% en el servicio de drenajes en todo el municipio. En el área rural, a excepción de algunas pocas fincas, las viviendas no cuentan con este servicio.

El impacto en la salud de la población por la falta de este servicio y el de agua puede apreciarse fácilmente en el peso que tienen las enfermedades gastrointestinales y diarreas en los índices de morbilidad y mortalidad en el municipio, sobre todo a nivel infantil.

1.1.3.4 Centros educativos

En el municipio se encuentran cubiertos tres niveles educativos: preprimario, primario, y medio, que incluye los ciclos básico y diversificado.

En el área urbana se cuenta con dos escuelas oficiales de párvulos, tres escuelas oficiales de primaria (dos de ellas con doble jornada), un colegio parroquial de primaria, un instituto básico por cooperativa y un básico municipal. Existen además siete colegios privados, que cubren también los niveles de preprimaria, primaria y secundaria (incluyendo diversificado).

En el área rural existen diez escuelas mixtas de primaria, nueve de las cuales también cubren preprimaria, 13 escuelas primarias de finca (privadas), de las cuales una cubre también preprimaria, y un instituto de educación básica por cooperativa.

1.1.3.5 Centro de salud

La atención de la salud a nivel público está a cargo de un Hospital del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) y un Centro de Salud, ambos ubicados en la cabecera municipal.

El Hospital del IGSS cuenta con un médico supervisor general, un médico director específico, once médicos, un supervisor de enfermería, dos enfermeros graduados, 19 enfermeras auxiliares y dos enfermeras comunitarias. En el área de encamamiento, cuenta con 20 camas en la sección adultos, cuatro en pediatría y diez cates en la Unidad para el Cólera. Este hospital atiende además de afiliados al seguro social, a cualquier persona que requiera de sus servicios en las áreas de emergencia, maternidad y consulta externa.

El Centro de Salud, que también atiende al municipio de San Juan Bautista, cuenta con tres médicos a tiempo completo, un médico de medio tiempo, una enfermera graduada y cinco enfermeras auxiliares. Existe un programa de extensión de cobertura al área rural, que es atendido por un médico y un técnico en salud que además del Área de Salud de Patulul (municipios de Patulul y San Juan Bautista), deben cubrir el municipio de Santa Bárbara.

En seis comunidades rurales de Patulul se encuentra organizado el Sistema Integral de Atención en Salud (SIAS), el cual opera a través de facilitadores y vigilantes de salud comunitarios, a quienes se capacita en temas como seguridad, higiene y medidas preventivas en salud. Estas comunidades cuentan con una pequeña sede en la que el facilitador administra un botiquín mínimo y una vez al mes, un médico brinda consulta.

1.2 Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicios

Antes de realizar cualquier proyecto, es necesario hacer un análisis de los distintos problemas que existen en el lugar de estudio, con el objetivo de determinar de una manera adecuada el proyecto a desarrollar, tomando en cuenta que para tomar la decisión correcta, se deben considerar aspectos sociales, culturales, económicos y políticos. Por la razón antes mencionada, se analizaron cinco problemas que afectan a distintas comunidades de Patulul, Suchitepéquez; en este diagnóstico se tomó en cuenta la magnitud del problema, número de personas afectadas, así como los recursos disponibles para realizar el proyecto.

1.2.1 Descripción de las necesidades

Las comunidades estudiadas para evaluar los problemas existentes en ellas, fueron el cantón Luisiana y la finca San Julián.

El cantón Luisiana, se ubica a cinco kilómetros de la cabecera municipal, sobre la carretera asfaltada hacia el municipio de San Miguel Pochuta, Chimaltenango. Este cantón cuenta con aproximadamente 950 habitantes, la mayoría de la población económicamente activa (PEA) se dedica a la agricultura, como jornaleros, pican hule, cultivan banano en los patios de sus casas, o crían cerdos en las cochiqueras colectivas. Los principales problemas que se encuentran en esta comunidad son dos:

- a.) Falta de un puente peatonal: Esto constituye un serio problema especialmente en la época de invierno, ya que para poder llegar a sus viviendas o a sus lugares de trabajo, la gente tiene que atravesar un río, utilizando para dicho propósito un tronco de madera. Este problema también es un limitante en la economía de los pobladores de esta comunidad, ya que los chiqueros en donde tienen la crianza de cerdos se encuentran del otro lado del río, teniendo problemas a la hora de querer sacarlos a la venta.

- b.) Falta de un sistema de drenaje sanitario: Este también es un serio problema, ya que las aguas residuales corren a flor de tierra y desembocan en un pequeño río sin ninguna clase de tratamiento, lo cual constituye un foco de enfermedades gastrointestinales, así como una fuente de contaminación a los recursos hídricos del país.

La Finca San Julián es propiedad de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y es administrada por la Facultad de Veterinaria, cuyos estudiantes realizan en ella sus prácticas profesionales. Los principales problemas encontrados en esta comunidad son:

- a.) Falta de un drenaje sanitario: Este es un serio problema, ya que las aguas residuales de muchas viviendas corren a flor de tierra, mientras que otras viviendas tiran sus aguas residuales directamente a un río que se encuentra dentro de la comunidad, el cual desemboca finalmente en el Río Madre Vieja; como se entenderá todos estas aguas residuales son desechadas sin recibir ninguna clase de tratamiento, lo cual constituye un foco de enfermedades gastrointestinales, así como una fuente de contaminación a los recursos hídricos del país. Cabe resaltar que este problema no afecta únicamente a las colonias de la Finca San Julián, sino que a todo el municipio de Patulul, ya que las aguas negras son transportadas por el Río Madre Vieja a otras comunidades del municipio antes mencionado.

- b.) Calles no pavimentadas: En esta comunidad la calle principal no cuenta con ningún tipo de pavimento o de adoquinamiento, lo cual constituye un problema tanto en verano como en invierno, ya que en la época de verano se levantan grandes cantidades de polvo, y en invierno se forma una gran cantidad de lodo, puesto que en esta región por ser parte de la bocacosta se registran fuertes lluvias.

c.) Manejo de desechos sólidos: Con el crecimiento poblacional de esta comunidad, ha crecido también la cantidad de desechos sólidos de la misma. Esta comunidad no cuenta con ningún tipo de tren de aseo o de manejo de desechos sólidos (basura), y lo que la gente hace es tirarla en el río o acumularla en la parte trasera del rancharío. Todo esto constituye un problema para la salud de las personas y al medio ambiente, ya que contribuye a la proliferación de moscas y de enfermedades.

1.2.2 Justificación social

Para realizar la justificación social de un proyecto, es necesario describir el nivel de gravedad que ha alcanzado él o los problemas identificados, haciendo una breve descripción de sus efectos y quienes son los beneficiarios directos e indirectos con la ejecución de un proyecto que elimine o minimice dichos problemas.

1.2.3 Justificación económica

Al realizar la justificación económica de un proyecto, se deben considerar los recursos financieros, físicos y humanos con que se cuentan no solo para el período de ejecución sino también para el período de funcionamiento de determinado proyecto.

Generalmente cuando se trata de proyectos de carácter social, como lo representan las obras de saneamiento básico, resulta difícil determinar los beneficios económicos que representan la ejecución de un proyecto, pero se puede decir que el beneficio económico de este tipo de obras es palpable en la disminución de enfermedades gastrointestinales de la población, lo cual se traduce en una reducción en gastos de salud pública.

1.2.3.1 Priorización de las necesidades

Priorizar un problema dentro de un grupo de problemas, es establecer un orden de importancia o jerarquía entre los mismos. Dicha priorización debe ser resultado de un acuerdo grupal, en el cual se deben considerar el número de beneficiarios, antigüedad del problema, y que la solución del mismo sea factible desde el punto de vista técnico, económico y político.

Después de haber observado los distintos problemas, la Municipalidad de Patulul, Suchitepéquez; en base al número de beneficiarios y los recursos disponibles, está interesada en que se realice el estudio y diseño respectivo para la Introducción del Drenaje Sanitario en la Finca San Julián, ya que este es un proyecto representa una de las prioridades de la actual Corporación Municipal y por lo tanto están interesados en que se realice con la mayor brevedad posible.

2. GENERALIDADES DE LOS ALCANTARILLADOS

Un drenaje sanitario es el medio por el cual evacuamos, transformamos y tratamos las excretas y desechos lejos del lugar donde se producen.

Un alcantarillado es un sistema de tuberías que sirve para recolectar aguas residuales y trasladarlas a una instalación de tratamiento o a un cuerpo receptor (río, lago, mar, etc.) sin que afecte a poblaciones cercanas.

Un drenaje sanitario es abastecido por el agua que ha sido utilizada por una comunidad. El agua residual puede ser de origen doméstico, comercial e industrial; en el caso de las dos últimas es necesario conocer la actividad a que se dedican con el objetivo de poder determinar el caudal y el tipo de desechos sólidos que aporta cada industria o comercio al sistema de alcantarillado.

Las aguas residuales presentan inconvenientes para la salud de una comunidad, aunque también es un problema la apariencia y el olor desagradable de las mismas. La materia orgánica que poseen las aguas residuales (desperdicios de comida, excrementos) se descompone rápidamente, especialmente en climas cálidos. Además, esta agua puede contener las bacterias que causan la fiebre tifoidea y los paratífus, varias formas de disentería y el cólera. Estas bacterias son descargadas en las heces fecales de una persona enferma, y así, llegan a los desagües. De la misma manera, las aguas servidas son vehículo de huevos o larvas de muchos parásitos intestinales. Si los alimentos o el agua potable llegan a ser contaminados por el agua residual, los organismos patógenos que contienen pueden llegar a ser ingeridos por muchas personas.

Como se puede ver, no basta sólo con alejar las aguas residuales de la población, sino darles un tratamiento adecuado antes de verterlas en ríos o lagos, con el objetivo de no contaminar los recursos hídricos del país y velar por la salud de las poblaciones que se encuentren aguas abajo en el cauce del río.

En el diseño de un sistema de drenaje sanitario también se debe tomar en cuenta el caudal de infiltración y el caudal de conexiones ilícitas. El caudal de infiltración esta conformado por aquellas aguas subterráneas que penetran a los tubos de drenaje a través de sus múltiples uniones; mientras que el caudal de conexiones ilícitas está constituido por todas aquellas conexiones de agua de lluvia que son conectadas al sistema de drenaje de forma ilícita, aumentando así el volumen del caudal.

2.1 Tipos de alcantarillados

2.1.1 Alcantarillado sanitario

Este alcantarillado consiste en una tubería para recolección y conducción de las aguas negras domiciliarias, comerciales e industriales. En este sistema quedan excluidos los caudales de aguas de lluvias provenientes de calles y techos u otras superficies.

2.1.2 Alcantarillado pluvial

Este alcantarillado conduce aguas de lluvia o de precipitaciones.

