



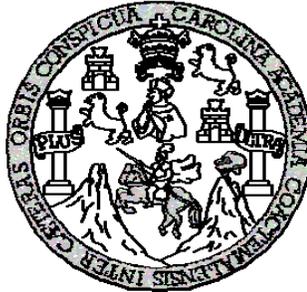
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO DE LA COLONIA LAS BRISAS DE LA CIUDAD DE
CHIQUMULA**

RAMÓN ESTUARDO QUIJADA SAGASTUME
Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE
LA COLONIA LAS BRISAS DE LA CIUDAD DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RAMÓN ESTUARDO QUIJADA SAGASTUME

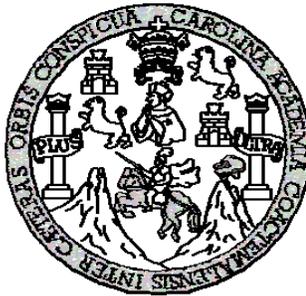
ASESORADO POR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO DE LA COLONIA LAS BRISAS DE LA CIUDAD DE
CHIQUMULA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 10 de septiembre de 2003.

Ramón Estuardo Quijada Sagastume

DEDICATORIA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

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

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

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

DEDICATORIA DEL ACTO DE GRADUACIÓN

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

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

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

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

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	VIII
GLOSARIO	X
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN

1.1. Antecedentes históricos	1
1.2. Características geográficas	1
1.2.1. Ubicación geográfica y extensión territorial	1
1.2.2. Colindancias y localización	2
1.2.3. Demografía	2
1.2.4. Vías de acceso	2
1.2.5. Topografía	3
1.2.6. Clima e hidrografía	3
1.3. Características económicas.....	4
1.3.1. Tenencia de la tierra	4
1.3.2. Producción agropecuaria	4
1.3.3. Actividad comercial	5
1.3.4. Actividad industrial	5
1.4. Características socioculturales	5
1.4.1. Población	5
1.4.2. Urbanización.....	6
1.4.3. Población Económicamente Activa.....	6

1.4.4. Producto Interno Bruto	6
1.4.5. Educación.....	7
1.4.6. Infraestructura y servicios básicos.....	7
1.4.7. Recursos naturales y áreas turísticas.....	7

2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1. Levantamiento topográfico.....	9
2.1.1. Altimetría	9
2.1.2. Planimetría	10
2.2. Tipos de sistemas de alcantarillado	10
2.2.1. Alcantarillado sanitario	10
2.2.2. Alcantarillado separativo	10
2.2.3. Alcantarillado combinado	10
2.3. Partes de un alcantarillado.....	11
2.3.1. Colector	11
2.3.2. Pozos de visita	11
2.3.3. Conexiones domiciliarias.....	12
2.4. Período de diseño	13
2.5. Población futura	14
2.6. Determinación del caudal.....	14
2.6.1. Consideraciones generales	14
2.6.1.1. Caudal.....	14
2.6.1.2. Velocidad de flujo.....	15
2.6.1.3. Tirante o profundidad de flujo	15
2.6.2. Caudal sanitario	15
2.6.2.1. Caudal domiciliar.....	15
2.6.2.2. Caudal industrial	16
2.6.2.3. Caudal comercial	17

2.6.2.4.	Caudal por conexiones ilícitas.....	17
2.6.2.5.	Caudal por infiltración.....	18
2.6.3.	Caudal medio.....	18
2.6.4.	Factor de caudal medio	19
2.6.4.1.	Factor de Harmond	19
2.6.4.2.	Caudal de diseño	20
2.7.	Fundamentos hidráulicos	20
2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales	20
2.7.2.	Relaciones hidráulicas.....	21
2.8.	Parámetros de diseño hidráulico	24
2.8.1.	Coefficiente de rugosidad	24
2.8.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	24
2.8.3.	Pendiente máxima y mínima.....	26
2.8.4.	Velocidad de diseño	27
2.9.	Parámetros de diseño del alcantarillado.....	27
2.9.1.	Diámetro del colector	27
2.9.2.	Profundidad del colector	28
2.9.2.1.	Profundidad mínima	28
2.9.2.2.	Cotas Invert.....	30
2.9.3.	Ubicación de los pozos de visita.....	31
2.9.4.	Profundidad de los pozos de visita	31
2.9.5.	Características de las conexiones domiciliarias	32
2.10.	Tratamiento de aguas servidas	33
2.10.1.	Importancia del tratamiento de aguas servidas.....	33
2.10.2.	Proceso del tratamiento	34
2.10.2.1.	Primario.....	35
2.10.2.2.	Secundario.....	36
2.10.2.3.	Terciario	36
2.10.3.	Sistemas de tratamiento	37

2.10.4. Limitaciones en la selección	37
--	----

3. VULNERABILIDAD

3.1. Definición	39
3.2. Consideraciones generales.....	39
3.2.1. Amenaza natural	39
3.2.2. Desastre natural	40
3.2.3. Reducción de desastres	40
3.2.4. Medidas generales para reducir desastres.....	41
3.3. Vulnerabilidad de las obras de ingeniería	42
3.3.1. Efectos de los desastres en la infraestructura sanitaria	42
3.4. Vulnerabilidad de una red de alcantarillado	43
3.4.1. Características, efectos y riesgos de las principales amenazas naturales.....	43
3.4.2. Mitigación de los efectos de los desastres naturales.....	45
3.5. Análisis de vulnerabilidad de una red sanitaria	46
3.5.1. Análisis físico.....	46
3.5.2. Análisis operativo	46
3.5.3. Análisis administrativo	47
3.6. Capacidad de respuesta del gobierno local	48
3.7. Importancia de la concienciación y preparación para emergencias a nivel local	48

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA LAS BRISAS

4.1. Descripción general del sistema	51
4.2. Información técnica de diseño.....	51
4.3. Cálculo hidráulico	53
4.4. Memoria de cálculo de un tramo	55

4.5. Propuesta del sistema de tratamiento	57
4.5.1. Descripción general	57
4.5.2. Descripción técnica.....	58
4.5.3. Operación y mantenimiento	59
4.5.4. Equipo electromecánico y básico	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA.....	65
APÉNDICES	67

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Pozo de visita	11
2. Conexión domiciliar.....	13
3. Sección parcialmente llena.....	26
4. Profundidad mínima del colector	29
5. Cotas Invert	31
6. Efecto de los desastre naturales.....	44
7. Plano topográfico.....	75
8. Plano densidad de vivienda.....	77
9. Plano red general	79
10. Plano planta-perfil 1	81
11. Plano planta-perfil 2.....	83
12. Plano planta-perfil 3.....	85
13. Plano detalle de pozo de visita y conexiones domiciliarias.....	87

TABLAS

I. Rango de valores de factor de caudal medio.....	19
II. Relaciones hidráulicas para sección circular	22
III. Factor de rugosidad	24
IV. Dimensiones básicas del colector.....	27
V. Profundidad mínima del colector	29
VI. Ancho de zanja	29
VII. Cálculo hidráulico.....	53

VIII.	Cuantificación de materiales en el colector principal.....	69
IX.	Cuantificación de materiales en los pozos de visita	69
X.	Cuantificación de materiales en las conexiones domiciliarias.....	69
XI.	Cuantificación de mano de obra en el colector principal	70
XII.	Cuantificación de mano de obra en los pozos de visita	70
XIII.	Cuantificación de mano de obra en las conexiones domiciliarias	70
XIV.	Presupuesto de materiales de construcción.....	71
XV.	Presupuesto de mano de obra	72
XVI.	Presupuesto de maquinaria	72
XVII.	Presupuesto de herramienta y equipo	73
XVIII.	Costo de obra accesoria	73
XIX.	Resumen de costos por renglón	74

LISTA DE SÍMBOLOS

r	Tasa de crecimiento poblacional
v	Velocidad del flujo a sección parcial
V	Velocidad del flujo a sección llena
d	Altura del tirante del flujo a sección parcial
D	Diámetro de la tubería
a	Área que abarca el flujo a sección parcial
A	Área transversal de la tubería (caso a/A)
A	Área de terreno (caso $Q=C*I*A$)
q	Caudal de diseño
Q	Caudal a sección llena de la tubería
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de tirantes
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
m/s	Metros por segundo (velocidad)
I	Intensidad de lluvia
C	Coefficiente de escorrentía de una superficie
A	Área
mm/h	Milímetros por hora
F.H	Factor de Harmond
P	Población
n	Coefficiente de rugosidad
R	Radio hidráulico
S	Pendiente
PVC	Material de Cloruro de Polivinilo
EST	Estación

P.O	Punto observado
DIST	Distancia
l/hab/día	Litros por habitante por día (dotación)
Hab.	Habitantes
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
PEA	Población económicamente activa
SEGEPLAN	Secretaria General de Planificación
B.M	Bench Marks (Marcas de nivelación)
F.R	Factor de retorno
F.Q.M	Factor de caudal medio
II	Pi
D.H	Distancia horizontal
P.V	Pozo de visita

GLOSARIO

Aeróbio	Condición que se caracteriza por la presencia de aire u oxígeno libre.
Aguas negras	También llamadas residuales, caudal del requerimiento diario de agua que se desecha habiendo sido utilizada; puede ser domiciliar, comercial o industrial.
Altimetría	Levantamiento topográfico que permite el registro de elevaciones.
Anaeróbio	Condición que se caracteriza por la ausencia de aire u oxígeno libre.
Azimut	El azimut verdadero de una visual, a un objeto terrestre, es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, que está determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
Bacteria	Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila que desempeñan una serie de procesos de tratamiento, incluyendo: oxidación biológica, digestión, nitrificación y desnitrificación.

Caja de registro	Llamada también candela domiciliar; instalación que conecta la tubería proveniente de las viviendas con la tubería secundaria, permite la inspección y control del flujo del caudal domiciliar.
Colector	Conducto principal, generalmente de sección circular, que recolecta y transporta las aguas negras y/o pluviales hasta su disposición final o desfogue.
Contaminación	Efecto nocivo sobre el medio ambiente que afecta a todos los seres vivos.
Desfogue	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un sistema colector, que pueden estar o no previamente tratadas. También denominado descarga.
Dotación	Valor que representa en litros el requerimiento diario de agua por habitante.
Ecuación de Manning	Fórmula que determina la velocidad de un flujo sobre un canal abierto y depende de las variables rugosidad, pendiente y radio hidráulico de la sección.
Lodo activado	Lodo sedimentado que retroalimenta el proceso aeróbico.
Nivelación	Proceso altimétrico que permite el registro de las elevaciones correspondientes a puntos de importancia.

Período de diseño	Período de tiempo durante el cual un sistema presenta las condiciones necesarias para prestar un servicio eficiente.
Planimetría	Levantamiento topográfico que permite proyectar una superficie en un plano horizontal.
Tirante	Altura del flujo sanitario que abarca una sección parcial de tubería.
Vulnerabilidad	Indica el grado en que un sistema está expuesto o protegido del impacto y/o efectos de los estados que le representan una amenaza.

