Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL

Alex Saúl Soto Gámez

Asesorado por Inga. Christa Classon de Pinto

Guatemala, julio de 2024

UIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL

TRABAJO DE GRADUACION

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALEX SAÚL SOTO GÁMEZ
ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADOR	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 01 de marzo de 2023.

Alex Saúl Soto Gámez

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de abril de 2024

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora–Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alex Saúl Soto Gámez, CUI 3148 61459 1421** y **Registro Académico 201801543** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

Inga. Christa Classon de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

cc. Archivo
CCdP/ra

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de abril de 2024

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora–Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alex Saúl Soto Gámez, CUI 3148 61459 1421** y **Registro Académico 201801543** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

Inga. Christa Classon de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

cc. Archivo
CCdP/ra

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 22 de abril de 2024
REF.EPS.D.138.04.2024

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL,** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Alex Saúl Soto Gámez, CUI 3148 61459 1421 y Registro Académico 201801543,** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

OAH/ra

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

Guatemala,
16 de abril de 2024

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Fuentes.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alex Saúl Soto Gámez, con CUI 3148614591421, Registro Académico No. 201801543, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa Classon de Pinto.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos planteados doy mi aprobación al mismo, solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

ESCUELA INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica

/mrrm.

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

SIST.LNG.DIRECTOR.15.EIC.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL**, presentado por: **Alex Saúl Soto Gámez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ingeniero Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, mayo de 2024

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.334.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ALDEA PLAYA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL**, presentado por: **Alex Saúl Soto Gámez** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Informe final EPS
Fecha: 19/07/2024 16:28:23
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Guatemala, julio de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 334 CUI: 3148614591421

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme fuerzas y guiarme en el camino correcto para alcanzar mi meta.
Mi papá	Maclovio Soto Estrada, por todo el apoyo que me ha dado en mi vida y por darme la enseñanza ética para ejercer mi carrera profesional.
Mi mamá	Ercila Yolanda Gámez Valdez, por el tiempo que comparte conmigo, enseñarme el verdadero amor y la importancia de la familia.
Mis hermanas	Geidy, Cindy y Glendy Soto Gámez, por el apoyo incondicional que me han dado y porque siempre han estado presentes.
Mis sobrinos	Josué Soto Gámez, Jonathan Alvarado Soto y Mia Andrea Valdez Soto, son la nueva generación de la familia, espero poder ser una guía en sus vidas.

Mis amigos

Daniel Beltrán, William Camey, Sergio Rodríguez, Jesús Guerra, Markus Noriega, Luis Aguilar, Edwin Valdez y Gerson Elías, por todas las veces que me ayudaron en este camino.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos adquiridos.
Instituto Nacional de Electrificación (INDE)	Por el apoyo brindado durante mi EPS.
Inga. Christa Classon de Pinto	Por la orientación y asesoría brindada
Mis amigos	Por haberme ayudado en alguna parte de mi carrera y compartir conmigo sus conocimientos, experiencias, así como el brindarme su amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES VII

LISTA DE SÍMBOLOS IX

GLOSARIO XI

RESUMEN XV

OBJETIVOS XVII

INTRODUCCIÓN XIX

1. FASE DE INVESTIGACIÓN 1

1.1. Monografía del municipio de el estor 1

1.1.1. Localización geográfica 1

1.1.2. Topografía de El Estor 2

1.1.3. Aspectos climáticos de El Estor 3

1.1.4. Actividades económicas de El Estor 4

1.1.5. Servicios existentes en El Estor 5

1.1.6. Monografía de la aldea Playa Pataxte 7

1.1.6.1. Educación de la aldea Playa Pataxte 7

1.1.6.2. Salud en la aldea Playa Pataxte 8

1.1.6.3. Energía eléctrica en la aldea Playa Pataxte 10

1.1.6.4. Agua potable en la aldea Playa Pataxte 11

1.1.6.5. Drenajes en la aldea Playa Pataxte 13

1.1.6.6. Tipo de vivienda en la aldea Playa Pataxte 14

1.2. Principales necesidades de la aldea 15

1.2.1. Descripción de las necesidades y estados de los servicios básicos en la aldea 15
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades de la aldea Playa Pataxte, en El Estor, Izabal *16*
1.3. Vulnerabilidad del proyecto 18
1.3.1. Eventos naturales o antrópicos 18
1.3.1.1. Eventos naturales 18
1.3.1.2. Eventos antrópicos 19
1.3.2. Riesgo 19

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL 21
2.1. Aspectos generales del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para aldea Playa Pataxte 21
2.1.1. Tipo de sistema por utilizar 21
2.1.1.1. Alcantarillado pluvial 21
2.1.1.2. Alcantarillado sanitario 23
2.1.2. Periodo de diseño 24
2.1.2.1. Periodo de diseño alcantarillado pluvial 24
2.1.2.2. Periodo de diseño alcantarillado sanitario 25
2.1.3. Estudio de topografía 25
2.1.3.1. Levantamiento topográfico 26
2.1.3.2. Planimetría y altimetría 26
2.1.4. Normas y especificaciones de diseño de drenaje pluvial y sanitario 27
2.1.4.1. Selección de tuberías 27
2.1.4.2. Diámetro mínimo 28
2.1.4.3. Velocidades mínimas y máximas 29

2.1.4.4. Profundidades mínimas de las tuberías de alcantarillado pluvial y sanitario 30
2.1.4.5. Diseño de rejillas en drenaje pluvial..... 31
2.1.4.6. Área de influencia en drenaje pluvial 33
2.1.4.7. Velocidad de diseño drenaje pluvial y sanitario 34
2.1.4.8. Punto de desfogue drenaje pluvial y sanitario 36
2.1.5. Pozos de visitas drenaje sanitario y pluvial 37
2.1.5.1. Ubicación de los pozos de visita..... 37
2.1.5.2. Diámetro interno de los pozos de visita . 37
2.1.5.3. Disipadores de energía en pozos de visita 39
2.1.5.4. Cotas invert..... 40
2.1.6. Obras de protección 42
2.1.6.1. Obras de protección drenaje sanitario ... 42
2.1.6.2. Obras de protección drenaje pluvial..... 43
2.1.7. Métodos para calcular el drenaje pluvial..... 44
2.1.7.1. Método de comparación 45
2.1.7.2. Método de procedimiento empírico..... 46
2.1.7.3. Método racional 48
2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario 50
2.2.1. Localización de la descarga..... 50
2.2.2. Parámetros de diseño del sistema..... 51
2.2.2.1. Población futura..... 51
2.2.2.2. Factor de retorno 52
2.2.2.3. Determinación del caudal sanitario..... 52
2.2.2.4. Factor de caudal medio 56
2.2.2.5. Factor de flujo instantáneo o Harmon.... 57

2.2.2.6. Cálculo del caudal de diseño 58
2.2.3. Conexiones domiciliares 59
2.2.4. Desarrollo para el cálculo de alcantarillado 60
2.2.4.1. Ejemplo de diseño de un tramo 61
2.2.5. Propuesta de tratamiento 65
2.2.6. Elaboración de planos 65
2.2.7. Presupuesto 66
2.2.8. Evaluación socioeconómica 67
2.2.8.1. Valor presente neto 67
2.2.8.2. Tasa interna de retorno 68
2.2.9. Estudio de impacto ambiental 68
2.2.9.1. Definición 69
2.2.9.2. Objetivos del estudio de impacto ambiental 69
2.2.9.3. Consideraciones técnicas 70
2.3. Diseño del sistema de drenaje pluvial 72
2.3.1. Localización de la descarga 72
2.3.2. Método racional 72
2.3.2.1. Tiempo de concentración 72
2.3.2.2. Coeficiente de escorrentía 73
2.3.2.3. Intensidad de la precipitación 75
2.3.2.4. Cálculo del caudal de diseño 76
2.3.3. Cálculos para el diseño de drenaje pluvial 76
2.3.3.1. Ejemplo de diseño de un tramo 77
2.3.3.2. Pozos de visita 80
2.3.3.3. Tragantes 80
2.3.3.4. Diseño de rejillas 81
2.3.4. Elaboración de planos 83
2.3.5. Presupuesto 84