2.1.3 Alcantarillado combinado

Este tipo de alcantarillado se diseña de manera que pueda transportar en una sola línea las aguas negras y las de lluvia. Cuando el uso de este sistema sea indispensable, se diseñaran, si fuera posible las obras accesorias que permitan desviar los excesos, al curso de agua más cercano, durante los períodos de lluvia.

2.2 Partes de un sistema de alcantarillado sanitario

2.2.1 Colectores

Son conductos o tuberías por las que se conduce el agua residual, estos se diseñan de manera que funcionen como un canal abierto y nunca deben trabajar a sección llena.

Entre los factores que determinan el modelo de los sistemas colectores están:

1. Tipo de sistema (ya sea separado o combinado)
2. Línea de la calle o derechos de vía
3. Topografía, hidrología y geología del área de drenado
4. Límites políticos
5. Localización y naturaleza de las obras de tratamiento y evacuación o deposición.

2.2.2 Pozos de visita

Son estructuras que sirven para verificar el buen funcionamiento del sistema, así como para efectuar trabajos de mantenimiento y limpieza.

2.2.3 Conexión domiciliar

El objetivo de esta es transportar las aguas provenientes de las casas o edificios y descargarlas en el colector central. La conexión domiciliar consta de dos elementos:

- a.) Candela: Generalmente son construidas con tubos de concreto colocados verticalmente, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas, deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.
- b.) Tubería secundaria: La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería de acometida conocida también como tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas y una pendiente mínima del 2%. La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45° grados.

Figura 1. Conexión domiciliar (vista en planta)

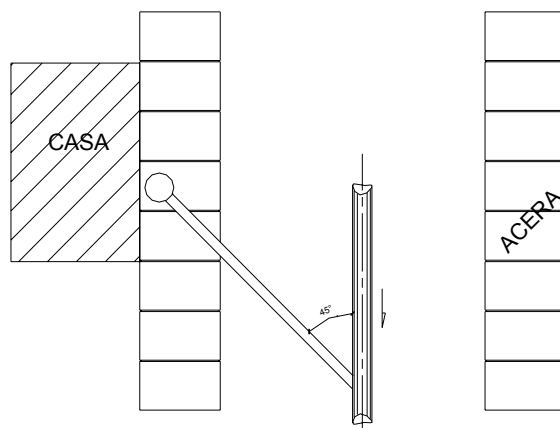
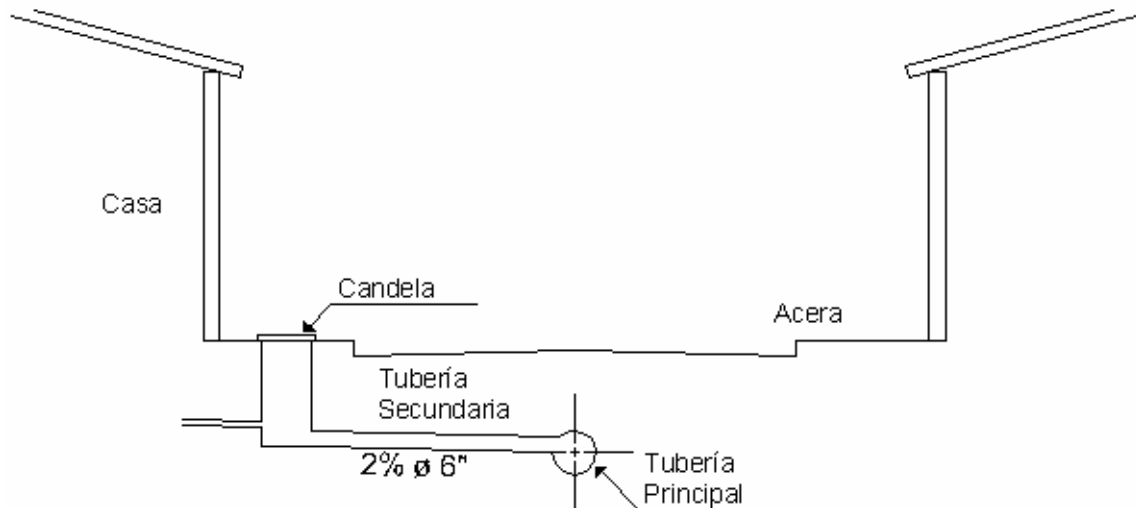


Figura 2. Conexión domiciliar (elevación)



2.2.4 Desfogue final o punto de descarga

El punto de descarga es el lugar donde termina el sistema de alcantarillado y las aguas servidas son vertidas a un cauce superficial natural (ríos, quebradas, lagos, etc.) y conducidas a partir de allí por este.

La descarga es un elemento no típico de los sistemas de alcantarillado, es decir, que cada descarga será diferente según las condiciones del lugar donde se coloque. Requiere de algunas estructuras especiales para garantizar su permanencia ante la erosión, la avenida máxima del río, y otros elementos que pudieran dañarla.

2.3 Tipos de tuberías utilizadas

Los tipos de tuberías utilizadas en un drenaje sanitario son las tuberías de concreto y las tuberías de PVC.

Dependiendo de su diámetro, las tuberías de concreto se pueden encontrar con refuerzo y sin refuerzo; y su principal ventaja con respecto al PVC es su bajo costo, aunque es importante señalar que este tipo de tubería está quedando prácticamente descontinuada.

La tubería de PVC utilizada para alcantarillado sanitario es aquella que cumple con la norma ASTM 3034. Este tipo de tubería proporciona una serie de ventajas en el diseño hidráulico debido al valor relativamente bajo de su coeficiente de rugosidad. Asimismo, proporciona una serie de ventajas en la construcción del alcantarillado sanitario.

El tipo de tubería a utilizar será factor influyente en el caudal de diseño, debido a la diferencia en el coeficiente de rugosidad (n de Manning) entre los distintos materiales. Podría además influir sobre la determinación del diámetro mínimo a utilizar, así como las pendientes de diseño. Además, es factor determinante en el período de vida útil del sistema.

3. ASPECTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN EL DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO

3.1 Diámetro de tuberías

El diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño de alcantarillado sanitario, es de 6 pulgadas para tuberías de PVC y de 8 pulgadas para las de concreto. Esto se debe a requerimientos de flujo, limpieza y para evitar obstrucciones que puedan dañar la tubería.

El diámetro podrá ir aumentando conforme aumente el caudal, la velocidad de flujo, el tirante, o por criterio del proyectista cuando lo considere necesario.

Para las conexiones domiciliarias, deberá utilizarse un diámetro mínimo de 6 pulgadas.

3.2 Pendientes, velocidades máximas y mínimas permitidas

En el diseño de un drenaje sanitario, se procura que la tubería tenga una pendiente paralela a la del terreno, sin embargo existen algunos casos en los cuales esto no es posible ya sea por factores técnicos o económicos. En las siguientes líneas, se tratarán los casos más comunes que se presentan en la práctica.

La pendiente requerida es igual a la del terreno: Este es el caso ideal, en el cual la profundidad de la tubería permanece invariable.

La pendiente del terreno nos produce una velocidad por debajo de la mínima: Este problema es común en los tramos iniciales debido al poco caudal transportado. En este caso se le proporciona una pendiente mayor a la tubería, con el objetivo de alcanzar una velocidad cercana a la mínima.

El sentido del flujo va en sentido contrario a la pendiente del terreno: Se le enfoca de la misma manera que el caso anterior.

En los dos casos anteriores es importante no profundizar demasiado la tubería, ya que se puede llegar a alcanzar profundidades que resulten antieconómicas.

La pendiente del terreno es demasiado pronunciada: En este caso se puede disminuir la pendiente de la tubería, teniendo el cuidado de cumplir con las velocidades permitidas y que la profundidad de la *cota invert* de salida sea mayor que la mínima permitida.

La velocidad mínima, esta condicionada por los materiales sólidos orgánicos e inorgánicos que se sedimentan en la tubería debido al efecto de estancamiento. Por lo tanto la velocidad del flujo debe tener la fuerza suficiente para poder arrastrar la materia sólida y evitar que esta se acumule dentro de la tubería.

Mientras que las velocidades altas están condicionadas por la erosión que estas causan a las tuberías, especialmente a las de concreto; pues, los materiales abrasivos como la arena desgastan las partes inferiores de las mismas.

Por lo tanto se han establecido los siguientes límites para la velocidad de diseño:

$$0.60 \leq \text{Velocidad de diseño} \leq 3 \text{ m/s (T.C.)}$$

$$0.40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4 \text{ m/s (PVC)}$$

3.3 Profundidad de tubería

La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad en la cual esta no se vea afectada por las cargas transmitidas por el tráfico y evitar con esto rupturas en los tubos. Asimismo, se debe tener el cuidado de que la profundidad de la tubería sea suficiente para poder drenar los accesorios más bajos del predio a servir.

Los límites establecidos para la profundidad mínima de tubería son:

Tráfico normal (Menor 200 qq)	1.00 m
Tráfico pesado (Mayor 200 qq)	1.20 m

Sin embargo, estos límites pueden variar a criterio del proyectista, cuando se determine que no existe mayor tráfico en la zona, o cuando se encuentren suelos muy duros que dificulten y encarezcan la excavación.

En cuanto a la profundidad máxima, no hay un límite establecido, ya que este depende de diversos factores como lo son el perfil del terreno, el criterio del proyectista y del costo del proyecto que va en función directa de este renglón.

El fondo de la zanja deberá ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de toda la tubería. Cuando en la sub-base de la zanja, se encuentren condiciones inestables que impidieran proporcionar a la tubería un apoyo firme y constante, deberá realizarse una sobre excavación y rellenar ésta con un material adecuado, como arena bien compactada u otro material no arcilloso.

Cuando en el fondo de la zanja se presenten condiciones muy severas, como capa freática alta, suelo inestable o muy rocoso, deberán usarse materiales especiales en capas de grava, arena o material selecto, la capa sobre la que se apoye la tubería será como mínimo de 0.10 m de espesor compactada.

Piedras grandes o puntiagudas, así como cualquier otro material extraño debe eliminarse en un área de 10 cm. alrededor de la tubería, a fin de evitarle daños.

La zanja debe tener un ancho lógico, que permita trabajar a los operarios durante la colocación de la tubería y de los distintos artefactos.

3.4 Período de diseño

Se le llama así al tiempo durante el cual la obra diseñada presentará un servicio satisfactorio. Para estimar la población futura, se toma en cuenta establecer un límite de tiempo práctico, desde el punto de vista económico y de expectativas de crecimiento y desarrollo de la población, así como de los materiales empleados en la red de drenaje.

El período de diseño se selecciona considerando los siguientes factores:

Vida útil de los materiales y estructuras, considerando los materiales a utilizar y el desgaste que estos puedan tener debido a su uso y al paso del tiempo. Se puede decir que la vida útil de toda edificación u obra depende de la capacidad de los materiales y elementos constructivos para cumplir con los requerimientos previstos durante dicho período; bajo las condiciones ambientales y de servicio u ocupación normales; supone un mantenimiento razonable y de reposición prevista de alguna de sus partes cada cierto número de años. El período de vida útil es de carácter esencialmente económico y funcional.