RESUMEN

El informe del diseño del alcantarillado sanitario de la Colonia Las Brisas, de la ciudad de Chiquimula, se orienta a desarrollar lo siguiente:

1. Las investigaciones preliminares que recolectan el contenido que describen las características generales de la población, como los antecedentes históricos, características geográficas y monografía del lugar, así como toda información que permita reconocer la cobertura o deficiencia parcial o total de infraestructura y servicios básicos del área en estudio.
2. Las consideraciones para el diseño del alcantarillado sanitario que contemplan los procesos técnicos necesarios para el levantamiento topográfico, así como de selección del sistema de alcantarillado que se adapta al lugar, la estimación de un caudal sanitario que cumpla con las exigencias de desfogue y un sistema que cumpla con los parámetros de diseño hidráulico para un alcantarillado. Así también se menciona la importancia de brindarle un tratamiento adecuado a las aguas servidas, para lo cual se describen el proceso, tipo y limitaciones en la selección del mismo.
3. También se describe la vulnerabilidad que experimenta un alcantarillado sanitario frente a las amenazas naturales y riesgos a los que está expuesto, así como los efectos que afectan directamente a la población y a otros sistemas en caso de colapso o desastre.

4. Por último, se diseña la red de alcantarillado sanitario de la Colonia Las Brisas y se establece el registro del cálculo hidráulico y la propuesta del sistema de tratamiento.

Con lo anteriormente mencionado se puede concluir que con el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Colonia Las Brisas, de la ciudad de Chiquimula, se permitirá evacuar adecuadamente las aguas residuales provenientes de las viviendas, con lo cual se beneficiará actualmente a más de 700 pobladores, reduciendo así la alteración de los sistemas ambientales, como también, la proliferación de enfermedades gastrointestinales e infectocontagiosas, y se contribuirá al desarrollo y mejora del nivel de vida de sus habitantes.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario de la Colonia Las Brisas, en la Ciudad de Chiquimula, que permita evacuar adecuadamente las aguas residuales provenientes de las viviendas y otras edificaciones, que impiden alcanzar las condiciones plenamente relacionadas con el desarrollo y calidad de vida.

Específicos

- Diseñar un alcantarillado sanitario que garantice la adecuada conducción de las aguas residuales de la Colonia Las Brisas
- Orientar este proyecto como una disposición al mejoramiento y mayor cobertura de la infraestructura y servicios básicos de la Ciudad de Chiquimula
- Establecer la importancia del buen mantenimiento de la red de drenajes que permitan minorizar la vulnerabilidad del sistema
- Definir un medio de mitigación que promueva el saneamiento ambiental que represente una disminución en la alteración del sistema edáfico y en los sistemas ambientales, y evite la pérdida de recursos naturales del sector

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alcantarillado nacen de la necesidad de evacuar y alejar adecuadamente de las viviendas las aguas residuales que contengan todo aquel material orgánico de desecho que perjudique la salud de los pobladores y provoque molestias tales como mal aspecto y olores desagradables y que, a su vez, impiden alcanzar las condiciones plenamente relacionadas con el desarrollo y mejoramiento del nivel de vida.

Ante esta deficiencia que ocurre en plena Ciudad de Chiquimula es necesario tomar las medidas que permitan: una verdadera condición de desarrollo social, minimizar la diseminación de enfermedades gastrointestinales que afectan a los pobladores y un progreso en el saneamiento ambiental que represente una reducción en la alteración del sistema edáfico e hídrico.

Por ello, a través de un sistema de alcantarillado sanitario sencillo y económico, que manipule la dirección del caudal residual, se busca retirar éste del entorno social de la comunidad; y así solventar la inadecuada conducción de aguas residuales a flor de tierra, lo cual beneficiaría a más de 700 pobladores que merecen vivir humanamente, y garantizaría el exitoso engrandecimiento y avance de la ciudad.

Este informe contiene el estudio de los recursos y limitaciones que determinan los factores de diseño y cálculo hidráulico para las características del lugar, como también la información necesaria para incluir medios de mitigación tanto a la vulnerabilidad del sistema de alcantarillado como a la destrucción o pérdida del cuerpo receptor, que algunas veces podría ser explotado para otros propósitos.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN

1.1. Antecedentes históricos

La historia del departamento de Chiquimula se remonta a la época precolombina, cuando formó parte del reino denominado Chiquimulha o Payaquí, cuya capital era Copantí (hoy Copán, en Honduras) y cuyo territorio comprendió el área del Oriente de Guatemala y Occidente de Honduras y El Salvador. En 1825, el país fue dividido políticamente en siete departamentos, siendo Chiquimula uno de ellos.

El departamento de Chiquimula fue creado mediante el Decreto No. 30 del 10 de noviembre de 1871, en el que se establece la separación de Zacapa y Chiquimula.

1.2. Características geográficas

1.2.1. Ubicación geográfica y extensión territorial

El departamento de Chiquimula se encuentra en una latitud Norte de 14°47'58" y una longitud Oeste de 89°32'48". Se ubica a una distancia de 169 kilómetros de la Ciudad Capital y se comunica con ésta por las rutas CA-9 (Ruta al Atlántico) y CA-10.

El municipio de Chiquimula se ubica al Noroeste del departamento del mismo nombre, el cual se localiza en el Oriente del país. Cuenta, como cabecera departamental, con una extensión territorial de 372 km², y representa el 15% del total del área territorial del departamento.

1.2.2. Colindancias y localización

Chiquimula colinda al norte con Zacapa; al este, con Jocotán, San Juan Ermita y San Jacinto; al sur, con San José La Arada y San Jacinto; y al oeste, con Huité y Cabañas.

La Colonia Las Brisas se localiza al suroeste de la ciudad de Chiquimula y políticamente pertenece a la zona 4. Para llegar a ella es necesario recorrer aproximadamente 2.5 km desde el Parque Ismael Cerna (Parque Central del Municipio).

1.2.3. Demografía

En cuanto a la tasa de crecimiento se refiere, el censo más reciente registró un 3.02% para la cabecera departamental. Además, contabilizó un total de 79,815 habitantes, siendo un 48% (38,352) de sexo masculino y un 52% (41,463) de sexo femenino.

1.2.4. Vías de acceso

La principal carretera que atraviesa la cabecera departamental es CA-10, que partiendo de la Ruta al Atlántico, en jurisdicción de Zacapa, conduce a Ciudad de Chiquimula. Desde la ciudad se llega a la Colonia Las Brisas por la vía de entrada al Barrio El Molino, la cual se encuentra adoquinada.

1.2.5. Topografía

La ciudad de Chiquimula cuenta con una topografía ligeramente plana, ya que por estar ubicada en un valle, no excede de pendientes mayores de 3% en el área urbana; sin embargo en los alrededores suelen presentarse excepciones. Pero se cuenta con minicuecas definidas que evacuan las corrientes debido a los fenómenos pluviales.

1.2.6. Clima e hidrografía

El clima es tropical seco; por lo tanto, las temperaturas suelen ser relativamente altas en la cabecera departamental. La estación hidrométrica más cercana, ubicada a unos 25 km del lugar, registra una temperatura media anual de 25.7 °C y una precipitación pluvial media anual de 974 mm. No se conocen las heladas o temperaturas bajas extremas. Su altitud es de 423 metros sobre el nivel del mar.

En la cabecera departamental se encuentran ríos, riachuelos y quebradas, entre los que cabe mencionar Shusho, San José, Jupilingo, Tacó, Xororaguá, Agua Caliente, con la característica de que en verano el caudal disminuye enormemente.

1.3. Características económicas

1.3.1. Tenencia de la tierra

De acuerdo al MAGA, el sector agrícola se compone mayoritariamente por el minifundio (96% de los productores), que tiene el control de solamente el 20% de la tierra, donde se practica principalmente el cultivo de subsistencia (generalmente granos básicos). Por otro lado, el latifundio ocupa el 80% de las tierras y se dedica generalmente a monocultivos tradicionales.

Los pequeños propietarios generalmente están ubicados en tierras marginales no aptas para cultivos o ganadería, mientras que los grandes propietarios controlan las tierras con los mejores suelos aptos para agricultura. Sin embargo, en ambos casos la utilización de los recursos se matiza por el uso deficiente de los recursos suelo, agua y bosque y la práctica de procesos de deterioro ambiental.

1.3.2. Producción agropecuaria

La mayoría de las actividades son de tipo agropecuario, siguiéndole las de tipo comercial. Los principales cultivos son: maíz, frijol, arroz, maicillo, papa, yuca, maní, tomate, melones y sandías.

Entre éstas se puede mencionar la comercialización de aves de corral, ganado vacuno, caballo y porcino.

1.3.3. Actividad comercial

Se cuenta con un mercado municipal, cuya mayor actividad se centra en la carnicería de distintos animales. También existe una plaza municipal donde los días de mercado (jueves y domingo) se comercializan productos como maíz, frijol, hortalizas, además aves de patio.

A otro tipo de comercio se dedican las farmacias, ferreterías, almacenes, agencias bancarias, supermercados, entre otros.

1.3.4. Actividad industrial

En la producción industrial se destacan los refrescos, artículos de tul (petates, canastos), materiales para la construcción (blocks, ladrillos, adoquines, tejas, cal viva y piedrín), artículos de cuero (aparejos, sillas de montar, caites, botas y calzado fino), candelas de cera y parafina, y herrería (puertas, portones, balcones).

1.4. Características socioculturales

1.4.1. Población

Según el último censo, la distribución poblacional que predomina es de un 47% en el área urbana y un 53% en el área rural. Prevalece la población no indígena, con más del 97% de los habitantes, y un pequeño grupo indígena, con menos del 3%.

1.4.2. Urbanización

Actualmente la cabecera tiene siete zonas, formadas cada una por colonias y barrios. La Colonia Las Brisas pertenece a la zona cuatro.

Es importante mencionar que el aumento de propiedades urbanizadas a las orillas de la ciudad, ha prolongado los límites de la misma, de tal forma que varias aldeas vecinas ya se han integrado a la cabecera municipal.

1.4.3. Población Económicamente Activa

De la población en edad activa, mayor de 7 años, que representa el 77.2% de la población total, la población económicamente activa (PEA) es el 38.9%, siendo la no PEA el 61.1%. La mayor parte de la PEA está formada por los hombres del área rural, con un 26.2%.

En el área urbana, en general, la principal rama de actividad son los sectores de comercio y agricultura, con 41%. Para los hombres, son los sectores de agricultura, comercio y construcción, con el 74.1%. Para las mujeres son el comercio y las actividades de servicio, con el 73.8%.

1.4.4. Producto Interno Bruto

De acuerdo a SEGEPLAN, la actividad económica del departamento de Chiquimula, medida por el PIB, tiene un aporte a la economía nacional de aproximadamente 1.4%. Este porcentaje es generado, en orden de importancia, por la agricultura, servicios, comercio, transporte e industria.

1.4.5. Educación

En el área urbana la tasa de cobertura escolar es, en promedio de 18.7%, siendo un 14.9% de hombres y un 21.6% de mujeres.

Los niveles de escolaridad para el departamento en general son bajos, especialmente entre la población femenina. Un 47.2% no tienen ninguna escolaridad, un 43.4% tiene algún grado de educación primaria y menos de 1% cursó algún grado de educación universitaria.