2.3.6. Evaluación socioeconómica 85
2.3.6.1. Valor presente neto 85
2.3.6.2. Tasa interna de retorno 86
2.3.7. Cronograma de ejecución 86
2.3.8. Estudio de impacto ambiental 87
2.3.8.1. Definición 87
2.3.8.2. Objetivos del estudio de impacto ambiental 88
2.3.8.3. Consideraciones técnicas 89

CONCLUSIONES 91
RECOMENDACIONES 93
REFERENCIAS 95
APÉNDICES 97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del municipio de El Estor 2
Figura 2. Oficial rural mixta aldea Playa Pataxte..... 8
Figura 3. Centro de convergencia y vías de acceso 10
Figura 4. Estado actual de los drenajes en aldea Playa Pataxte 14
Figura 5. Eventos naturales que podrían afectar el proyecto..... 18
Figura 6. Riesgos que pueden afectar el proyecto..... 20
Figura 7. Cota invert en la tubería..... 40

TABLAS

Tabla 1. Servicios básicos en la comunidad..... 16
Tabla 2. Evaluación de necesidades en la comunidad..... 17
Tabla 3. Profundidad mínima de tubería de PVC 31
Tabla 4. Diámetro mínimo de los pozos de visita 38
Tabla 5. Parámetros de diseño proyecto de alcantarillado sanitario 60
Tabla 6. Presupuesto del alcantarillado sanitario de aldea Playa Pataxte 66
Tabla 7. Coeficientes de escorrentía..... 74
Tabla 8. Datos de la estación meteorológica de Puerto Barrios..... 75
Tabla 9. Presupuesto del alcantarillado pluvial de aldea Playa Pxtate..... 84
Tabla 10. Cronograma de ejecución..... 87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q_{dis}	Caudal de diseño
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{med}	Caudal medio
C	Coeficiente de escorrentía
CT	Cota de terreno
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
ø	Diámetro de tubería
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
Fqm	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de Harmond
I	Intensidad de lluvia
Lts/Hab./día	Litros por habitante por día
L/s	Litros por segundo
m	Metro
m^2	Metros cuadrados

m^3	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
S	Pendiente
P.V.	Pozo de visita

GLOSARIO

Alcantarillado Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales.

Aguas residuales Desechos líquidos generados por actividades humanas, transportados por agua.

Colector Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias para el desalojo de aguas de lluvia o aguas negras.

Descarga Lugar donde se hace la disposición final del agua captada por un sistema de alcantarillado, ya sea que estas aguas estén tratadas o crudas.

Caudal Es el volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.

Candela Es el lugar donde llagan las aguas residuales provenientes del interior de una vivienda, para posteriormente ser conducida al colector principal del drenaje**.**

Caudal de diseño	Este se utiliza para determinar el diámetro de las tuberías a utilizar en los colectores y definir las pendientes optimas en cada tramo**.**
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas residuales desde el interior de la vivienda hasta el frente de esta, donde se encuentra la candela.
Factor de retorno	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
Factor de Harmon	Factor que estima la probabilidad de que se utilicen varios accesorios sanitarios al mismo tiempo en un tramo.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Densidad de Vivienda	Relación aritmética de habitantes por unidad de área.
Factor de Manning	Ecuación utilizada para determinar la velocidad de un caudal a cielo abierto, este se relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección del medio de transporte.
I**NE**	Instituto Nacional de Estadística.

INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tubería y para iniciar un tramo de drenaje.

RESUMEN

En este trabajo se presenta la propuesta de diseño para la construcción de un sistema de drenaje sanitario y un sistema de drenaje pluvial para la aldea Playa Pataxte, con los cuales el fin principal es mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en el lugar mejorando las condiciones sanitarias, manejo adecuado de aguas de lluvia y aspecto y condiciones de las calles públicas del lugar.

En la fase 1, se encuentra la investigación relacionada con los aspectos monográficos del lugar y el municipio donde se encuentra, así como las condiciones actuales socioeconómicas con las que cuenta la aldea Playa Pataxte.

En la fase 2, se ubican los aspectos técnicos y profesionales relacionados con los proyectos, como la situación actual del lugar al no contar con estos servicios que afectan de manera negativa a la calidad de vida de las personas. Además, en esta fase se muestran todos los parámetros de diseño considerados para cada uno de los proyectos de drenaje sanitario y pluvial a implementar en la comunidad.

El diseño final para el sistema de drenaje sanitario alcanzo una longitud de 4 073 metros de tubería de PVC ABS, con 61 pozos de visita, los cuales pretenden beneficiar a 1800 usuarios. Para el diseño del sistema de drenaje pluvial se alcanzó una longitud de 4 186 metros de tubería PVC ABS, con 63 pozos de visita, que ayudará a mitigar el deterioro de las calles y avenidas del lugar, permitiendo que sean más transitables para los habitantes.

OBJETIVOS

General

Mejorar la calidad de vida de los habitantes de aldea Playa Pataxte, en el municipio de El Estor, departamento de Izabal, a través del diseño de los sistemas de drenaje Sanitario y Pluvial.

Específicos

1. Definir los aspectos monográficos del lugar a intervenir, así como la situación actual y el impacto que se tendrá con los proyectos al implementarlos en el lugar.

2. Ubicar un lugar de descarga para las aguas residuales de manera que estas sean aptas para ser incorporadas a los afluentes naturales sin generar una mayor contaminación en los cuerpos receptores.

3. Generar los planos constructivos necesarios mediante un diseño eficiente para cada uno de los proyectos, considerando las normativas aplicables para cada caso en específico.

4. Desarrollar un diseño eficiente para la evacuación de las aguas de lluvia, que mitigue las inundaciones y la erosión en las vías de movilidad de la comunidad.

5. Estimar el costo de cada uno de los proyectos, al realizar los presupuestos mediante la cuantificación de materiales, mano de obra, maquinarias y transporte necesarios para la construcción de cada proyecto.

INTRODUCCIÓN

El drenaje sanitario y pluvial son dos componentes esenciales de la infraestructura urbana que permiten el correcto manejo de las aguas residuales y pluviales en una comunidad. Estos proyectos son fundamentales para garantizar la salud pública y prevenir inundaciones en áreas urbanas.

El drenaje sanitario se encarga de recoger y transportar las aguas residuales de los hogares, establecimientos comerciales e industriales hacia una planta de tratamiento, donde se les dará un tratamiento adecuado antes de ser liberadas al medio ambiente. Este tipo de proyecto implica la construcción de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y todos los demás componentes necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Por otro lado, el drenaje pluvial se encarga de captar, conducir y desalojar las aguas de lluvia de forma eficiente, evitando que se acumulen en las calles y provoquen inundaciones. Este tipo de proyecto implica la construcción de sistemas de drenaje como canaletas, alcantarillas, sumideros, cunetas, y demás elementos que permitan la correcta evacuación de las aguas pluviales.

Ambos tipos de drenaje requieren de un diseño adecuado, considerando factores como el tamaño de la comunidad, la cantidad de lluvia que se espera, el tipo de suelo, entre otros. Además, es crucial garantizar una correcta operación y mantenimiento de los sistemas para asegurar su eficiencia a lo largo del tiempo.