Expectativas de crecimiento y desarrollo de la población, en este aspecto se debe observar el comportamiento del crecimiento de la población y determinar si existen factores que impidan dicho crecimiento.

Facilidad o dificultad para hacer ampliaciones a las obras existentes o planificadas.

3.5 Población de diseño

3.5.1 Métodos para el cálculo de la población futura

La estimación de la población futura es de suma importancia puesto que de este cálculo dependerá la cantidad de personas que utilizarán el servicio al final del período de diseño, además de que proporciona los datos necesarios para el cálculo de los diámetros de tuberías dependiendo del caudal a transportar.

Generalmente se usan dos métodos para el cálculo de la población futura, que son el método aritmético y el método geométrico; los cuales se describen a continuación.

3.5.1.1 Método aritmético

Este método se basa en el supuesto de que el crecimiento de la población es constante en el tiempo y es invariante e independiente del tamaño de la población; por lo tanto no toma en cuenta la tasa de crecimiento poblacional. Su fórmula general es:

$$Pf = Po + \frac{(Po - P1) * n}{n1}$$

En donde:

<i>Pf</i>	=	Población futura.
<i>Po</i>	=	Población del último censo.
<i>P1</i>	=	Población del penúltimo censo.
<i>n</i>	=	Tiempo entre el último censo y el que se busca.
<i>n1</i>	=	Tiempo entre el último censo y el primero.

La ventaja de este método es que requiere de poca información (sólo los datos de los últimos dos censos). La desventaja es que el resultado al estimar la población futura puede estar por debajo de lo real, si el comportamiento de crecimiento de la población no es lineal. Otra desventaja que se tiene con este método es que generalmente los censos proporcionan datos de todo el municipio y no se conocen la cantidad específica de habitantes por comunidad o aldea.

3.5.1.2 Método geométrico

Este método se basa en el supuesto de que el crecimiento poblacional en el tiempo es proporcional al tamaño de la población. Este método es más exacto, ya que toma en cuenta la tasa de crecimiento poblacional y su fórmula es de tipo exponencial.

La tasa de crecimiento esta dada por la siguiente expresión matemática:

$$r = \left(\frac{Po}{P1} \right)^{1/n1} - 1$$

Donde:

r = tasa de crecimiento poblacional.

Para la estimación de la población futura se emplea la siguiente fórmula:

$$Pf = Po * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura.

Po = Población del último censo.

n = Tiempo entre el último censo y el que se busca.

$n1$ = Tiempo entre el último censo y el primero.

La ventaja de este método consiste en que se acopla más a las poblaciones en vías de desarrollo como es el caso de nuestro país, debido a que las poblaciones crecen a un ritmo geométrico o exponencial, por lo que este método se adapta más a la realidad. Sin embargo, es posible que la estimación de la población esté arriba de la realidad y como consecuencia se podría estar sobre diseñando, representando una desventaja, ya que incidiría directamente en el costo del proyecto.

3.6 Factor de Hardmon

El factor de Hardmon también es conocido con el nombre de factor de flujo y es el valor estadístico que representa la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios en las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad. El factor de Hardmon esta dado por la fórmula siguiente:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = población acumulada en miles de habitantes.

El factor de Hardmon no es constante para todo el sistema de alcantarillado, sino por el contrario, varía para cada tramo, de acuerdo al número de habitantes acumulados para cada tramo en particular. Por lo tanto, también es diferente el factor de flujo actual del factor de flujo futuro.

3.7 Caudal de diseño

Para poder estimar el caudal de aguas residuales que conducirá el alcantarillado en los diferentes tramos por donde fluya, se tendrá que seguir el procedimiento siguiente:

1. Determinar el caudal sanitario
2. Determinar el factor de caudal medio
3. Calcular el caudal máximo que es el mismo que el caudal de diseño sanitario.

3.7.1 Caudal sanitario

El caudal sanitario (Q_s), está en función directa del consumo de agua de la población. Dicho consumo depende de otros factores importantes, tales como el clima, servicios públicos, disponibilidad de agua, nivel socioeconómico y cultural de la población, etc.

Para determinar el caudal sanitario total, deben integrarse diferentes tipos de caudales, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$Q_{SANITARIO_{VERANO}} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind}$$
$$Q_{SANITARIO_{INVIERNO}} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{CI} + Q_{inf}$$

Donde:

$Q_{SANITARIO}$	=	caudal sanitario total, de verano e invierno, respectivamente
Q_{dom}	=	caudal domiciliar
Q_{ind}	=	caudal industrial
Q_{com}	=	caudal comercial
Q_{CI}	=	caudal de conexiones ilícitas
Q_{inf}	=	caudal de infiltración

3.7.1.1 Caudal domiciliar (Q_{dom})

Este caudal es producido por el agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos en las viviendas y que es desechado a la red de alcantarillado. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y el suministro de agua potable.

$$Q_{dom} = \frac{\#hab * dotación * F.R.}{86400}, \text{ en lts/seg.}$$

Donde:

Q_{dom}	=	caudal domiciliar
$dotación$	=	dotación doméstica (lts/hab/día)
$\#hab$	=	número de habitantes
$F.R.$	=	factor de retorno

El factor de retorno representa el agua de desecho que no será vertida al sistema de alcantarillado sanitario, como lo es el agua utilizada para riego de jardines y lavado de autos. El factor de retorno oscila entre los valores de 0.7 a 0.9.

Cuando no se tienen datos acerca de la dotación y el suministro de agua potable, es necesario asumir dicha dotación, considerando las variaciones en el consumo de agua potable, debido a los siguientes factores:

- a.) Clima: Factores climáticos tales como las temperaturas y las precipitaciones pueden afectar de alguna manera considerable a los valores de los consumos. Debido fundamentalmente al aumento en las necesidades de riego, el consumo se maximiza en épocas secas y con altas temperaturas.
- b.) Tamaño de la comunidad: No afecta tan sólo a los valores de consumo por habitante sino también a los consumos máximos. Los consumos presentan mayores variaciones respecto al consumo medio cuanto menor es el tamaño de la comunidad, apareciendo máximos y mínimos más acusados.

- c.) Densidad: La densidad, en cuanto a la estructura de las viviendas (unifamiliares, comunidades de vecinos y apartamentos), influye tanto en los consumos para uso interior como en los consumos para uso exterior. Las viviendas unifamiliares suelen tener más aparatos consumidores de agua, como lavadoras, que los apartamentos. En cambio, las necesidades de agua para consumo exterior suelen ser menores en los bloques de apartamentos y comunidades de vecinos que en las viviendas unifamiliares, principalmente a causa de las menores necesidades de riego.
- d.) Nivel económico: El nivel económico y adquisitivo de una comunidad también afecta al consumo de agua, y en consecuencia al caudal de agua residual que genera. El consumo de agua y el caudal de agua residual es mayor cuanto mayor es el nivel de vida, aumento que puede ser debido, en mayor parte, al mayor uso de aparatos que consumen agua.
- e.) Fiabilidad y calidad del servicio: Un servicio de calidad y que sea fiable favorece el consumo de agua. Un servicio pobre, en términos de escasez o falta de presión en periodos secos, de mal sabor o con alto contenido en minerales, puede derivar en un menor consumo de agua.

3.7.1.2 Caudal comercial

Este caudal está conformado por el agua que es desechada de comercios, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerar y puede estimarse entre 600 a 3000 lts/comercio/día. El caudal comercial se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{com} = \frac{\#comercios * dotación}{86400}, \text{ en lts/seg.}$$

Donde:

- Q_{com} = caudal comercial (lts/seg)
 $\#comercios$ = número de comercios (separado para cada tipo de comercio)
 $dotación$ = dotación comercial (lts/comercio/día)

Es decir, que se calculará por separado cada tipo de comercio y luego se sumarán para obtener el caudal comercial. Por ejemplo:

$$Q_{com} = \frac{\#restaurantes * dotación \text{ restaurantes}}{86400} + \frac{\#hoteles * dotación \text{ hoteles}}{86400} + \dots$$

3.7.1.3 Caudal industrial

Los caudales de aguas residuales de tipo industrial varían según el tipo y tamaño de la industria. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede computar dependiendo el tipo de industria, entre 16000 a 18000 lts/industria/día.

$$Q_{ind} = \frac{\#industrias * dotación}{86400}, \text{ en lts/seg.}$$

Donde:

- Q_{ind} = caudal industrial (lts/seg)
 $\#industrias$ = número de industrias (separado para cada tipo de industria)
 $dotación$ = dotación industrial, dada en litros/industria/día, diferente para cada tipo de industria

Es decir que al igual que el anterior, se calculará por separado cada tipo de industria y luego se sumarán para obtener el caudal industrial. Por ejemplo:

$$Q_{ind} = \frac{\#tenerías * dotación tenerías}{86400} + \frac{\#fábrica de tejidos * dotación fábrica de tejidos}{86400} + \dots$$

3.7.1.4 Caudal de conexiones ilícitas

En este caudal se incluye el agua recogida en la red de alcantarillado, procedente de diversos orígenes, tales como bajantes de techos, sótanos, patios y drenajes superficiales, conexiones incorrectas con alcantarillas pluviales, aguas pluviales, escorrentía superficial, aguas de lavado de calles y drenaje en general. Este caudal se puede determinar de distintas maneras, las cuales se describen a continuación:

- a.) Método racional: Para el cálculo de este caudal se estima un porcentaje de viviendas que pueden hacer conexiones ilícitas, que varía de 0.5 a 2.5 por ciento. La fórmula de este método tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

$$Q_{CI} = \left(\frac{CiA}{360} * 1000 \right) * \% \text{ Viviendas, en lts/seg}$$

Donde:

Q_{CI}	=	caudal de conexiones ilícitas (lts/seg)
C	=	coeficiente de escorrentía
I	=	intensidad de lluvia, dado en mm/hora
A	=	área de techos y/o patios que es factible conectar ilícitamente, dada en hectáreas
$\% \text{ Viviendas}$	=	porcentaje estimado de viviendas que se pueden conectar ilícitamente

- b.) La Municipalidad de Guatemala le agrega al caudal de diseño 100 lts/hab/día, debido a posibles conexiones ilícitas.
- c.) Textos y otras publicaciones, toman para posibles conexiones ilícitas 150 lts/hab/día.
- d.) Según criterio de UNEPAR-INFOM toman para conexiones ilícitas un 10% del caudal domiciliar.