1.4.6. Infraestructura y servicios básicos

En la Ciudad de Chiquimula se cuenta con rastro municipal; beneficio de arroz; agua y drenajes, energía eléctrica, centro de salud y hospital modular; transporte urbano y extra urbano; pista de aterrizaje; escuela cívico militar de agronomía; escuelas de preprimaria y primaria, básicos y diversificados, y centros universitarios.

1.4.7. Recursos naturales y áreas turísticas

La parte alta de la cabecera municipal está cubierta por recurso forestal pinoso. Cuenta con cuerpos de agua y recursos hídricos, como el río San José y el río Pasmó. Entre las áreas turísticas se encuentran la centenaria Iglesia Vieja y la laguna El Jute.

2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1. Levantamiento topográfico

En los levantamientos topográficos de la población se debe tener en cuenta el área edificada y de desarrollo futuro, incluyendo la localización exacta de todas las calles y zonas, edificadas o no; edificios, carreteras, cementerios; todos los pavimentos, anotando su clase y estado; parques públicos, campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyan en los diseños.

2.1.1. Altimetría

El levantamiento altimétrico o nivelación debe hacerse con instrumentos y métodos que permitan una precisión de 1 cm por kilómetro o mejor. Se efectúa sobre el eje de las calles, tomando elevaciones en cruces de calles, distancias no mayores de 20 m, en los puntos de cambio de pendiente del terreno, etc. Las marcas de nivelación (Bench Marks) deben colocarse con anterioridad a los trabajos de nivelación y de tal forma que se asegure complemente su conservación. Este procedimiento puede efectuarse con precisión por medio del método de nivelación simple y/o nivelación compuesta en el o los tramos que se requiera.

2.1.2. Planimetría

El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y, en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia. Generalmente los datos se obtienen a partir del método de conservación de azimut, por tener la ventaja de que permite conocer el error de cierre.

2.2. Tipo de sistemas de alcantarillado

2.2.1. Alcantarillado sanitario

Es el que conduce las aguas residuales provenientes de las viviendas; puede recolectar algunos desechos comerciales e industriales, pero no está diseñado para las aguas provenientes de las lluvias.

2.2.2. Alcantarillado separativo

Evacua independientemente el caudal sanitario de las aguas provenientes de las lluvias. Se diseña cuidadosamente para que no exista interconexión entre ellas y evitar así el intercambio de presión, gases, etc., y se garantice su eficiente funcionamiento.

2.2.3. Alcantarillado combinado

Se diseñan para transportar la combinación de aguas residuales y las aguas provenientes de las lluvias.

2.3. Partes de un alcantarillado

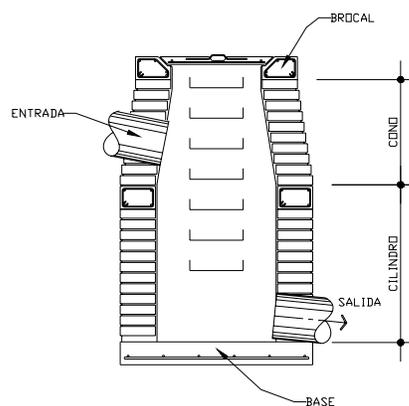
2.3.1. Colector

Es el conducto principal, generalmente de sección circular, que transporta las negras y/o pluviales. Generalmente está situado al centro de las calles y conduce las aguas a su disposición final o desfogue.

2.3.2. Pozos de visita

Son estructuras construidas con el objeto de conectar los distintos ramales de una red de alcantarillado; además, cumplen una función de acceso para limpieza e inspección en los mismos. Son de sección circular y con un diámetro mínimo de 1.20 m; las paredes se construyen con mampostería de ladrillo, cuyo fondo es una losa de concreto reforzado. La parte superior tiene forma de cono truncado y lleva una tapadera circular, que permite el acceso al interior del pozo.

Figura I. Pozo de visita



2.3.3. Conexiones domiciliarias

Son instalaciones que unen las aguas provenientes de las viviendas o edificios, con el sistema municipal o público de drenaje. Están formadas por la caja de registro y la tubería secundaria.

Constan de las siguientes partes:

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

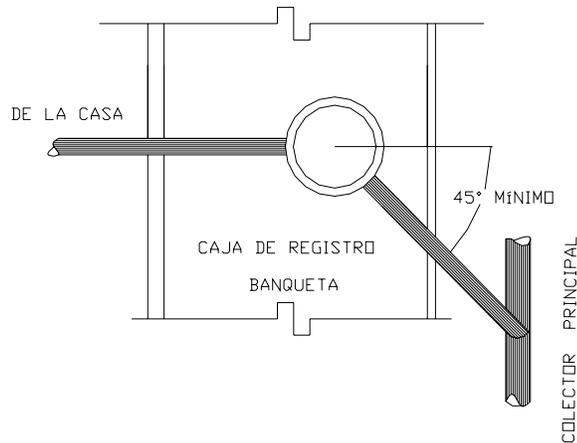
a) Caja o candela

Es un elemento que permite la inspección y control del flujo del caudal de aguas negras proveniente de las viviendas hacia el colector principal. Puede ser construido de mampostería o de tubos de concreto colocados verticalmente, deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar las inspecciones.

b) Tubería secundaria

Es la tubería que permite la conexión de la candela domiciliar con la tubería central, a efecto de evacuar adecuadamente el agua residual proveniente de las viviendas.

Figura II. Conexión domiciliar



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

2.4. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado se proyectan para llenar adecuadamente su función durante un período de 20 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño, en función de la capacidad económica del lugar y la vida útil del material.

2.5. Población futura

Es la proyección de la población actual que determina el aporte de caudales al sistema al final del período de diseño; el método de incremento geométrico es práctico y se define por la ecuación:

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

Donde:

- P = Población futura
- P_o = Población inicial
- r = Tasa de crecimiento
- n = Años transcurridos

2.6. Determinación del caudal

2.6.1. Consideraciones generales

2.6.1.1. Caudal

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Recorre el drenaje por gravedad como un canal abierto; es decir, no experimenta presión más que la presión atmosférica, y está expresado en m³/s o l/s.

2.6.1.2. Velocidad de flujo

La velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, así como por el diámetro y tipo de tubería que se utiliza. Se determina por la fórmula de Manning para sección llena y por las relaciones hidráulicas de v/V para sección parcialmente llena.

La velocidad de arrastre es la mínima velocidad del flujo, que evita que los sólidos se sedimenten y de esa manera inhabiliten el sistema. Por lo tanto, la velocidad de arrastre es la que asegura un buen funcionamiento del sistema cuando éste se encuentra funcionando en su límite más bajo, es decir, cuando el valor de la relación d/D es igual a 0.10.

2.6.1.3. Tirante o profundidad de flujo

El buen funcionamiento del drenaje sanitario depende de las condiciones hidráulicas que se presenten; así, la altura del tirante que permite el arrastre de sólidos es del 10% del diámetro de la tubería y menor al 75% de la misma, lo cual garantiza su funcionamiento como canal abierto.

2.6.2. Caudal sanitario

2.6.2.1. Caudal domiciliar

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

Una parte de ésta no será llevada al alcantarillado, como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor que varía entre 0.70 a 0.90, el cual queda integrado de la siguiente manera:

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

Donde:

- Q_{dom} = Caudal domiciliar (l/s)
- No. Hab. = Número de habitantes
- Dot. = Dotación (l/hab/día)
- F.R = Factor de retorno

2.6.2.2. Caudal industrial

Es el agua desechada proveniente de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada, se puede estimar entre 1,000 y 18,000 litros/industria/día, lo cual depende del tipo de industria.

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

Donde:

- Q_{ind} = Caudal industrial (l/s)
- No. Ind. = Número de industrias
- Dot. = Dotación (l/industria/día)

2.6.2.3. 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 litros/comercio/día.

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

Donde:

- Q_{com} = Caudal comercial (lts/s)
- No. Com. = Número de comercios
- Dot. = Dotación (lts/comercio/día)

2.6.2.4. Caudal por conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas que varía de 0.5 a 2.5%.

Éste se calcula por medio de la fórmula del método racional, ya que tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

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

Donde:

- $Q_{C.I}$ = Caudal (m^3/s)
- C = Coeficiente de escorrentía, el que depende de las condiciones del suelo y la topografía del área a integrar
- I = Intensidad de lluvia (mm/hora)

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

2.6.2.5. Caudal por infiltración

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

Su cálculo incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias. Aceptando un valor de 6.00 m por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km/día.

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

Donde:

Q_{Inf} = Caudal por infiltración (l/s)
Long. Tub. = Longitud de la tubería del colector en km
Dot. = Dotación (l/kilómetro/día)
No. Casas = Número de casas

2.6.3. Caudal medio

Es la suma de los caudales provenientes de viviendas, industrias, comercios, y los dados por conexiones ilícitas e infiltración. Definido así, se descarta todo aquel caudal que, dada la situación o propiedades de la red, no contribuya al sistema; sin embargo en el caso de conexiones ilícitas es necesario abarcar un dato que represente cualquier caudal ilícito.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{C.I} + Q_{inf}$$

2.6.4. Factor de caudal medio

Es el factor que registra la cantidad de caudal sanitario por poblador que se produce en un día, y sirve como parámetro de diseño de la red. Está definido por la siguiente ecuación:

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

Donde:

F.Q.M = Factor de caudal medio

Q_{med} = Caudal medio

Se han establecido rangos para este valor, de acuerdo a las instituciones locales son los siguientes:

Tabla I. Rango de valores de factor de caudal medio

INSTITUCIÓN	FQM
INFOM	0.0046
Municipalidad de Guatemala	0.0030
DGOP	0.002-0.005

2.6.5. Factor de Harmond

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

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

Donde:

P = Población futura acumulada en miles

2.6.6. Caudal de diseño

Es el flujo que determina las condiciones hidráulicas de diseño del drenaje sanitario. Básicamente contempla todo aquel caudal que puede transportar el sistema en un momento determinado.

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

Donde:

- Q_{dis} = Caudal de diseño
- No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados
- F.H = Factor de Hardmon
- F.Q.M = Factor de caudal medio

2.7. Fundamentos hidráulicos

2.7.1. Ecuación de Manning para flujo en canales

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

La ecuación que más se utiliza es la de Manning, definida así:

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

Donde:

- V = Velocidad m/s
- R = Radio hidráulico
- S = Pendiente del canal
- n = Coeficiente de rugosidad, propiedad del canal

2.7.2. Relaciones hidráulicas

El proceso de diseño que conlleva relacionar tantas variables resulta muy tedioso; por ello, para simplificar el trabajo que implica dicho proceso se han elaborado muchos métodos que facilitan la práctica. Uno de ellos favorece y hace más breve y sencilla la verificación de datos. Es la tabla de relaciones hidráulicas obtenidas a partir de la ecuación de Manning.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q). Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V) y obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. En la tabla II se muestran las relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular.