La implementación de proyectos de drenaje sanitario y pluvial no solo beneficia a la salud y bienestar de los habitantes de una comunidad, sino que

también contribuye a la preservación del medio ambiente. El tratamiento adecuado de las aguas residuales evita la contaminación de cuerpos de agua, como ríos y lagos, mientras que el correcto manejo de las aguas pluviales ayuda a prevenir la erosión del suelo y la degradación de los ecosistemas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de el estor

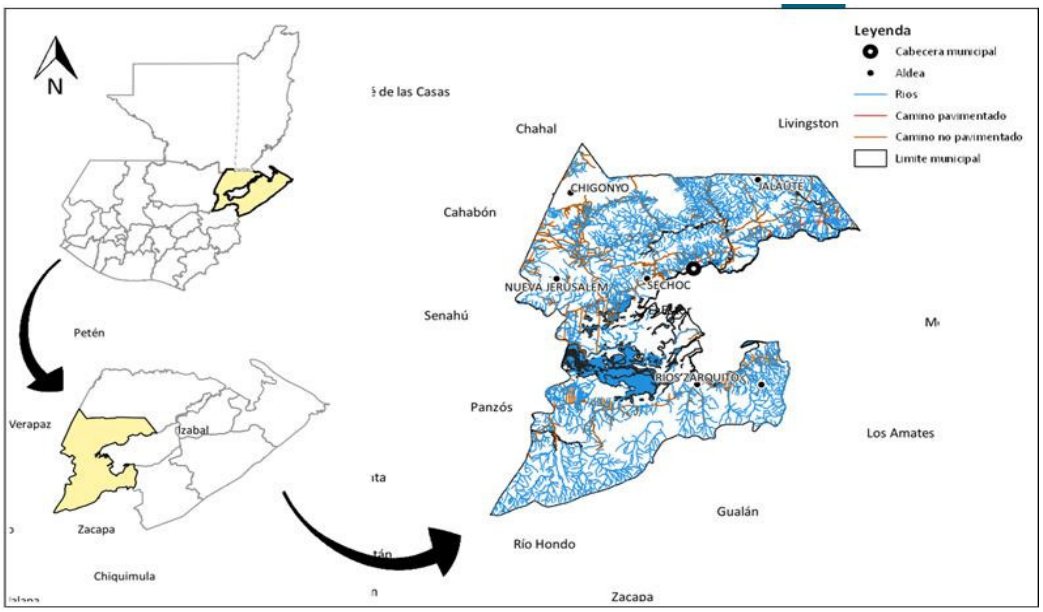
En esta sección se presenta la información relacionada a la monografía del municipio de El Estor.

1.1.1. Localización geográfica

El Estor es un municipio situado en el departamento de Izabal, en Guatemala. Está ubicado en la región noroeste del departamento, cerca de la costa del Mar Caribe. El municipio de El Estor limita al norte con el municipio de Livingston, al sur con el municipio de Morales, al este con el municipio de Puerto Barrios y al oeste con el municipio de Livingston y el lago de Izabal.

Figura 1.

Localización geográfica del municipio de El Estor



Nota. El gráfico muestra la localización geográfica del municipio de El Estor. Obtenido del INE (s.f.). *Material Cartográfico* (https://www.ine.gob.gt/material-cartografico/), consultado el 15 de enero de 2024. De dominio público.

1.1.2. Topografía de El Estor

La topografía de El Estor, Izabal, es principalmente montañosa y accidentada. La región se encuentra en la selva tropical y cuenta con una serie de montañas, colinas y valles.

El terreno presenta elevaciones variables, con montañas que pueden alcanzar alturas considerables. La Cordillera de Santa Cruz se extiende por la región y forma parte de la Sierra de las Minas, lo que contribuye a la configuración montañosa de la zona. Estas montañas están cubiertas de vegetación exuberante y densa.

Además de las montañas, también hay valles y llanuras aluviales en la zona, especialmente cerca de los ríos y arroyos que atraviesan la región. El lago de Izabal, el lago más grande de Guatemala se encuentra en las cercanías de El Estor y también influye en la topografía local.

1.1.3. Aspectos climáticos de El Estor

Temperatura: el clima de El Estor es tropical, con temperaturas cálidas durante todo el año. La temperatura promedio anual oscila entre los 24 y 26 grados Celsius. Las temperaturas más altas se registran generalmente en los meses de marzo a mayo, con máximas que pueden superar los 30 grados Celsius. Durante la noche, las temperaturas suelen descender, pero raramente llegan a niveles frescos.

Precipitación: el municipio de El Estor experimenta una temporada de lluvias prolongada, con precipitaciones significativas durante la mayor parte del año. La precipitación media anual varía entre los 2,000 y 3,000 mm. Los meses con mayor cantidad de lluvia suelen ser de junio a noviembre, mientras que los meses de marzo a mayo tienden a ser más secos. La distribución de la lluvia puede variar de un año a otro y está influenciada por fenómenos climáticos como el ciclo de El Niño y La Niña.

Estación seca y húmeda: el municipio de El Estor tiene una estación seca que generalmente se extiende desde diciembre hasta abril. Durante este período, las precipitaciones son menores y el clima tiende a ser más estable. La estación húmeda abarca el resto del año, con lluvias frecuentes y abundantes. Los meses de mayor intensidad de lluvia suelen ser de julio a octubre.

Humedad: dado que El Estor se encuentra cerca del mar Caribe y cuenta con cuerpos de agua como la Lago de Izabal, la humedad relativa en la región es alta durante todo el año. Los niveles de humedad pueden variar entre el 70 % y el 90%, lo que contribuye a crear un ambiente húmedo y tropical.

1.1.4. Actividades económicas de El Estor

Agricultura: la agricultura es una de las principales actividades económicas en El Estor. Se cultivan diversos productos, entre los que destacan el banano, la palma africana, el cacao, la piña, la papaya, el plátano y diferentes cultivos de subsistencia. La zona cuenta con suelos fértiles y un clima propicio para el desarrollo de estas actividades agrícolas.

Pesca y acuicultura: dada su ubicación geográfica, El Estor cuenta con una importante actividad pesquera. La pesca artesanal se realiza tanto en el Lago de Izabal como en el mar Caribe. Se capturan especies como el camarón, la tilapia, el bagre y diversas especies de peces marinos. Además, la acuicultura se desarrolla cada vez más en la región, especialmente en la producción de camarones.

Explotación de recursos naturales: el Estor es conocido por su riqueza en recursos naturales. La actividad minera es relevante en la zona, especialmente la extracción de níquel y cobalto por parte de empresas mineras. Además, se lleva a cabo la extracción de recursos forestales, como la madera y otros productos derivados de los bosques.

Turismo: el turismo ha adquirido importancia en El Estor debido a sus atractivos naturales. La región cuenta con paisajes impresionantes, como el Lago

de Izabal y el río Polochic, que atraen a visitantes interesados en el ecoturismo, la observación de aves y la pesca deportiva. También se ofrecen actividades recreativas, como paseos en bote, senderismo y visitas a comunidades indígenas.

Comercio: el comercio es otro sector económico relevante en El Estor. Existen tiendas, mercados locales y pequeños negocios que abastecen a la población local y a los visitantes. Además, se encuentra en desarrollo un puerto marítimo que facilita el comercio y la logística en la región.

Actividades relacionadas con la industria petrolera: en las cercanías de El Estor se encuentran campos petroleros, lo que ha generado actividades económicas relacionadas con la industria petrolera, como la construcción y el mantenimiento de infraestructuras.

1.1.5. Servicios existentes en El Estor

Educación: el municipio de El Estor cuenta con una variedad de servicios educativos. Existen escuelas públicas y privadas que ofrecen educación preescolar, primaria y secundaria. Además, hay institutos de educación diversificada y centros de formación técnica que brindan opciones de educación secundaria más especializada. También se encuentran disponibles programas de educación para adultos y capacitaciones técnicas.

Salud: el Estor cuenta con centros de atención médica que brindan servicios de salud a la población. Estos incluyen un centro de salud con servicios de atención primaria, consulta médica general, atención prenatal y postnatal, y

servicios de vacunación. También se cuenta con una red de puestos de salud y clínicas privadas que ofrecen servicios médicos básicos.

Agua potable y saneamiento: el acceso a agua potable y saneamiento básico es un servicio fundamental en El Estor. Se han implementado sistemas de abastecimiento de agua potable en algunas comunidades, tanto a través de redes públicas como de pozos comunitarios. Sin embargo, aún existen áreas donde se requiere mejorar la infraestructura para garantizar un acceso adecuado al agua potable y a servicios de saneamiento.

Energía eléctrica: la mayoría de las comunidades en El Estor cuentan con acceso a energía eléctrica. El servicio es suministrado por empresas eléctricas y distribuidoras locales. Sin embargo, en algunas áreas rurales alejadas puede haber limitaciones en la cobertura eléctrica.