3.7.1.5 Caudal de infiltración

Este caudal incluye el agua del subsuelo que penetra en una red de alcantarillado, a través de tuberías defectuosas, juntas de tuberías, conexiones y paredes de los pozos de registro. El potencial de la infiltración varía con:

1. La altura del nivel freático sobre el fondo de las tuberías
2. La precipitación pluvial y la permeabilidad del suelo
3. La destreza en la construcción de pozos de visita, tendido de tuberías y su conexión a las viviendas o edificios

Generalmente se calcula por litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias asumiendo un valor de 6 m por cada casa y se utiliza un factor de infiltración que varía entre 16000 a 18000 lts/km/día.

$$Q_{inf} = \frac{f_{inf} \left[\frac{\text{metros de tubería} + \#casas * 6m}{1000} \right]}{86400}, \text{ en lts/seg.}$$

Donde:

Q_{inf}	=	caudal de infiltración (lts/seg).
f_{inf}	=	factor de infiltración, dado en lts/Km/día.
$\#casas$	=	número de casas

3.7.2 Factor de caudal medio

Una vez obtenidos los caudales sanitarios de verano e invierno, se puede obtener el factor de caudal medio, de la siguiente manera:

$$f_{qm_{VERANO}} = \frac{Q_{SANITARIO_{VERANO}}}{\# habitantes}, \text{ en verano, y}$$
$$f_{qm_{INVIERNO}} = \frac{Q_{SANITARIO_{INVIERNO}}}{\# habitantes}, \text{ en invierno}$$

Según la Dirección General de Obras Públicas (ahora desaparecida), el factor de caudal medio debe encontrarse entre los siguientes límites:

$$0.002 \leq f_{qm} \leq 0.005$$

Si el factor de caudal medio se encuentra por debajo del límite inferior, se utilizará dicho límite como factor de caudal medio ($f_{qm} = 0.002$).

Si el factor de caudal medio se encuentra arriba del límite superior, se utilizará dicho límite como factor de caudal medio ($f_{qm} = 0.005$).

Según la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), el factor de caudal medio debe ser constante, $f_{qm} = 0.003$.

3.8 Cálculo de Cotas *Invert*

Una vez determinados el diámetro y la pendiente adecuadas, se procede a calcular las cotas invert de la tubería en el inicio y final del tramo.

La cota invert mínima o de inicio, se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

$H_{\text{tráfico}}$	=	profundidad de tráfico (especificados en la sección)
t	=	espesor de la tubería
D	=	diámetro interior del tubo

Para determinar la cota invert de salida de la tubería de corrimiento en un pozo de visita, cada tubo de entrada o de tramo inicial que conecte con el pozo en cuestión, debe ser comparado, en forma individual, con la tubería de corrimiento, aplicando los siguientes criterios:

1. Para tubería de salida de igual diámetro que la tubería de entrada:
La cota invert de salida deberá estar, por lo menos, 3 centímetros debajo de la cota invert de entrada.
2. Para tubería de salida con mayor diámetro que la tubería de entrada:
La cota invert de salida deberá estar, por lo menos, una altura por debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de diámetros de ambas tuberías.

3. Para tuberías de salida ubicadas en un pozo al que también están conectados tramos iniciales:

La cota invert de salida de la tubería de corrimiento deberá estar, por lo menos, a una altura por debajo de la cota invert de salida del tramo inicial, igual al diámetro de la tubería de salida.

Habiendo comparado en forma individual cada una de las tuberías de entrada o de tramos iniciales, con la tubería de corrimiento, y habiendo obtenido una cota invert para cada comparación, se toma como cota invert de salida para la tubería de corrimiento, la menor de ellas.

Para el cálculo de la cota invert al final del tramo, o cota invert de llegada, se utiliza trigonometría, utilizando la cota invert de salida, la pendiente de la tubería y la distancia horizontal; como se muestra en la siguiente fórmula:

$$Cota\ invert\ llegada = Cota\ invert\ salida - \frac{Pend_{tubo} * DH_{ef}}{100}$$

Donde:

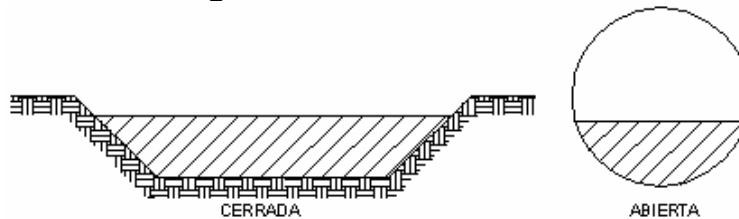
$Pend_{tubo}$ = pendiente del tubo
 DH_{ef} = distancia horizontal efectiva
= distancia horizontal - 1/2 diámetro del pozo al inicio - 1/2 diámetro del pozo al final del tramo

La altura o profundidad del pozo resulta de la resta de la cota del terreno menos la cota invert de salida de dicho pozo.

4. PRINCIPIOS HIDRÁULICOS

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres conocidos como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera (P_a = presión atmosférica). Puede suceder que el canal esté cerrado, como el caso de los conductos que sirven de alcantarillados para que circule el agua de desecho, y que eventualmente se produzca alguna presión debida a la formación de gases en el canal.

Figura 3. Sección del canal



4.1 Ecuación de Manning para flujo en canales

Para efecto de cálculo se considera el régimen permanente uniforme, esto es, flujo permanente en el cual la velocidad media permanece constante, en cualquier sección, por el efecto de la gravedad y con una velocidad tal que la carga disponible, compense el rozamiento.

Los valores de velocidad y caudal que ocurren en un canal se han ido estimando 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 que es empleada para canales es la de Chezy, para flujos uniformes y permanentes.

$$v = C\sqrt{RS}$$

Donde:

v	=	velocidad, m/seg
R	=	radio hidráulico
S	=	pendiente m/m
C	=	coeficiente

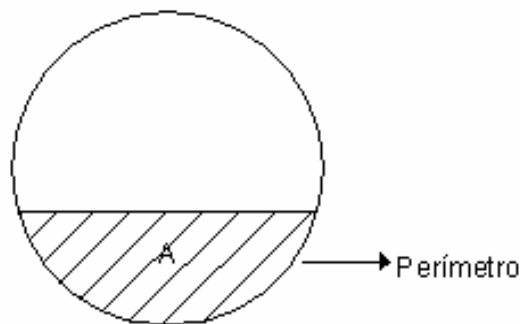
$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{D}{4}, \text{ para secciones circulares llenas}$$

Donde:

A	=	área mojada, m ²
P	=	perímetro mojado, m
D	=	diámetro de la tubería. M

Figura 4. Perímetro mojado



El valor constante C está dado por otras fórmulas desarrolladas por diferentes investigadores, en las cuales C esta determinado por una serie de

elementos que conforman las características físicas e hidráulicas del canal, las más utilizadas son:

Fórmula de Kutter

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

Manning:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Donde:

C	=	coeficiente
R	=	radio hidráulico
S	=	pendiente, m/m
n	=	coeficiente de rugosidad, el cual depende del material de la tubería.

La ecuación que más se utiliza es la de Manning y se sustituye el valor de C en la ecuación de Chezy obteniendo la siguiente expresión:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \text{ en m/seg}$$

La cual se conoce como la fórmula de Manning para canales abiertos y cerrados.

Tabla I. Coeficiente de rugosidad n

MATERIAL	N
Canales cubiertos de piedra	0,03
Tubos de metal corrugado	0,021
Canales de mampostería de ladrillo sin revestimiento	0,015
Tubos de concreto	0,013
Tubos de asbesto cemento	0,011
Tubos de P.V.C.	0,010

También está la fórmula de Manning-Strickler, la cual es muy parecida a la anterior, salvo que el coeficiente $1/n$ se transforma en la constante K y toma otros valores.

Tabla II. Coeficiente de rugosidad K

MATERIAL	K
P.V.C.	120
Concreto	80
Hierro fundido	80
Asbesto cemento	100

4.2 Ecuaciones a sección llena

Para el diseño del alcantarillado sanitario, es necesario conocer la velocidad y el caudal de la sección llena de la tubería que se está utilizando.

Para el cálculo de la velocidad se usa la fórmula siguiente:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \text{ en m/seg};$$

en donde el radio hidráulico para la sección llena viene dado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{D}{4}$$

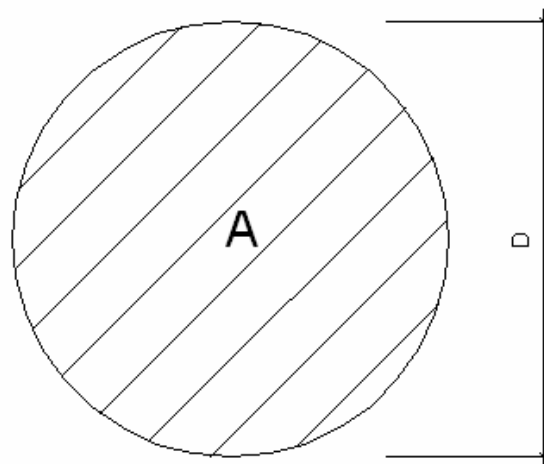
Una vez obtenida la velocidad a sección llena, se calcula el caudal a sección llena, por medio de la fórmula de gasto o caudal.

$$Q = AV, \text{ en m}^3/\text{seg}$$

Donde:

Q	=	caudal a sección llena, m ³ /seg
A	=	área de la sección, m ²
V	=	velocidad a sección llena, m/seg

Figura 5. Área de sección llena

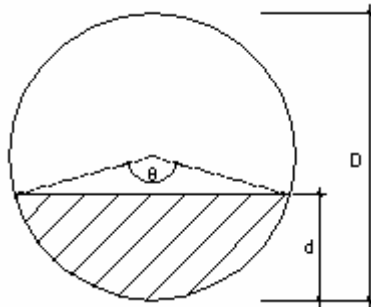


4.3 Ecuaciones a sección parcialmente llena

Toda alcantarilla circular puede trabajar a sección llena y a sección parcialmente llena, siendo lo último lo más común, ya que el gasto nunca es constante y esto incide directamente con una variación de la altura del flujo, que a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

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

Figura 6. Área de sección parcial



$$a = \frac{D^2}{4} \left[\frac{\pi\theta}{360} * \frac{\text{Sen}\theta}{2} \right]$$

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

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

$$v = \frac{1}{n} r^{2/3} S^{1/2}$$

$$q = a * v$$

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

Donde:

a	=	área de la sección parcial
D	=	diámetro del tubo
d	=	tirante de la sección
θ	=	ángulo central
v	=	velocidad a sección parcial
q	=	caudal a sección parcial

4.4 Relaciones hidráulicas

Debido a que los cálculos del radio hidráulico, área de flujo, velocidad y caudal en tuberías que trabajan a sección parcialmente llena son laboriosos; se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial, de los resultados obtenidos se construyeron gráficas y tablas que facilitan los cálculos, utilizando para esto la fórmula de Manning.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q) (caudal de diseño entre caudal a sección llena), el valor se busca en las tablas (si no está el valor exacto se busca uno que sea aproximado), luego se buscan las relaciones (v/V) y (d/D) que correspondan al valor encontrado para (q/Q). El valor obtenido de la columna (v/V) se debe multiplicar por el valor obtenido para la sección llena y obtener así la velocidad a sección parcial.