Tabla II. Relaciones hidráulicas para sección circular

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

Continuación

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.5262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

2.8. Parámetros de diseño hidráulico

2.8.1. Coeficiente de rugosidad

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

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

Tabla III. Factor de rugosidad

MATERIAL	FACTOR DE RUGOSIDAD
Superficie de mortero de cemento	0.011-0.030
Mampostería	0.017-0.030
Tubo de concreto Diám. < 24"	0.011-0.016
Tubo de concreto Diám. > 24"	0.013-0.018
Tubo de asbesto cemento	0.009-0.011
Tubería de PVC	0.006-0.011

2.8.2. Sección llena y parcialmente llena

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

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

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

El caudal que transportará:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = Caudal a tubo lleno (lts/s)

A = Área de la tubería (m²)

V = Velocidad a sección llena (m/s)

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

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

$$p = D/2 * \theta * \pi/360$$

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

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

$$q = a * v$$

$$d = D/2 * (1 - \cos \theta/2)$$

Donde:

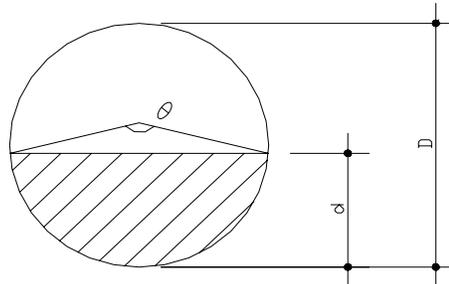
D = Diámetro del tubo

d = Tirante de la sección

v = Velocidad a sección parcial

q = Caudal a sección parcial

Figura 3. Sección parcialmente llena



2.8.3. Pendiente máxima y mínima

Para reducir los costos por excavación, la pendiente de la tubería deberá adaptarse a la pendiente del terreno. Sin embargo, en todos los casos se tiene que cumplir con las especificaciones hidráulicas que rigen también el tirante permitido.

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

- Que $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
- La velocidad debe estar comprendida entre:
$$0.30 \leq v \leq 3.00 \text{ (m/s)}$$
$$0.30 \leq v \text{ para facilitar el arrastre de los sólidos}$$
$$v \leq 2.40 \text{ para evitar el deterioro de la tubería}$$
- El tirante debe estar entre:
$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

para evitar condiciones de presión

2.8.4. Velocidad de diseño

La velocidad para la que se diseñarán los sistemas de alcantarillado deberá estar dentro del rango siguiente:

$$0.30 \text{ m/s} < v < 3.00 \text{ m/s}$$

2.9. Parámetros de diseño del alcantarillado

2.9.1. Diámetro del colector

El diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño de alcantarillado sanitario es de 8 pulgadas cuando se trabaja con tubería de concreto; esto se debe a requerimientos de flujo y limpieza, con lo cual se evitan las obstrucciones en la tubería. En tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC), el diámetro mínimo es de 6 pulgadas.

Tabla IV. Dimensiones básicas del colector

Diámetro nominal D_n		Diámetro interior D_i		Diámetro exterior D_e	
mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100.3	3.950	109.2	4.300
150	6	150.1	5.909	163.1	6.420
200	8	200.2	7.881	218.4	8.600
250	10	250.1	9.846	273.9	10.786
300	12	297.6	11.715	325.0	12.795
375	15	364.2	14.338	397.7	15.658
450	18	445.8	17.552	486.5	19.152
600	24	596.1	23.469	649.7	25.580

2.9.2. Profundidad del colector

La profundidad en que descansa la tubería debe ser tal que las inclemencias del tiempo no representen riesgo alguno para la condición física de la tubería; pero, aún más, para evitar las cargas del tráfico transmitidas por el suelo.

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

- a) Para tráfico liviano (menor a 2 toneladas) = 1.00 m
- b) Para tráfico pesado (mayor a 2 toneladas) = 1.20 m

2.10.2.1. Profundidad mínima

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, y tomando en cuenta que existen diferentes diámetros de tubería con los cuales se diseña un drenaje sanitario, se presenta a continuación una tabla que tabula los valores de la profundidad mínima para distintos diámetros y condiciones de tráfico liviano y pesado.

Figura 4. Profundidad mínima del colector

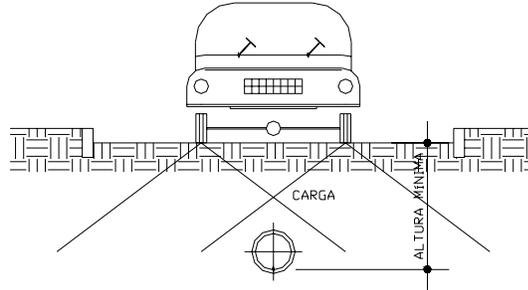


Tabla V. Profundidad mínima del colector

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁFICO LIVIANO	111	117	122	128	134	140	149	165
TRÁFICO PESADO	131	137	142	148	154	160	169	185

Para llegar a éstas y otras profundidades debe abrirse paso a la excavación de zanjas en la dirección de los puntos que determinan la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad requeridos por la tubería a colocar.

Tabla VI. Ancho de zanja

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

2.10.2.2. Cota Invert

Es la cota de nivel que determina la colocación de la parte interior inferior de la tubería que conecta dos pozos de visita. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado, se calculan de la siguiente manera:

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

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

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

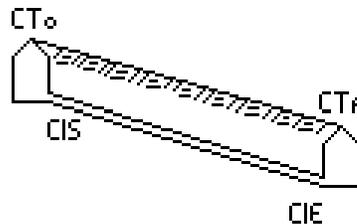
$$CIE = CIS - D.H * S_{tubo} \%$$

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

Donde:

- CT_f = Cota del terreno final
- CT_i = Cota del terreno inicial
- D.H = Distancia horizontal
- S% = Pendiente
- CIS = Cota Invert de salida
- H_{mín} = Profundidad mínima, de acuerdo al tráfico del sector
- E_{tubo} = Espesor de la tubería
- φ = Diámetro interior de la tubería
- CIE = Cota Invert de entrada

Figura 5. Cotas Invert



2.9.3. Ubicación de los pozos de visita

Se colocan pozos de visita cuando se presente cualquiera de las siguientes condiciones o cualquier combinación de ellas:

- a) En el inicio de cualquier ramal
- b) En intersecciones de dos o más tuberías
- c) Donde exista cambio de diámetro
- d) En distancias no mayores de 100 m.
- e) En las curvas no más de 30 m.
- f) En cambio de pendiente.

2.9.4. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad del pozo de visita al inicio del tramo está definida por la cota Invert de salida; es decir, está determinada de la siguiente manera:

$$H_{p.v} = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota Invert de salida del tramo} + 0.10$$

Debe considerarse que la cota del terreno y la cota Invert son medidas altimétricas, mientras que la profundidad de pozo mide un desplazamiento vertical hacia abajo. Así, en un pozo, una cota Invert menor indica mayor profundidad y una cota Invert mayor indica menor profundidad; por otro lado, una profundidad de pozo menor es realmente una profundidad menor y una profundidad mayor es realmente una profundidad mayor.

2.9.5. Características de las conexiones domiciliarias

Generalmente las conexiones domiciliarias están dotadas de una caja de registro construida de mampostería de 45 cm² como mínimo, o de un tubo de concreto de 12" como diámetro mínimo, ambas a una profundidad mínima de 0.90 m.

También cuentan con una tubería con pendiente entre el 2% y 6% dirigida al colector 45° aguas abajo y conectada en el mismo en el diámetro superior. Aquella debe de ser de 6", si es de concreto, o de 8" en el caso de tubería de PVC.

2.10. Tratamiento de aguas servidas

2.10.1. Importancia del tratamiento de aguas servidas

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

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

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

- b) Evitar que llegue a ella en forma total o parcial la materia acarreada por los sistemas de alcantarillado

c) Aplicando los procesos que se conocen como **Tratamiento de aguas residuales**

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

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

2.10.2. Proceso del tratamiento

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

Todo proceso de tratamiento contiene varias etapas que son:

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

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

- Rejillas
- Desarenadores

2.10.2.1. Primario

Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables que se encuentran suspendidos, mediante el proceso físico de sedimentación. La actividad biológica en esta etapa tiene poca importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario consiste en disminuir lo suficiente la velocidad de las aguas, para que puedan sedimentarse los sólidos que representan la materia tanto orgánica como inorgánica susceptible de sufrir degradación.

Las unidades de tratamiento más utilizadas en esta etapa son:

- Tanques Imhoff
- Sedimentadores simples o primarios

2.10.2.2. Secundario

Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico, en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica: proceso aerobio (en presencia de oxígeno) y proceso anaerobio (en ausencia de oxígeno).

Los dispositivos que se usan en esta etapa pueden ser:

- Filtro goteador con tanques de sedimentación secundario
- Tanques de aereación
- Filtro percolador (goteador, biofiltro o biológico)
- Filtros de arena
- Lechos de contacto
- Lagunas de estabilización

2.10.2.3. Terciario

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad física-química-biológica adecuada para el uso al que se destina el agua residual, sin riesgo alguno. En este proceso se le da un pulimento al agua de acuerdo a la reutilización que se le pretenda dar a las aguas residuales renovadas.

2.10.3. Sistemas de tratamiento

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

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

2.10.4. Limitaciones en la selección

Para que funcionen eficientemente las plantas de tratamiento se requiere del espacio necesario para su ubicación. La implementación le corresponde a un ingeniero sanitario conocedor del tema, para que éste decida, entre las condiciones que se tengan en cada caso, la más conveniente para el proceso de tratamiento.

También se debe hacer énfasis en que si la planta requiere del uso de energía eléctrica o de combustibles su funcionamiento puede ser abandonado debido a la escasez de recursos en la Colonia. En el caso de que se requiera del uso de equipos mecánicos, como bombas o compresores, éstos necesitan de un servicio adecuado, y debido a que la municipalidad es la encargada de darles el mantenimiento, en la mayoría de los casos no se cuenta con los fondos necesarios para cubrir este rubro.

3. VULNERABILIDAD

3.1. Definición

La vulnerabilidad a los desastres es producto de las acciones humanas. Indica el grado en que un sistema está expuesto o protegido del impacto de las amenazas naturales. Esto depende del estado de los asentamientos humanos y su infraestructura, la manera en que la administración pública y las políticas manejan la gestión del riesgo, y el nivel de información y educación de que dispone una sociedad sobre los riesgos existentes y cómo enfrentarlos.

3.2. Consideraciones generales

3.2.1. Amenaza natural

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

3.2.2. Desastre natural

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

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

3.2.3. Reducción de desastres

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

3.2.4. Medidas generales para la reducción de desastres

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

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

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

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

Asimismo, es necesario subrayar la importancia de contar con perfiles de vulnerabilidad de infraestructura y servicios básicos de otros lugares que cuenten con las características del municipio.

3.3. Vulnerabilidad de las obras de ingeniería

En muchas ocasiones, las obras de ingeniería son construidas en áreas inundables, sobre fallas geológicas y sin un adecuado estudio de suelos, o se incurre en deficiencias del diseño antisísmico. Todo ello demuestra que en un importante número de casos no se efectúan los estudios necesarios para evaluar los riesgos ocasionados por peligros naturales e incorporar las correspondientes medidas para reducir la vulnerabilidad de los mismos.