Transporte: El Estor cuenta con servicios de transporte terrestre y fluvial. Existen carreteras que conectan el municipio con otras localidades cercanas, permitiendo el desplazamiento de personas y mercancías. También se utilizan embarcaciones para el transporte a lo largo del Lago de Izabal y el río Polochic.

Seguridad: en términos de seguridad, El Estor cuenta con una estación de policía que brinda servicios de seguridad y vigilancia en el municipio. La presencia de fuerzas de seguridad busca garantizar el orden y la tranquilidad de la comunidad.

Es importante tener en cuenta que el nivel y la calidad de los servicios pueden variar en diferentes áreas del municipio, especialmente entre el área

urbana y las zonas rurales. Además, es posible que se requieran mejoras en la infraestructura y la prestación de servicios en algunas áreas.

1.1.6. Monografía de la aldea Playa Pataxte

En esta sección se presenta la información relacionada a la monografía de la aldea Playa Pataxte.

1.1.6.1. Educación de la aldea Playa Pataxte

La educación en la aldea ha mejorado de manera significativa a lo largo de los años. Actualmente, los niños y jóvenes tienen acceso a clases gratuitas desde la educación básica hasta la preparatoria. La educación básica consta de seis grados, desde el preescolar hasta el sexto grado, y se ofrece un programa de educación preescolar para niños de hasta seis años. La educación primaria y secundaria se ofrecen a través del aula comunitaria, que se encuentra dentro del predio de la escuela Oficial Rural Mixta de la comunidad. Esta institución fue fundada con el objetivo de brindar educación a los niños de la comunidad.

Figura 2.

Oficial rural mixta aldea Playa Pataxte

Nota. La escuela oficial rural mixta Aldea Playa Pataxte durante la jornada estudiantil. Elaboración propia.

Los aldeanos tienen acceso a clases gratuitas desde la educación básica hasta la preparatoria. Además, la comunidad tiene en marcha programas de educación técnica a través de la Asociación de Educación Comunitaria y la Escuela Más Paz. Los aldeanos reciben un gran apoyo de la comunidad, lo que les permite tener acceso a la educación. La educación en la Aldea Playa Pataxte se ha desarrollado mucho en los últimos años, se ha convertido en un modelo por seguir para las comunidades cercanas.

1.1.6.2. Salud en la aldea Playa Pataxte

La aldea Playa Pataxte del municipio de El Estor se encuentra ubicada al este de Guatemala, en la región nororiental de Izabal. Esta aldea de aproximadamente 1,242 habitantes es predominantemente indígena y su idioma

principal es el Q'eqchi'. Esto ha significado que el acceso a la salud en Playa Pataxte sea limitado.

Esto ha generado una situación en la que el cuidado de la salud se ve limitado, y ha contribuido a la alta mortalidad infantil y materna en la región. Además, existen numerosos informes de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, cólera y otras enfermedades gastrointestinales que afectan a la población de Playa Pataxte. Estas enfermedades son particularmente preocupantes para las comunidades indígenas debido al alto número de niños pequeños y ancianos en Playa Pataxte, así como al uso de aguas no potables.

Las necesidades de salud primarias de Playa Pataxte son atendidas por una combinación de servicios proporcionados por organizaciones comunitarias, organizaciones no gubernamentales y el gobierno local. Estos servicios proporcionan un enfoque holístico a la salud de la comunidad mediante la implementación de educación sanitaria, salud reproductiva, servicios de salud mental y atención médica básica.

Sin embargo, los recursos disponibles para proporcionar este tipo de servicios a la población de Playa Pataxte son limitados, por lo que es necesario un compromiso y mayor financiación de los gobiernos locales para mejorar los servicios de salud en la aldea. También hay que tener en cuenta los desafíos culturales asociados con el cuidado de la salud, como la resistencia al uso de dispositivos de salud modernos.

Figura 3.

Centro de convergencia y vías de acceso

Nota. Centro de convergencia y vías de acceso, una vista panorámica. Elaboración propia.

1.1.6.3. Energía eléctrica en la aldea Playa Pataxte

Según un informe del Programa de Cooperación Hispano-guatemalteco para la Sostenibilidad Social y Económica de El Estor, publicado por la Universidad Politécnica de Madrid (2016) El Estor es una zona rural con escaso acceso al suministro de energía eléctrica, menos del 10 % de la población de El Estor tiene el servicio de energía eléctrica. Esto significa que la mayoría de los habitantes no tienen acceso a la energía eléctrica.

Las familias residentes en Playa Pataxte recurren principalmente a recursos energéticos no renovables y no sostenibles para generar sus propias fuentes de energía eléctrica. Estas fuentes son principalmente generadores de gasolina, solar, a gas natural, y leña. Entre 2010 y 2014, el costo anual combinado promedio de los supuestos transportes durante el envío y almacenamiento de combustibles fue de aproximadamente Q 2669.43 Q 3608.81, según un procesamiento de la información.

Al mismo tiempo, los esfuerzos de la municipalidad para suministrar energía eléctrica a la población rural han sido limitados.

La eficiencia energética ofrece una alternativa viable para la región, ya que ofrece una forma sostenible de abordar la pobreza energética sin aumentar el suministro de energía eléctrica. Los proyectos de eficiencia energética han demostrado ser exitosos en varias comunidades rurales de Guatemala, incluyendo el municipio de El Estor. Un proyecto de eficiencia energética financiado por el gobierno en Playa Pataxte, en el cual se realizaron instalaciones de aislamiento, se encuentra actualmente en curso. Este proyecto es una buena manera de aliviar la carga de la población local al reducir la necesidad de fuentes de energía no sostenibles.

Además, el municipio de El Estor ha trabajado para promover proyectos de energía renovable. Estos proyectos incluyen un proyecto de energía solar.

1.1.6.4. Agua potable en la aldea Playa Pataxte

El acceso a agua potable de calidad es uno de los mayores retos enfrentados por la población de El Estor. Según un informe del Programa de

Cooperación Hispano-guatemalteco para la Sostenibilidad Social y Económica de El Estor, publicado por la Universidad Politécnica de Madrid (2016), menos del 50 % de la población de El Estor tiene acceso a agua potable. Esto significa que la mayoría de los habitantes no tienen el servicio de agua potable.

En Playa Pataxte, el acceso al agua potable es particularmente difícil. La comunidad carece de un suministro adecuado de agua potable, y la mayoría de las personas dependen de pozos profundos para obtener el agua. Estos pozos tienen una profundidad media de 8-10 metros, con un diámetro de aproximadamente 0,5 metros. El agua extraída de estos pozos es generalmente de mala calidad y no se recomienda para el consumo humano.

Además, el pozo es un recurso limitado. Debido al alto costo de los equipos de bombeo, la mayoría de los habitantes no pueden bombear agua desde el pozo. Esto significa que la mayoría de la población depende de fuentes externas para el suministro de agua potable. Esto resulta en largos viajes para obtener agua potable.

En contextos aislados como en la aldea Playa Pataxte, el acceso al agua potable es un desafío importante para el desarrollo sostenible. Se ha demostrado que los servicios de agua potable de calidad tienen un impacto significativo en la salud de la población. Además, los costos de transporte de agua potable son un gran peso para las familias.

Además, la institución local, Centro de Cooperación Ambiental (CECOA), ha desarrollado un proyecto para mejorar el acceso al agua potable en Playa Pataxte. En este proyecto, se ha construido un sistema de captación de agua

para mejorar la calidad de agua del pozo. El proyecto también incluye la instalación de un sistema de bombeo para facilitar el suministro de agua.

1.1.6.5. Drenajes en la aldea Playa Pataxte

Según un informe del Programa de Cooperación Hispano-guatemalteco para la Sostenibilidad Social y Económica de El Estor, publicado por la Universidad Politécnica de Madrid (2016), menos del 20 % de la población de El Estor tiene acceso a sistemas de drenaje. Esto significa que la mayoría de los habitantes no cuentan con el servicio de drenaje.

