



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

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE
SANITARIO Y PLUVIAL DE LA CABECERA MUNICIPAL DE
PASACO, JUTIAPA.**

HUGO ALEJANDRO GÁLVEZ ALVAREZ

Asesorado por: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, septiembre de 2004.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SANITARIO
Y PLUVIAL PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE PASACO, JUTIAPA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO ALEJANDRO GÁLVEZ ALVAREZ

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, septiembre 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 Paíz 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. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Angel Roberto Sic García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL 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:

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE PASACO, JUTIAPA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 24 de marzo de 2004.

Hugo Alejandro Gálvez Álvarez

DEDICATORIA

- A Dios** Por ser mi guía en todo momento.
- A mis padres** Hugo Antonio Gálvez Velásquez
Marta Héliida Alvarez de Gálvez
**POR SU AMOR, AYUDA Y EJEMPLO, QUE ESTO
SEA UNA MÍNIMA RECOMPENSA A SUS
ESFUERZOS.**
- A mis hermanas** Flor de María Gálvez Alvarez
Ana Fabiola Gálvez de Mejía
POR SU AYUDA INCONDICIONAL.
- A mi sobrino** Erick Eduardo Mejía Gálvez
CON CARÍÑO.
- A mis amigos** Que sin hacer mención saben de mi
gratitud, amistad, aprecio y admiración.
- A mis compañeros
de estudio** Por los momentos que recorrimos juntos
en la senda de la vida, deseándoles éxitos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES	1
1.1. Aspectos históricos.....	1
1.1.1. Origen del nombre.....	1
1.2. Aspectos físicos.....	2
1.2.1. Localización y colindancias.....	2
1.2.2. Extensión territorial.....	2
1.2.3. Clima.....	4
1.2.4. Orografía.....	4
1.2.5. Distribución política-administrativa.....	5
1.2.6. Hidrografía.....	7
1.2.7. Clasificación del suelo.....	9
1.3. Servicios básicos.....	10
1.3.1. Vías de acceso.....	10
1.3.2. Infraestructura.....	11
1.3.3. Agua potable.....	12
1.3.4. Drenaje y letrización.....	12
1.3.5. Centros educativos.....	13

1.3.6.	Centro de salud.....	14
2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2.1.	Situación actual.....	15
2.2.	Tipo de drenaje a utilizar.....	15
3.	NORMAS DE DISEÑO.....	17
3.1.	Período de diseño.....	17
3.2.	Diseño de secciones y pendientes.....	17
3.3.	Diámetros mínimos.....	18
3.4.	Pendientes.....	18
3.5.	Velocidades máximas y mínimas.....	19
3.6.	Profundidad de la tubería.....	19
3.7.	Obras complementarias.....	20
3.8.	Pozos de visita.....	20
3.9.	Conexiones domiciliarias.....	21
3.10.	Tragantes.....	21
3.11.	Desfogue.....	22
4.	ESTUDIO DE POBLACIÓN.....	23
4.1.	Método geométrico.....	23
4.2.	Población adoptada para el diseño.....	24
5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO.....	25
5.1.	Trazo del sistema.....	25
5.2.	Localización de la descarga.....	25
5.3.	Cálculo e integración de caudales.....	26
5.4.	Caudal domiciliar.....	26

5.5.	Factor de retorno.....	27
5.6.	Caudal de infiltración.....	27
5.7.	Conexiones ilícitas.....	28
5.8.	Caudal comercial.....	29
5.9.	Caudal industrial.....	29
5.10.	Factor de caudal medio.....	30
5.11.	Factor de flujo.....	31
5.12.	Caudal de diseño.....	32
5.13.	Cálculo de un tramo del sistema de drenaje sanitario.....	32
5.14.	Resumen de valores adoptados.....	39
6.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	43
6.1.	Tipo de sistema a utilizar.....	43
6.2.	Áreas de influencia.....	44
6.3.	Puntos de desfogue.....	45
6.4.	Determinación del caudal pluvial.....	45
6.5.	Intensidad de lluvia.....	47
6.6.	Tiempo de concentración	47
6.7.	Área tributaria.....	48
6.8.	Coefficiente de escorrentía.....	49
6.9.	Cálculo de un tramo del sistema de drenaje pluvial.....	50
6.10.	Resumen de valores adoptados.....	54
7.	VULNERABILIDAD.....	59
7.1.	Vulnerabilidad del proyecto.....	59
7.2.	Riegos.....	60
7.3.	Medidas de contingencia.....	62

8. PRESUPUESTO.....	63
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
APÉNDICE.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Localización geográfica	03
2	Curvas de intensidad de lluvia Estación Montúfar	46
3	Plano de curvas de nivel	78
4	Plano de drenaje sanitario	79
5	Plano de perfiles de drenaje sanitario	80
6	Plano de drenaje pluvial	81
7	Plano de perfiles de drenaje pluvial	82
8	Plano de detalles de pozos A	83
9	Plano de detalles de pozos B	84

TABLAS

I	Distribución política-administrativa	06
II	Memoria de cálculo drenaje sanitario A	40
III	Memoria de cálculo drenaje sanitario B	41
IV	Memoria de cálculo drenaje sanitario C	42
V	Memoria de cálculo drenaje pluvial A	55
VI	Memoria de cálculo drenaje pluvial B	56
VII	Memoria de cálculo drenaje pluvial C	57
VIII	Memoria de cálculo drenaje pluvial D	58
IX	Presupuesto drenaje sanitario A	65

X	Presupuesto drenaje sanitario B	66
XI	Presupuesto drenaje sanitario C	67
XII	Presupuesto drenaje pluvial A	68
XIII	Presupuesto drenaje pluvial B	69
XIV	Presupuesto drenaje pluvial C	70
XV	Presupuesto total	71

GLOSARIO

Acero de refuerzo	Aleación de hierro más carbono en forma de barras corrugadas en algunos casos lisas que asociadas con el concreto pueden absorber cualquier clase de esfuerzo.
Adherencia	Resistencia tangencial que se produce en la superficie de contacto de dos cuerpos cuando se intenta que uno de ellos se deslice sobre otro.
Afluyente	Corriente de agua que abastece las instalaciones.
Agua contaminada	Es aquella que contiene organismos patógenos.
Aguas negras	En su aceptación más amplia, el agua suministrada a una población, que habiéndose aprovechado para diversos usos, ha quedado impurificada.
Aguas servidas	También conocidas como aguas negras.
Apuntalamiento	Serie de operaciones necesarias para dar soporte temporal a una estructura determinada, con el fin de estabilizar taludes, etc.

Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Coefficiente de Escorrentía	Número que relaciona la cantidad de agua pluvial que va a la alcantarilla o sistema de drenaje.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de las aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
Compactación	Conjunto de operaciones necesarias para lograr una reducción de volumen con el objeto de aumentar su capacidad de carga en el suelo.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el frente de esta, donde se encuentra la candela.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas.

Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
Factor de retorno	porcentaje de agua potable que después de utilizada va al sistema de drenaje.
Factor de rugosidad	Factor que expresa que tan lisa es una superficie.
Fórmula de Manning	fórmula utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Fundición	Serie de operaciones necesarias para depositar el concreto recién elaborado en formaletas o excavaciones preparadas con anticipación.
Intensidad de lluvia	Relación entre la precipitación pluvial y su duración.
Período de diseño	Período de tiempo durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.

Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tubería y para iniciar un tramo de drenaje.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.
Tragante	Estructura subterránea que sirve para captar las aguas pluviales y conducir las al sistema de drenaje.
Tratamiento	Proceso por medio del cual se eliminan las impurezas de las aguas servidas.

RESUMEN

El pueblo de Pasaco, del municipio de Pasaco, Jutiapa, es uno de los de mayor crecimiento de población y carece de muchos servicios de infraestructura.

Por esta razón, se realizó una investigación en dicho lugar, con la finalidad de analizar e interpretar la realidad y determinar la problemática existente, esto dio como resultado el proyecto de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial, el cual se diseñó con tubería de concreto.

Esta decisión se tomó ya que, este tipo de tubería es una de las más económicas, y al utilizarla se brindará la oportunidad de empleo para los habitantes de la región.

Asimismo, se realizó una investigación de normas y especificaciones que se tienen que realizar para el cálculo de un proyecto de este tipo.

Cabe mencionar también que se incluye una breve historia y la descripción actual del municipio de Pasaco, así como el juego de planos que resultó del proceso de diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial.

OBJETIVOS

General

Planificar y diseñar los sistemas de drenaje sanitario y pluvial para la cabecera municipal de Pasaco, en el departamento de Jutiapa.

Específicos

1. Aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para coadyuvar al desarrollo del país por medio del Ejercicio Profesional Supervisado.
2. Presentar un diseño y la planificación de un sistema de drenaje sanitario, que sea económico, a efecto de utilizar de la mejor forma los recursos humanos, materiales y financieros.
3. Planificar y diseñar un sistema de drenaje pluvial, el cual satisfaga las necesidades para las que se diseño y a la vez pueda brindar a la comunidad un ambiente saludable.

INTRODUCCIÓN

Para poder diseñar y construir deben tomarse en cuenta todos los factores humanos y los posibles impactos ambientales que puedan existir; esto implica gran responsabilidad al realizar proyectos de infraestructura en las comunidades, comenzando con llenar sus necesidades sin afectar otros aspectos.

Se debe contar con criterios y bases fundamentales, para la toma de decisiones dentro del proceso de diseño, ya que no se sabe exactamente de que forma se desenvolverá la población futura, por lo tanto; es importante tratar de imaginar los usos correctos de los recursos para que puedan durar el mayor período posible y más adelante puedan continuar prestando servicio.

Este trabajo consiste esencialmente en la identificación y análisis de los problemas existentes; así como el estudio de las posibles soluciones para luego proceder a escoger y diseñar la solución más satisfactoria. Estos aspectos son tratados con más detalle en el desarrollo del mismo; pero es preciso anticipar que los problemas que sufre la población debido a la falta de un sistema de evacuación de las aguas negras y pluviales son, principalmente, la contaminación del medio ambiente, la propagación de enfermedades y el deterioro de las calles y avenidas. La solución adoptada es la construcción de un sistema de drenaje separativo y el tratamiento adecuado de las aguas negras para evitar la contaminación del efluente receptor.

Cada una de estas fases reafirma la teoría recibida en las aulas universitarias y sirve de sólido cimiento para el desempeño de una actividad en donde sean necesarios fundamentos de ingeniería civil.

1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES

1.1. Aspectos históricos

Según el historiador Lothrop, el lugar primitivo que se conoció como Paxaco abarcaba unas 10 manzanas y se encontraba a ocho kilómetros al sur de la actual cabecera de Pasaco, entre las fincas conocidas como Vista Hermosa y la Esmeralda. Su origen se remonta desde antes de la conquista de América.¹ Este es un poblado aborígen perteneciente a la cultura Xinca, descendiente de la tribu de los Pipiles.

El primer asiento de la cultura Xinca Populuca, estuvo en PAXA, lugar que conquistó don Pedro de Alvarado, hoy es conocido como la Nueva Montúfar, donde todavía hay monumentos pequeños hechos de piedra tallada, montículos, empedrados y localización de utensilios de barro al realizar excavaciones.

1.1.1. Origen del nombre

PAXA, en idioma Xinca significa: BRAZO, PASO, según estudios y datos del historiador y anticuario Juan Navarrete en el año de 1,868. Por inundaciones en el pueblo de PAXA, ya conquistado por don Pedro de Alvarado, fue trasladado a otro lugar, con el nuevo nombre de PAXACO, por ser más seguro y más alto.

¹ Demografía de Pasaco, Jutiapa, de fecha 5 de abril de 2002, pagina. 2, Municipalidad de Pasaco.

El 31 de agosto de 1908, se le confiere el título de terreno municipal y posteriormente el 7 de septiembre de 1959, se le autorizó a la Municipalidad otorgar a los vecinos las escrituras de propiedad de las parcelas que poseen.²

1.2. Aspectos físicos

1.2.1. Localización y colindancias

Se localiza al sur de la cabecera departamental de Jutiapa a una distancia de 92 kilómetros, vía Municipio de Moyuta, Conguaco, Jalpatagua y se une con la carretera interamericana CA-1 en la aldea el Amatón municipio de Quezada. De la ciudad capital dista 148 kilómetros vía Escuintla y 130 kilómetros vía Barberena del departamento de Santa Rosa. Con una latitud de 13° 58' 40" y 90° 12' 20" de longitud.

Sus colindancias son: al norte con los municipios de Tecuaco, Chiquimulilla y Oratorio del departamento de Santa Rosa; al este con el municipio de Moyuta del departamento de Jutiapa; al sur con el Océano Pacífico; y al oeste con Chiquimulilla del departamento de Santa Rosa.

1.2.2. Extensión territorial

Su extensión territorial es de aproximadamente 308 kms², conformado por una parte plana al sur del municipio y otra irregular en la parte norte, la cual representa el 9.57% del total de la extensión territorial del departamento de Jutiapa.

² Ídem.p.1

La figura anterior muestra la ubicación de la cabecera municipal de Pasaco, en la hoja 2157 I a escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional.

1.2.3. Clima

Según la estación meteorológica Montúfar, ubicada en el municipio de Moyuta, el clima en la zona es cálido y el promedio de temperatura anual es de 26.5° C. con temperaturas máximas de 32 a 34° C. y mínimas de 21 a 23° C.

El régimen de lluvias se caracteriza por presentar una precipitación que anualmente fluctúa entre 1240 a 1370 milímetros. El período de menor pluviosidad (época seca) comprende los meses de noviembre a abril. La época lluviosa empieza en el mes de mayo y finaliza en el mes de octubre. El número de días de lluvia durante el año oscila de 80 a 110.

1.2.4. Orografía

En términos generales, la orografía es el recurso natural que permite al hombre, conocer y adaptarse, así como aprovechar de la mejor forma posible aquellas características topográficas prevalecientes, en un área geográfica determinada.

Pasaco, cuenta con dos regiones, una con superficie plana en la parte costera (zona sur) de 158 kms². La otra parte alta (zona norte) con una extensión aproximada de 150 kms². Esta última presenta partes quebradas, donde se dificulta el acceso a muchas comunidades de esa región.

Las tierras altas volcánicas se ubican al norte del Municipio en los alrededores de las aldeas; La Estancia, El Porvenir, Potrerillos, La Cincuya, Sunzapote, El Sitio, El Jobo, Tintón Norte, Tintón Sur, La Laguna y Cabecera Municipal de Pasaco. Se caracterizan por presentar zonas de relieve montañoso y cerros dispersos de poca elevación; esta parte se localiza a una altura de 450 metros sobre el nivel del mar, y la Cabecera Municipal a 150 metros.

La parte sur del Municipio está comprendida entre las aldeas El Garrobo, El Socorro, San Luis la Danta, El Salitrillo, la Barra el Jiote, así como un gran número de fincas. Ésta parte se caracteriza por una topografía plana de grandes pastizales que son aprovechadas para alimento del ganado y para la agricultura, se observa con suaves ondulaciones y elevaciones menores de 60 metros sobre el nivel del mar.

1.2.5. Distribución política-administrativa

Para el año 2002 la división política-administrativa mostró cambios significativos debido a que la Municipalidad ha autorizado que algunas fincas pasen a categoría de caseríos y algunos de los caseríos pasen a categoría de aldeas.