La composición topográfica de la región centroamericana, más la existencia de fenómenos climáticos que con frecuencia presentan dimensiones catastróficas, tornan las infraestructuras básicas, principalmente las vías de comunicación terrestre, altamente vulnerables a los peligros naturales. Los tramos más vulnerables y las causas de tal vulnerabilidad han sido expresados por las autoridades en materia de transporte terrestre.

3.3.1. Efectos de los desastres en la infraestructura sanitaria

En otros países los fenómenos naturales han provocado que la cobertura de agua entubada y sin tratamiento se vea drásticamente disminuida y la calidad de los servicios existentes, deteriorada, a causa de la contaminación del agua potable por aguas residuales, producto del desbordamiento de alcantarillas, pozos sépticos, letrinas y basura dispersa, además de daños en las viviendas y la concentración de damnificados en albergues.

Los daños ocasionados a la infraestructura sanitaria son mayores como consecuencia de la falta de mantenimiento adecuado de la infraestructura, criterios de diseño que no consideran las amenazas a las que están expuestas los componentes (vulnerabilidad física) y la falta de capacidad del personal administrativo y técnico de las instituciones encargadas de estos sistemas para hacer frente y recuperar las condiciones iniciales con la brevedad posible (vulnerabilidad administrativa).

En lo referente al manejo y disposición de residuos sólidos, las lluvias e inundaciones dispersan la basura acumulada en las aceras de las calles. Los rellenos sanitarios se inundan y los desperdicios son esparcidos por la fuerza de arrastre del agua.

3.4. Vulnerabilidad de una red de alcantarillado

3.4.1. Características, efectos y riesgos de las principales amenazas naturales

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

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

Los más importantes son los siguientes:

- a) Taponamiento de colectores por residuos sólidos

- b) Daño en los elementos del sistema por recarga de acuíferos
- c) Arrastre de tubería y cámaras debido al empuje de aguas subterráneas
- d) Rebosamiento y arrastre de letrinas y de pozos sépticos
- e) Desbordamiento de lagunas de estabilización

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

Otros efectos de los desastre naturales se reflejan la figura 6 que a continuación se presenta:

Figura 6. Efecto de los desastre naturales

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

● posibilidad grave ◐ posibilidad menos grave ○ posibilidad mínima

3.4.2. Mitigación de los efectos de los desastres naturales

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

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

3.5. Análisis de vulnerabilidad de una red sanitaria

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

3.5.1. Análisis físico

El equipo analiza la forma en que funciona el conjunto del sistema. La cobertura, la capacidad de drenaje y la calidad de los efluentes son factores importantes en el sistema de alcantarillado. La información sobre la vulnerabilidad de los componentes específicos (colectores, pozos de visita, plantas de tratamiento, sistemas de drenaje, etc.) indica la forma en que la falla de un componente puede afectar el funcionamiento del conjunto.

3.5.2. Análisis operativo

El equipo analiza el impacto potencial de los distintos desastres sobre cada componente específico, prestando especial atención a la ubicación del componente y a los riesgos del área, a su estado (por ejemplo, corrosión de las tuberías) y a la medida en que el componente resulta esencial para el funcionamiento general del sistema. Se calculan también el tiempo necesario para su reparación y el número posible de conexiones rotas.

Esa información se usa en el plan de preparación para casos de desastres, a fin de indicar la necesidad de proporcionar fuentes alternativas de abastecimiento de agua, el tiempo necesario para restablecer el servicio y cuáles son las conexiones e instalaciones prioritarias que deben ser especialmente vigiladas, reparadas o remplazadas.

Las medidas de mitigación de los sistemas de alcantarillado incluyen la readaptación, la sustitución, la reparación, la colocación de equipos de respaldo y el mejoramiento del acceso. El plan de mitigación puede recomendar que se tomen medidas tales como la reubicación de los componentes (tuberías o estructuras localizadas en terrenos inestables o próximos a vías de agua), la construcción de muros de contención alrededor de las instalaciones, el remplazo de conexiones rígidas o el uso de tuberías flexibles.

La aplicación de las medidas de mitigación a los sistemas ya existentes es compleja y costosa. Las autoridades responsables del mantenimiento del alcantarillado, los administradores y los operadores deben asumir la responsabilidad de garantizar que las medidas de mitigación de desastres formen parte del diseño y el funcionamiento habitual de esos sistemas, y que estén incluidas en el plan maestro y en la ejecución de cualquier ampliación del sistema.

3.5.3. Análisis administrativo

El equipo evalúa la capacidad de la empresa del servicio de abastecimiento de agua de dar una respuesta eficaz por medio de la revisión de su programa de preparación, respuesta y mitigación. Ello incluye los mecanismos para suministrar los fondos y el apoyo logístico necesarios (personal, transporte y equipo) para restablecer el suministro en situaciones de emergencia.

El análisis permite determinar si las medidas de mitigación de desastres están contempladas en el mantenimiento habitual, si se dispone del equipo y los repuestos necesarios para las reparaciones de emergencia y si el personal está capacitado para responder a los desastres.

3.6. Capacidad de respuesta del gobierno local

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

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

3.7. Importancia de la concienciación y preparación para emergencias a nivel local

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

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

La preparación de las comunidades y la coordinación con especialistas es un asunto de información, diálogo y capacitación.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA LAS BRISAS

4.1. Descripción general del sistema

El sistema de alcantarillado se diseña para trabajar como un canal abierto. En la Colonia Las Brisas recorrerá más de 1600 metros entre los se encuentran actualmente 122 viviendas, y cuya estimación dentro de 21 años será de 228 viviendas. Se colocarán 37 pozos de visita en los cuales se producen cambio de dirección o de pendiente del terreno y en intersección de tramos.

4.2. Información técnica de diseño

El diseño de la red de alcantarillado se elabora de acuerdo a las normas ASTM 3034 y las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas (normas utilizadas por el Instituto de Fomento Municipal – INFOM –).

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Período de diseño	21 años
Viviendas actuales	122 casas
Viviendas futuras	228 casas
Densidad de habitantes	6 habitantes/vivienda
Población actual	732 habitantes
Tasa de crecimiento	3.02%
Población de diseño	1368 habitantes
Evacuación	Por gravedad

Colector principal	
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 8"
Conexión domiciliar	
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4"
Pendiente de la tubería	2 a 6%
Pozo de visita	
Ubicación	- Intersección de tramos - Cambio de pendiente del terreno
Altura de cono	1.00 m
Diámetro superior mínimo	0.75 m
Diámetro inferior mínimo	1.20 m
Altura	Variable
Dotación	150 l/hab/día
Factor de retorno	0.85
Velocidad mínima	0.30 m/s
Velocidad máxima	2.40 m/s

4.3. Cálculo hidráulico

Tabla VII. Cálculo hidráulico

DE P.V	A P.V	TERRENO				COLECTOR PRINCIPAL				POZOS DE VISITA				
		COTA		D.H	% S	DÍAM.	% S	PROFUNDIDAD		COTA INVERT		PROFUNDIDAD		DÍAM INICIAL
		INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	ENTRADA	FINAL	
23	22	105.56	105.65	47.47	-0.18	8	1.00	1.22	1.78	104.34	103.87	1.32	1.91	1.20
22	37	105.65	105.46	10.71	1.78	8	2.00	1.81	1.83	103.84	103.63	1.91	1.96	1.20
36	37	107.76	105.46	22.30	10.31	8	7.00	2.00	1.26	105.76	104.20	2.1	1.96	1.50
37	21	105.46	105.28	10.08	1.78	8	1.00	1.86	1.78	103.60	103.50	1.96	1.91	1.20
21	20	105.28	105.05	2.57	8.95	8	9.00	1.81	1.81	103.47	103.24	1.91	1.94	1.20
20	17	105.05	104.34	25.40	2.81	8	2.00	1.84	1.63	103.21	102.70	1.94	1.76	1.20
18	17	105.09	104.34	9.05	8.30	8	9.00	1.22	1.28	103.87	103.05	1.32	1.76	1.20
17	16	104.34	103.19	32.96	3.47	8	3.00	1.66	1.51	102.68	101.69	1.76	1.8	1.20
19	16	103.36	103.19	61.22	0.27	8	1.00	1.22	1.67	102.14	101.53	1.32	1.8	1.20
16	15	103.19	102.46	28.28	2.58	8	2.00	1.70	1.54	101.49	100.93	1.8	1.67	1.20
15	14	102.46	100.03	29.04	8.37	8	8.00	1.57	1.46	100.89	98.57	1.67	1.59	1.20
14	10	100.03	100.52	39.84	-1.23	8	1.00	1.49	2.38	98.54	98.14	1.59	2.51	1.20
11	10	104.14	100.52	100.43	3.60	8	4.00	1.22	1.62	102.92	98.90	1.32	2.51	1.20
10	1	100.52	99.94	48.79	1.19	8	1.00	2.41	2.32	98.11	97.62	2.51	2.45	1.50
1	2	99.94	103.82	98.06	-3.95	8	1.00	2.35	7.21	97.59	96.61	2.45	7.49	1.50
11	2	104.14	103.82	47.38	0.68	8	1.00	1.22	1.37	102.92	102.44	1.32	7.49	1.20
2	33	103.82	103.67	60.00	0.25	8	1.00	7.24	7.69	96.58	95.98	7.49	7.82	2.00
33	3	103.67	101.14	59.71	4.24	8	1.00	7.72	5.79	95.96	95.35	7.82	6.07	2.00
31	3	99.99	101.14	47.10	-2.44	8	1.00	1.22	2.84	98.77	98.30	1.32	6.07	1.20
3	4	101.14	100.01	57.37	1.97	8	1.00	5.82	5.27	95.32	94.74	6.07	5.55	2.00
18	11	105.09	104.14	39.66	2.39	8	3.00	1.22	1.46	103.87	102.68	1.32	1.32	1.20
11	34	104.14	104.37	55.00	-0.42	8	1.00	1.49	2.27	102.65	102.10	1.59	2.4	1.20
34	12	104.37	103.03	53.91	2.48	8	2.00	2.30	2.04	102.07	100.99	2.4	2.17	1.50
26	25	111.95	106.99	21.27	23.30	8	8.00	4.50	1.25	107.45	105.75	4.6	1.52	1.75