En Playa Pataxte, el sistema de drenaje es particularmente deficiente. La comunidad carece de un sistema de alcantarillado adecuado. El acceso a los sistemas de alcantarillado es limitado debido a la ausencia de infraestructura de alcantarillado. Esto significa que los desechos generados por la comunidad se arrojan a los caminos, canales de desagüe y pozos ciegos, lo que contribuye a la contaminación del aire y el agua.

Además, la falta de sistemas de drenaje ha contribuido al aumento de los riesgos de enfermedades como el dengue, la malaria y la fiebre amarilla. Estas enfermedades son particularmente graves durante la época de lluvias, ya que el agua acumulada en los caminos y los canales de desagüe se contamina con los desechos, lo que contribuye a la proliferación de mosquitos.

Figura 4.

Estado actual de los drenajes en aldea Playa Pataxte

Nota. Muestra del estado actual de los drenajes en la Aldea Playa Pataxte. Elaboración Propia.

1.1.6.6. Tipo de vivienda en la aldea Playa Pataxte

Según Investigaciones Geográficas y Estadísticas, la población total de Playa Pataxte sostiene una cantidad de 1,242 habitantes repartidos en 207 viviendas, a una razón de 6 habitantes por vivienda. Los tipos de viviendas en Playa Pataxte están asociados con la economía local y entre ellas se encuentran las más comunes como las de madera, el material más usado para construir la mayoría de las casas son los árboles como el cedro, melina y tzalam, así como el calabrote para el techo.

Otro tipo de vivienda común en Playa Pataxte es la vivienda de cabaña de pescador. Estas cabañas tienen una estructura de madera y techo de palma y/o lamina de aluminio, y se utilizan como vivienda de tiempo limitado para los

campesinos e indígenas que salen al mar en busca de trabajo. Algunas cabañas tienen paredes de ladrillos, barro o lámina metálica.

También hay construcciones modernas en Playa Pataxte, pero son menos comunes. Estas construcciones se enfocan en satisfacer las necesidades básicas de los miembros de la comunidad. Estos edificios tienen una estructura de paredes de concreto, techo de lámina y puertas y ventanas de madera.

1.2. Principales necesidades de la aldea

A continuación, se detalla la información concerniente a las principales necesidades de la aldea en cuestión.

1.2.1. Descripción de las necesidades y estados de los servicios básicos en la aldea

En esta sección se presenta la información necesaria para la descripción de las necesidades y estados de los servicios básicos en la aldea.

Tabla 1.

Servicios básicos en la comunidad

Servicios básicos para la población		
Iluminación: candelas, candiles (gas kerosene), linternas, algunos poseen paneles fotovoltaicos, entre otros.	**Agua:** el abastecimiento es a través de agua entubada, nacimientos, manantiales, río, agua de lluvia, pozos artesanales, entre otros.	**Drenajes:** no poseen, un porcentaje de la población cuenta con letrinas o pozos ciegos
Tratamiento de basura: la mayoría de las personas la tira a la intemperie y un porcentaje bajo la quema.	**Transporte:** uso de pick-ups para el traslado de personas; asimismo, por lancha.	**Otros:** servicio de telefonía, móvil, ventas (tiendas, comedores, molinos de nixtamal, día de mercado), otros servicios van a comunidades vecinas o municipio más cercano.

Nota. Información asociada a los servicios básicos en la comunidad. Elaboración propia, realizada con Word.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades de la aldea Playa Pataxte, en El Estor, Izabal

En esta sección se presenta la información necesaria para la evaluación y priorización de las necesidades de la aldea Playa Pataxte, en El Estor, Izabal.

Tabla 2.

Evaluación de necesidades en la comunidad

Evaluación de necesidades en la comunidad		
Iluminación: En la actualidad se está trabajando en un proyecto que beneficie a población de Playa Pataxte con energía eléctrica lo que vendrá a beneficiar al desarrollo de la comunidad.	**Agua:** El abastecimiento es a través de agua entubada, nacimientos, manantiales, río, agua de lluvia, pozos artesanales, entre otros. Por lo cual deber ser prioritario el no contaminar estas fuentes de agua para la comunidad.	**Drenajes:** no poseen, un porcentaje de la población cuenta con letrinas o pozos ciegos, lo que priorizan dicho servicio, para mejorar la calidad de vida de las personas y evitar las enfermedades que los afectan.
Tratamiento de basura: La mayoría de las personas la tira a la intemperie y un porcentaje bajo la quema. Lo que requiere concientizar a la población para evitar la contaminación que le afecta directamente a la población que vive en el lugar.	**Transporte:** uso de pick-ups para el traslado de personas; asimismo, por lancha, con las calles principales de la comunidad pavimentadas, el mejoramiento y mantenimiento de las vías de acceso es lo requerido para desarrollo de la comunidad.	**Otros:** servicio de telefonía, móvil, ventas (tiendas, comedores, molinos de nixtamal, día de mercado), otros servicios van a comunidades vecinas o municipio más cercano, debido principalmente a que no cuentan con el servicio de electricidad.

Nota. Detalle de la información para evaluar las necesidades de la comunidad, tratamiento de basura, transporte, entre otros. Elaboración propia, realizado con Word.

1.3. Vulnerabilidad del proyecto

A continuación, se realiza un análisis enfocado a la vulnerabilidad del proyecto.

1.3.1. Eventos naturales o antrópicos

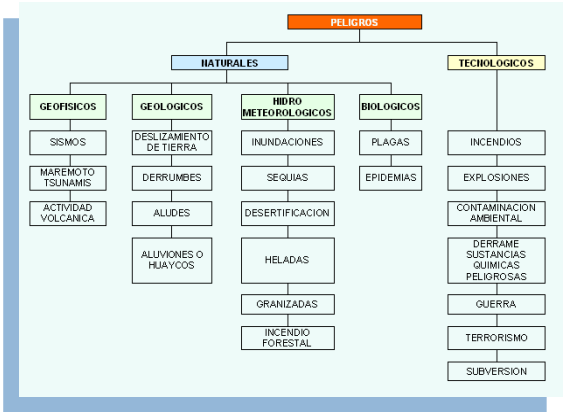
En esta sección, se hace énfasis en los eventos naturales o antrópicos y sus implicaciones correspondientes con la investigación.

1.3.1.1. Eventos naturales

Son fenómenos provocados por el medio natural, como los geológicos (sismos, terremotos, entre otros) y los hidrometereológicos (huracanes, tormentas tropicales e inundaciones).

Figura 5.

Eventos naturales que podrían afectar el proyecto



Nota. Eventos naturales que tienen incidencia en la afectación del proyecto. Obtenido de M. Ayala (2019). *Identificación de factores que limitan una implementación efectiva de la gestión de riesgos de desastres a nivellocal, en el distrito de Moyobamba, 2015*. (p. 5) Universidad Nacional de San Martin

1.3.1.2. Eventos antrópicos

Son fenómenos provocados por el ser humano (incendios, desplomes de infraestructuras, derrames de líquidos, entre otros; esto por mala calidad de los insumos utilizados en los proyectos o acciones mal intencionadas).

Para este caso de estudio no se tiene un historial, donde el ser humano haya provocado un evento antrópico en el área de influencia del proyecto.

1.3.2. Riesgo

El riesgo es toda aquella posibilidad de ocurrencia de una situación que pueda entorpecer el normal desarrollo de la implementación y función de un proyecto de redes y sistemas de evacuación de drenajes, lo cual, impide alcanzar o alterar su función.

Figura 6.

Riesgos que pueden afectar el proyecto

Nota. Información gráfica de los riesgos que pueden tener afectación en el proyecto. Obtenido de CAPRA (2024). *Evaluación de Riesgo.* (https://ecapra.org/es/topics/evaluaci%C3%B3n-del-riesgo *)*, consultado el 16 de enero de 2024. De dominio público.

En tal sentido, durante el proceso de evaluación y formulación se desarrolló un análisis que permitió determinar factores de incidencia en el área de influencia, relacionado al riesgo.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Aspectos generales del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para aldea Playa Pataxte

A continuación, se presentan los conceptos necesarios para definir los aspectos generales del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para aldea Playa Pataxte.