Los factores que motivan a hacer estos cambios en la división política-administrativa son los siguientes: Las fincas al estar constituidas como tales, se considera que son lugares de propiedad privada, por lo tanto los servicios municipales no se puede extender a esas comunidades, y el objeto de estos cambios son únicamente con el fin de satisfacer las necesidades de servicios básicos surgidas en las comunidades, como introducción del agua, introducción de energía eléctrica, apertura de caminos, construcción de escuelas y otros.

Según la investigación desarrollada se pudo determinar que la división política-administrativa para el año 2003 está conformada así: 1 pueblo, 16 aldeas, 15 caseríos y 20 fincas, lo que se detalla en la tabla I.

Tabla I. División política-administrativa

PUEBLO	CASERÍOS	FINCAS
Pasaco	Los Nacimientos	Mayasal
ALDEAS	Las Delicias	La Trinidad
La Estancia	El Güiscoloyol	Valparaíso
El Porvenir	Las Mesetas	El Quetzal
Potrerosillos	Sitio Sur	Las Delicias
La Cincuya	El Naranjito	La Plata
El Jobo	El Jobito	La Nisguaya
Laguna Comendador	Santa Emilia	Las Pepescas
El Sitio	Las Marías	El Salitrillo
Sunzapote	Las Pilas	El Recuerdo
Tintón Sur	Vista Hermosa	Las Ilusiones
Tintón Norte	El Arco	Los Ángeles
El Garrobo	San Antonio	La Unión
El Socorro	La Mocha	Las Morenas
San Luis la Danta	Oquendo	San Antonio
El Salitrillo		El Salamo
La Barra el Jiote		Las Flores
El Astillero		San Luis Buena Vista
		El Socorro
		Las Hojas

Fuente: Investigación de campo EPS. Septiembre 2003.

1.2.6. Hidrografía

En la región sur del Municipio se localizan cuatro lagunas: que son aprovechadas por los pobladores para la pesca de consumo familiar y para la venta local, así como el aprovechamiento del agua para el consumo de los animales y para el riego en la agricultura.

Laguna El Comendador

Con una extensión de 3 kms². Está ubicada en la Aldea que lleva el mismo nombre.

En época de lluvia se dificulta el ingreso a esta laguna, debido a que el camino es fangoso, lo que hace indispensable usar vehículos de doble transmisión o bien llegar a pie. El Gobierno Municipal contempla el proyecto de construir una pasarela a la orilla de la laguna que comunique a la carretera y facilitar el acceso a los vecinos de la aldea con la carretera interamericana CA-2 que les ahorra cuatro kilómetros, porque usualmente los vecinos en época de verano usan un atajo por la orilla de la laguna cuando baja el nivel de agua, así mismo, para que los turistas locales y extranjeros puedan visitar la laguna y de esta manera generar un ingreso económico adicional a los vecinos.

Laguna La Encantada

Con una extensión de 3 kms² ubicada al sur de la aldea El Comendador, el 15% de los pobladores que viven alrededor de esta laguna se dedican a la pesca para autoconsumo y para la venta local, la cual se realiza en la cabecera del Municipio. En invierno se dificulta el acceso a la misma por el crecimiento del nivel de agua que cubre las veredas que conducen hacia ella.

Laguna las Hojas

Con una extensión de 1 Km² ubicada al este de la aldea El Comendador en finca Las Hojas. Esta laguna es utilizada por los propietarios de la finca, para irrigar cultivos y bebedero de ganado

Los propietarios de la finca permiten el ingreso de vecinos a la laguna para que estos puedan pescar para el autoconsumo.

Laguna Nisguaya

Con una extensión de 4 kms² ubicada en las fincas Nisguaya, Las Morenas, Valparaíso y la Danta. Es utilizada por sus propietarios para el riego de sus plantaciones y para bebedero de ganado, Los propietarios de las fincas permiten el ingreso a los vecinos para que realicen la actividad de pesca de autoconsumo y venta local.

Barra El Jiote

El Municipio cuenta con una playa en el pacifico llamada BARRA EL JIOTE, con una extensión de 74 hectáreas de agua, incluyendo las aguas abiertas del Canal de Chiquimulilla en donde finaliza, cuenta con una área de mangle rojo el cual sirve de hábitat para la flora y fauna lo que permite preservar el medio ambiente de esa región.

Ríos

El río que cruza el Municipio de norte a sur nace en las estribaciones de la zona montañosa y se le conoce en la parte norte con el nombre de El Castaño, en la parte central como río El Grande, y al sur se le conoce como el Salamo o Celosía, este desemboca en el río De Paz. Al lado oriente de la Cabecera Municipal corre el río De Paz desembocando en la Barra el Jiote en el Océano Pacífico. El río Chiquito que pasa al poniente de la Cabecera Municipal, el cual se une al río El Grande a dos kilómetros de la población. Estos ríos recorren las diferentes aldeas y caseríos bordeando algunas poblaciones y es necesario cruzar los mismos varias veces para dirigirse a las comunidades, lo que se agrava en época de invierno al elevar su caudal impide el libre acceso. Los usos más frecuentes dados a las aguas superficiales están relacionados con la explotación agrícola, bebedero de ganado, pesca, el consumo con fines doméstico y lavado de ropa.

1.2.7. Clasificación del suelo

Los suelos del departamento de Jutiapa han sido divididos en 22 unidades que consisten de 19 series de suelos y tres clases de terreno misceláneo.

El suelo del municipio está clasificado entre el grupo de los suelos del litoral del pacífico, este grupo comprende solo una parte pequeña, el 5.4 por ciento del área del departamento de Jutiapa. En su mayoría es de suelos fértiles, productivos y fáciles de manejar; una pequeña extensión es de suelos mal drenados. Está región no esta desarrollada, las comunicaciones son malas, pero es una zona potencialmente productiva.

Es importante mencionar que el grupo de suelos del litoral del pacífico se subdividen en suelos bien drenados y suelos mal drenados, los primeros son de primera clase, ocupan terrenos casi planos, están libres de piedras, se manejan fácilmente y son productivos; mientras que los otros no poseen dichas características.

1.3. Servicios básicos

A continuación se hace una descripción de los servicios básicos con que cuenta el municipio de Pasaco:

1.3.1. Vías de acceso

La mayoría de aldeas y caseríos localizados al norte del Municipio, cuentan con carreteras de tercería y en época de lluvia solo transitan vehículos de doble transmisión. Sobre el río Grande se construyó un puente vehicular que comunica a las aldeas el Sitio, Potrerillos, Sunzapote, Cincuya y los caseríos, Las Delicias, Sitio Sur, Los nacimientos y Santa Emilia.

En la aldea Tintón Norte se construyó un puente de hamaca sobre el río Grande el cual comunica a la misma aldea, El Tintón Sur y caserío las Marías, en la época de invierno las aguas de dicho río, incrementan su caudal, lo cual obstruye el acceso a dichas comunidades.

Sobre el río Chiquito se construyó un puente de hamaca que comunica a las comunidades de: El Astillero, La Estancia, El Jobo y El Jobito.

En la carretera asfaltada CA-2 en el cruce, al sur del Municipio, se encuentran las siguientes comunidades: El Socorro, La Mocha, El Salitrillo, San Antonio, El Garrobo, Barra el Jiote. Asimismo, en la carretera que conduce hacia la frontera de El Salvador, se encuentra el acceso a las comunidades: San Luis La Danta y Las Pilas.

1.3.2 Infraestructura

La infraestructura de un municipio está formada por sus carreteras, transportes, alumbrado público y parques.

Existe una línea extraurbana que presta el servicio a la cabecera municipal.

Un centro de salud ubicado parte norte de la plaza. Entre las construcciones más sobresalientes del lugar se encuentra un templo parroquial sencillo.

Hacia el oeste de la plaza, se levanta una construcción que alberga las oficinas de la municipalidad y otras dependencias como lo son la Policía Nacional Civil y Correos y Telégrafos.

Además, en la parte sur de la plaza se encuentra un pequeño mercado municipal, que consta de cinco locales para el comercio de productos de consumo diario.

1.3.3. Agua potable

Existe una red de distribución de agua entubada, su conducción se realiza por gravedad, abastecido por los nacimientos Costa Linda y el Perical que pertenecen al caserío llamado los Nacimientos en donde se encuentra los tanques de distribución. Es importante mencionar que este servicio no cuenta con la clorificación y purificación para convertirla en potable.

Los resultados obtenidos en la encuesta refleja que el servicio de agua municipal alcanza una cobertura del 91% en todo el Municipio, el restante 9% obtiene el vital líquido a través de pozos, pequeños nacimientos, ríos y quebradas que pasan cerca de las comunidades.

Las comunidades que aún no poseen este servicio son; aldea La Estancia, aldea la Cincuya, el Astillero. Caserío Santa Emilia, caserío Las Marías. El Jobito posee un 33%, caserío Las Pilas el 50%, caserío Vista Hermosa y caserío El Arco el 81%, caserío San Antonio con el 46%, caserío La Mocha el 75%.

1.3.4. Drenaje y letrización

Actualmente existe un sistema de drenaje sanitario, este sistema únicamente presta servicio al casco urbano, y el 70% de los hogares posee este servicio; además, es importante mencionar que el período de vida útil para este sistema de drenaje ha expirado. Además es importante mencionar que no existe un sistema recolector para las aguas pluviales, por lo que las mismas corren por las calles del municipio erosionándolas.

La falta de drenajes trae como consecuencia quebrantos de salud en la población rural, que incrementa los índices de mortalidad en el Municipio.

Actualmente en el Municipio se observó que no existe el tratamiento adecuado para las aguas servidas, ya que a la planta de tratamiento existente no se le da el mantenimiento adecuado. La municipalidad desarrollará un proyecto, en cual se creará un sistema de clorificación de agua, junto con el saneamiento de las aguas, a través de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Las comunidades que poseen el 100% de letrinas son: El Porvenir, El Sitio, El Jobo, Laguna El Comendador, El Garrobo, El Socorro, San Luis la Danta, El Salitrillo, Los Nacimientos, Barra El Jiote, Las Mesetas, El Naranjito, Santa Emilia, Las Marías, Las Pilas, La Mocha, Oquendo. En el área rural únicamente el 28% poseen letrinas.

1.3.5. Centros educativos

En el Municipio se imparten el nivel pre-primario, primario y básico. Actualmente funcionan 19 escuelas del Ministerio de Educación (MINEDUC), dos institutos de educación básica, uno por Cooperativa y uno por Tele secundaria.

El Instituto Básico por Cooperativa está ubicado dentro del Casco Urbano, funciona en forma tripartita conformada por el Ministerio de Educación, Municipalidad y padres de familia.

El Instituto Básico por Tele secundaria de la aldea el Sitio, fue inaugurado en el mes de junio de 1998 por iniciativa de las autoridades de la Supervisión de Educación Municipal de Pasaco, con el apoyo de los padres de familia de escasos recursos de las comunidades aledañas al lugar, todo esto con el deseo de ayudar a los estudiantes que se ven imposibilitados de llegar al casco urbano a recibir la educación de nivel básico por varios factores como la distancia, el transporte y lo económico.

1.3.6. Centro de salud

En el Casco Urbano existe un puesto de salud que depende directamente del centro de salud del municipio de Moyuta, éste provee la medicina necesaria para cubrir las necesidades de la población del Municipio, dentro de sus coberturas están: atención materno infantil, vacunación (poliomielitis, paperas, sarampión, rubéola), control de tuberculosis, tos ferina y primeros auxilios.

En distintas épocas del año se efectúan campañas y jornadas de vacunación que cubren el área urbana y rural del Municipio.

2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Situación actual

Actualmente la cabecera municipal de Pasaco cuenta con un sistema de drenaje sanitario, para el cual el período de diseño ha expirado y únicamente está instalado en el 70% de los hogares.

Las aguas pluviales se conducen a través de las calles hasta desfogar en pequeños zanjones que se han formado en la periferia del lugar, contándose con dos puntos de desfogue.

Debido a que algunas calles tienen pendientes muy pronunciadas, las aguas adquieren grandes velocidades, erosionándolas y esto causa graves problemas para el tránsito de vehículos así como para los peatones.

2.2. Tipo de drenaje a utilizar

De la investigación de las normas de diseño de instituciones públicas que se dedican a diseñar drenajes, se pudo establecer que es preferible la construcción de sistemas separativos de alcantarillado, con el propósito de facilitar el tratamiento de las aguas servidas, hasta un determinado nivel, tal que al verterlas a ríos o drenes naturales no causen contaminación.

Otras ventajas que ofrece el sistema separativo sobre el sistema combinado son las siguientes:

- Construcción del sistema de drenaje sanitario y pluvial en períodos distintos.
- Mejor funcionamiento hidráulico del sistema separativo.

La desventaja del sistema separativo es su costo oneroso, pero tomando en cuenta que las instituciones que financian este tipo de proyectos no permiten un sistema combinado, se hará el diseño del sistema separativo.

3. NORMAS DE DISEÑO

3.1. Período de diseño

Los sistemas de drenaje serán proyectados para llevar adecuadamente su función durante períodos no muy largos de tiempo, ya que esto podría incrementar los costos a tal punto que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este período; así se invertiría menos en dos dispositivos cuyos períodos de diseño sumen el período del primer dispositivo. La municipalidad de Pasaco adoptó para todos sus proyectos de infraestructura un período de diseño de 20 años más 2 años de trámites, por lo cual se utilizó ese dato en el presente trabajo.

3.2. Diseño de secciones y pendientes

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de Manning transformada sistema métrico para secciones circulares así:

$$V = \frac{0.003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

En el cual:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulg.)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning o Kutter

n = 0.015 para tubos de 24 pulgadas y menores

n = 0.013 para tubos mayores de 24 pulgadas

Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en sus extremos más bajos.

3.3. Diámetros mínimos

En el diseño del drenaje; es uno de los elementos que hay que calcular, para lo cual se deben seguir ciertas normas, para evitar que la tubería se obstruya. Según las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal, se debe utilizar para sistemas de drenaje sanitario un diámetro mínimo de 8", cuando se utiliza tubería de cemento y de 6", cuando la tubería sea de PVC; para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería de cemento es de 6" y de 4" para PVC; en este caso se utiliza tubería de cemento.

3.4. Pendientes

Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la misma del terreno, para evitar sobre costo por excavación excesiva, siempre cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. Generalmente dentro de las viviendas se sugiere utilizar una pendiente mínima del 2%, lo que asegura un arrastre de las excretas. En las áreas donde la pendiente del terreno es muy poca, se recomienda, en la medida de lo posible, acumular la mayor cantidad de caudales, para que generen una mayor velocidad.

3.5. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo esta determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena, v por norma debe ser mayor de 0.60 m/s, para que no exista sedimentación, y menor o igual que 3.00 m/s, para que no exista erosión o desgaste.

El diseño de este proyecto se hizo con tubería de cemento, que permite una velocidad mínima de 0.60 m/s la máxima de 3 m/s a sección llena.