Continuación

DE P.V	A P.V	TERRENO				COLECTOR PRINCIPAL				POZOS DE VISITA				
		COTA		D.H	% S	DIÁM.	% S	PROFUNDIDAD		COTA INVERT		PROFUNDIDAD		DIÁM. INICIAL
		INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
35	25	108.13	106.99	43.50	2.62	8	3.00	1.22	1.39	106.91	105.61	1.32	1.52	1.20
25	24	106.99	105.38	22.40	7.21	8	7.00	1.42	1.37	105.57	104.01	1.52	1.5	1.20
24	12	105.38	103.03	45.33	5.18	8	5.00	1.40	1.32	103.98	101.71	1.5	2.17	1.20
12	13	103.03	102.01	24.86	4.10	8	4.00	2.07	2.04	100.96	99.97	2.17	2.35	1.50
30	29	105.55	105.55	59.81	0.00	8	1.00	1.22	1.82	104.33	103.73	1.32	1.95	1.20
29	28	105.55	106.67	51.34	-2.17	8	1.00	1.85	3.48	103.70	103.19	1.95	3.61	1.20
28	27	106.67	105.13	38.04	4.05	8	1.00	3.51	2.35	103.16	102.77	3.61	2.48	1.50
24	27	105.38	105.13	25.58	0.99	8	1.00	1.22	1.22	104.16	103.90	1.32	2.48	1.20
27	13	105.13	102.01	49.29	6.32	8	6.00	2.38	2.22	102.75	99.79	2.48	2.35	1.50
13	4	102.01	100.01	18.68	10.70	8	9.00	2.25	1.93	99.76	98.08	2.35	5.55	1.50
4	5	100.01	100.40	26.05	-1.49	8	1.00	5.30	5.95	94.71	94.45	5.55	6.08	1.75
5	6	100.40	102.66	58.88	-3.83	8	1.00	5.98	8.83	94.42	93.83	6.08	8.96	2.00
6	7	102.66	100.60	36.10	5.71	8	1.00	8.86	7.16	93.80	93.44	8.96	7.29	2.00
7	8	100.60	98.44	20.04	10.76	8	1.00	7.19	5.23	93.41	93.21	7.29	5.51	2.00
32	8	99.10	98.44	21.00	3.14	8	4.00	1.22	1.40	97.88	97.04	1.32	5.51	1.20
8	9	98.44	92.42	52.24	11.52	8	4.00	5.26	1.33	93.18	91.09	5.51	1.46	1.75
9	38	92.42	91.01	31.39	4.50	8	2.00	1.36	0.58	91.06	90.43	1.46	-	-

4.4. Memoria de cálculo de un tramo

Tramo	De P.V 16 a P.V 15
Distancia	28.28 m
Cota de terreno	Inicial 103.19 m Final 102.46 m
Pendiente del terreno	$\frac{(CT\ Inicial - CT\ Final) * 100}{Distancia}$ $\frac{(103.19 - 102.46) * 100}{28.28}$ 2.58%
Caudal medio	$Q_{dom} + Q_{C.I}$
Q_{dom}	No. Hab. * Dotación * F.R / 86400 $214 * 150 * 0.85 / 86400$ 0.3158 l/s
$Q_{C.I}$	$(No. Hab. * Dotación / 86400) * 10\%$ $(214 * 120 / 86400) * 0.10$ 0.0297 l/s
Q_{med}	0.3455 l/s
Factor de caudal medio	$Q_{med} / No. Hab.$ $0.3455 / 214$ $0.0016 < 0.0020$ se toma 0.0020
Factor de Harmond	$(18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2})$ y $P = 214 / 1000$ $(18 + 0.0214^{1/2}) / (4 + 0.0214P^{1/2})$ 4.1375
Caudal de diseño	No. Hab. * FQM * F.H $214 * .0020 * 4.1375$ 1.7710 l/s

Diámetro de tubería	8"	
Pendiente de tubería	2%	
Velocidad a sección llena	$0.03429 / n * (D * 0.0254)^{2/3} * S^{1/2}$ $0.03429 / 0.10 * (8 * 0.0254)^{2/3} * 0.02^{1/2}$ 1.94 m/s	
Caudal a sección llena	$A * V$ $\pi / 4 * (8 * 0.0254)^2 * 1.94 * 1000 \text{ l} / 1 \text{ m}^3$ 62.91 l/s	
Relación de caudales	q_{dis} / Q 1.7710 / 62.91 0.0282	
Relación de velocidad	0.4381	
Relación de tirantes	0.115	
Velocidad a sección parcial	$V * v / V$ 1.771 * 0.4381 0.78 m/s	
Chequeo		
Caudal	1.7710 < 62.91	q_{dis} si cumple
Velocidad	0.30 < 0.78 < 2.40	v si cumple
Tirante	0.10 < 0.115 < 0.75	d si cumple

4.5. Propuesta del sistema de tratamiento

Con el apoyo que brindan empresas de prestigio especializadas en ingeniería sanitaria, se propone la construcción de una planta de tratamiento, con un sistema de aireación extendida de lodos activados. Dicha planta sería diseñada por AMANCO, para lo cual requiere un terreno de 8 x 12 m, con una eficiencia del 85% en remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos.

3.5.1. Descripción general

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

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

- a) Una primera acción en un tanque de aireación, donde se suministra aire por difusión en el fondo, lo que permite el crecimiento de microorganismos que requieren de oxígeno para vivir; la materia presente servirá para alimentar las bacterias aerobias que transforman los contaminantes en materia celular y energía para crecer y reproducirse, lo que origina los flóculos, que son conocidos como lodos activados. El elemento básico en este proceso es el **soplador**.

- b) El segundo compartimiento es un complemento de aireación al proceso con los fines anunciados en la etapa anterior, y que complementa el oxígeno necesario para el volumen a tratar.
- c) Los flóculos pasarán al tanque de clarificación secundaria, donde sedimentan por gravedad los lodos; el sobrenadante es vertido al área de cloración y los lodos depositados se recirculan para retroalimentar el sistema; el exceso de lodos se depositará en un tanque de lodos para su estabilización; una vez estabilizado, se saca al área de secado de lodos, que consiste en un pequeño patio de secado de lodos.
- d) El agua clarificada es tratada para su desinfección por medio de un sistema de cloración a base de tabletas de hipoclorito de calcio, cuando se descarga directamente a un cuerpo de agua, previa reacción del cloro en un depósito, que variará de acuerdo al volumen tratado.
- e) El agua tratada puede almacenarse o vertirse al acuífero, antes del análisis de la capacidad de absorción del suelo se deberá contar con la seguridad de que sus características son adecuadas para esta disposición. Si se almacenan, su función será reutilizarlas adecuadamente. Donde el acuífero es muy alto, la descarga puede hacerse por medio de zanjas de absorción de 0.80 metros de profundidad o descargarse a un drenaje pluvial

3.5.2. Descripción técnica

No. de lotes futuros	= 228
Aporte de aguas negras por persona	= 130 l/hab/día
Promedio de habitantes por vivienda	= 6

Capacidad	= Rango de 50,000 GPD
Carga orgánica diaria	= 90 #/DBO
Concentración de DBO _{5,20} a la entrada	= 250 mg/l
Eficiencia en remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos	= 85%

3.5.3. Operación y mantenimiento

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

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

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

3.5.4. Equipo electromecánico y básico

1. Un soplador rotatorio de desplazamiento positivo Urai 56, acoplado a motor eléctrico horizontal 110/220 de 7.5 HP, con un silenciador y su filtro; todo esto está protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro
2. Tubería de difusión de aire con dos ramales para las líneas de **aireación** con 48 difusores sellados y una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos
3. Un desnatador de superficie con retorno neumático
4. Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático
5. Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, lámparas, válvulas y conexiones
6. Tabique de lámina plástica con apoyos
7. Dosificador de hipoclorito de calcio en tabletas (opcional)
8. Recipiente de 25 libras de tabletas de hipoclorito de calcio (opcional)
9. Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático
10. Manual de operación y mantenimiento
11. Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta

CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Colonia Las Brisas, en la Ciudad de Chiquimula, permitirá evacuar adecuadamente las aguas residuales provenientes de las viviendas y otras edificaciones, y así alcanzar condiciones de desarrollo y mejorar el nivel de vida de sus habitantes.
2. Con el proyecto existirá mayor cobertura de la infraestructura y servicios básicos en la Ciudad de Chiquimula, con lo cual se beneficiarán actualmente más de 700 pobladores.
3. La conducción y evacuación de aguas residuales de la Colonia evitará la diseminación de enfermedades gastrointestinales e infectocontagiosas, y reducirá la contaminación de pozos existentes para el abastecimiento de agua en las viviendas.
4. Junto a la inclusión de un sistema de tratamiento, se evitará la destrucción o pérdida del cuerpo de agua que reciba la carga, y se manejarán de mejor forma los desechos sólidos resultantes.
5. La determinación de los criterios de diseño y cálculo, así como los materiales a emplear, se eligen principalmente por normas de construcción y por los recursos locales disponibles que permitan el buen funcionamiento del sistema por más de 20 años.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que de no ser factible la obtención de la planta de tratamiento propuesta aquí, se proponga otra que cumpla con las funciones para la cual se requiere; eso así, con la orientación de un profesional de la ingeniería sanitaria.
2. También es necesario hacer ver que el mantenimiento de la infraestructura sanitaria es vital para el buen funcionamiento de la misma, y que de ello depende la vulnerabilidad del sistema; además, ha de tomarse en cuenta que se debe contar con equipo para reparar o reemplazar cualquier instalación que rehabilite la red en caso de emergencia.
3. Además, es importante concienciar a los vecinos de la Colonia en el sentido de que las conexiones de tuberías que conducen caudales provenientes de la lluvia no deben conectarse al sistema, ya que no han sido diseñadas para transportarlas.
4. Para el buen desempeño hidráulico del sistema debe haber estricto control en la construcción; por ello, el comité de vecinos, la municipalidad y el agente de desarrollo implicado en la ejecución deben velar por la calidad del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carrera Rípiele, Ricardo Antonio. **Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1989. 135 pp.
2. Contreras Barrientos, Walter Giovanni. **Aplicaciones de Microsoft Excel al diseño, cálculo y estimación de costos de sistemas de alcantarillado en la República de Guatemala.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2000.
3. Instituto De Fomento Municipal. **Normas Generales para Diseño de Alcantarillados.** Manual del INFOM. Guatemala, 2001.
4. Instituto Nacional de Estadística. **Características de la Población y de los Locales de Habitación Censados.** Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002. Guatemala, 2003.
5. Martín Gonzáles, Eduardo Antonio De La Trinidad. **Diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea de San José municipio de Villa Nueva.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1998.
6. Nij Reyes, César Alfredo. **Diseño de alcantarillado para las colonias El Shoropín y La Colina de la ciudad de Chiquimula.** Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Noviembre 2002.