2.1.1. Tipo de sistema por utilizar

En esta sección se establecen los tipos de sistema por utilizar y sus implicaciones.

2.1.1.1. Alcantarillado pluvial

Acero y Vanegas (2017) definen el alcantarillado pluvial se refiere al sistema de infraestructura diseñado para la recolección y transporte de aguas pluviales en áreas urbanas y suburbanas. Su propósito principal es prevenir inundaciones, minimizar los riesgos para la salud pública y reducir los impactos negativos del exceso de agua de lluvia en el entorno urbano.

El diseño del alcantarillado pluvial se basará en el análisis hidrológico y la hidráulica de los eventos de lluvia. Esto implica el cálculo del caudal máximo, la estimación de la escorrentía superficial y la selección de los diámetros y pendientes adecuados para las tuberías. Los modelos hidráulicos, como el

modelo de Manning o el modelo de coeficientes de escorrentía, son ampliamente utilizados en el diseño del alcantarillado pluvial.

El alcantarillado pluvial enfrenta desafíos relacionados con la urbanización, el cambio climático y la infraestructura obsoleta. El crecimiento urbano descontrolado puede aumentar la carga de agua de lluvia en el sistema, con lo que supera su capacidad de manejo. El cambio climático también puede generar eventos de lluvia más intensos y frecuentes, lo que requiere adaptaciones en el diseño del alcantarillado. Además, la falta de mantenimiento adecuado puede dar lugar a obstrucciones y disminución de la eficiencia del sistema.

Para abordar los desafíos del alcantarillado pluvial, se han propuesto soluciones y enfoques de gestión. Entre ellos se encuentran las infraestructuras verdes, que incluyen elementos como techos verdes, jardines de lluvia y áreas permeables, que ayudan a retener y tratar el agua de lluvia en su origen. Además, se ha promovido la integración de sistemas de información geográfica (SIG) y modelos hidrológicos para un mejor manejo y toma de decisiones.

El alcantarillado pluvial también tiene implicaciones medioambientales y sociales. El agua de lluvia recolectada puede contener contaminantes que deben ser tratados antes de su descarga, lo que resalta la importancia de la calidad del agua y el manejo adecuado de los sistemas de tratamiento. Asimismo, se reconoce la importancia de la participación comunitaria en la planificación y gestión del alcantarillado pluvial, para asegurar que las soluciones sean socialmente aceptadas y sostenibles a largo plazo.

El alcantarillado pluvial se desarrollará bajo las especificaciones del INFOM y el uso de tubería de PVC norma ASTM F949 con un diámetro de que va desde 21” hasta las 48” en el punto de descarga final y consisten en la construcción de 4185.90 metros de colector principal y 63 pozos de visita. Se empleó el uso de pendientes del terreno para asegurar que las velocidades dentro de las alcantarillas se mantengan en el rango de velocidad normal para flujos impulsados por la gravedad.

2.1.1.2. Alcantarillado Sanitario

Maurer (2012) indica que el alcantarillado sanitario es un sistema de infraestructura diseñado para la recolección y transporte de aguas residuales domésticas e industriales desde los hogares, edificios y establecimientos comerciales hasta las plantas de tratamiento o puntos de descarga adecuados. Su objetivo principal es proteger la salud pública y el medio ambiente al evitar la contaminación del agua y prevenir la propagación de enfermedades relacionadas con aguas residuales.

El sistema de alcantarillado sanitario estará compuesto por una red de tuberías, pozos de visita, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de aguas residuales. Las tuberías transportan las aguas residuales desde los puntos de generación hasta los puntos de tratamiento o descarga, y los pozos de visita permiten el acceso para inspección y mantenimiento del sistema. En casos donde la topografía no permite un flujo gravitacional, las estaciones de bombeo elevan las aguas residuales para su transporte.

El diseño del alcantarillado sanitario se basa en factores como el caudal de aguas residuales, la topografía del área, la población servida y los estándares

de calidad del agua. Se utilizan modelos hidráulicos para determinar los diámetros y pendientes de las tuberías, así como para evaluar el tiempo de retención y la eficiencia del transporte de las aguas residuales. Además, se consideran aspectos como la infiltración de agua de lluvia y el crecimiento futuro de la población al diseñar el sistema.

El alcantarillado sanitario desarrollará bajo las especificaciones del INFOM y el uso de tubería de PVC norma ASTM 3034 con un diámetro de 8" y consisten en la construcción de 4073.17 metros de colector principal y 61 pozos de visita. Se empleó el uso de pendientes del terreno para asegurar que las velocidades dentro de las alcantarillas se mantengan en el rango de velocidad normal para flujos impulsados por la gravedad.

2.1.2. Periodo de diseño

En este apartado del documento, se desarrolla el tema del periodo asociado al diseño.

2.1.2.1. Periodo de diseño alcantarillado pluvial

Caballero (2017) manifiesta que el periodo de diseño del sistema de alcantarillado pluvial depende de varios factores, como la intensidad y duración de las lluvias, la topografía del terreno, la capacidad de las tuberías y la capacidad de almacenamiento de los sumideros y pozos de visita. En los proyectos de alcantarillado pluvial, se utiliza el método racional para determinar el caudal de diseño, que se calcula en función de la intensidad de la lluvia, el área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía.

El periodo de diseño se establece en función de la vida útil del proyecto y de la frecuencia de las lluvias extremas que se esperan en la zona. En general, el periodo de diseño del sistema de alcantarillado pluvial varía entre 10 y 25 años. Es importante que el periodo de diseño sea adecuado para garantizar la eficiencia y sostenibilidad del proyecto, evita problemas de inundaciones y daños en las vías públicas y en las propiedades privadas.

En este proyecto debido a disposiciones que sean benéficas, tanto para el mantenimiento como para la inversión de este, se determinó un periodo de diseño de 22 años que equivalen a 20 años de diseño y 2 años de trámites y procesos.

2.1.2.2. Periodo de diseño alcantarillado sanitario

En general, el periodo de diseño del sistema de alcantarillado sanitario puede variar entre 20 y 25 años, dependiendo de las necesidades de la población y de la vida útil del proyecto. Es importante que el periodo de diseño sea adecuado para garantizar la eficiencia y sostenibilidad del proyecto, evite problemas de contaminación y de salud pública.

En el caso de este proyecto se consideró un periodo de diseño de 22 años, los cuales se designaron en base a la durabilidad de las instalaciones, la facilidad de construcción, el crecimiento poblacional que considere una ampliación a futuro.

2.1.3. Estudio de topografía

En este apartado del documento, se desarrolla el tema del estudio topográfico.

2.1.3.1. Levantamiento topográfico

Cabrera (2013) establece que el levantamiento topográfico necesario para un sistema de alcantarillado y debe ser de primer orden donde representen las características físicas y geográficas de la superficie terrestre, incluyendo la elevación, la forma del terreno y la ubicación de objetos y elementos naturales o artificiales.

Menciona que en la recolección de datos que posteriormente en el procesamiento y análisis generaren representaciones gráficas y numéricas del terreno, calles, edificios, escuelas, carreteras, todos los pavimentos anota su tipo, parques públicos, quebradas, ríos, zanjones, cursos de agua, elevaciones, depresiones y todas aquellas estructuras que guarden relación con el problema por resolver e influyan en el diseño.

Para el levantamiento topográfico se empleó una estación total marca Trimble M3, con la cual se realizó el levantamiento de datos topográficos de campo.

2.1.3.2. Planimetría y altimetría

Planimetría: la planimetría se refiere a la representación gráfica de las características y elementos horizontales de un terreno o área geográfica, como la ubicación, la forma, las dimensiones y las posiciones relativas de objetos y elementos. Es una rama de la topografía que se enfoca en la medición y representación de las coordenadas planas (x, y) de puntos sobre la superficie terrestre.

Altimetría: la altimetría se ocupa de la medición y representación de las elevaciones o alturas de los puntos sobre la superficie terrestre. Consiste en determinar la distancia vertical entre un punto de referencia y el terreno circundante, generalmente utiliza instrumentos de medición como niveles o sistemas de posicionamiento global (GPS) de alta precisión.