3.6. Profundidad de tubería

La determinación de la profundidad de la tubería, se hace mediante el cálculo de las cotas invert, en todo caso debe chequearse que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para no dañarse con el paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado. El recubrimiento mínimo es 1.20 metros para áreas de circulación de vehículos, en algunos casos, puede utilizarse un recubrimiento menor, pero se debe estar seguro sobre el tipo de circulación que habrá en el futuro en esa área.

3.7. Obras complementarias

Las estructuras complementarias que se construyeron en las redes de saneamiento repercuten en su funcionamiento. Para limpiar e inspeccionar las alcantarillas, se las provee de pozos de visita.

Para que el flujo de aguas residuales caiga verticalmente de una a otra cota con una mínima perturbación, se utilizan pozos de registro con caída incorporada.

3.8. Pozos de visita

Se diseñaran pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetros.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”.
- En las intersecciones de 2 o más tuberías.
- En los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 120 metros en línea recta en diámetro hasta de 24”
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y la que sale de un pozo de visita será como mínimo de 0.3 metros.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert, será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

Siempre que la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale de un pozo de visita sea mayor de 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encause el caudal con un mínimo de turbulencia.

3.9. Conexiones domiciliarias

Las conexiones de las casas, edificios también denominadas acometidas domiciliarias, son tuberías de pequeños diámetros que van desde aquellos a la alcantarilla pública de la calle; regular mente se dejan previstos al hacer la alcantarilla y su conexión se realiza por fontaneros.

Están formados por una caja de registro con uno o varios tubos de 16 pulgadas de diámetro, instalados en forma vertical y de un tramo de tubería de 6 pulgadas de diámetro que comunica el registro con la tubería central.

3.10. Tragantes

Para los sistemas combinados y de tormenta, se diseñaran tragantes para localizarlos en los siguientes casos:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra a 3.00 metros antes de la esquina.

- En puntos intermedios de las cuadras cuando el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0.10 metros.
- Únicamente en aquellas calles que cuenten con pavimento o hallan recibido o vayan a recibir algún tipo de tratamiento para estabilizar su superficie.
- Únicamente cuando las calles cuenten con bordillo o que se conozcan las cotas definitivas de la rasante.

3.11. Desfogue

Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, tratando de encauzarlo hacia un cuerpo de agua en movimiento.

Para el sistema de drenaje sanitario se optó por utilizar el Río Grande como único punto de desfogue, ya que actualmente este cuerpo de agua es el que está siendo utilizado con ese propósito.

Para el sistema de drenaje pluvial se decidió dividir el caudal total en dos partes, una ubicada al oeste del municipio en el Río Chiquito y la otra en la parte este en el Río Grande, junto con el desfogue sanitario.

4. ESTUDIO DE POBLACIÓN

Un sistema de drenaje sanitario debe diseñarse para trabajar hidráulicamente bien, desde que se pone en funcionamiento hasta el final del período de diseño. Por lo tanto se hace necesario conocer la población a servir, al inicio y al final de su período de vida. Para lo cual se necesita primero conocer la población del lugar según los censos realizados con anterioridad y luego calcular la población para la fecha requerida.

Para el cálculo de la población, existen varios métodos, pero el más utilizado por los diseñadores es el Método Geométrico por tasa nacional, ya que la población en Pasaco es muy poca y la esperanza de crecimiento es baja, además este método proporciona un dato más aproximado.

4.1. Método geométrico

Fórmula general:

$$Pf = Pa \times (1 + R)^T$$

En donde:

- Pf = Población futura
- Pa = Población actual
- R = Razón de incremento geométrica
- T = Período de diseño

4.2. Población adoptada para el diseño

Los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística indican que en el año 2002 la población en la cabecera municipal de Pasaco era de 1825 habitantes y la razón de incremento geométrica a nivel nacional es de 3.00 % anual.

Tomando un período de diseño de 22 años, se calculará la población existente para el año 2024.

$$Pa = 1825$$

$$R = 0.03$$

$$T = 22$$

Población para el año 2024

$$Pf_{2024} = 1825 \times (1 + 0.03)^{22} = 3496.89$$

Por lo tanto:

$$Pf_{2024} = 3497$$

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

5.1. Trazo del sistema

El trazo de la red se basó en orientar la tubería a favor de la pendiente natural del terreno. Evitando en lo posible una mayor profundidad del drenaje. Cuando existe dos o más tramos con pendiente positiva para conducir un caudal considerablemente grande, se tomo el tramo de menor pendiente, dejando los tramos de mayor pendiente como iniciales; excepto cuando la profundidad de llegada era grande y se tenía que recuperar.

5.2. Localización de la descarga

La cabecera municipal cuenta actualmente con una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada cerca del Río Grande, luego se encuentra la descarga hacia dicho río.

Para el diseño del sistema de drenaje sanitario se decidió utilizar el mismo lugar de desfogue, para lo cual se deberá ampliar la planta de tratamiento existente.

5.3. Cálculo e integración de caudales

El diseño del sistema de drenaje sanitario requiere el cálculo del caudal máximo total, el cual está integrado de los caudales siguientes:

5.4. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desecha y conducida a la red de alcantarillado, el agua de desecho doméstico esta relacionada con la dotación y suministro de agua potable.

Como se indicó anteriormente una parte de ésta no será llevada al alcantarillado como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el vapor del caudal domiciliar esta afectado por un factor que varía entre 0.70 a 0.80, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{dot \times \# hab \times factorderetorno}{86400}$$

Donde:

dot = Dotación (lts\hab\día)

hab = Número de habitantes.

Q_{dom} = Caudal domiciliar (lts\seg)

5.5. Factor de retorno

El factor de retorno, como ya se menciono, es el porcentaje de agua, que después de ser usada, vuelve al drenaje, en este caso se considera un 80% de factor de retorno.

5.6. Caudal de infiltración

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

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias asumiendo un valor de 6.00 metros por cada casa, la dotación de filtración varía entre 12000 y 18000 lts/km/día.

$$Q_{inf} = \frac{dot \times (mtubo + \#casas \times 6m) \times 1/1000}{86400}$$

Donde:

dot = Dotación (lts/kilómetro/día)

casas = Número de casas.

5.7. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede considerar estimar que un porcentaje de las viviendas de la aldea puede hacer conexiones ilícitas o que puede variar entre 0.5 a 2.5 %.

Como el caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias.

a) Se calculó por el método racional.

$$Q_{conexionesilicitas} = \frac{CIA}{360} = \frac{CI(A\%) \times 1000}{360}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvia. (mm/hora)

A= Área que es factible de conectar. (Has).

b) La Municipalidad de Guatemala dice, que al caudal de diseño se le debe agregar 100 lts/hab/día. Debido a posibles conexiones ilícitas.

$$Q_{conexionesilicitas} = (100\text{lts} / \text{hab} / \text{día}) + \text{caudal de diseño}$$

c) Textos y publicaciones dados en clase toman el criterio de 150 lts/hab/día.
Ya que:

$$Q_{\text{conexionesilicita}} = (150 \text{ lts / hab / día}) \times \text{caudal de diseño}$$

d) Según UNEPAR- INFOM, le suman un 10 a 15 % al caudal cloacal.

$$Q_{\text{conexionesilicita}} = \text{caudal cloacal} + 15\%$$

5.8. Caudal comercial

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

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\# \text{comercios} \times \text{dot}}{86400}$$

Para este proyecto no se tomará en cuenta el caudal comercial ya que no existen comercios.

5.9. Caudal industrial

Es el agua negra proviene de las industrias, como fabricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con el dato de dotación de agua suministrada se puede estimar entre 1000 a 1800 lts/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria.

$$Q_{ind} = \frac{\#industrias \times dot}{86400}$$

Para este proyecto no se tomará en cuenta el caudal industrial ya que no existen comercios.

5.10. Factor de caudal medio

Este factor se determina por medio de la sumatoria de los caudales que construyen al sistema, dividido por el tiempo total en un día, y se expresa en lts/habitante/segundo; estos caudales son:

- Caudal domiciliar.
- Caudal comercial.
- Caudal industrial.
- Caudal de infiltración.
- Caudal de conexiones ilícitas.

Al realizar el cálculo de cada uno de los caudales anteriormente descritos se procede a obtener el valor del caudal medio que esta dado de la siguiente expresión.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

En el caso de Pasaco, no se tomo en cuenta el caudal industrial ni el comercial ya que al sistema no se conectará industria ni comercio alguno, el valor del factor de caudal medio se calculó de la siguiente manera:

$$fqm = \frac{Q_{med}}{\#hab}$$

Donde:

Q_{med} = Caudal medio

fqm = Factor de caudal medio.

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

$fqm = 0.0046$ según el INFOM

$fqm = 0.0030$ según la MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

$fqm = 0.0020$ mayor o igual fqm . menor o igual a 0.0050 D.G.O.P.

5.11. Factor de flujo

El factor de Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado. Este factor actúa principalmente en la hora pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Se debe calcular para cada tramo de la red. Su formula es:

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

Donde:

P = número de habitantes a servir expresado en miles de habitantes.

El valor de Harmond se encuentra entre 1.5 y 4.6, de acuerdo al tamaño de la población.

5.12. Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportara el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluya, primero que tendrán que integrar los valores que se describen en la formula siguiente:

$$Q_{dis} = \# hab \div FH \times f_{qm}$$

Donde:

hab = Número de habitantes futuros

FH = Factor de Harmond.

f_{qm} = Factor de caudal medio

5.13. Cálculo de un tramo del sistema de drenaje sanitario

Se diseñara un tramo inicial, este pertenece al ramal que abarca la cabecera municipal de Pasaco, que va del PV19 al PV18.

Cálculo del tramo 19-18

Cota inicial (CI) = 107.483 mt.

Cota final (CF) = 104.936 mt.

Distancia horizontal (DH) = 68.81 mt.

Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \left[\frac{CI - CF}{DH} \right] \times 100 = \left[\frac{107.483 - 10.936}{68.81} \right] \times 100 = 3.70\%$$

Población de diseño

$$Pf = Pa \times (1 + R)^T$$

$$Pa = 30 \text{ hab}$$

$$R = 0.03$$

$$T = 22 \text{ años}$$

$$\text{Población futura} = 57 \text{ hab}$$

Integración del caudal de diseño

Caudal domiciliar

Partiendo de una dotación de agua en la aldea, la dotación en este caso fue de 120 litros/habitante/día, esta a vez es afectada por factor de retorno de 80%.

$$Q_{dom} = dot \times factorretorno \times \#hab$$

$$\text{Dotación} = 120 \text{ lts/hab/día}$$

$$\text{Factor de retorno} = 0.80$$

$$\# \text{ hab} = 57$$

$$Q_{dom} = 0.064 \text{ lts/hab/seg}$$

Caudal por infiltración

Tomando como factor de infiltración el valor más alto del intervalo 12000-18000, ya que en esta región se registra uno de los valores más altos de intensidad de lluvia y el suelo al saturarse se torna impermeable, ya que es limo-arcilloso, entonces tenemos:

$$Q_{\text{inf}} = \frac{18000 \times L}{86400}$$

$$L = 0.07 \text{ km}$$

$$Q_{\text{inf}} = 0.014 \text{ lts/hab/seg}$$

Caudal de conexiones ilícitas

Se calculó por el método racional.

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = \frac{CIA}{360}$$

$$C = 0.70$$

$$I = 117.53 \text{ mm/hr}$$

$$A = 0.08 \text{ Ha}$$

$$Q_{\text{conex ilic}} = 0.017 \text{ lts/seg}$$

Caudal comercial

Es nulo debido a que no se conecta ningún tipo de industria al sistema.

Caudal industrial

También es nulo porque no se conecta ningún tipo de industria al sistema.

Caudal medio

Se toma de la sumatoria de todos los caudales calculados.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

$$Q_{med} = 0.064 + 0.014 + 0.017$$

$$Q_{med} = 0.095 \text{ lt/hab/seg.}$$

Factor de Harmond

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

$$P = 57 \text{ hab}$$

$$FH = 4.30$$

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = \#hab \div FH \times fqm$$

$$\# \text{ hab} = 57$$

$$FH = 4.30$$

$$fqm = 0.095 \text{ lts/hab/seg}$$

$$Q_{dis} = 0.410 \text{ lt/seg}$$

Diseño hidráulico

Diámetro del tubo: 10" TC

Pendiente del tubo: 3.70 %

Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{0.03429}{0.01} \right) \times D^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$D = 0.254 \text{ m}$$

$$S = 0.037$$

$$V = 2.04 \text{ m/seg}$$

Capacidad a sección llena

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

$$D = 0.254 \text{ m}$$

$$A = 0.0506 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = 103.42 \text{ lt/seg}$$

Relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.41 \text{ lts/seg}}{103.42 \text{ lts/seg}}$$

$$q/Q = 0.00397$$

Cumple con la condición $q < Q$, de la tabla de relaciones hidráulicas se obtienen los siguientes valores:

$$\frac{v}{V} = 0.243 \quad ; \quad \frac{d}{D} = 0.039$$

$$V = 0.243 \times 2.04$$

$$V = 0.50 \text{ m/seg}$$

Este valor no se encuentra entre los rangos establecidos de $0.60 \leq v \leq 3.00$ m/seg, pero hay instituciones como la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA) que para drenaje sanitario permite velocidades de hasta 0.30 m/seg, siempre y cuando el caudal no corra a sección llena, por lo que se considera correcto este dato. (ver página 17 de *Reglamento diseño y construcción de drenajes*. Por: Dirección de Aguas y Drenajes, Municipalidad de Guatemala. EMPAGUA: Guatemala.).