APÉNDICES

Cuantificación

Materiales de construcción

Tabla VIII. Cuantificación de materiales en el colector principal

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
Tubo PVC 8" x 6 m NORMA-3034	TUBO	296.00
Pegamento para PVC	GALÓN	6.00

Tabla IX. Cuantificación de materiales en los pozos de visita

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
Ladrillo tayuyo de 6.5 x 11 x 23 cm	UNIDAD	69667.00
Cemento	SACO	200.00
Cal	BOLSA	172.00
Arena	m ³	67.00
Piedrín	m ³	12.00
Hierro legítimo de 1/4"	QUINTAL	13.00
Hierro legítimo de 3/8"	QUINTAL	27.00
Hierro legítimo de 1/2"	QUINTAL	8.00
Alambre de amarre	LIBRA	162.00
Madera	PIE/TABLA	447.00
Clavo	LIBRA	90.00

Tabla X. Cuantificación de materiales en las conexiones domiciliarias

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	SACO	110.00
Arena	m ³	7.00
Piedrín	m ³	10.00
Hierro legítimo de 1/4"	QUINTAL	8.00
Alambre de amarre	LIBRA	26.00
Tubo PVC 4" x 6 m NORMA-3034	TUBO	138.00
Tubo de concreto de 12" x 1 m	TUBO	122.00
Silleta "Y" 6" x 4"	UNIDAD	122.00
Codo a 45° de 4"	UNIDAD	122.00
Codo a 90° de 4"	UNIDAD	122.00
Cemento solvente	GALÓN	6.00
Madera	PIE/TABLA	54.00
Clavo	LIBRA	29.00

Mano de obra

Tabla XI. Cuantificación de mano de obra en colector principal

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación	m ³	3461.34
Relleno	m ³	3402.35
Retiro de sobrante	m ³	76.68
Colocación de tubería	ml	1632.11

Tabla XII. Cuantificación de mano de obra en pozos de visita

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación	m ³	402.41
Relleno	m ³	34.03
Retiro de sobrante	m ³	478.89
Levantado	UNIDAD	37.00

Tabla XIII. Cuantificación de mano de obra en conexiones domiciliarias

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación	m ³	760.81
Relleno	m ³	753.44
Retiro de sobrante	m ³	9.58
Colocación	UNIDAD	122.00

Presupuesto

Materiales de construcción

Tabla XIV. Presupuesto de materiales de construcción

No.	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	LÍNEA CENTRAL				
1.1	Tubo PVC 8" x 6 m NORMA-3034	TUBO	296.00	Q 397.79	Q 117,745.84
1.2	Pegamento para PVC	GALÓN	6.00	Q 390.00	Q 2,340.00
SUBTOTAL					Q 120,085.84
2	POZOS DE VISITA				
2.1	Ladrillo tayuyo de 6.5 x 11 x 23 cm	MILLAR	69.667	Q 1,500.00	Q 104,500.50
2.2	Cemento	SACO	200.00	Q 37.38	Q 7,476.00
2.3	Cal	BOLSA	172.00	Q 18.00	Q 3,096.00
2.4	Arena	m ³	67.00	Q 50.00	Q 3,350.00
2.5	Piedrín	m ³	12.00	Q 125.00	Q 1,500.00
2.6	Hierro legítimo de 1/4"	QUINTAL	13.00	Q 205.00	Q 2,665.00
2.7	Hierro legítimo de 3/8"	QUINTAL	27.00	Q 198.00	Q 5,346.00
2.8	Hierro legítimo de 1/2"	QUINTAL	8.00	Q 193.00	Q 1,544.00
2.9	Alambre de amarre	LIBRA	162.00	Q 2.90	Q 469.80
2.10	Madera	PIE/TABLA	447.00	Q 4.00	Q 1,788.00
2.11	Clavo	LIBRA	90.00	Q 2.75	Q 247.50
SUBTOTAL					Q 131,982.80
3	CONEXIONES DOMICILIARES				
3.1	Cemento	SACO	110.00	Q 37.38	Q 4,111.80
3.2	Arena	m ³	7.00	Q 50.00	Q 350.00
3.3	Piedrín	m ³	10.00	Q 125.00	Q 1,250.00
3.4	Hierro legítimo de 1/4"	QUINTAL	8.00	Q 205.00	Q 1,640.00
3.5	Alambre de amarre	LIBRA	26.00	Q 2.90	Q 75.40
3.6	Tubo PVC 4" x 6 m NORMA-3034	TUBO	138.00	Q 116.28	Q 16,046.64
3.7	Tubo de concreto de 12" x 1 m	TUBO	122.00	Q 53.00	Q 6,466.00
3.8	Silleta "Y" 6" x 4"	UNIDAD	122.00	Q 86.18	Q 10,513.96
3.9	Codo a 45° de 4"	UNIDAD	122.00	Q 33.21	Q 4,051.62
3.10	Codo a 90° de 4"	UNIDAD	122.00	Q 47.22	Q 5,760.84
3.11	Cemento solvente	LITRO	5.00	Q 260.00	Q 1,300.00
3.12	Madera	PIE/TABLA	54.00	Q 4.00	Q 216.00
3.13	Clavo	LIBRA	29.00	Q 2.50	Q 72.50
SUBTOTAL					Q 51,854.76
TOTAL					Q 303,923.40
IMPREVISTOS					Q 30,392.34
TOTAL DEL RENGLÓN					Q 334,315.74

Mano de obra

Tabla XV. Presupuesto de mano de obra

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	LÍNEA CENTRAL				
1.1	Relleno	m ³	3402.35	Q 20.00	Q 68,047.00
1.2	Retiro de sobrante	m ³	76.68	Q 8.00	Q 613.44
1.3	Colocación	ml	1632.11	Q 6.00	Q 9,792.66
SUBTOTAL					Q 78,453.10
2	POZOS DE VISITA				
2.1	Relleno	m ³	34.03	Q 20.00	Q 680.60
2.2	Retiro de sobrante	m ³	478.89	Q 8.00	Q 3,831.12
2.3	Levantado	UNIDAD	37.00	Q 1,200.00	Q 44,400.00
SUBTOTAL					Q 48,911.72
3	CONEXIONES DOMICILIARES				
3.1	Relleno	m ³	753.44	Q 20.00	Q 15,068.80
3.2	Retiro de sobrante	m ³	9.58	Q 8.00	Q 76.64
3.3	Colocación	UNIDAD	122.00	Q 250.00	Q 30,500.00
SUBTOTAL					Q 45,645.44
TOTAL					Q 173,010.26
IMPREVISTOS					Q 17,301.03
TOTAL DEL RENGLÓN					Q 190,311.29

Maquinaria

Tabla XVI. Presupuesto de maquinaria

RENGLÓN	CANTIDAD m ³	MAQUINARIA	RENDIMIENTO m ³ /HORA	HORAS	COSTO HORA	TOTAL
Excavación	4624.56	Retroexcavadora	15	308	Q 200.00	Q 61,660.80
TOTAL						Q 61,660.80

Herramienta y equipo

Tabla XVII. Presupuesto de herramienta y equipo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Pala redonda con cabo	UNIDAD	30.00	Q 48.00	Q 1,440.00
Piocha con cabo	UNIDAD	20.00	Q 62.00	Q 1,240.00
Coba	UNIDAD	3.00	Q 26.00	Q 78.00
Cubeta concretera	UNIDAD	20.00	Q 27.00	Q 540.00
Carretilla de mano	UNIDAD	15.00	Q 215.00	Q 3,225.00
Cabo para pala	UNIDAD	30.00	Q 9.50	Q 285.00
Cabo para piocha	UNIDAD	30.00	Q 9.50	Q 285.00
Martillo	UNIDAD	12.00	Q 42.00	Q 504.00
Barreta	UNIDAD	12.00	Q 57.50	Q 690.00
Tenaza	UNIDAD	8.00	Q 43.00	Q 344.00
Hilo nylon 1.2 mm	CONO	4.00	Q 32.00	Q 128.00
Manguera de 1/2"	UNIDAD	2.00	Q 75.00	Q 150.00
Azadón	UNIDAD	10.00	Q 52.00	Q 520.00
Cedazo 1/16"	YARDA	9.00	Q 12.00	Q 108.00
Cedazo 1/4"	YARDA	9.00	Q 12.00	Q 108.00
Sierra de acero	UNIDAD	15.00	Q 14.00	Q 210.00
Cinta métrica de 5 m	UNIDAD	5.00	Q 74.00	Q 370.00
SERRUCHO	UNIDAD	6.00	Q 46.00	Q 276.00
Cegueta	UNIDAD	4.00	Q 36.00	Q 144.00
Lazo manila de 1"	ml	8.00	Q 9.00	Q 72.00
			TOTAL	Q 10,717.00

Obra accesoria

Tabla XVIII. Costo de obra accesoria

No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Planta de tratamiento	
1.1	Obra civil	Q 100,000.00
1.2	Equipamiento	Q 90,000.00
TOTAL		Q 190,000.00

Costo total del proyecto

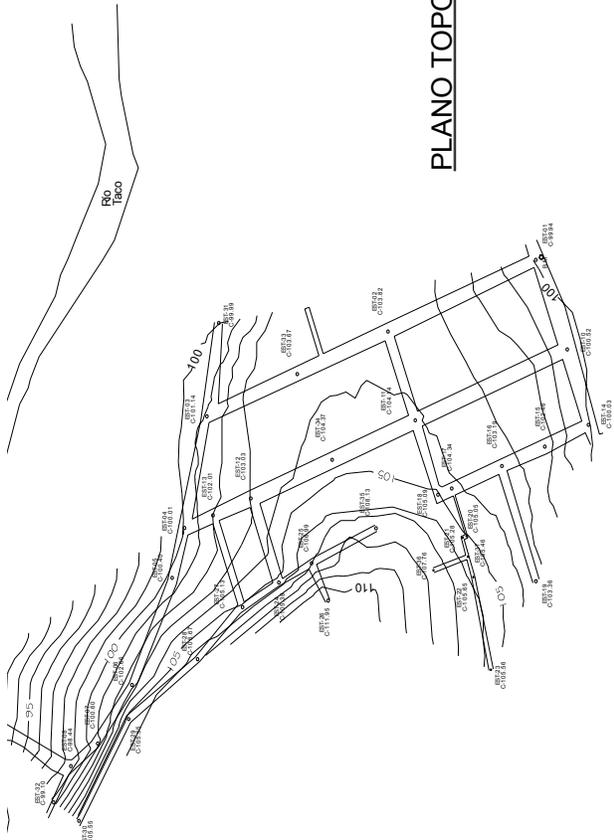
Tabla XIX. Resumen de costos por renglón

No.	DESCRIPCIÓN	COSTO	TOTAL QUETZAL	TOTAL DÓLAR
1	Materiales de construcción	Q 303,923.40	Q 303,923.40	\$ 37,801.42
2	Mano de obra	Q 173,010.26	Q 173,010.26	\$ 21,518.69
3	Maquinaria	Q 61,660.80	Q 61,660.80	\$ 7,669.25
4	Herramientas	Q 10,717.00	Q 10,717.00	\$ 1,332.96
5	Obras accesorias	Q 190,000.00	Q 190,000.00	\$ 23,631.84
SUBTOTAL			Q 739,311.46	\$ 91,954.16
IMPREVISTOS 10%			Q 73,931.15	\$ 9,195.42
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO			Q 813,242.61	\$ 101,149.58

Tipo de cambio \$ 1.00 = Q 8.04 a enero de 2004

El proyecto asciende a la cantidad de ochocientos trece mil doscientos cuarenta y dos quetzales con sesenta y uno centavos, equivalente a ciento un mil ciento cuarenta y nueve dólares USA con cincuenta y ocho centavos. El dato proporcionado es el costo directo del proyecto, es decir, no contempla costos indirectos ni impuestos debido a que se ejecutará por la administración municipal.