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas, para el caudal de diseño actual y futuro:

a.) $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$

b.) La velocidad debe estar comprendida entre:

$$0.60 \leq \text{Velocidad de diseño} \leq 3 \text{ m/s (T.C.)}$$

$$0.40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4 \text{ m/s (PVC)}$$

c.) El tirante debe estar entre:

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

5. OBRAS ACCESORIAS EN UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

5.1 Pozos de visita

5.1.1 Partes que componen un pozo de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado, proporcionan acceso a éste, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Estos deben tener una abertura adecuada y el espacio suficiente para que un hombre pueda trabajar en el interior; es por ello que los pozos se ensanchan por debajo de la abertura.

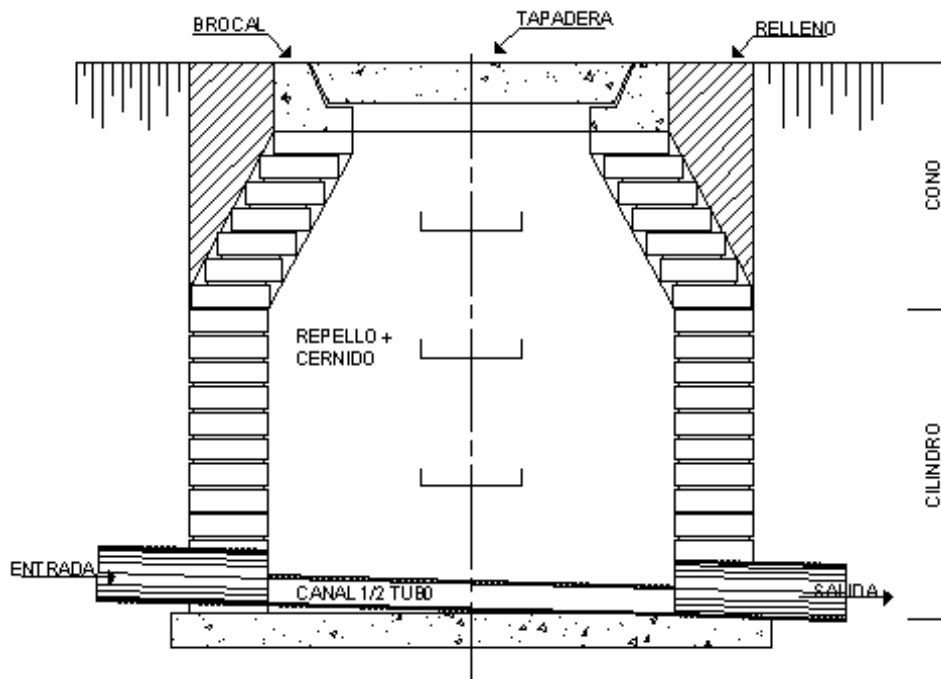
La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general. Un pozo de visita está constituido por las siguientes partes:

El ingreso es circular, tiene un diámetro entre 0.80 a 0.90 m, la tapadera descansa sobre un brocal, ambos contruidos de concreto reforzado. Los pozos de visita tienen una parte cónica y una cilíndrica; la parte cónica tiene una altura de 0.90 a 1.20 m, la cual termina en la parte cilíndrica del pozo con un diámetro de 1.20 m, la altura del cilindro es variable, ya que dependerá de la profundidad en la que se encuentre la alcantarilla. Las paredes suelen ser contruidas de ladrillo de barro cocido cuando son pequeños y de concreto cuando son muy grandes y profundos; y deben estar impermeabilizados con repello más cernido. El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de concreto, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla. Los canales se recubren, a veces, con tubos partidos o seccionados por su diámetro.

Los cambios de dirección se hacen en los canales. Hay que hacer notar que el pozo de visita tiene un fondo plano sólo en los casos que todos los tramos arranquen de él y que cuando el pozo sea usado a la vez para tuberías

que pasan a través y otras de arranque, la diferencia de *cotas invert* entre el tubo de arranque y el que pasa tiene que ser como mínimo el diámetro de la mayor. En los pozos de visita se disponen escalones para que se pueda bajar a su inspección y limpieza; suelen ser de varillas de hierro, empotradas en las juntas de los ladrillos.

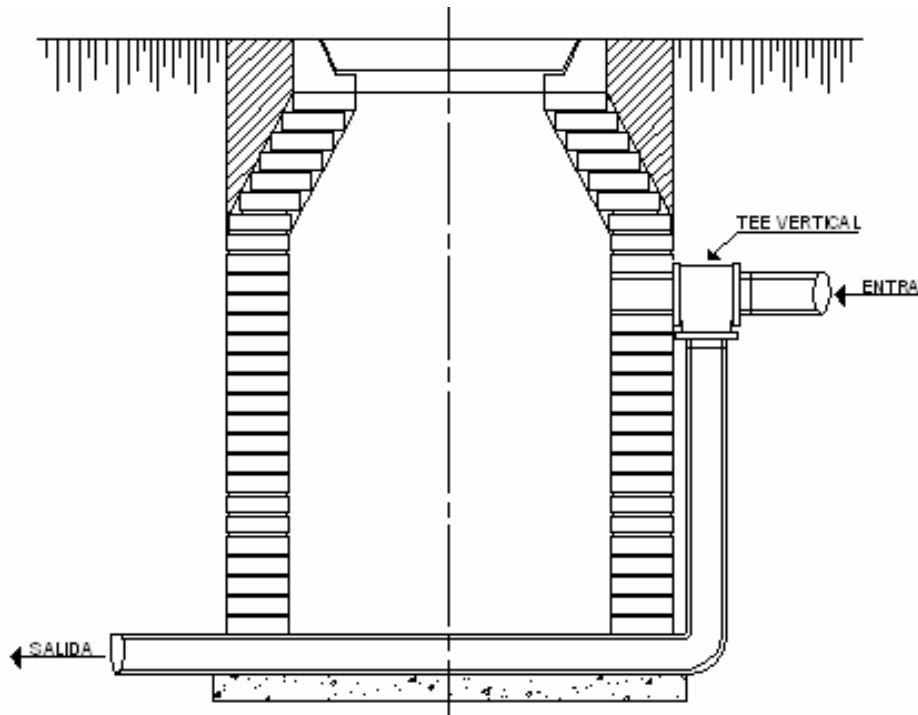
Figura 7. Partes de un pozo de visita



En tuberías secundarias enlazadas con una alcantarilla más profunda, se puede economizar la excavación, manteniendo la tubería superior con una

pendiente razonable y estableciendo una caída vertical en el pozo de visita. Los pozos así contruidos se denominan de caída y su forma de construcción se puede ver en la figura 8. A pesar de que las aguas residuales siguen por el tubo vertical, la alcantarilla atraviesa la pared del pozo de registro, lo que permite su limpieza. Otras formas de disipar la energía en pozos profundos o de caída, es disponer de planos horizontales escalonados.

Figura 8. Pozo de visita con caída



5.1.2 Especificaciones físicas de un pozo de visita

Se colocarán pozos de visita en los siguientes casos:

- a.) Al inicio de todo colector.
- b.) En intersecciones de dos o más tuberías.
- c.) En todo cambio de sección o diámetro.
- d.) En donde exista cambio de pendiente.
- e.) Donde exista cambio de dirección horizontal
- f.) En distancias no mayores de 100 m.

Asimismo, es necesario seguir con las siguientes especificaciones:

- No puede haber cambio de diámetro entre pozo y pozo.
- Cuando el terreno es muy quebrado, es necesario colocar pozos intermedios para que la tubería no quede a flor de tierra.

5.1.3 Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de los pozos de visita viene determinada por la cota invert de la tubería de salida o de corrimiento.

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

$$h_{pv} = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota invert de salida del tramo} + 0.10$$

Debe notarse 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.

No se calcula la profundidad del pozo al final del tramo, pues ese pozo es en realidad el “pozo al inicio del tramo” del tramo siguiente.

5.1.4 Sistemas de limpieza

Para un mejor funcionamiento del sistema del alcantarillado con tubería de PVC se han creado sistemas de limpieza, los cuales se colocan entre pozos de visita y cuando no exista pozo de visita se instalan en tramos iniciales.

Figura 9. Registro de limpieza para profundidades menores de 2.00 m o para tramos iniciales

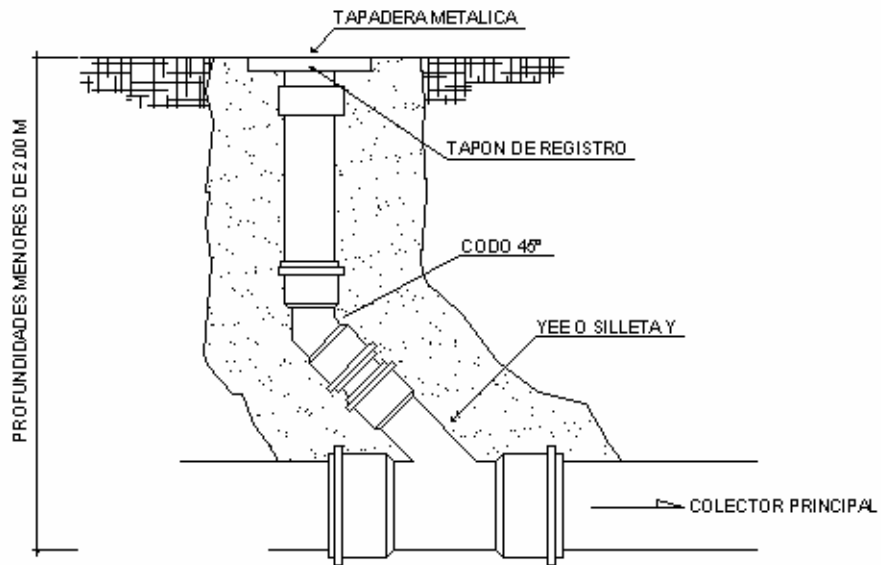
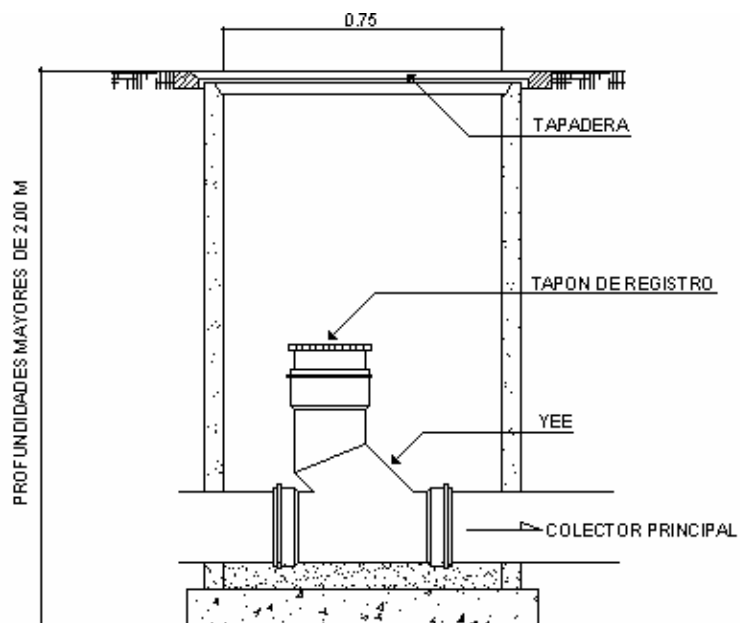


Figura 10. Registro de limpieza para profundidades mayores de 2.00 m o longitudes mayores de 100 m entre pozo y pozo



5.2 Tanques de lavado

Los tanques de lavado son depósitos de descarga automática que, en general, se colocan en los extremos de las derivaciones de la red. El objetivo de los tanques de lavado, es producir un lavado especial en la alcantarilla y con esto arrastrar substancias jabonosas y grasas, que junto con los sólidos forman capas en las paredes del alcantarillado que van disminuyendo paulatinamente su sección útil. La idea fundamental es la de aplicar una corriente de agua con cierta velocidad y cierta altura, es decir, de una manera repentina, ya que aún cuando existen buenas pendientes y velocidades, es siempre posible la formación de obstrucciones en las tuberías.