Altura de tirante

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

$$d = 0.010 \text{ m}$$

$$\text{Donde: } 0.10 \leq d/D \leq 0.90$$

Profundidad del pozo de visita

Pozo 19

Cota invert inicial = 106.030 m

Cota de terreno al principio = 107.483 m

Altura del pozo = $107.483 - 106.03 = 1.45$ m

Pozo 18

Cota invert inicial = 103.490 m

Cota de terreno al principio = 104.936 m

Altura del pozo = $104.936 - 103.490 = 1.45$ m

5.14. Resumen de valores adoptados

Periodo de diseño	22 años
Población actual	1825 habitantes
Población futura	3497 habitantes
Numero de habitantes por casa	6 habitantes
Dotación	120 lts/hab/día
Factor de retorno	0.80 %
Velocidad mínima	0.30 m/seg
Velocidad máxima	3.00 m/seg
Diámetro mínimo	8 pulgadas
Profundidad mínima sobre corona de tubo	1.20 metros

Tabla II. Memoria de cálculo drenaje sanitario A

DE	A	COTAS TERR.	DN	± (%)	IND. CARGA	HAB. SERV.	FACT. NORM.	Q ₀ (l/s)	DNH	± (N)	SECC. LLEN. VEL. (m/s)	v (m/s)	COT. INVERT.	PROF. PIEDO (m)	ANCHO ZANJA	B/C	
P.V.	P.V.	INICIO	FINAL	TERR.	LOC. ADJUM.	ACT.	RUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	INICIO	FINAL	FINAL	INVER.	
24	24	105 470	104 760	78.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	105 470	104 760	1.45	0.75	05 605
25	25	104 760	104 050	83.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	104 760	104 050	1.45	0.75	05 605
26	26	104 050	103 340	88.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	104 050	103 340	1.45	0.75	05 605
27	27	103 340	102 630	93.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	103 340	102 630	1.45	0.75	05 605
28	28	102 630	101 920	98.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	102 630	101 920	1.45	0.75	05 605
29	29	101 920	101 210	103.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	101 920	101 210	1.45	0.75	05 605
30	30	101 210	100 500	108.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	101 210	100 500	1.45	0.75	05 605
31	31	100 500	99 790	113.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	100 500	99 790	1.45	0.75	05 605
32	32	99 790	99 080	118.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	99 790	99 080	1.45	0.75	05 605
33	33	99 080	98 370	123.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	99 080	98 370	1.45	0.75	05 605
34	34	98 370	97 660	128.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	98 370	97 660	1.45	0.75	05 605
35	35	97 660	96 950	133.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	97 660	96 950	1.45	0.75	05 605
36	36	96 950	96 240	138.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	96 950	96 240	1.45	0.75	05 605
37	37	96 240	95 530	143.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	96 240	95 530	1.45	0.75	05 605
38	38	95 530	94 820	148.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	95 530	94 820	1.45	0.75	05 605
39	39	94 820	94 110	153.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	94 820	94 110	1.45	0.75	05 605
40	40	94 110	93 400	158.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	94 110	93 400	1.45	0.75	05 605
41	41	93 400	92 690	163.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	93 400	92 690	1.45	0.75	05 605
42	42	92 690	91 980	168.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	92 690	91 980	1.45	0.75	05 605
43	43	91 980	91 270	173.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	91 980	91 270	1.45	0.75	05 605
44	44	91 270	90 560	178.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	91 270	90 560	1.45	0.75	05 605
45	45	90 560	89 850	183.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	90 560	89 850	1.45	0.75	05 605
46	46	89 850	89 140	188.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	89 850	89 140	1.45	0.75	05 605
47	47	89 140	88 430	193.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	89 140	88 430	1.45	0.75	05 605
48	48	88 430	87 720	198.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	88 430	87 720	1.45	0.75	05 605
49	49	87 720	87 010	203.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	87 720	87 010	1.45	0.75	05 605
50	50	87 010	86 300	208.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	87 010	86 300	1.45	0.75	05 605
51	51	86 300	85 590	213.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	86 300	85 590	1.45	0.75	05 605
52	52	85 590	84 880	218.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	85 590	84 880	1.45	0.75	05 605
53	53	84 880	84 170	223.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	84 880	84 170	1.45	0.75	05 605
54	54	84 170	83 460	228.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	84 170	83 460	1.45	0.75	05 605
55	55	83 460	82 750	233.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	83 460	82 750	1.45	0.75	05 605
56	56	82 750	82 040	238.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	82 750	82 040	1.45	0.75	05 605
57	57	82 040	81 330	243.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	82 040	81 330	1.45	0.75	05 605
58	58	81 330	80 620	248.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	81 330	80 620	1.45	0.75	05 605
59	59	80 620	79 910	253.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	80 620	79 910	1.45	0.75	05 605
60	60	79 910	79 200	258.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	79 910	79 200	1.45	0.75	05 605
61	61	79 200	78 490	263.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	79 200	78 490	1.45	0.75	05 605
62	62	78 490	77 780	268.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	78 490	77 780	1.45	0.75	05 605
63	63	77 780	77 070	273.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	77 780	77 070	1.45	0.75	05 605
64	64	77 070	76 360	278.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	77 070	76 360	1.45	0.75	05 605
65	65	76 360	75 650	283.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	76 360	75 650	1.45	0.75	05 605
66	66	75 650	74 940	288.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	75 650	74 940	1.45	0.75	05 605
67	67	74 940	74 230	293.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	74 940	74 230	1.45	0.75	05 605
68	68	74 230	73 520	298.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	74 230	73 520	1.45	0.75	05 605
69	69	73 520	72 810	303.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	73 520	72 810	1.45	0.75	05 605
70	70	72 810	72 100	308.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	72 810	72 100	1.45	0.75	05 605
71	71	72 100	71 390	313.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	72 100	71 390	1.45	0.75	05 605
72	72	71 390	70 680	318.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	71 390	70 680	1.45	0.75	05 605
73	73	70 680	69 970	323.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	70 680	69 970	1.45	0.75	05 605
74	74	69 970	69 260	328.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	69 970	69 260	1.45	0.75	05 605
75	75	69 260	68 550	333.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	69 260	68 550	1.45	0.75	05 605
76	76	68 550	67 840	338.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	68 550	67 840	1.45	0.75	05 605
77	77	67 840	67 130	343.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	67 840	67 130	1.45	0.75	05 605
78	78	67 130	66 420	348.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	67 130	66 420	1.45	0.75	05 605
79	79	66 420	65 710	353.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	66 420	65 710	1.45	0.75	05 605
80	80	65 710	65 000	358.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	65 710	65 000	1.45	0.75	05 605
81	81	65 000	64 290	363.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	65 000	64 290	1.45	0.75	05 605
82	82	64 290	63 580	368.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	64 290	63 580	1.45	0.75	05 605
83	83	63 580	62 870	373.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	63 580	62 870	1.45	0.75	05 605
84	84	62 870	62 160	378.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	62 870	62 160	1.45	0.75	05 605
85	85	62 160	61 450	383.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	62 160	61 450	1.45	0.75	05 605
86	86	61 450	60 740	388.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	61 450	60 740	1.45	0.75	05 605
87	87	60 740	60 030	393.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	60 740	60 030	1.45	0.75	05 605
88	88	60 030	59 320	398.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	60 030	59 320	1.45	0.75	05 605
89	89	59 320	58 610	403.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	59 320	58 610	1.45	0.75	05 605
90	90	58 610	57 900	408.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	58 610	57 900	1.45	0.75	05 605
91	91	57 900	57 190	413.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	57 900	57 190	1.45	0.75	05 605
92	92	57 190	56 480	418.62	1	0	10	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	57 190	56 480	1.45	0.75	05 605
93	93	56 480	55 770	423.62	1	0	10	0.202	0.202								

Tabla III. Memoria de cálculo drenaje sanitario B

DE	A	COTAS TERR.		DH	S (%)	NO. CASAS:		HAB. SERV.		IFACT. HARM.		Qd (l/s)		DIAM. (mm)	S (%)	SECC. LLENA.		V (m/s)		COT. INVERT.		PROF. POZO (m)		ANCHO ZANIA	EXC. (m3)
		PV INICIO	FINAL			LOC.	ACUM.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	INDIC.	FINAL	INDIC.	FINAL		
6	12	105.659	107.015	95.61	-1.42	18	22	108	207	4.23	4.14	1.448	2.275	12	0.50	0.85	61.823	0.36	0.40	101.98	101.50	3.68	-5.92	0.75	329.66
17	16	107.015	108.133	99.30	-1.13	33	55	198	379	4.15	4.03	2.710	3.772	12	0.50	0.85	61.823	0.42	0.47	101.47	100.97	5.55	7.16	0.75	423.24
17	16	111.439	108.133	114.93	2.88	5	60	30	57	4.35	4.30	0.924	0.452	10	2.90	1.81	91.562	0.43	0.47	100.99	105.66	1.45	1.48	0.75	126.15
16	19	108.133	107.483	53.18	1.22	4	64	24	46	4.37	4.32	3.119	4.551	12	0.50	0.85	61.823	0.44	0.50	100.94	100.68	7.19	6.81	0.75	279.18
20	19	110.586	107.483	111.89	2.75	7	71	42	80	4.33	4.27	0.407	0.583	10	2.80	1.78	89.968	0.45	0.50	109.11	105.98	1.45	1.50	0.75	123.74
19	22	107.483	106.373	87.33	1.27	9	80	54	103	4.31	4.24	3.995	5.850	12	0.50	0.85	61.823	0.48	0.53	100.65	100.21	6.84	6.16	0.75	425.79
23	22	106.595	106.373	103.86	2.10	7	87	42	80	4.33	4.27	0.400	0.576	10	2.10	1.54	77.916	0.41	0.45	107.11	104.92	1.45	1.45	0.75	112.91
22	25	106.373	104.433	72.13	2.69	1	88	6	11	4.43	4.41	4.306	6.544	16	0.50	1.83	133.144	0.48	0.52	100.18	98.82	6.19	4.61	0.90	350.85
26	25	106.647	104.433	97.63	1.24	1	89	6	11	4.43	4.41	0.135	0.161	10	2.30	1.69	88.013	0.31	0.33	104.20	101.76	1.45	2.88	0.75	151.09
25	29	104.433	102.641	33.47	5.35	2	91	12	23	4.41	4.37	4.761	6.877	16	0.5	1.83	138.144	0.48	0.53	99.78	98.62	4.64	3.02	0.90	115.45
30	29	103.139	102.641	42.39	1.17	1	92	6	11	4.43	4.41	0.084	0.110	10	2.7	1.74	88.348	0.28	0.30	101.69	100.54	1.45	2.10	0.75	56.39
29	33	102.641	100.000	48.10	6.49	0	92	15	29	4.40	4.36	4.977	7.288	16	2.5	2.30	297.719	0.96	0.97	99.59	98.39	3.05	1.61	0.90	100.91
30	34	103.139	100.831	39.76	5.80	2	2	12	23	4.41	4.37	0.125	0.178	10	5.8	2.96	129.488	0.41	0.45	101.69	99.36	1.45	1.45	0.75	43.21
35	34	101.542	100.831	52.35	1.36	4	6	24	46	4.37	4.32	0.350	0.505	10	1.4	1.26	63.618	0.34	0.38	100.09	99.36	1.45	1.47	0.75	57.36
34	33	100.831	100.000	53.46	1.85	3	9	18	34	4.39	4.34	0.857	0.943	10	1.6	1.24	68.011	0.45	0.48	99.33	98.47	1.50	1.83	0.75	60.71
33	38	100.000	95.452	86.51	5.26	9	110	54	103	4.31	4.24	5.765	8.875	16	5.4	3.27	437.555	1.20	1.34	98.36	93.69	1.64	1.77	0.90	132.63
38	42	95.452	84.680	96.16	0.80	10	120	60	115	4.30	4.23	6.823	9.645	16	1.0	1.45	188.294	0.68	0.76	93.66	92.70	1.80	1.98	0.90	163.57
42	49	94.680	93.979	118.77	0.93	10	130	60	115	4.30	4.23	7.163	10.434	16	1.0	1.45	188.294	0.70	0.78	92.67	91.48	2.01	2.10	0.90	220.01
49	53	93.979	92.552	97.14	1.35	10	140	60	115	4.30	4.23	7.878	11.199	16	1.0	1.45	188.294	0.71	0.80	91.45	90.54	2.19	1.82	0.90	161.90
53	56	92.552	90.307	101.88	1.81	3	218	18	34	4.39	4.34	15.090	22.071	16	0.5	1.83	138.144	0.68	0.76	84.84	84.33	7.51	6.17	0.90	626.23
8	8	106.031	111.142	97.37	-3.20	10	10	60	115	4.30	4.23	0.821	0.771	10	0.5	0.75	38.019	0.27	0.30	107.13	106.64	0.90	4.80	0.75	197.10
11	10	114.694	114.244	57.03	0.73	5	5	30	57	4.35	4.30	0.272	0.400	10	1.5	1.30	65.891	0.32	0.36	119.24	112.39	1.45	1.86	0.75	70.69
10	9	114.244	113.566	26.87	2.84	2	7	12	23	4.41	4.37	0.385	0.566	10	2.4	1.64	83.296	0.42	0.47	112.36	111.72	1.89	1.85	0.75	37.33
4	9	108.840	113.566	111.16	-3.95	7	14	42	80	4.33	4.27	0.406	0.583	10	0.7	0.89	44.985	0.28	0.31	108.94	108.16	0.90	5.40	0.75	262.79
9	8	113.566	111.142	83.25	2.91	3	17	18	34	4.39	4.34	1.000	1.435	10	0.5	0.75	38.019	0.32	0.36	108.13	107.72	5.43	3.43	0.75	276.61
8	13	111.142	111.101	87.60	0.05	7	34	42	80	4.33	4.27	1.906	2.768	10	0.5	0.75	38.019	0.39	0.40	106.61	105.19	4.53	4.92	0.75	310.52
15	15	113.566	113.751	28.28	-0.65	1	1	6	11	4.43	4.41	0.071	0.097	10	2.3	2.41	122.313	0.39	0.36	112.12	111.47	1.45	2.29	0.75	39.61
15	14.1	113.751	113.333	59.36	0.72	3	4	18	34	4.39	4.34	0.257	0.381	10	1.0	1.86	53.767	0.27	0.30	111.44	110.85	2.32	2.48	0.75	104.97
14.1	14	113.333	112.933	14.42	2.77	1	5	6	11	4.43	4.41	0.446	0.446	10	1.0	1.86	53.767	0.29	0.32	110.82	110.68	2.51	2.26	0.75	26.77
14	13	112.933	111.101	51.07	3.59	3	8	18	34	4.39	4.34	0.495	0.703	10	2.8	1.78	89.968	0.48	0.53	110.65	109.22	2.29	1.88	0.75	79.83
13	17	111.101	111.439	103.08	-0.93	11	53	66	126	4.29	4.21	2.868	4.313	10	0.5	0.75	38.019	0.45	0.50	106.15	105.63	4.96	3.81	0.75	416.09
17	20	111.439	110.556	54.83	1.61	7	60	42	80	4.33	4.27	3.324	4.845	10	0.5	0.75	38.019	0.46	0.52	105.60	105.33	5.84	5.23	0.75	227.67
20	23	110.556	108.565	86.78	2.25	11	71	66	126	4.29	4.21	3.880	5.674	10	0.5	0.75	38.019	0.48	0.54	105.30	104.85	5.26	3.70	0.75	298.36
23	26	108.565	105.647	73.76	3.94	4	75	24	46	4.37	4.32	4.124	6.021	10	0.8	0.95	48.091	0.42	0.47	104.82	104.23	3.73	1.41	0.75	142.36