2.1.4. Normas y especificaciones de diseño de drenaje pluvial y sanitario

En esta sección se desarrollan las implicaciones de las Normas y especificaciones de diseño de drenaje pluvial y sanitario.

2.1.4.1. Selección de tuberías

Calderón (2016) define Material de las tuberías como las tuberías de alcantarillado pueden estar hechas de diferentes materiales, como hormigón, PVC, acero, hierro fundido, entre otros. La elección del material debe basarse en factores como la resistencia a la corrosión, la durabilidad, la vida útil esperada y los requisitos específicos del proyecto.

Diámetro y capacidad: la selección del diámetro de las tuberías debe basarse en la capacidad hidráulica requerida para transportar el caudal de agua pluvial o residuales esperado. Se deben considerar tanto las condiciones actuales como las futuras de diseño, teniendo en cuenta el crecimiento urbano y los posibles aumentos de caudal.

Cargas y condiciones de carga: las tuberías deben ser capaces de soportar las cargas externas, como el peso del suelo y las cargas de tráfico. Se

deben considerar las condiciones del terreno, incluidos los efectos de la erosión, los movimientos del suelo y los posibles impactos ambientales.

Condiciones de flujo y auto limpieza: se debe considerar la velocidad y el régimen de flujo dentro de las tuberías para garantizar un transporte eficiente de las aguas pluviales o residuales. Se deben tener en cuenta los requisitos de auto limpieza para evitar la acumulación de sedimentos y obstrucciones.

Para este proyecto se empleará tubería PVC normada bajo la ASTM 3034, en los diámetros resultantes de los cálculos realizados.

2.1.4.2. Diámetro mínimo

En este apartado, se establecen los conceptos asociados al diámetro mínimo necesario.

- Alcantarillado pluvial

En Guatemala, el diámetro mínimo para el alcantarillado pluvial es de 10”, en PVC según el INFOM, también recomienda diseñar desde las 12” en PVC y concreto, el manual indica que el diámetro de los alcantarillados debe ser determinado mediante un cálculo hidráulico para cada tramo y considerar el caudal a transportar.

- Alcantarillado sanitario

En Guatemala, el diámetro mínimo para el alcantarillado sanitario es de 8” para tuberías de concreto y 6” para tuberías de PVC en los niveles de servicio más bajos, entre 8” y 12” para los niveles de servicio medio y entre 12” y 24” para los niveles de servicio más altos. Esta recomendación la hace el INFOM, donde el manual indica que el diámetro de los alcantarillados debe ser determinado mediante un análisis hidráulico para cada tramo y considerar el caudal para transportar.

Para las conexiones domiciliares el INFOM, recomienda diámetros de 6” en tuberías de concreto y 4” en tuberías de PVC, para las conexiones en Y al sistema.

2.1.4.3. Velocidades mínimas y máximas

Barrientos (2018) alude que el alcantarillado pluvial en Guatemala, las velocidades mínimas y máximas para el alcantarillado pluvial recomendada deben ser determinada mediante un cálculo hidráulico para cada tramo y considerar el caudal a transportar. Se recomienda tener velocidades mínimas de al menos 0,6 m/s para diámetros inferiores a 500 mm y al menos 0,9 m/s para diámetros mayores a 500. Por otro lado, las velocidades máximas no deben ser superiores a 3 m/s para evitar la erosión, agitación de sedimentos y pérdida de caudal.

Alcantarillado Sanitario: para evitar el depósito de sedimentos y obstrucciones en las tuberías de alcantarillado sanitario, el INFOM recomienda una velocidad mínima de flujo de aproximadamente 0.60 m/s. Esta velocidad

ayuda a mantener la auto limpieza de las tuberías, evita la acumulación de materiales sólidos y en el caso de la velocidad máxima, para evitar problemas de erosión y desgaste excesivo en las tuberías, se establece una velocidad máxima recomendada alrededor de 3.00 m/s. Esta velocidad garantiza un transporte eficiente de las aguas residuales sin causar daños a las tuberías, ni generar un excesivo desgaste en los materiales, en el caso de tuberías PVC, los fabricantes recomiendan utilizar 0.4 m/s y 4.00 m/s.

Establece que para la velocidad en el sistema se utiliza la fórmula de Manning, que aplicándola algebraicamente en el sistema internacional queda expresada de la siguiente manera, la cual es empleada en este proyecto.

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

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

D = Diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.010 para tubos PVC)

2.1.4.4. Profundidades mínimas de las tuberías de alcantarillado pluvial y sanitario

Las profundidades mínimas de las tuberías para el alcantarillado pluvial y sanitario pueden variar dependiendo de varios factores, como el tamaño de la tubería, el tipo de suelo, la topografía del área, dado que se debe mantener a una profundidad segura para la tubería y que permita el 100 % de las conexiones al sistema.

Colectores principales: las tuberías principales de alcantarillado pluvial y sanitario, que transportan el caudal principal, suelen ubicarse a una profundidad mayor que las tuberías secundarias. En la siguiente tabla se encuentran los valores mínimos de profundidad para los colectores principales en tubería de concreto.

Tabla 3.

Profundidad mínima de tubería de PVC

Profundidades mínimas de la cota inferior para evitar rupturas													
DIAMETRO	**6"**	**8"**	**10"**	**12"**	**16"**	**18"**	**21"**	**24"**	**30"**	**36"**	**42"**	**48"**	**60"**
TRAFICO NORMAL	60	60	90	90	90	90	90	90	100	100	100	120	120
TRAFICO PESADO	90	90	90	110	110	120	120	120	120	120	140	140	140

Nota. Tabla de datos de profundidades mínimas de tubería de PVC elaboración propia, realizada con Word.

Tuberías secundarias en drenaje pluvial: las tuberías secundarias, que recogen el flujo de agua de lluvia de las calles y los desvían hacia las tuberías principales, suelen tener una profundidad mínima de alrededor de 0.6 metros. Sin embargo, es importante considerar factores adicionales, como la necesidad de evitar interferencias con otros servicios públicos enterrados, como líneas de agua potable.

2.1.4.5. Diseño de rejillas en drenaje pluvial

Peña y Rocha (2012) definen estándares y normativa, investiga las normas y regulaciones locales o regionales que se aplican a los drenajes pluviales y las rejillas utilizadas en ellos. Estos estándares pueden incluir especificaciones sobre el tamaño de las aberturas de las rejillas, la resistencia a

la carga, el material utilizado, entre otros. Asegúrate de cumplir con los requisitos aplicables a tu ubicación.

Cálculo de la capacidad de drenaje: determina la capacidad de drenaje requerida para el área en la que se instalará la rejilla. Esto depende del caudal de agua esperado durante las lluvias intensas. Considera factores como la precipitación media, la pendiente del terreno y las características de drenaje de la zona. Los manuales de ingeniería hidráulica y drenaje urbano pueden proporcionarte información útil para este cálculo.

Selección del tipo de rejilla: hay diferentes tipos de rejillas que se utilizan en drenajes pluviales, como rejillas de acero galvanizado, polímero reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o rejillas de hormigón. Considera las propiedades y ventajas de cada material, como su resistencia a la corrosión, durabilidad y facilidad de mantenimiento.

Diseño de la geometría de la rejilla: define la geometría de la rejilla, incluyendo el tamaño y la forma de las aberturas. Por lo general, las rejillas para drenajes pluviales tienen aberturas rectangulares o cuadradas para permitir el paso del agua mientras atrapan los sedimentos y residuos. Las dimensiones de las aberturas dependerán de la capacidad de drenaje requerida y de los estándares locales.

Resistencia estructural: asegúrate de que la rejilla sea lo suficientemente fuerte como para soportar la carga esperada. Considera el tráfico vehicular que pueda pasar sobre la rejilla y la capacidad de carga requerida. Las rejillas para drenajes pluviales suelen tener una clasificación de carga, como carga de tráfico liviano, medio o pesado. Consulta las especificaciones técnicas del fabricante

para asegurarte de que la rejilla cumple con los requisitos de resistencia estructural.