Su construcción es muy semejante a los pozos de visita, pero disponen de un sifón en el fondo. Mediante una toma de la red de agua potable, el depósito recibe el caudal de agua necesario para su llenado, el cual es regulado de manera que el tanque se llene por lo menos una vez al día. Cuando está lleno, actúa el sifón y produce una brusca descarga de agua en la alcantarilla. El volumen usual es de 900 a 1200 litros de agua cada 12 ó 24 horas, dependiendo de las necesidades.

6. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO DE LA FINCA SAN JULIÁN

6.1 Descripción del proyecto

Como ya se indicó anteriormente, la finca San Julián se encuentra a 6 kms de distancia de la cabecera municipal de Patulul, esta comunidad cuenta con los servicios de agua potable y de energía eléctrica, pero no cuentan con un sistema de drenajes, razón por la cual se desarrollará el diseño del mismo.

Las calles de terracería que presenta el lugar, definen el sistema de drenaje que ha de utilizarse para la evacuación de aguas servidas. Un sistema combinado, implicaría el uso de tragantes para agua de lluvia; esto ocasionaría que arena, tierra y otros materiales que son arrastrados por el agua superficial entren a la tubería y, por consiguiente, ocasionar obstrucciones en la tubería. El mantenimiento sería costoso, debido a la limpieza frecuente que habría de realizarse. El sistema que se acomoda de mejor manera a las consideraciones antes mencionadas, es el sanitario; con esto, la población ya no tendrá que soportar las aguas negras a flor de tierra que tanto daño ocasiona a la comunidad, debido a la proliferación de insectos, malos olores, mal aspecto de las calles y transmisión de enfermedades gastrointestinales.

El sistema de alcantarillado tendrá una longitud aproximada de 2.5 kms y el desfogue se realizará en el Río Madre Vieja, para lo cual las aguas residuales deben recibir un tratamiento previo, con el objetivo de no contaminar el cuerpo receptor.

El número de beneficiarios actual será de 1200 habitantes y de aproximadamente 2720 habitantes hacia el final del periodo de diseño.

6.2 Bases de diseño

Para realizar el diseño del drenaje sanitario de la finca San Julián, se adoptaron los siguientes valores:

Período de diseño:

21 años, considerando un año para la ejecución del proyecto.

Población actual:

1200 habitantes.

Población de diseño:

7.5 habitantes/vivienda.

Tipo de tubería:

PVC para alcantarillado sanitario, norma ASTM 3034.

Diámetro mínimo:

6 pulgadas

Cota invert mínima:

Se adopto una cota invert mínima de 0.95 cms, ya que en este lugar el tráfico de vehículos es muy limitado y el terreno es muy duro.

Relación de velocidad:

$0.40 \leq v \leq 4 \text{ m/seg}$

Dotación de agua:

Se estimó una dotación de 100 lts/hab/día.

Factor de retorno:

Se consideró un factor de retorno de 0.75.

6.3 Cálculo del sistema

6.3.1 Población futura

Para el cálculo de la población futura se usara el método geométrico, a partir de los siguientes datos:

Población Patulul (Abril 1994)	21274 habitantes
Población Patulul (24 Noviembre 2002)	29834 habitantes
Población Finca San Julián (2004)	1200 habitantes

Primero se debe determinar la tasa de crecimiento poblacional, para lo cual utilizaremos los datos de los censos de 1994 y del 2002, y la siguiente fórmula:

$$r = \left(\frac{Po}{Pl} \right)^{1/nl} - 1$$

En donde:

$$nl = t2 - t1$$

Para el cálculo de t1 y t2, debemos calcular los días del año transcurridos al momento de cada censo

<u>Censo 1994</u>		<u>Censo 2002</u>	
Enero	31	Enero	31 Julio 31

Febrero	28	Febrero	28	Ago	31
Marzo	31	Marzo	31	Sep	30
Abril	30 +	Abril	30	Oct	30
<hr/>		Mayo	31	Nov	24
	120	Junio	30		
		<hr/>			
		181		+ 146 =	327

$$t1 = 1994 + \frac{120}{365}$$

$$t1 = 1994.328$$

$$t2 = 2002 + \frac{327}{365}$$

$$t2 = 2002.895$$

$$n1 = 2002.895 - 1994.328$$

$$n1 = 8.567$$

con este dato procedemos a calcular la tasa de crecimiento poblacional para el municipio de Patulul,

$$r = \left(\frac{29834}{21274} \right)^{\frac{1}{8.567}} - 1$$

$$r = 0.04026 = 4.026\%$$

Conociendo la tasa de crecimiento poblacional, podemos determinar la población futura de la finca San Julián, para un período de diseño de 21 años, considerando un año para la ejecución del proyecto.

$$Pf = Po * (1 + r)^n$$

$$Pf = 1200 * (1 + 0.04026)^{21}$$

$$Pf = 2749 \text{ habitantes}$$

6.3.2 Cálculo de caudales

Primero se procederá a calcular el caudal sanitario:

$$Q_{SANITARIO} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{CI} + Q_{inf}$$

El caudal de comercio y el caudal industrial no se tomaron en cuenta en este caso, ya que en la finca San Julián no hay ningún tipo de industria o comercio. Mientras que el caudal de infiltración se desprecia ya que la tubería a utilizar será de PVC y este tipo de tubería no permite las infiltraciones, ya que cuenta con juntas herméticas.

6.3.2.1 Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{\#hab * dotación * F.R.}{86400}, \text{ en lts/seg.}$$

$$Q_{dom} = \frac{2749 \text{ hab} * 100 \text{ lts/hab/día} * 0.75}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q_{dom} = 2.38 \text{ lts/seg}$$

6.3.2.2 Caudal de conexiones ilícitas

Debido a que en esta área no se cuenta con estación hidrométrica, no se tienen datos precisos de la intensidad de lluvia, por lo tanto no se puede utilizar el método racional para calcular el caudal de conexiones ilícitas.

El método para calcular el caudal de conexiones ilícitas, será el descrito en el capítulo 3.7.1.4 inciso c, el cual establece 150 lts/hab/día para posibles conexiones ilícitas.

$$Q_{CI} = \frac{2749 \text{ hab} * 150 \text{ lts/hab/día}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q_{CI} = 4.77 \text{ lts/seg}$$

El caudal sanitario queda de la siguiente manera:

$$Q_{SANITARIO} = 2.38 \text{ lts/seg} + 4.77 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{SANITARIO} = 7.15 \text{ lts/seg}$$

6.3.3 Factor de caudal medio

El factor de caudal medio se obtiene de dividir el caudal sanitario entre el número de habitantes.

$$fqm = \frac{Q_{SANITARIO}}{\#habitantes}$$

$$fqm = \frac{7.15 \text{ lts/seg}}{2749 \text{ habitantes}}$$

$$fqm = 0.0026 \text{ lts/hab/seg}$$

6.3.4 Ejemplo de tramo

El tramo a utilizar para el ejemplo, será el del pozo D2 al pozo D3, para el cual se tienen los siguientes datos:

No. de viviendas acumuladas:	24
Población actual acumulada:	180
Población futura acumulada:	413

Caudal medio actual (acumulado):

$$q_{med_{actual}} = fqm * \# hab \text{ actuales}$$

$$q_{med_{actual}} = 0.0026 * 180$$

$$q_{med_{actual}} = 0.47 \text{ lts/seg}$$

Caudal medio futuro (acumulado):

$$q_{med_{futuro}} = fqm * \# hab \text{ futuros}$$

$$q_{med_{futuro}} = 0.0026 * 413$$

$$q_{med_{futuro}} = 1.07 \text{ lts/seg}$$

Factor de Hardmon (actual):

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

$$FH_{actual} = \frac{18 + \sqrt{180/1000}}{4 + \sqrt{180/1000}}$$

$$FH_{actual} = 4.164$$

Factor de Hardmon (futuro):

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{413/1000}}{4 + \sqrt{413/1000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = 4.016$$

Caudal máximo o de diseño (actual):

$$Q_{\text{DISEÑO}} = q_{\text{med}} * FH$$

$$Q_{\text{DISEÑO}_{\text{actual}}} = 0.47 \text{ lts/seg} * 4.164$$

$$Q_{\text{DISEÑO}_{\text{actual}}} = 1.949 \text{ lts/seg}$$

Caudal máximo o de diseño (futuro):

$$Q_{\text{DISEÑO}_{\text{futuro}}} = 1.07 \text{ lts/seg} * 4.016$$

$$Q_{\text{DISEÑO}_{\text{futuro}}} = 4.312 \text{ lts/seg}$$

Luego se procede a calcular el caudal a sección llena para el tramo en estudio, con el objeto de verificar si se cumplen los requisitos de velocidad y tirante.