Tabla IV. Memoria de cálculo drenaje sanitario C

DE	A	COTAS TERR.		DH (m)	S (%)		NO. CASAS		HAB. SERV.		FACT. HARM.		Qd (l/s)		DIAM (mm)	S (%)	SECC. LLENA.		V (m/s)		COT. INVERT		PROF. POZD (m)		ANCHO ZANJA	EXC. (m³)
		INICIO	FINAL		TERR.	TERR.	LDC.	ACUM.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		
36	35	105.647	101.542	63.64	5.89	7	82	42	80	4.33	4.27	4.482	6.667	10	7.8	2.96	150.163	1.33	1.43	99.85	94.42	5.80	7.12	0.75	337.43	
35	39	101.542	94.638	84.93	8.13	6	88	36	69	4.34	4.28	4.832	7.056	10	0.8	0.95	48.091	0.61	0.69	94.39	93.71	7.15	0.93	0.75	257.44	
38	39	95.452	94.638	86.03	0.95	4	92	24	46	4.37	4.32	0.255	0.356	10	2.0	1.50	76.038	0.95	0.99	94.00	92.28	1.45	2.36	0.75	122.61	
39	43	94.638	89.256	86.49	6.22	2	94	12	23	4.41	4.37	5.255	7.637	10	6.2	2.64	133.879	1.29	1.44	92.25	86.89	2.39	2.37	0.75	154.18	
45	47	89.256	91.250	86.62	-3.40	1	95	6	11	4.43	4.41	5.394	7.763	10	0.5	0.75	36.019	0.93	0.99	86.86	86.57	2.40	4.68	0.75	156.66	
47	50	91.250	93.744	63.94	-3.90	3	98	18	34	4.39	4.34	5.545	8.032	10	0.5	0.75	36.019	0.94	0.60	86.54	86.22	4.71	7.53	0.75	293.63	
49	50	93.579	93.744	43.63	-0.38	1	99	6	11	4.43	4.41	0.085	0.111	10	2.0	2.25	114.067	0.93	0.96	92.13	91.26	1.45	2.49	0.75	64.24	
50	54	93.744	92.644	93.66	1.18	6	105	36	69	4.34	4.28	5.978	8.643	10	0.5	0.75	36.019	0.95	0.61	86.19	85.72	7.56	6.93	0.75	508.15	
55	54	92.932	92.644	23.00	1.25	1	106	6	11	4.43	4.41	0.066	0.092	10	3.3	1.93	97.673	0.28	0.31	91.48	90.72	1.45	1.92	0.75	29.07	
53	54	92.352	92.644	55.50	-0.53	5	111	30	57	4.35	4.30	0.270	0.386	10	1.5	1.30	66.661	0.92	0.96	90.90	90.07	1.45	2.57	0.75	637.6	
54	57	92.644	90.995	88.96	1.85	8	119	48	92	4.32	4.25	6.743	9.764	12	0.5	0.85	61.823	0.66	0.62	85.69	85.24	6.96	5.75	0.75	423.90	
58	56	87.884	90.507	66.64	-4.63	1	219	6	11	4.43	4.41	0.097	0.123	10	0.7	1.33	67.477	0.24	0.32	86.43	86.04	1.45	4.47	0.75	125.73	
56	57	90.507	90.995	64.05	-0.76	223	342	2052	3932	3.59	3.34	15.422	22.532	16	1.0	1.45	188.264	0.88	0.98	84.30	83.66	6.20	7.33	0.90	390.21	
57	PT	90.995	84.395	93.81	7.04	0	0	0	0	4.50	4.50	22.165	32.296	16	3.0	2.51	326.195	1.69	1.68	83.63	80.82	7.36	3.58	0.90	461.67	

6. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

6.1. Tipo de sistema a utilizar

Cuando las pendientes son pronunciadas, las aguas de lluvia que corren a través de las calles, adquieren grandes velocidades y por lo tanto fuerzas de erosión, lo que combinado a la suavidad de la capa superficial del suelo, provoca el deterioro de las calles.

Estas aguas al llegar a lugares planos provocan la acumulación, produciendo inundaciones y estancamientos, los que a su vez obstruyen el paso de peatones y vehículos.

Estos problemas, son los que se tienen que solucionar, contando para ello con dos alternativas:

- a) La evacuación del agua pluvial por medio de un sistema superficial (cunetas) y
- b) Uso de alcantarillado.

A continuación se presentan los aspectos más importantes de cada uno de los anteriores.

Sistema superficial

El sistema superficial tiene la ventaja de un menor costo y mantenimiento fácil, puesto que cada vecino podría limpiar la parte que le corresponde.

La desventaja consiste en la dificultad y riesgo de accidente que causa a los vecinos al cruzar la cuneta y la destrucción de banquetas y paredes al no haber mantenimiento, además se pueden de obtener anchos de cunetas muy grandes, ya que el área está dentro de las zonas con alto grado de precipitación y esto obstaculizaría el paso de las personas como el de vehículos.

Alcantarillado

Esta alternativa ofrece el problema de un costo elevado, pero se optó por diseñar este sistema, sabiendo que la municipalidad está pavimentando las pocas calles que no cuentan con algún revestimiento y que es necesario proteger esas y las que ya están revestidas.

Además este sistema conduce las aguas pluviales hasta los puntos de desfogue dentro de tubería, en donde el agua no erosiona las calles ni obstruye el paso de los peatones ni el de los vehículos.

6.2. Áreas de Influencia

La localización topográfica del pueblo, únicamente tiene áreas de influencia en el sector norte, cuyas aguas escurren hasta depositarse en lugares de desfogue en la partes este y oeste.

En cuanto a los sectores este y oeste; la situación es favorable, porque el agua caída en el pueblo, escurre con pendiente natural a desfogues de esta misma área.

Las áreas de influencia se calcularon en el plano de curvas de nivel de la región, obteniendo los siguientes resultados.

Áreas de influencia hacia la parte norte	1.43 Ha
Áreas de influencia hacia la parte sur	1.03 Ha

6.3. Puntos de desfogue

El caudal pluvial cuenta con dos puntos de desfogue, lo cual ayudará a descargar el agua recolectada, antes de acumular grandes caudales. Esto implica tener que usar menores diámetros de tubería.

Los dos desfogues son ríos que se encuentran ubicados en las zonas este y oeste del pueblo, siendo los nombres de estos ríos Río Grande el de la zona este y Río Chiquito el de la zona oeste.

Ambos ríos mantienen un caudal constante durante el verano, pero este aumenta notablemente durante el invierno, por ello se decidió usar ambos como desfogue.

6.4. Determinación del caudal pluvial

Para la determinación del caudal pluvial se utilizó el Método Racional, cuya fórmula general es la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

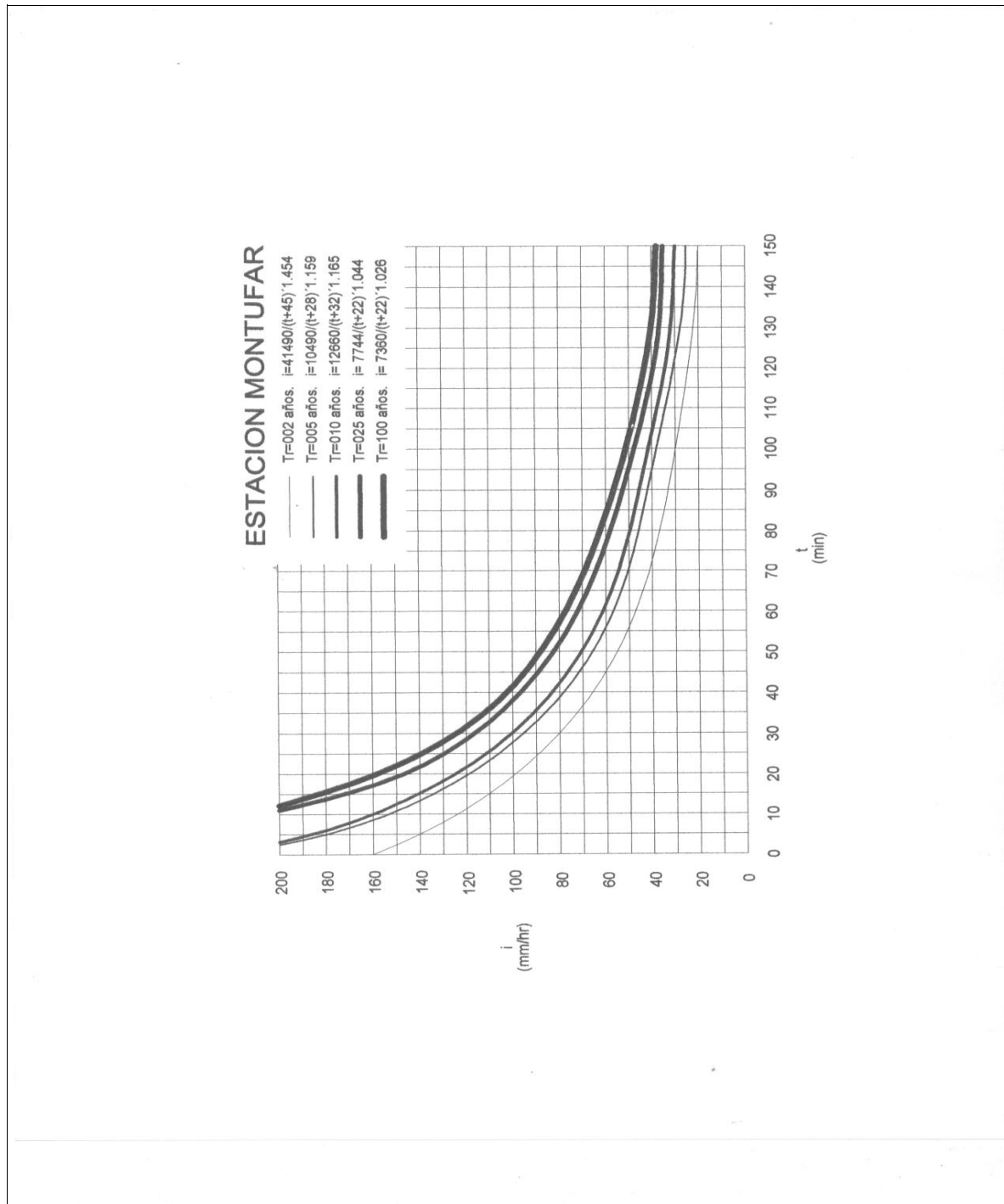
Q = caudal en m³/seg.

C = es la relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída.

I = intensidad de lluvia en mm/hr.

A = área en hectáreas.

Figura 2. Curvas de intensidad de lluvia



La figura anterior muestra las curvas de intensidad de lluvia para la estación Montúfar en el municipio de Moyuta.

6.5. Intensidad de lluvia

Intensidad de lluvia es el espesor de lámina de agua caída por unidad de tiempo; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en mm/hr.

Para el presente trabajo utilizaremos la intensidad de lluvia correspondiente a la estación Montúfar.

La intensidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 10 años es:

$$I = \frac{12660}{(t + 32)^{1.165}}$$

Donde:

t = tiempo de concentración.

6.6. Tiempo de concentración

Tiempo de concentración es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección en estudio.

El tiempo de concentración en minutos se calculará de la siguiente manera:

Para tramos iniciales, el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará en 12 minutos.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará con la siguiente fórmula:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{60V_{n-1}}$$

En la cual:

t_n = tiempo de concentración hasta el tramo considerado.

t_{n-1} = tiempo de concentración hasta el tramo anterior.

L = longitud del tramo anterior.

V_{n-1} = velocidad a sección llena en el tramo anterior.

Cuando en un punto son concurrentes dos o más ramales, t_{n-1} se tomará igual al del ramal que tenga mayor tiempo de concentración.

6.7. Área tributaria

El área tributaria de un tramo será la suma de su área más las áreas tributarias de los tramos anteriores.

6.8. Coeficiente de esorrentía

Es el porcentaje del agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de la alcantarilla natural o artificial. Esto se debe a la evaporación, infiltración, detención en oquedades del suelo, etc. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuando más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de esorrentía se calculará de la siguiente manera:

$$C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a}$$

Siendo:

c = coeficiente de esorrentía de cada una de las áreas parciales.

a = áreas parciales.

C = coeficiente de esorrentía promedio del área drenada.

Valores de “c” para superficies	Min.	Máy.	Adoptado
- Techos impermeables	0.70	0.95	0.80
- Pavimentos en buen estado	0.85	0.90	0.90
- Superficies sin pavimentos, patios y baldíos	0.10	0.30	0.20

Cálculo del coeficiente de esorrentía promedio.

Áreas de diferentes superficies:

- Calles sin revestimiento	= 0.0144	Ha.
- Calles con revestimiento	= 0.4480	Ha.
- Área techada (considerando 150m ² /casa)	= 0.2000	Ha.
- Áreas no cubiertas (patios, lotes baldíos, etc.)	= 1.8000	Ha.

Así tenemos:

$$C = \frac{c \times a}{A}$$

$$c \times a = 0.93 \quad ; \quad A = 2.46$$

$$C = 0.3764 = \mathbf{0.38}$$

6.9. Cálculo de un tramo del sistema de drenaje pluvial

Se diseñara un tramo inicial, este pertenece al ramal que abarca la cabecera municipal de Pasaco, que va del PV8 al PV13.

Cálculo del tramo 8-13

Cota inicial (CI) = 111.142 mt.

Cota final (CF) = 111.101 mt.

Distancia horizontal (DH) = 87.60 mt.

Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \left[\frac{CI - CF}{DH} \right] \times 100 = \left[\frac{111.142 - 111.101}{87.60} \right] \times 100 = 0.05\%$$

Cálculo del área tributaria

Área tributaria = 0.041 Ha

Área tributaria acumulada = 0.220 Ha

Tiempo de concentración

Tiempo de concentración anterior = 13.21 min.

Longitud del tramo anterior = 97.37 m.

Velocidad del tramo anterior = 0.82 m/seg.

$$T_c = m - 1 + \frac{L}{60Vn - 1}$$

Tc = 15.06 min.

Intensidad de lluvia

$$I = \frac{12660}{(t + 32)^{1.165}}$$

I = 142.50 mm/hr.

Caudal de diseño

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Coefficiente de escorrentía = 0.38

Q = 0.032339 m³/seg

Q = 32.339 lts/seg

Diseño hidráulico

Diámetro del tubo: 10" TC

Pendiente del tubo: 0.50 %

Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{0.03429}{0.01} \right) \times D^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$D = 0.254 \text{ m} \quad ; \quad S = 0.005$$

$$V = 0.75 \text{ m/seg}$$

Capacidad a sección llena

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

$$D = 0.254 \text{ m}$$

$$A = 0.0506 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = 38.018 \text{ lt/seg}$$

Relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{32.339 \text{ ts/seg}}{38.018 \text{ ts/seg}}$$

$$q/Q = 0.850636$$

Cumple con la condición $q < Q$, de la tabla de relaciones hidráulicas se obtienen los siguientes valores:

$$\frac{v}{V} = 1.121786 \quad ; \quad \frac{d}{D} = 0.706$$

$$V = 1.121786 \times 0.75$$

$$V = 0.84 \text{ m/seg}$$

Altura de tirante

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

$$d = 0.018 \text{ m}$$

$$\text{Donde } 0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.90$$

Profundidad del pozo de visita

Pozo 8

Cota invert inicial = 105.970 m

Cota de terreno al principio = 111.142 m

Altura del pozo = 111.142 – 105.970 = 5.180 m

Pozo 13

Cota invert inicial = 105.500 m

Cota de terreno al principio = 111.101 m

Altura del pozo = 111.101 – 105.500 = 5.601 m

6.10. Resumen de valores adoptados

Caudal de diseño	$\frac{CIA}{360}$
Coeficiente de escorrentía	0.38
Intensidad de lluvia Con probabilidad de ocurrencia 10 años	$\frac{12660}{(t + 32)^{1.165}}$
Tiempo de concentración	$ttn - 1 + \frac{L}{60Vn - 1}$
Tramos iniciales	12 minutos
Tramos consecutivos	
Velocidad mínima	0.60 m/seg
Velocidad máxima	3.00 m/seg
Diámetro mínimo	8 pulgadas
Profundidad mínima sobre corona de tubo	1.20 metros