6.06	6.06	18483207	61.48	102.86
6.07	6.07	18483207	56.12	102.86
6.08	6.08	18483207	51.76	98.44
6.09	6.09	18483207	47.40	94.02
6.10	6.10	18483207	43.04	89.60
6.11	6.11	18483207	38.68	85.18
6.12	6.12	18483207	34.32	80.76
6.13	6.13	18483207	29.96	76.34
6.14	6.14	18483207	25.60	71.92
6.15	6.15	18483207	21.24	67.50
6.16	6.16	18483207	16.88	63.08
6.17	6.17	18483207	12.52	58.66
6.18	6.18	18483207	8.16	54.24
6.19	6.19	18483207	3.80	49.82
6.20	6.20	18483207	-0.56	45.40
6.21	6.21	18483207	-4.92	40.98
6.22	6.22	18483207	-9.28	36.56
6.23	6.23	18483207	-13.64	32.14
6.24	6.24	18483207	-18.00	27.72
6.25	6.25	18483207	-22.36	23.30
6.26	6.26	18483207	-26.72	18.88
6.27	6.27	18483207	-31.08	14.46
6.28	6.28	18483207	-35.44	10.04
6.29	6.29	18483207	-39.80	5.62
6.30	6.30	18483207	-44.16	1.20
6.31	6.31	18483207	-48.52	-3.22
6.32	6.32	18483207	-52.88	-7.64
6.33	6.33	18483207	-57.24	-12.06
6.34	6.34	18483207	-61.60	-16.48
6.35	6.35	18483207	-65.96	-20.90
6.36	6.36	18483207	-70.32	-25.32
6.37	6.37	18483207	-74.68	-29.74
6.38	6.38	18483207	-79.04	-34.16
6.39	6.39	18483207	-83.40	-38.58
6.40	6.40	18483207	-87.76	-43.00
6.41	6.41	18483207	-92.12	-47.42
6.42	6.42	18483207	-96.48	-51.84
6.43	6.43	18483207	-100.84	-56.26
6.44	6.44	18483207	-105.20	-60.68
6.45	6.45	18483207	-109.56	-65.10
6.46	6.46	18483207	-113.92	-69.52
6.47	6.47	18483207	-118.28	-73.94
6.48	6.48	18483207	-122.64	-78.36
6.49	6.49	18483207	-127.00	-82.78
6.50	6.50	18483207	-131.36	-87.20
6.51	6.51	18483207	-135.72	-91.62
6.52	6.52	18483207	-140.08	-96.04
6.53	6.53	18483207	-144.44	-100.46
6.54	6.54	18483207	-148.80	-104.88
6.55	6.55	18483207	-153.16	-109.30
6.56	6.56	18483207	-157.52	-113.72
6.57	6.57	18483207	-161.88	-118.14
6.58	6.58	18483207	-166.24	-122.56
6.59	6.59	18483207	-170.60	-126.98
6.60	6.60	18483207	-174.96	-131.40
6.61	6.61	18483207	-179.32	-135.82
6.62	6.62	18483207	-183.68	-140.24
6.63	6.63	18483207	-188.04	-144.66
6.64	6.64	18483207	-192.40	-149.08
6.65	6.65	18483207	-196.76	-153.50
6.66	6.66	18483207	-201.12	-157.92
6.67	6.67	18483207	-205.48	-162.34
6.68	6.68	18483207	-209.84	-166.76
6.69	6.69	18483207	-214.20	-171.18
6.70	6.70	18483207	-218.56	-175.60
6.71	6.71	18483207	-222.92	-180.02
6.72	6.72	18483207	-227.28	-184.44
6.73	6.73	18483207	-231.64	-188.86
6.74	6.74	18483207	-236.00	-193.28
6.75	6.75	18483207	-240.36	-197.70
6.76	6.76	18483207	-244.72	-202.12
6.77	6.77	18483207	-249.08	-206.54
6.78	6.78	18483207	-253.44	-210.96
6.79	6.79	18483207	-257.80	-215.38
6.80	6.80	18483207	-262.16	-219.80
6.81	6.81	18483207	-266.52	-224.22
6.82	6.82	18483207	-270.88	-228.64
6.83	6.83	18483207	-275.24	-233.06
6.84	6.84	18483207	-279.60	-237.48
6.85	6.85	18483207	-283.96	-241.90
6.86	6.86	18483207	-288.32	-246.32
6.87	6.87	18483207	-292.68	-250.74
6.88	6.88	18483207	-297.04	-255.16
6.89	6.89	18483207	-301.40	-259.58
6.90	6.90	18483207	-305.76	-264.00
6.91	6.91	18483207	-310.12	-268.42
6.92	6.92	18483207	-314.48	-272.84
6.93	6.93	18483207	-318.84	-277.26
6.94	6.94	18483207	-323.20	-281.68
6.95	6.95	18483207	-327.56	-286.10
6.96	6.96	18483207	-331.92	-290.52
6.97	6.97	18483207	-336.28	-294.94
6.98	6.98	18483207	-340.64	-299.36
6.99	6.99	18483207	-345.00	-303.78
7.00	7.00	18483207	-349.36	-308.20



PLANO TOPOGRÁFICO ESCALA 1:1000



INSTITUTO NACIONAL DE GEOMÁTICA Y CARTOGRAFÍA DE CHILE
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOMÁTICA Y CARTOGRAFÍA DE CHILE
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOMÁTICA Y CARTOGRAFÍA DE CHILE

PROYECTO: APROBACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DE LOS BAÑOS

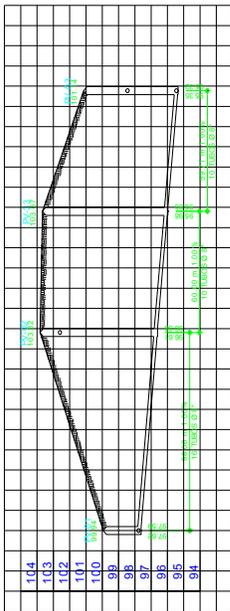
CONTENIDO: PLANO TOPOGRÁFICO

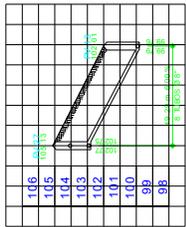
ELABORADO POR: INGENIERO CIVIL CAROLINA GARRIDO

FECHA: 10/05/2024

ESCALA: 1:1000

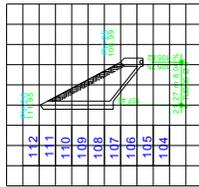
HOJA: 17





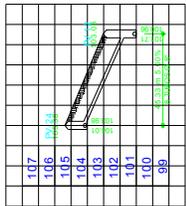
PLANTA PERFIL

ESCALA VERTICAL: 1:200
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000



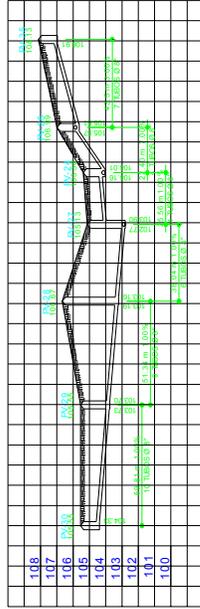
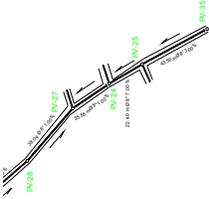
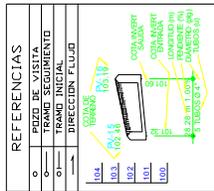
PLANTA PERFIL

ESCALA VERTICAL: 1:200
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000



PLANTA PERFIL

ESCALA VERTICAL: 1:200
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000

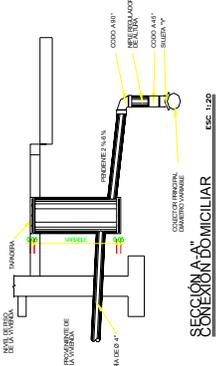
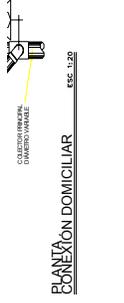
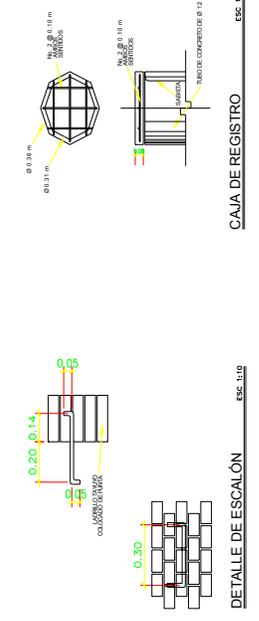
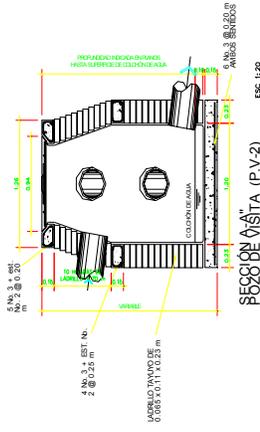
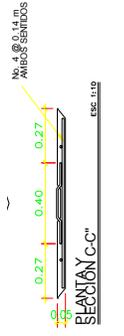
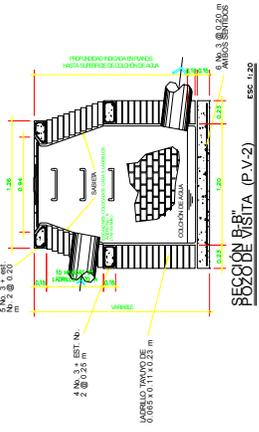
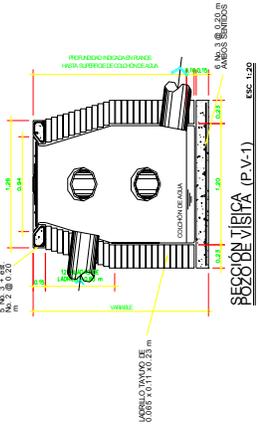


PLANTA PERFIL

ESCALA VERTICAL: 1:200
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000



PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO
CONVENIO:	RIANTA PEREY
ESCALANTE:	ESTACIONAMIENTO CAJAMA
FECHA:	09/10/2017
USO:	NOA
6	7



- ESPECIFICACIONES**
1. LAS ARMADURAS DE ACERO DEBEN ENTERRARSE DE ACUERDO A LA TABLA 1.
 2. EL CONCRETO A UTILIZAR DEBE SER DE CLASE C-20, DEBEN SER DE CLASE C-20, DEBEN SER DE CLASE C-20, DEBEN SER DE CLASE C-20.
 3. EL CONCRETO DEBE SER DE CLASE C-20, DEBEN SER DE CLASE C-20, DEBEN SER DE CLASE C-20, DEBEN SER DE CLASE C-20.
 4. EL ACERO DE ACERADO DEBE PONER UN FACTOR $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$.
 5. EL ACERO DE ACERADO DEBE PONER UN FACTOR $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$.
 6. EL ACERO DE ACERADO DEBE PONER UN FACTOR $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$.
 7. EL ACERO DE ACERADO DEBE PONER UN FACTOR $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$.

	PROYECTO: ACOGIDA DE NIÑOS EN RIESGO
UBICACION: P.E.D.S. 1001	CONTRATO: 1001/2018
FECHA: 10/05/18	ESCALA: 1:20
PROYECTISTA: [Nombre]	REVISOR: [Nombre]
APROBADO: [Nombre]	FECHA: 10/05/18