Para el cálculo del caudal y velocidad a sección llena se utiliza la fórmula de Manning, a partir de los siguientes datos:

Pendiente del terreno	2.355%
Pendiente tubería	2.360%
Diámetro de tubería	6"

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \text{ en m/seg}$$

en donde

$$R = \frac{D}{4}, \text{ para secciones circulares}$$

$$V = \frac{1}{0.010} \left(\frac{6 * 0.0254}{4} \right)^{2/3} (0.0236)^{1/2}$$

$$V = 1.74 \text{ m/seg}$$

$$Q = AV \text{ en donde } A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Q = \left(\frac{\pi * (6 * 0.0254)^2}{4} \right) (1.74 \text{ m/seg})$$

$$Q = 0.03173 \text{ m}^3 / \text{seg} \approx 31.73 \text{ lts/seg}$$

Conociendo el caudal y la velocidad del flujo a sección llena, se procede a verificar que el caudal de diseño cumpla con las especificaciones de diseño. Primero se debe comprobar que:

$$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$$

$$4.312 < 31.73 \text{ (lts/seg)} \text{ sí chequea}$$

Luego se procede a realizar la relación de caudales:

$$\frac{q_{\text{diseño actual}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{1.949 \text{ lts/seg}}{31.73 \text{ lts/seg}} = 0.06142$$

$$\frac{q_{\text{diseño futuro}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{4.312 \text{ lts/seg}}{31.73 \text{ lts/seg}} = 0.13589$$

con el valor de q/Q , se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, la relación v/V correspondiente a la relación de caudales encontrada, para este caso es:

$$\frac{v_{actual}}{V} = 0.553851 \qquad \frac{v_{futuro}}{V} = 0.699064$$

con la relación de velocidades encontradas y la velocidad a sección llena se calcula la velocidad dentro de la alcantarilla, de la siguiente manera:

$$v = (v/V) * V$$

$$v_{actual} = 0.553851 * 1.74$$

$$v_{futuro} = 0.699064 * 1.74$$

$$v_{actual} = 0.964 \text{ m/seg}$$

$$v_{futuro} = 1.216 \text{ m/seg}$$

La relación d/D, es la que existe entre el diámetro de la tubería y la altura del tirante del flujo en la alcantarilla, esta relación también se obtiene de la tabla de relaciones hidráulicas, para el presente caso es:

$$\frac{d_{actual}}{D} = 0.168$$

$$\frac{d_{futuro}}{D} = 0.249$$

El chequeo siguiente permite conocer si están dentro de los límites permisibles:

$$0.40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4 \text{ m/seg (PVC)}$$

$$0.40 \leq 0.96 \leq 4 \text{ m/seg} \qquad \text{sí chequea}$$

$$0.40 \leq 1.22 \leq 4 \text{ m/seg} \qquad \text{sí chequea}$$

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

$$0.10 \leq 0.168 \leq 0.75 \qquad \text{sí chequea}$$

$$0.10 \leq 0.249 \leq 0.75$$

sí chequea

Por lo tanto, el diseño cumple las especificaciones de velocidades y de tirantes máximos y mínimos.

6.4 Diseño de la red de alcantarillado

El diseño de la red de alcantarillado se basó en la configuración de las calles y en la topografía del terreno, tratando de conducir las aguas residuales hacia los puntos más bajos sin profundizar demasiado la tubería, aunque como se puede apreciar en los planos, hay tramos en los que la pendiente de la tubería esta en sentido contrario a la del terreno.

El cálculo de los caudales, velocidades, diámetros, etc., del diseño del alcantarillado sanitario de la finca San Julián se resumen en las tablas de memoria de cálculo que se muestran en las siguientes páginas, asimismo se puede apreciar la planta y perfil del proyecto y las obras accesorias de este, en los planos mostrados en las figuras 11 a la 17.

7. RIESGO Y VULNERABILIDAD

7.1 Concepto de riesgo

El término riesgo se refiere a las pérdidas esperadas a causa de una amenaza determinada en un elemento en riesgo, durante un período específico en el futuro. Según la manera en que se defina el elemento en riesgo, el riesgo puede medirse según la pérdida económica esperada, o según el número de vidas perdidas o la extensión del daño físico a la propiedad.

El riesgo puede expresarse en términos del promedio de pérdidas esperadas; por ejemplo, *“25.000 vidas perdidas en un período de 30 años”* o *“75.000 casas han experimentado grave daño o destrucción durante 25 años”*; o alternativamente basado en la probabilidad, *“un 75% de probabilidad de pérdida económica a la propiedad sobre 50 millones de dólares en el pueblo Puerto Nuevo dentro de los próximos 10 años”*

El término riesgo específico se usa para referirse a riesgos o estimaciones de pérdidas de cualquier tipo que se exprese como proporción del total; los dos primeros ejemplos se pueden también expresar: *“el 10% de la población (de un asentamiento determinado) muerta por amenazas naturales dentro de 30 años”* o *“50% de las casas (en una región determinada) dañadas gravemente o destruidas en los próximos 25 años”*.

Riesgo específico también se usa para definir las pérdidas financieras a la propiedad, en cuyo caso se refiere usualmente al coeficiente del costo de reparación o reinstauración de la propiedad al costo de reemplazo total.

7.1.1 Evaluación y valoración del riesgo

La tarea global para el manejo del riesgo debe incluir una estimación de la magnitud de un riesgo particular y una evaluación de la importancia que representa el riesgo para nosotros. El proceso de manejo de riesgo tiene, por lo tanto, dos partes.

- a.) Evaluación de riesgo. La cuantificación científica del riesgo proveniente de datos y entendimiento de los procesos implicados.
- b.) Valoración de riesgo. El juicio social y político de la importancia de diversos riesgos según son enfrentados por individuos y comunidades. Este punto toma en consideración la compensación recíproca de los riesgos percibidos contra los beneficios potenciales, incluyendo también el balance de juicios científicos contra otros factores y creencias.

Con el fin de comprender un riesgo y para comparar riesgos diferentes, los científicos y economistas usualmente tratan de cuantificarlo. Esto se hace recogiendo datos sobre los efectos de las diversas amenazas que causan el riesgo y sobre la base de análisis estadísticos que pronostican la probabilidad de eventos futuros. La identificación de las causas, efectos y entendimiento de los procesos de acontecimientos desastrosos es crítica para la evaluación de riesgos futuros.

La precisión de la cuantificación del riesgo depende en gran parte de la cantidad de información disponible. El número de sucesos de los cuales se

tiene información debe ser suficientemente grande para que tenga importancia estadística. Además, la calidad o certeza de la información debe ser adecuada. Todos estos factores presentan problemas al evaluador del riesgo, quien tiene que identificar 'los límites de confianza' o margen de duda respecto a cualquier estimación ofrecida de riesgo futuro.

Algunos riesgos son más fáciles de cuantificar que otros. Los riesgos de los efectos de inundaciones menores y pequeños terremotos son más fáciles de pronosticar que los catastróficos porque han sucedido con más frecuencia y existe mayor información sobre sus acontecimientos. De igual modo, la repetición de las sequías se puede predecir sobre la base de experiencia histórica. Por otro lado, en el caso de riesgos de sucesos que todavía no han ocurrido, como por ejemplo la fundición de un reactor nuclear, no se tiene estadísticas previas por lo cual deben ser estimados según probabilidades y pronósticos.

7.1.2 ¿Cómo se determina el riesgo?

En la determinación del riesgo existen tres componentes esenciales, cada uno de los cuales debe cuantificarse separadamente:

- a.) La probabilidad de acontecer la amenaza: la posibilidad de experimentar una amenaza natural o tecnológica en un lugar o región.

- b.) Los elementos en riesgo: identificación y preparación de un inventario de la gente o edificaciones u otros elementos que podrían verse afectados en caso de ocurrir la amenaza y, donde sea necesario, la estimación de su valor económico.

- c.) La vulnerabilidad de los elementos en riesgo: qué daño sufrirán la gente y las construcciones u otros elementos si experimentan algún nivel de peligro.

Cada uno de estos componentes no representa uno sino varios parámetros a ser evaluados. La cuantificación de la probabilidad de amenaza implica no sólo la probabilidad de que ocurra una tormenta de viento, por ejemplo, sino también la probabilidad de que ocurran tormentas de viento de una gran variedad de intensidades.

Los elementos en riesgo consisten de una amplia gama de elementos que conforman nuestra sociedad, la vida y la salud de las personas son elementos en riesgo; también lo son sus actividades económicas, sus trabajos, equipo, cosechas y ganado. Las viviendas son sin duda elementos en riesgo y también lo son los caminos y servicios que dependen de ellos. Los servicios comunitarios como las escuelas, hospitales, instituciones religiosas también son elementos en riesgo. Así también, en muchos casos, lo es el ambiente natural.

7.2 Concepto de vulnerabilidad

La vulnerabilidad a los desastres es una condición producto de las acciones humanas. Indica el grado en que una sociedad está expuesta o protegida 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.

La vulnerabilidad se define como el grado de pérdida causado en un elemento determinado en riesgo (o serie de elementos) resultante de una amenaza determinada a un nivel de gravedad determinado. La vulnerabilidad de un elemento se expresa usualmente como porcentaje de pérdida (o como un valor entre 0 a 1) para un nivel de gravedad de amenaza determinada. La medida de pérdida usada depende del elemento en riesgo y, por consiguiente, puede medirse como coeficiente del número de muertos o heridos al total de la población, como el costo de reparación o como el grado de daño físico definido según una escala apropiada. En muchos elementos, tales como grupos de edificios, se puede definir según la proporción de edificios que experimentan algún nivel particular de daño.

7.3 Factores de vulnerabilidad y riesgo

7.3.1 Amenaza natural

Las amenazas naturales son fenómenos potencialmente peligrosos tales como terremotos, erupciones volcánicas, aludes, marejadas, ciclones tropicales y otras tormentas severas, tornados y vientos fuertes, inundaciones de ríos y de zonas costeras, incendios forestales, sequías e infestaciones.

7.3.2 Desastre natural

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

7.3.3 Reducción de desastres

La reducción de los desastres es la suma de todas las acciones que pueden aplicarse para reducir la vulnerabilidad de una sociedad 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. La adopción de códigos de construcción apropiados y técnicas de ingeniería que respondan a evaluaciones locales de riesgo, así como mecanismos para asegurar su aplicación rigurosa por medio de incentivos económicos o de otro tipo, son otros ejemplos.

La información confiable y el compromiso político son fundamentales para tener éxito en la reducción del riesgo. Este es un proceso continuo, que no puede limitarse a la ocurrencia de algún desastre en particular. Debe motivarse a las sociedades en riesgo a involucrarse en la gestión consciente de los desastres. En esto, se debe ir más allá de las actividades tradicionales de respuesta y defensa contra el impacto de los fenómenos naturales. La reducción de los desastres es por definición intersectorial y multidisciplinaria, y comprende una amplia gama de actividades entrelazadas en el plano local, nacional, regional y mundial.

7.3.4 Prevención

Incluye evitar directamente el impacto adverso de los peligros naturales y de los desastres ambientales y tecnológicos relacionados con ellos. Una adecuada planificación constituye un ejemplo de la prevención de los desastres, es decir, la decisión de no construir viviendas en un área propensa a los desastres, por ejemplo.

7.3.5 Mitigación

Se refiere a medidas tomadas para limitar el impacto adverso de los peligros naturales y de los desastres ambientales y tecnológicos relacionados con estos. Dentro de los ejemplos de la mitigación se encuentran la remodelación de edificios o la fabricación de diques para controlar las inundaciones.