Tabla V. Memoria de cálculo drenaje sanitario pluvial A

DE	A	COTAS TERR.	DH	S (%)	AREA TRIBUTARIA	TIEMPO	INTENSIDAD	COEF.	Od	DIAM.	S (%)	SECC. LLENA	VEL.	RELACIONES	COT. INVERT	PROF. POZO (m)	ANCHO	EXC.	ALTURA							
PV	PV	INICIO	FINAL	TERR.	LOC.	ACUM.	T1	T2	DE LLENA	C	(mm)	(mm)	gno	wp	gno	wp	INICIO	FINAL	ZANJA	TIERRE						
11	10	114.694	114.244	57.03	0.027	0.03	0.00	12.00	154.10	0.38	4.292	10	0.90	1.01	51.006	0.82	0.086108	0.613230	0.199	113.24	112.79	1.45	1.51	0.70	58.15	0.05
10	9	114.244	113.566	26.67	0.04	0.04	12.00	12.94	159.34	0.38	6.992	10	2.50	1.88	86.010	1.01	0.062135	0.604001	0.194	112.70	112.09	1.54	1.53	0.70	28.71	0.05
9	8	108.940	113.566	111.16	0.053	0.05	0.00	12.00	154.10	0.38	8.621	10	0.50	0.75	36.018	0.81	0.262668	0.809225	0.324	108.38	107.83	1.45	5.73	0.70	279.42	0.08
8	8	113.566	111.142	83.25	0.035	0.13	12.94	13.21	149.21	0.38	20.804	10	0.50	0.75	36.018	0.77	0.547223	1.021221	0.526	107.80	107.38	5.78	3.75	0.70	277.27	0.13
3	8	108.031	111.142	87.37	0.042	0.04	0.00	12.00	154.10	0.38	6.932	10	0.80	0.82	41.846	0.81	0.184046	0.738050	0.274	106.58	106.00	1.45	5.15	0.70	224.76	0.07
8	13	111.142	111.101	87.60	0.05	0.04	0.22	13.21	15.06	0.38	32.339	10	0.50	0.75	36.018	0.84	0.850638	1.131788	0.708	105.97	105.53	5.18	5.67	0.70	328.52	0.18
9	15	113.566	113.751	28.25	0.069	0.01	0.00	12.00	154.10	0.38	1.383	10	1.4	1.26	63.816	0.80	0.021734	0.475274	0.131	112.12	111.72	1.45	2.03	0.70	34.45	0.03
15	14	113.751	113.333	48.36	0.020	0.03	12.00	12.38	152.58	0.38	4.590	10	0.8	0.95	48.089	0.80	0.085454	0.631312	0.209	111.69	111.22	2.06	2.11	0.70	85.19	0.05
14	14	113.333	112.833	14.42	0.009	0.04	12.38	13.40	148.58	0.38	5.981	10	1.0	1.06	53.765	0.69	0.108288	0.684108	0.222	111.19	111.05	2.14	1.88	0.70	20.31	0.06
14	13	112.833	111.101	51.07	0.026	0.08	13.40	13.63	147.72	0.38	9.901	10	3.5	1.99	100.665	1.26	0.088438	0.834871	0.211	111.02	108.23	1.91	1.97	0.70	87.63	0.05
13	17	111.101	111.439	103.09	0.048	0.33	15.06	17.00	136.93	0.38	46.846	12	0.5	0.85	61.821	0.93	0.757771	1.088226	0.649	105.50	104.98	5.60	6.46	0.75	466.14	0.20
17	20	111.439	110.556	54.82	0.024	0.35	17.00	19.02	128.86	0.38	47.969	12	0.5	0.85	61.821	0.94	0.775938	1.103817	0.660	104.95	104.88	6.49	5.88	0.75	254.19	0.20
20	23	110.556	108.555	88.78	0.036	0.38	19.03	20.11	126.54	0.38	51.823	12	0.5	0.85	61.821	0.95	0.835038	1.118732	0.697	104.85	104.21	5.91	4.35	0.75	341.47	0.21
23	26	108.555	105.647	73.76	0.030	0.42	20.11	21.86	121.77	0.38	53.534	12	1.0	1.20	87.428	1.26	0.612320	0.948208	0.564	104.18	103.44	4.38	2.21	0.75	182.25	0.17
26	25	105.647	104.433	87.63	0.046	0.46	21.86	22.88	118.12	0.38	58.154	12	1.0	1.20	87.428	1.28	0.665182	1.070610	0.597	103.41	102.43	2.24	2.00	0.75	155.27	0.18
1	6	103.745	105.659	55.94	0.023	0.02	0.00	12.00	154.10	0.38	3.741	10	1.0	1.06	53.785	0.81	0.088986	0.575528	0.179	102.30	101.74	1.45	3.92	0.70	105.21	0.05
6	6	103.698	105.659	44.18	0.019	0.02	0.00	12.00	154.10	0.38	3.091	12	1.3	1.37	98.683	0.82	0.031064	0.452307	0.121	102.45	101.87	1.45	3.79	0.70	80.95	0.04
2	7	107.840	108.054	73.94	0.038	0.04	0.00	12.00	154.10	0.38	6.181	10	0.7	0.88	44.983	0.82	0.137412	0.702273	0.252	106.30	105.87	1.45	2.18	0.70	93.98	0.06
7	7	111.142	108.054	62.27	0.020	0.02	12.00	13.38	148.63	0.38	3.138	10	5.0	2.37	120.223	1.02	0.026098	0.478478	0.111	109.60	108.58	1.45	1.48	0.70	83.76	0.03
7	6	108.054	105.659	86.25	0.032	0.08	13.38	13.82	146.97	0.38	13.963	10	2.5	1.68	66.010	1.24	0.184248	0.738050	0.274	105.84	104.21	2.21	1.45	0.70	83.57	0.07
13	12	111.101	107.015	120.91	0.057	0.06	0.00	12.00	154.10	0.38	9.272	10	3.4	1.98	98.138	1.23	0.083625	0.627735	0.207	109.65	105.54	1.45	1.47	0.70	123.78	0.05
12	16	107.015	108.133	99.30	0.039	0.17	12.00	12.98	150.59	0.38	26.884	10	0.5	0.75	38.018	0.81	0.706624	1.064478	0.821	101.71	101.23	3.95	5.78	0.70	325.98	0.16
16	16	111.439	108.133	114.93	0.052	0.05	0.00	12.00	154.10	0.38	8.459	10	3.0	1.84	93.124	1.14	0.080831	0.822322	0.204	109.99	108.54	1.45	1.59	0.70	483.37	0.18
16	19	108.133	107.483	53.19	0.019	0.34	15.00	16.96	136.09	0.38	48.265	12	0.5	0.85	61.821	0.84	0.780728	1.107851	0.669	100.87	100.41	7.46	7.08	0.75	269.95	0.20
19	19	110.556	107.483	111.89	0.045	0.05	0.00	12.00	154.10	0.38	7.220	10	2.8	1.78	88.968	1.07	0.061383	0.602140	0.193	108.11	105.98	1.45	1.50	0.70	115.49	0.05
19	22	107.483	106.372	87.33	0.026	0.42	16.96	18.00	132.77	0.38	58.303	12	0.5	0.85	61.821	0.96	0.943087	1.134765	0.774	100.30	99.84	7.11	6.43	0.75	443.50	0.24

Tabla VI. Memoria de cálculo drenaje pluvial B

DE A	COTAS TERR.	DH	S (%)	ÁREA TRIBUTARIA		TIEMPO C.		INTENSIDAD	COEF	Od	DMM	S (%)	SECC. LLENA	VEL	RELACIONES			COT. INERT		PROF. POZO (m)	ANCHO	ALTURA				
				LOC.	ACUM.	T1	T2								DE LLUVIA	C	φD	φV	dD				INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
23	108.558	108.373	103.866	2.10	0.047	0.05	0.00	12.00	154.10	0.38	7.845	10	2.1	1.54	77.813	0.88	0.069125	0.536640	0.212	107.11	104.92	1.45	1.45	0.70	106.38	0.05
22	108.573	104.432	72.13	2.88	0.028	0.48	18.00	18.72	127.85	0.36	66.158	16	0.5	1.03	133.139	1.03	0.486911	0.899150	0.468	98.81	89.55	6.46	4.88	0.90	386.39	0.20
25	104.633	103.475	70.70	1.36	0.027	0.88	22.88	24.24	115.78	0.38	119.825	16	1.40	1.72	222.785	1.75	0.537652	1.018858	0.523	98.52	98.53	4.82	4.85	0.80	313.76	0.21
19	107.483	104.936	88.81	3.70	0.034	0.03	0.00	12.00	154.10	0.38	5.531	10	4.00	2.12	107.530	1.10	0.051433	0.517293	0.155	108.03	103.28	1.45	1.66	0.70	74.79	0.04
18	104.936	104.551	81.46	0.47	0.031	0.07	12.00	12.54	151.93	0.38	10.424	16	0.50	1.03	133.139	0.81	0.078283	0.596626	0.190	103.25	102.84	1.69	1.71	0.80	124.38	0.08
22	106.373	104.551	70.12	2.80	0.022	0.02	12.54	13.86	148.83	0.38	3.410	10	2.80	1.71	88.884	0.83	0.038322	0.488457	0.138	104.92	103.10	1.45	1.45	0.70	71.20	0.03
21	104.551	103.475	67.11	1.80	0.025	0.11	13.86	14.56	144.33	0.38	17.063	16	1.50	1.78	236.804	1.04	0.073981	0.586763	0.185	102.81	101.81	1.74	1.67	0.90	102.86	0.08
24	103.475	94.783	78.42	11.09	0.025	1.12	24.24	24.93	114.15	0.38	134.852	16	7.00	3.84	486.182	3.27	0.270298	0.950467	0.358	88.50	83.01	4.88	1.77	0.90	236.25	0.14
23	94.783	82.951	49.82	3.69	0.022	1.14	24.93	25.27	113.36	0.38	136.353	18	4.00	3.14	515.535	2.85	0.264468	0.844231	0.351	92.98	80.99	1.80	1.96	0.90	83.99	0.18
32	98.448	85.101	103.20	4.21	0.050	0.05	0.00	12.00	154.10	0.38	8.133	10	4.20	2.17	110.186	1.16	0.073814	0.535554	0.184	98.00	93.66	1.45	1.44	0.70	104.29	0.05
31	94.101	94.151	56.04	0.62	0.030	0.08	0.00	0.78	217.06	0.38	18.330	10	0.80	0.82	41.846	0.51	0.446123	0.822332	0.204	93.63	93.30	1.47	1.45	0.70	57.29	0.05
31	94.751	92.951	50.00	3.80	0.028	0.11	0.79	1.93	208.81	0.38	24.002	10	3.80	2.01	102.912	1.26	0.232267	0.827735	0.207	93.37	91.47	1.48	1.48	0.70	51.93	0.05
23	82.951	81.951	73.90	15.35	0.030	1.28	25.27	25.52	112.76	0.38	152.170	18	14.70	6.02	886.285	4.37	0.153972	0.725938	0.268	90.96	80.14	1.99	1.51	0.90	115.70	0.12
31	95.101	93.225	88.48	2.23	0.031	0.03	0.00	12.00	154.10	0.38	5.843	10	2.30	1.61	81.538	0.88	0.061843	0.558951	0.169	93.65	91.62	1.45	1.51	0.70	91.80	0.04
37	94.407	93.225	80.69	1.98	0.031	0.03	0.00	12.00	154.10	0.38	5.843	10	1.80	1.34	88.008	0.78	0.074147	0.586863	0.185	92.96	91.67	1.45	1.46	0.70	82.16	0.05
36	93.225	91.740	112.82	1.23	0.050	0.11	12.00	12.92	150.45	0.38	17.789	10	1.20	1.18	96.887	1.02	0.301989	0.875843	0.377	91.64	90.28	1.49	1.46	0.70	116.37	0.10
41	93.086	91.740	56.00	2.42	0.017	0.02	0.00	12.00	154.10	0.38	2.765	10	2.50	1.68	85.010	0.77	0.025258	0.459284	0.124	91.85	90.25	1.45	1.49	0.70	57.70	0.03
40	91.740	91.380	50.12	0.72	0.028	0.18	12.92	14.53	144.37	0.38	23.821	10	0.80	0.82	41.846	0.85	0.067178	0.531948	0.540	90.22	88.92	1.52	1.46	0.70	52.43	0.14
44	91.380	92.409	44.18	-2.33	0.031	0.18	14.53	15.95	140.78	0.38	27.840	10	0.50	0.75	38.018	0.82	0.272040	1.090898	0.633	88.88	89.86	1.49	2.74	0.70	85.55	0.16
24	103.475	101.181	49.51	4.73	0.013	0.01	0.00	12.00	154.10	0.38	2.115	10	2.00	1.50	76.035	0.88	0.027811	0.438117	0.115	100.36	99.38	3.12	1.78	0.80	107.25	0.03
28	103.398	101.181	52.09	3.76	0.170	0.17	12.00	12.54	151.93	0.38	27.264	10	3.90	2.10	106.178	1.78	0.250773	0.837920	0.348	101.69	98.86	1.45	1.52	0.70	54.21	0.09
27	101.181	98.448	40.38	4.28	0.026	0.21	12.54	12.85	150.30	0.38	33.158	10	3.50	1.99	100.595	1.78	0.228688	0.886574	0.385	98.38	97.94	1.62	1.50	0.80	60.50	0.10
33	100.000	98.448	56.44	0.98	0.200	0.20	0.00	12.00	154.10	0.38	32.533	10	1.00	1.08	53.765	1.11	0.805082	1.047824	0.582	88.55	87.98	1.45	1.48	0.70	57.53	0.14
32	98.448	94.407	87.55	5.76	0.032	0.44	12.95	13.28	148.98	0.38	68.358	10	5.80	2.58	128.484	2.80	0.538688	1.017271	0.521	97.91	92.84	1.53	1.57	0.70	95.19	0.13
38	95.452	94.407	71.34	1.46	0.028	0.03	0.00	12.00	154.10	0.38	4.228	10	1.50	1.30	65.848	0.73	0.064227	0.561625	0.172	84.00	82.93	1.45	1.48	0.70	73.04	0.04
37	94.407	93.086	102.68	1.28	0.037	0.50	13.28	13.88	146.83	0.38	78.116	12	1.30	1.37	88.683	1.51	0.785841	1.108985	0.687	92.81	91.47	1.80	1.63	0.70	115.98	0.20

7. VULNERABILIDAD

7.1. Vulnerabilidad del proyecto

Vulnerabilidad es el grado de daños susceptibles de experimentar por las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas cuando están expuestos a la ocurrencia de un fenómeno natural.

Guatemala, por su ubicación geográfica y características geológicas es un país que está sujeto a amenazas naturales de tipo geológico, tales como terremotos, erupciones volcánicas, derrumbes y deslizamientos de tierras, y las de tipo climático tales como huracanes que producen inundaciones, derrumbes y deslaves, así como también en una pequeña parte de Guatemala se sufre de sequías.

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED - clasifica las amenazas naturales que afectan Guatemala de la forma siguiente:

1. Sismos
2. Vulcanismo
3. Colapso de suelos
 - 3.1. Deslizamientos
 - 3.2. Derrumbes
4. Hundimientos
5. Maremotos
6. Flujo de lodos
7. Hidrometeorológicos

7.1. Huracanes

7.2. Inundaciones

7.3 Sequías

8. Incendios

7.2. Riesgos

A continuación se describen los riesgos y daños que ocasionan a los sistemas de saneamiento los diferentes fenómenos naturales.

Terremotos

- Destrucción parcial o total de las conexiones domiciliarias, pozos de visita, tuberías y unidades de tratamiento.
- Rotura de tubería por hundimientos de terrenos.
- Contaminación del agua subterránea o del sistema de agua por fugas.
- Daños a la propiedad privada y pública por fugas.

Actividad volcánica

- Rotura de tubería, fisuras en pozos de visita y unidades de tratamiento.
- Riesgo de contaminación del agua potable.
- Obstrucción parcial o total de las unidades por la ceniza.
- Riesgo de taponamiento de la red pluvial por la cantidad de lodos y cenizas.
- Taponamiento de las descargas cercanas a los cuerpos de agua por la cantidad de lodos.

Deslizamientos hundimientos

- Rotura de tubería, fisuras en pozos de visita, conexiones domiciliarias y unidades de tratamiento.
- Riesgo de contaminación del agua potable así como del agua subterránea.
- Perdidas de sistemas de infiltración domiciliar.

Huracanes e inundaciones

- Destrucción parcial de la red de conducción, pozos de visita y conexiones domiciliarias.
- Inundación de calles, avenidas y propiedad privada.
- Destrucción parcial total de las unidades de tratamiento.
- Perdidas de sistemas de infiltración domiciliar.

Sequías

- Abandono del sistema por falta de agua.
- Generación de malos olores en la red por sedimentación de materia orgánica.

Es importante mencionar que otro riesgo es la falta de un tren de aseo en el municipio de Pasaco, ya que la basura que queda sobre las calles puede llegar a obstruir la tubería de los sistemas de saneamiento.

7.3. Medidas de contingencia

Ante estas amenazas, sino se cuenta con un plan para atender las emergencias que las fuerzas de la naturaleza puedan provocar la mayoría de ellas se transforman en desastres regionales o nacionales que no solo afectan a las personas que viven en las áreas vulnerables sino que también afecta a toda la infraestructura social existente, sobresaliendo entre ellos los sistemas de agua y saneamiento.

En Guatemala, no existe un plan unificado para atender a los sistemas de saneamiento básico que permita reducir los daños a dichos sistemas en caso de desastre y, las instituciones nacionales se ven en la necesidad de crear un plan de emergencia durante o inmediatamente después de ocurrido el fenómeno, lo que conduce a pérdida de recursos, duplicación de esfuerzos y amenaza de epidemias si los sistemas saneamiento no son restablecidos lo antes posible.

Es necesario evaluar el 100% de los sistemas de saneamiento con que se cuenta así como hacer una descripción de los mismos, sus componentes, población atendida, año de ejecución y otros datos importantes así como un croquis de los mismos.

Capacitar a los habitantes en la inspección y mantenimiento de los sistemas de saneamiento y realizar dichas tareas para detectar posibles obstrucciones dentro de las tuberías.

Crear un tren de aseo que cubra la cabecera municipal en su totalidad y la construcción de un relleno sanitario.

8. PRESUPUESTO

La municipalidad de Pasaco ha realizado recientemente algunos trabajos de este tipo, para lo cual ha utilizado tubería de concreto y desean continuar los trabajos con este tipo de tubería que, además de ser barata, brinda la oportunidad de dar trabajo a los habitantes del municipio.

La cuantificación de materiales y de la mano de obra para los trabajos se realizó con base a lo siguiente:

- El mortero para levantado y cantidad de ladrillo se calculó por metro lineal de cilindro y cono.
- La cantidad de arena, piedrín y cemento se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó por quintal, por pozo de visita.
- Así mismo se calcularon los materiales de la conexión domiciliar, colector general y tragantes para cada elemento de forma unitaria, así como la mano de obra.
- Se utilizaron los salarios de mano de obra que la municipalidad de Pasaco maneja para estar de acorde con los criterios de la misma.

- Los precios de los materiales son los que se manejan en la ciudad capital, ya que resulta más económico pagar el transporte del mismo que comprarlo en las cercanías.

Para la integración de los costos se elaboraron los cuadros que se presentan en la siguiente página.

Tabla IX. Presupuesto drenaje sanitario A

Integración de costos					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q.)	Sub-total (Q.)
1	Línea Central				
1.1	Tubo cemento 8"	unidad	60.00	20.75	1245.00
1.2	Tubo cemento 10"	unidad	6300.00	26.60	167580.00
1.3	Tubo cemento 12"	unidad	552.00	45.16	24928.32
1.4	Tubo cemento 16"	unidad	1152.00	42.50	48960.00
1.5	Arena de río	m3	21.00	65.00	1365.00
1.6	Cemento Pórtland	saco	186.00	34.40	6398.40
	Total del renglón				250476.72
2	Pozos de Visita				
2.1	Ladrillo tayuyo 23x11x6.6	millar	114.28	880.00	100564.20
2.2	Cemento Pórtland	saco	1147.00	34.40	39456.80
2.3	Arena de río	m3	111.60	105.00	11718.00
2.4	Piedrín	m3	43.40	150.00	6510.00
2.5	Hierro No. 2 G-40	varilla	102.30	4.77	487.97
2.6	Hierro No. 3 G-40	varilla	91.14	13.57	1236.77
2.7	Hierro No. 4 G-40	varilla	170.50	23.67	4035.74
2.8	Alambre de amarre	libra	68.20	2.27	154.81
2.9	Formaleta	p-t	186.00	3.00	558.00
2.10	Clavo de 3 "	libra	124.00	2.60	322.40
	Total del renglón				165044.69
3	Conexiones Domiciliares				
3.1	Tubo cemento 16"	unidad	342.00	42.50	14535.00
3.2	Tubo cemento 6"	unidad	1368.00	16.00	21888.00
3.3	Cemento Pórtland	saco	68.00	34.40	2339.20
3.4	Arena de río	m3	70.00	105.00	7350.00
3.5	Piedrín	m3	86.00	150.00	12900.00
3.6	Hierro No. 3 G-40	varilla	171.00	13.57	2320.47
3.7	Alambre de amarre	libra	17.00	2.27	38.59
3.8	Formaleta	p-t	10.00	3.00	30.00
3.9	Clavo de 3 "	libra	17.00	2.60	44.20
	Total del renglón				61445.46
4	Resanado de Pavimento				
4.1	Cemento Pórtland	saco	7670.40	34.40	263861.76
4.2	Arena de río	m3	424.13	105.00	44533.44
4.3	Piedrín	m3	640.70	150.00	96105.60
	Total del renglón				404500.80
	Total materiales				881467.67
	10% imprevistos				88146.77
	Total general materiales				969614.44

Tabla X. Presupuesto drenaje sanitario B

Detalle de gastos administrativos		
No.	Descripción	Sub-total (Q.)
1	Alquiler de bodega	12000.00
2	Honorarios de planillero, bodeguero.	84000.00
3	Honorarios de Técnico en acueductos por 24 meses	96000.00
	TOTAL	192000.00
Detalle de transporte de materiales y ripio		
No.	Descripción	Costo (Q.)
1	Transporte de tubería de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 1200.00/viaje	56400.00
2	Transporte de cemento de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	26000.00
3	Transporte de acero de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	4000.00
4	Transporte de clavo y alambre de amarre de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	2000.00
5	Transporte de ladrillo tayuyo de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	6000.00
6	Transporte de ripio a razón de Q. 400.00/viaje	30000.00
	TOTAL TRANSPORTE	124400.00
	10% IMPREVISTOS	12440.00
	TOTAL GENERAL TRANSPORTE	136840.00

Tabla XI. Presupuesto drenaje sanitario C

Presupuesto de mano de obra					
No.	Renglón de trabajo	Unidad	Costo (Q.)	Cantidad	Sub-total (Q.)
1	Corte y retiro de pavimento	m2	20.00	6016.00	120320.00
2	Excavación	m3	15.00	14730.32	220954.80
3	Relleno	m3	12.00	12520.77	150249.26
4	Retiro de sobrante	m3	10.00	1473.03	14730.32
5	Colocación de tubería de cemento 6"	unidad	5.00	1368.00	6840.00
6	Colocación de tubería de cemento 8"	unidad	7.00	60.00	420.00
7	Colocación de tubería de cemento 10"	unidad	9.00	6300.00	56700.00
8	Colocación de tubería de cemento 12"	unidad	11.00	552.00	6072.00
9	Colocación de tubería de cemento 16"	unidad	15.00	1152.00	17280.00
10	Levantado y acabado de pozo de visita	ml	125.00	253.95	31743.75
11	Fundido y armado de pozo de visita	unidad	60.00	62.00	3720.00
12	Fundido y armado de brocal	unidad	60.00	62.00	3720.00
13	Instalación domiciliar	unidad	90.00	342.00	30780.00
14	Fundido y armado de domiciliar	unidad	25.00	342.00	8550.00
15	Resanado de pavimento	m2	15.00	6016.00	90240.00
16	Personal de apoyo	jornal	30.00	2600.00	78000.00
	TOTAL				840320.13
	75% PRESTACIONES				630240.10
	TOTAL MANO DE OBRA				1470560.23
Cuadro de resumen de costos por renglón					
No.	Renglón	Costo (Q.)	Imprev. (Q.)	Prest. (Q.)	Sub-total (Q.)
1	Materiales	881467.67	88146.77		969614.44
2	Gastos administrativos	192000.00			192000.00
3	Transporte	124400.00	12440		136840.00
4	Mano de obra	840320.13		630240.10	1470560.23
	COSTO TOTAL	2038187.80	100586.77	630240.10	2769014.67

Usuarios actuales 1825.
Longitud total 5998.83 m.

Costo por Usuario (Q.) 1517.27
Costo por ml (Q.) 461.59

Tabla XII. Presupuesto drenaje pluvial A

Integración de costos					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q.)	Sub-total (Q.)
1	Línea Central				
1.1	Tubo cemento 10"	unidad	5373	26.60	142930.67
1.2	Tubo cemento 12"	unidad	1329	45.16	59997.70
1.3	Tubo cemento 16"	unidad	828	42.50	35179.51
1.4	Tubo cemento 18"	unidad	413	60.00	24767.14
1.5	Tubo cemento 24"	unidad	134	100.85	13542.71
1.6	Arena de río	m3	76.00	105.00	7980.00
1.7	Cemento Pórtland	saco	674.00	34.40	23185.60
	Total del renglón				307583.34
2	Pozos de Visita				
2.1	Ladrillo tayuyo 23x11x6.6	millar	95.25	880.00	83821.32
2.2	Cemento Pórtland	saco	1165.50	34.40	40093.20
2.3	Arena de río	m3	113.40	105.00	11907.00
2.4	Piedrín	m3	44.10	150.00	6615.00
2.5	Hierro No. 2 G-40	varilla	103.95	4.77	495.84
2.6	Hierro No. 3 G-40	varilla	92.61	13.57	1256.72
2.7	Hierro No. 4 G-40	varilla	173.25	23.67	4100.83
2.8	Alambre de amarre	libra	69.30	2.27	157.31
2.9	Formaleta	p-t	189.00	3.00	567.00
2.10	Clavo de 3 "	libra	126.00	2.60	327.60
	Total del renglón				149341.82
3	Tragantes				
3.1	Ladrillo tayuyo 23x11x6.6	millar	66.15	880.00	58212.00
3.2	Tubo cemento 8"	unidad	280.00	20.75	5810.00
3.3	Cemento Pórtland	saco	416.50	34.40	14327.60
3.4	Arena de río	m3	23.03	105.00	2418.15
3.5	Piedrín	m3	34.79	150.00	5218.50
3.6	Hierro No. 2 G-40	varilla	136.50	4.77	651.11
3.7	Hierro No. 3 G-40	varilla	102.90	13.57	1396.35
3.8	Alambre de amarre	libra	49.00	2.27	111.23
3.9	Formaleta	p-t	140.00	3.00	420.00
3.10	Clavo de 3 "	libra	105.00	2.60	273.00
	Total del renglón				88837.94
4	Resanado de Pavimento				
4.1	Cemento Pórtland	saco	7235.88	34.40	248914.27
4.2	Arena de río	m3	400.10	105.00	42010.67
4.3	Piedrín	m3	604.41	150.00	90661.32
	Total del renglón				381586.26
	TOTAL MATERIALES				927349.35
	10% IMPREVISTOS				92734.94
	TOTAL GENERAL MATERIALES				1020084.29

Tabla XIII. Presupuesto drenaje pluvial B

Detalle de gastos administrativos		
No.	Descripción	Sub-total (Q.)
1	Alquiler de bodega	8000.00
2	Honorarios de planillero, bodeguero.	54000.00
3	Honorarios de Técnico en acueductos por 18 meses	72000.00
	TOTAL	134000.00
Detalle de transporte de materiales y ripio		
No.	Descripción	Costo (Q.)
1	Transporte de tubería de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 1200.00/viaje	66000.00
2	Transporte de cemento de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	25000.00
3	Transporte de acero, clavos y alambre de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	2000.00
4	Transporte de ladrillo tayuyo de Guatemala a Pasaco a razón de Q. 2000.00/viaje	4000.00
5	Transporte de ripio a razón de Q.400.00/viaje	30000.00
	TOTAL TRANSPORTE	127000.00
	10% IMPREVISTOS	12700.00
	TOTAL GENERAL TRANSPORTE	139700.00

Tabla XIV. Presupuesto drenaje pluvial C

Presupuesto de mano de obra					
No.	Renglón de trabajo	Unidad	Costo (Q.)	Cantidad	Sub-total (Q.)
1	Corte y retiro de pavimento	m2	20.00	5675.20	113504.00
2	Excavación	m3	15.00	12255.73	183835.95
3	Relleno	m3	12.00	10417.37	125008.45
4	Retiro de sobrante	m3	10.00	1225.57	12255.73
5	Colocación de tubería de cemento 8"	unidad	7.00	252.00	1764.00
6	Colocación de tubería de cemento 10"	unidad	9.00	5373.33	48360.00
7	Colocación de tubería de cemento 12"	unidad	11.00	1328.56	14614.14
8	Colocación de tubería de cemento 16"	unidad	15.00	827.75	12416.30
9	Colocación de tubería de cemento 18"	unidad	17.00	412.79	7017.36
10	Colocación de tubería de cemento 24"	unidad	23.00	134.29	3088.57
11	Levantado y acabado de pozo de visita	ml	125.00	211.67	26458.75
12	Fundido y armado de pozo de visita	unidad	60.00	63.00	3780.00
13	Fundido y armado de brocal	unidad	60.00	63.00	3780.00
14	Levantado y acabado de tragante	ml	90.00	70.00	6300.00
15	Fundido y armado de tragante	unidad	25.00	70.00	1750.00
16	Resanado de pavimento	m2	15.00	5675.20	85128.00
17	Personal de apoyo	jornal	30.00	1950.00	58500.00
	TOTAL				707561.25
	75% PRESTACIONES				530670.93
	TOTAL MANO DE OBRA				1238232.18
Cuadro de resumen de costos por renglón					
No.	Renglón	Costo (Q.)	Imprev. (Q.)	Prest. (Q.)	Sub-total (Q.)
1	Materiales	927349.35	92734.94		1020084.29
2	Gastos administrativos	134000.00			134000.00
3	Transporte	127000.00	12700.00		139700.00
4	Mano de obra	707561.25		530670.93	1238232.18
	COSTO TOTAL	1895910.60	105434.94	530670.93	2532016.47

Longitud total 6072.43 m.