7.4 Riesgo y vulnerabilidad del proyecto de drenaje sanitario

Generalmente los sistemas de alcantarillado sanitario corren el riesgo de sufrir algún impacto en su infraestructura debido a amenazas de tipo sísmico y por inundaciones por exceso de lluvias producidas por el paso de una tormenta o huracán.

Los sismos fuertes y terremotos producen efectos directos en los sistemas de alcantarillado, los más importantes son:

- Ruptura y separación de tuberías.
- Derrumbes de pozos de visita.
- Daños estructurales en plantas de tratamiento.

La permanencia de lluvias e inundaciones en una zona, producen los siguientes efectos en un sistema de alcantarillado:

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

El daño o colapso de los elementos de un sistema de alcantarillado sanitario (tuberías, pozos sépticos, plantas de tratamiento, etc.) tiene efectos sobre la salud al producir nuevas amenazas como la generación de focos de contaminación y propagación de enfermedades gastrointestinales. La obstrucción de la infraestructura por las inundaciones, el taponamiento por sedimentos, etc., hacen colapsar varios sistemas y producen anegamientos que afectan sectores de las poblaciones involucradas.

7.4.1 Determinación de las medidas de mitigación

7.4.1.1 Físicos

- Contar con un stock de tubería de PVC para alcantarillado sanitario norma ASTM 3034 de 6 y 8 pulgadas de diámetro, así como accesorios de PVC (codos, yees, etc.).
- Contar con el equipo necesario (retroexcavadora) para cuando sea necesario cambiar o reparar tuberías.

7.4.1.2 Administrativos

- Promover un fondo, dentro de los ingresos por concepto de recaudación del servicio de agua y drenajes, específico para el mantenimiento y emergencias que se presenten.
- Tener un plan de atención de emergencias, el cual debe ser actualizado periódicamente.

7.4.1.3 Operativos

- Realizar capacitaciones de reparación de daños y otras temáticas relacionadas a los sistemas de agua potable y alcantarillados, a la mayoría de personas involucradas dentro de la Unidad Técnica Municipal.
- Que un mayor número de personas tengan conocimiento de los sistemas de saneamiento existentes; ya que en una emergencia puede no estar disponible el operador u operadores de turno.
- Capacitar al personal que tendrá a su cargo la operación y el mantenimiento de la nueva planta de tratamiento o tanque séptico.

CONCLUSIONES

1. Con el estudio, diseño y construcción del drenaje sanitario, la población de la finca San Julián tendrá menos riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales, así como también se mejorará la apariencia visual del lugar.
2. No se realizó el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que en el diseño de ésta, interviene una serie de factores físicos y químicos, que requieren de los conocimientos de un ingeniero civil con Maestría en Ingeniería Sanitaria.
3. El programa de EPS es de suma importancia en la formación académica de los futuros ingenieros civiles, ya que los enfrenta a problemas reales de Ingeniería, para darles una solución que sea técnicamente factible.
4. El programa de EPS brinda la oportunidad de que el estudiante de ingeniería civil conozca la realidad en el área rural de Guatemala y tome conciencia de su papel en el desarrollo del país.
5. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) beneficia a las comunidades rurales del país, ya que les da la oportunidad de contar con una solución técnica y profesional a los diversos problemas de infraestructura con que cuentan dichas comunidades.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el estudio, diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, ya que las fosas sépticas no constituyen un tratamiento completo para las aguas residuales, sino que simplemente constituyen el tratamiento primario de todo el proceso.
2. Instruir a los habitantes de la Finca San Julián para que hagan un buen uso del alcantarillado sanitario y hacerles ver que no se deben lanzar objetos extraños al mismo, ya que estos son los principales enemigos de un sistema de alcantarillado sanitario, ya que tienden a tapar las tuberías.
3. Que la construcción del drenaje sanitario, se realice lo más pronto posible, con el objetivo de reducir los riesgos de contraer enfermedades gastrointestinales en la población de la finca San Julián.
4. Que el programa de EPS sea de carácter obligatorio para los estudiantes de la carrera de ingeniería civil, ya que con la elaboración de esta práctica profesional, el estudiante se enfrenta a problemas reales, que lo ayudan a ampliar los conocimientos adquiridos en la facultad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Tumax, Carlos Humberto. Nuevas tecnologías de bajo costo para drenajes de aguas negras en zonas de escasos recursos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 97 pp.
2. Briones Tello, Jorge Luis. Alcantarillado sanitario para Playa Grande, Ixcán departamento de El Quiché. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 43 pp.
3. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 135 pp.
4. Coburn, A.W. y otros. Vulnerabilidad y evaluación del riesgo. (Programa para el entrenamiento para el manejo de desastres, PNUD) s.l.: Intertect Training Services, 1991. 69 pp.
5. 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 Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 210 pp.
6. Instituto Nacional de Estadística. Características generales de población y habitación, departamento de Suchitepéquez, cifras definitivas (X censo nacional de población y V de habitación, Abril 1994). Guatemala: INE, 1996. 133 pp.
7. 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: INE, 2003. 266 pp.

8. Maskew Fair, Gordon y otros. **Ingeniería sanitaria y de aguas residuales.** (Volumen 1) México: Grupo Noriega Editores, 1987. 269 pp.
9. Mendizábal Saravia, Helvi Janet. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. Tesis Lic. Economista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2002. 239 pp.
10. Orozco González, Juan Adolfo. Diseño de drenaje sanitario de aldea San Pedro Petz, municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 89 pp.
11. Orozco Hernández, Otto Nery. Diseño de la red de alcantarillado sanitario para la aldea La Estancia de la Virgen, El Progreso. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 35 pp.
12. Ortiz López, Adolfo Daniel. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para las colonias Linda Vista y Nueva Vida en el municipio de Guastatoya, departamento de El Progreso. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 70 pp.
13. Tchobanoglous, George y Franklin L. Burton. **Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización** (Tomo 1). México: McGraw Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V., 1996. 752 pp.

MEMORIA DE CÁLCULO

Tabla III
Memoria de cálculo
parte 1 - Carretera

Tabla III. Memoria de cálculo parte 1 - carretera

DE PV	A PV	COTAS TERR		DIST HORIZ	%P Terrn	No. Casas	Casas Acum	Hab Act	No.Hab Fut	Q med		Factor Flujo		q max		% S Tub
		INICIO	FINAL							Act	Fut	Act	Fut	Actual	Futuro	
J3U	J2U	105.55	103.1	58.371	4.1939	4	4	30	69	0.078	0.179	4.35	4.28	0.34	0.769	4.20
J2U	J1	103.1	99.923	77.39	4.1104	6	10	75	172	0.195	0.447	4.28	4.17	0.834	1.865	4.11
J1	J2Ab	99.923	97.847	61.542	3.3733	3	13	98	225	0.255	0.585	4.25	4.13	1.082	2.415	3.38
J2Ab	J3Ab	97.847	95.669	64.398	3.3821	3	16	120	275	0.312	0.715	4.22	4.09	1.317	2.927	3.39
J3Ab	J4Ab	95.669	94.765	40.872	2.2118	2	18	135	310	0.351	0.806	4.21	4.07	1.476	3.282	2.22
J4Ab	J5Ab	94.765	93.733	45.569	2.2647	3	21	158	362	0.411	0.941	4.18	4.04	1.719	3.805	2.27
CR6	CR5	104.14	101.870	56.469	4.0270	5	5	38	88	0.099	0.229	4.34	4.26	0.429	0.974	4.02
CR5	E1'	101.870	100.03	48.134	3.8185	5	10	75	172	0.195	0.447	4.28	4.17	0.834	1.865	3.82
A1	E1'	100.33	100.03	40.86	0.7342	6	6	45	104	0.117	0.27	4.32	4.24	0.506	1.146	0.80
E1'	CR1	100.03	97.802	56.564	3.9424	1	17	128	294	0.333	0.764	4.21	4.08	1.402	3.12	3.95
X1	BA2	98.385	98.094	20.116	1.4466	2	2	15	35	0.039	0.091	4.4	4.34	0.171	0.395	1.45
BA1	BA2	98.662	98.094	19.391	2.9292	2	2	15	35	0.039	0.091	4.4	4.34	0.171	0.395	2.93
BA2	CR1	98.094	97.802	20.185	1.4466	0	3	23	53	0.06	0.138	4.37	4.31	0.261	0.594	1.45

CR1	CR2	97.802	96.214	45.315	3.5044	2	22	165	378	0.429	0.983	4.18	4.03	1.792	3.964	3.51
CR2	CR3	96.214	94.778	37.276	3.8523	3	25	188	431	0.489	1.121	4.16	4.01	2.032	4.49	3.86
CR3	CR4	94.778	93.731	64.147	1.6322	3	28	210	482	0.546	1.253	4.140	3.98	2.261	4.991	1.64
CR4	J5Ab	93.731	93.733	12.73	-0.016	0	28	210	482	0.546	1.253	4.140	3.98	2.261	4.991	0.3

D "	Vel Lleno	Q sec llena	q/Q		Vel Parcial		Cotas Invert		Prof	
			Actual	Futuro	Act	Fut	Inicio	Final	Inicio	Final
6	2.32	42.33	0.008	0.0182	0.70	0.89	104.59	102.14	0.958	0.9616
6	2.30	41.87	0.0199	0.0445	0.92	1.16	102.11	98.931	0.992	0.9917
6	2.082	37.97	0.0285	0.06361	0.92	1.17	98.901	96.821	1.022	1.0261
6	2.085	38.03	0.0346	0.07698	0.98	1.24	96.791	94.608	1.0561	1.0612
6	1.687	30.77	0.04797	0.1067	0.88	1.1	94.578	93.67	1.0912	1.0946
6	1.706	31.12	0.0552	0.1223	0.92	1.16	93.64	92.606	1.1246	1.127
6	2.27	41.41	0.0103	0.02353	0.74	0.95	103.19	100.92	0.958	0.9541
6	2.213	40.37	0.0207	0.0462	0.89	1.13	100.89	99.047	0.984	0.9847
6	1.013	18.47	0.0274	0.062	0.44	0.56	99.374	99.047	0.958	0.9849
6	2.25	41.05	0.0342	0.076	1.05	1.33	99.017	96.783	1.0149	1.0192
6	1.363	24.87	0.00689	0.0159	0.39	0.50	97.427	97.135	0.958	0.9587
6	1.938	35.35	0.0048	0.0112	0.50	0.64	97.704	97.136	0.958	0.9582
6	1.363	24.87	0.0105	0.0239	0.47	0.57	97.105	96.813	0.9887	0.9894

6	2.121	38.7	0.0463	0.1024	1.07	1.37	96.753	95.162	1.0492	1.0518
6	2.225	40.58	0.0501	0.1106	1.17	1.47	95.132	93.693	1.0818	1.0847
6	1.45	26.45	0.0855	0.1887	0.89	1.12	93.663	92.611	1.1147	1.1197
6	0.62	11.31	0.1998	0.4412	0.48	0.60	92.581	92.543	1.1497	1.1899