Costo por ml (Q.) 416.97

Tabla XV. Presupuesto total

No.	Renglón	Costo (Q.)	Imprev. (Q.)	Prest. (Q.)	Sub-total (Q.)
1	Materiales	1808817.02	180881.70		1989698.72
2	Gastos administrativos	326000.00			326000.00
3	Transporte	251400.00	25140.00		276540.00
4	Mano de obra	1547881.38		1160911.04	2708792.42
	COSTO TOTAL (Q)	3934098.40	206021.70	1160911.04	5301031.14
	COSTO TOTAL (\$)	497987.14	26078.70	146950.76	671016.60

	Costo por habitante	
Habitantes actuales 1825.	(Q.)	2904.67
Longitud total 12071.26 m.	Costo por ml (Q.)	439.14

CONCLUSIONES

1. Se diseñó un sistema de drenaje separativo, porque las instituciones que invierten en este tipo de proyectos no autorizan la construcción de sistemas combinados, además se presenta la posibilidad de construir el drenaje sanitario y pluvial en diferentes etapas y por la economía que se obtiene en el tratamiento de las aguas negras.
2. La realización del proyecto de drenaje sanitario beneficiará al pueblo de Pasaco de múltiples maneras, de las cuales se pueden mencionar: la eliminación de focos de contaminación y proliferación de enfermedades y se mejorará el ornato de la aldea entre otras.
3. La realización del proyecto de drenaje pluvial ayudará a evitar la erosión de las calles del pueblo, además de brindar a los habitantes del lugar la oportunidad de trabajar en beneficio de su comunidad.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado, permite aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, en la solución de problemas reales que se presentan frecuentemente en áreas urbanas y rurales, dando lugar a que se adquiriera experiencia, madurez y criterio.

RECOMENDACIONES

1. Contratar a un ingeniero civil residente para la supervisión de cada uno de los proyectos con lo que se garantice la aplicación de especificaciones, normas de diseño, la nivelación para el trazo de los sistemas, esto último para garantizar que las pendientes mínimas no se inviertan y así los sistemas funcionarán correctamente.
2. Utilizar los materiales de construcción con las calidades establecidas en las especificaciones y los planos, y que el ejecutor sea calificado para realizar un trabajo de óptima calidad.
3. Una vez finalizada la construcción de dichos proyectos, se brinde el mantenimiento de limpieza, supervisión y cuidado correspondiente, con el objeto de obtener obras durables y en buen estado.
4. Ampliar la planta de tratamiento de aguas negras que está funcionando actualmente, ya que ésta planta no se dará abasto con el caudal esperado al final del período de diseño del sistema de drenaje sanitario.

5. Que el Ejercicio Profesional Supervisado se proyecte hacia las comunidades del interior del país, especialmente en las áreas rurales donde es escasa la asistencia estatal, detectando las problemáticas existentes para luego formular y crear proyectos de solución.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Ripiele, Ricardo A. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1989.
2. Estrada Hurtado, Gustavo Adolfo. Diseño de alcantarillado sanitario para la aldea Rincón Chiquito, Zaragoza, Chimaltenango. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1990.
3. Ixquiac Bámaca, Carlos R. Planificación y diseño del sistema de drenaje sanitario del cantón La Libertad, Olinstepeque, Quetzaltenango y tanque de distribución del sistema de agua potable para un sector de la zona 1 de Quetzaltenango. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1997.
4. Martín González, Eduardo Antonio de la Trinidad. Diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea de San José, municipio de Villa Nueva. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1998.

5. Simmons, Charles S. y otros. **Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala.** Edición en español. Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra. 1959.

APÉNDICE

Figura 3. Plano de curvas de nivel

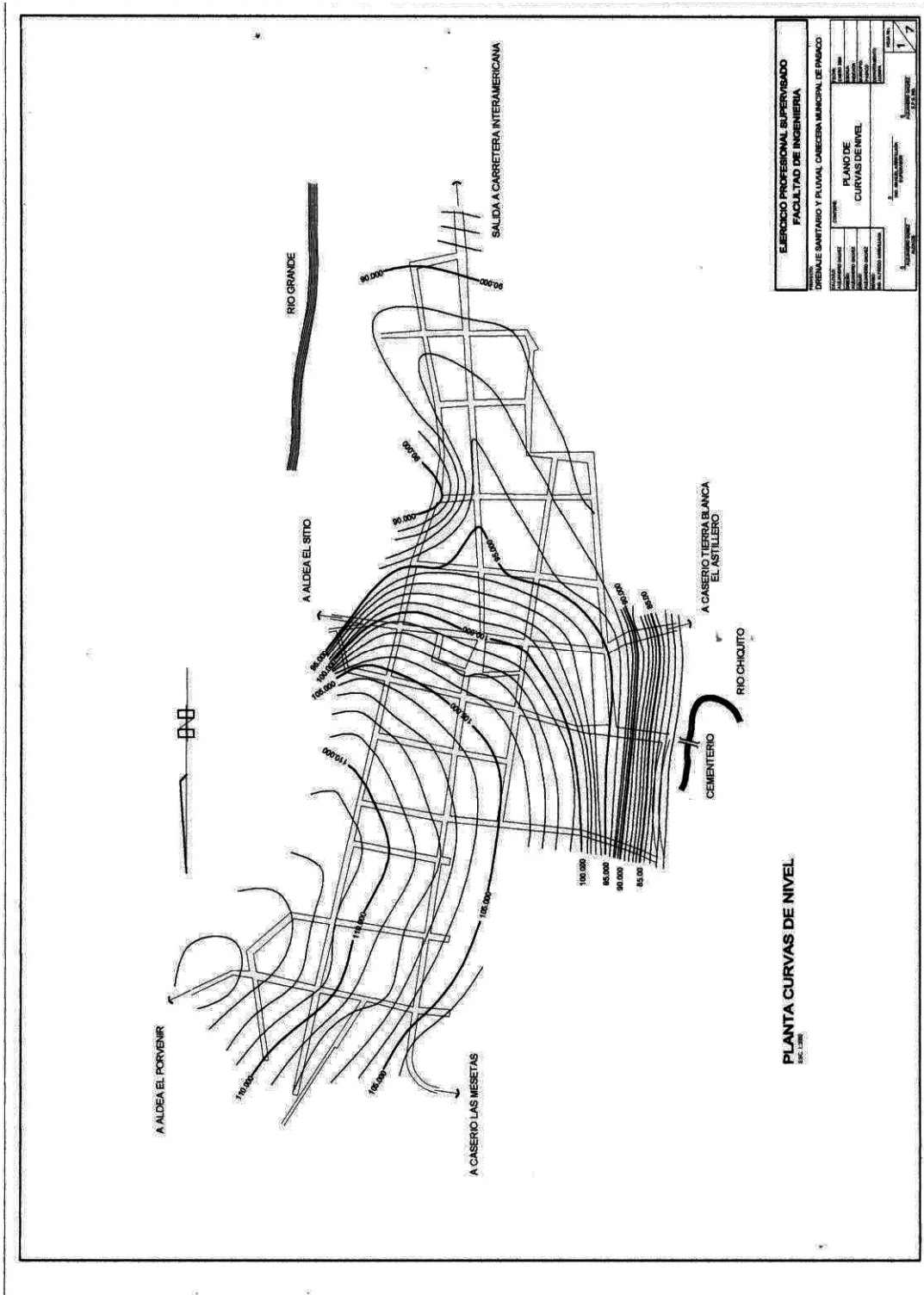


Figura 4. Plano de drenaje sanitario

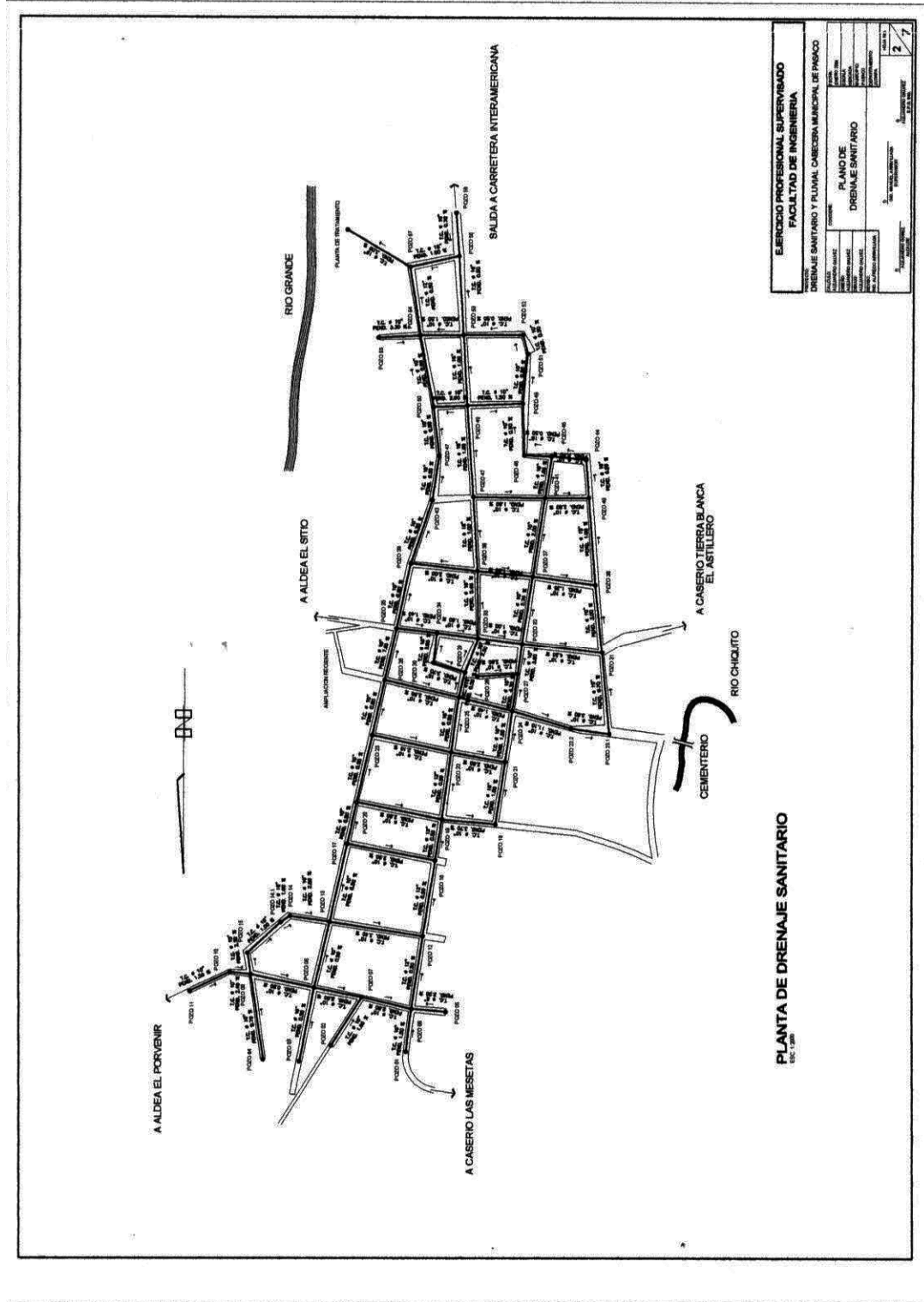


Figura 5. Plano de perfiles de drenaje sanitario

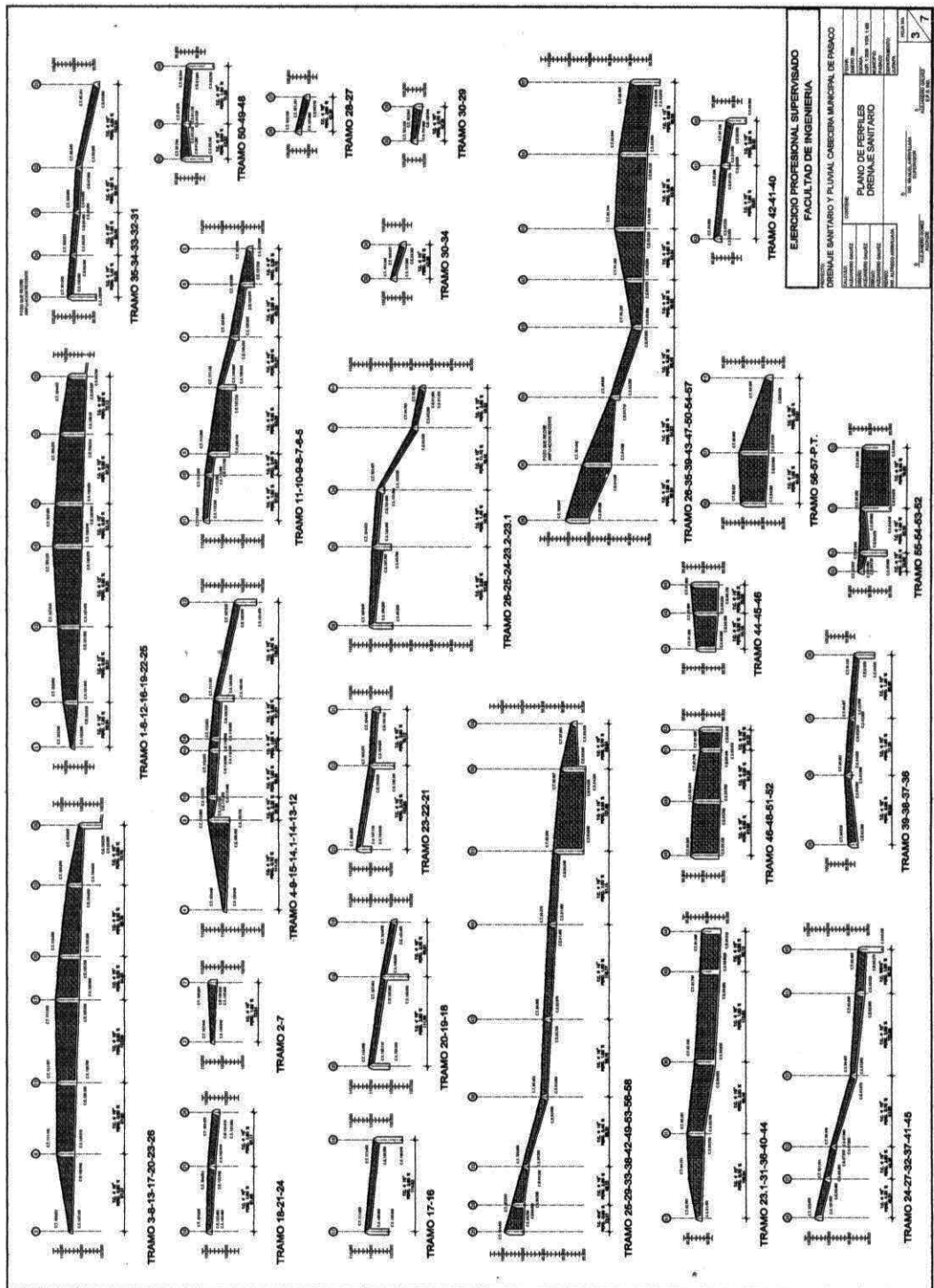


Figura 9. Plano de detalles de pozos B