Consideraciones estéticas: si bien la funcionalidad es primordial, también es importante considerar la estética de las rejillas de drenaje pluvial, especialmente si se instalarán en áreas urbanas o espacios públicos. Algunas rejillas están diseñadas con patrones decorativos o acabados que pueden integrarse de manera armoniosa con el entorno circundante.

2.1.4.6. Área de influencia en drenaje pluvial

Paredes y Chávez (2016) aluden el área de influencia en drenajes pluviales se refiere al área geográfica que contribuye al flujo de agua de lluvia hacia un sistema de drenaje en particular, como una red de tuberías o una cuenca de captación. Es esencial comprender el área de influencia para diseñar sistemas de drenaje adecuados y gestionar eficientemente los flujos de agua pluvial.

Las áreas que tributan se calculan en hectáreas y para ello se toman a escala las distancias, las manzanas se dividen en triángulos cuyos lados deben salir a partir del punto central hacia los extremos del tramo entre los pozos de visita.

Estos autores definen análisis topográfico, se realiza un estudio detallado de la topografía del área, identificando las áreas más altas y las rutas de flujo natural del agua de lluvia. Esto puede incluir el uso de modelos digitales de elevación (MDE) y sistemas de información geográfica (SIG) para delinear las cuencas hidrográficas y determinar los límites del área de influencia.

En hidrología se utilizan métodos de análisis hidrológico para estimar los caudales de agua de lluvia en diferentes puntos de la cuenca hidrográfica. Estos caudales se pueden utilizar para determinar las áreas que contribuyen al flujo de agua hacia un punto de salida específico.

2.1.4.7. Velocidad de diseño drenaje pluvial y sanitario

En esa sección, se presentan los conceptos asociados a la velocidad de diseño en drenaje pluvial y sanitario.

- Velocidad de diseño en drenaje pluvial

De acuerdo con Pérez (2003) la velocidad de diseño en drenajes pluviales se refiere a la velocidad a la cual el agua fluye a través de un sistema de drenaje durante eventos de lluvia intensa. Determinar la velocidad de diseño es esencial para dimensionar correctamente los elementos del sistema de drenaje, como tuberías, canales o zanjas, y garantizar que sean capaces de manejar el flujo de agua de manera eficiente.

Según este autor el caudal de diseño se refiere al caudal de agua esperado durante un evento de lluvia intensa en un área específica. Este caudal se determina al utilizar análisis hidrológicos y considerar factores como la precipitación media, el área de captación y las características del suelo.

Sección transversal del sistema de drenaje: la forma y dimensiones del sistema de drenaje influyen en la velocidad de flujo. Por ejemplo, una tubería más

grande tendrá una mayor capacidad de flujo y, por lo tanto, una velocidad de diseño más alta.

Rugosidad del canal o tubería: la rugosidad interna de las tuberías o canales también afecta la velocidad de diseño. Superficies más rugosas tienden a disminuir la velocidad del flujo, mientras que superficies más lisas permiten un flujo más rápido.

Para determinar la velocidad de diseño en drenajes pluviales, se utilizan métodos y ecuaciones específicas, como la ecuación de Manning o la ecuación de continuidad. Estas ecuaciones relacionan la velocidad del flujo con los parámetros hidráulicos del sistema de drenaje.

- Velocidad de diseño en drenaje sanitario

La velocidad de diseño en sistemas de drenaje sanitario es el máximo flujo de líquido (generalmente agua) que puede ser tratado por un sistema de drenaje. Esta velocidad determina la cantidad de recursos necesarios para el proceso de tratamiento y la cantidad de líquido que puede drenarse de un área.

Por lo general, se recomienda una velocidad de diseño de 0.60 m/s ≤ v ≤3.00 m/s. Esta velocidad permite que el flujo de líquido se mantenga laminar. Esto significa que el caudal se mueve en líneas rectas sin interrupciones o perturbaciones. Esto ayuda a disminuir los accidentes por caída de presión y a mantener un flujo uniforme.

La velocidad de diseño también está relacionada con la presión estática y la presión estacionaria en el sistema. Esto significa que la presión del líquido

dentro de la tubería no debe exceder los límites establecidos. Si los límites se exceden, el rendimiento del sistema puede reducirse.

2.1.4.8. Punto de desfogue drenaje pluvial y sanitario

En esta sección, se desarrolla el tema del punto de desfogue en drenaje pluvial y sanitario.

- Punto de desfogue en drenaje pluvial

El punto de desfogue proporciona una vía de escape para estas aguas pluviales, previniendo posibles inundaciones en la zona. Para el proyecto se determinó un punto idóneo para que las aguas del drenaje pluvial desemboquen en un afluente natural donde no afecten a la población de la aldea con inundaciones y mantengan armonía con el ambiente.

- Punto de desfogue en drenaje sanitario

El punto de desfogue para las aguas tratadas se debe ubicar idóneamente para que guarde relación con la topografía del terreno lo ubican en un lugar estratégico y a la vez que respete las normas del ministerio de medio ambiente, para mitigar los efectos negativos a la naturaleza por la descarga de estas aguas. Que previas a su descarga deben haber recibido un tratamiento acorde a las condiciones del cuerpo receptor donde desembocaran posterior a ser tratadas.

2.1.5. Pozos de visitas drenaje sanitario y pluvial

En este apartado se presentan los pozos de visitas drenaje sanitario y pluvial y sus implicaciones.

2.1.5.1. Ubicación de los pozos de visita

Los pozos de visita deben ser ubicados y diseñados según el INFOM, cuando se den las siguientes condiciones.

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores de ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 m en línea recta en diámetros hasta de 24”.
- A distancias no mayores de 300 m en diámetros superiores a 24”

2.1.5.2. Diámetro interno de los pozos de visita

En el desarrollo e implementación de un sistema de alcantarillado, el diámetro interno de los pozos de visita es un factor de determinación importante. Esto se debe a que los diámetros internos influyen en la capacidad y el rendimiento del sistema, y también en la seguridad en la operación de los pozos de visita. Esto lleva a que el diámetro interno se considere como un aspecto fundamental a considerar al diseñar y construir un sistema de drenaje sanitario, por lo cual en la actualidad se ha normalizado la construcción de estos.

En la siguiente tabla encontramos los diámetros mínimos sugeridos por la municipalidad de Guatemala para pozos de visita que se puede tomar como referencia a en el proyecto por diseñar.

Tabla 4.

Diámetro mínimo de los pozos de visita

Diámetros tributario mayor		Diámetros internos del pozo
pulgada	metro	Di (metro)
10”	0,25	1,50
12”	0,30	1,50
14”	0,35	1,50
16”	0,40	1,50
18”	0,45	1,50
20”	0,50	1,50
22”	0,55	1,75
24”	0,60	1,75
26”	0,65	1,75
28”	0,70	1,75
30”	0,75	1,75
36”	0,90	2,00
40”	1,00	2,00
50”	1,25	2,25
60”	1,50	2,50
Tuberías mayores		Diámetro + 1.00 m

Nota. Tabla de medidas del diámetro mínimo de los pozos de visita. Obtenido de Municipalidad de Guatemala (s.f.). *Reglamento para diseño y construcción de drenajes de la Municipalidad de Guatemala*.(https://www.academia.edu/15429130/Reglamento_municipal_para_dise%C3%B1o_drenajes), consultado el 10 de enero de 2024. De dominio público.

Están construidos con mampostería de punta, ladrillos de tayuyo y hormigón armado, de forma cilíndrica, que por lo general termina en un tronco de cono en la parte superior, y con una cubierta removible, que se realiza con el fin de facilitar el acceso para el mantenimiento de la estructura. Las paredes del pozo deben ser impermeabilizadas con yeso y cribado liso, el fondo puede ser de hormigón y canto rodado; para la inspección o limpieza en pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales suelen ser de acero de n 3/8” y embutidos en las paredes del pozo.

2.1.5.3. Disipadores de energía en pozos de visita

Los disipadores de energía son estructuras utilizadas en los sistemas de drenaje sanitario para controlar la velocidad del flujo de aguas residuales y reducir la energía cinética antes de que el agua ingrese al pozo de visita. Estas estructuras son importantes para prevenir daños en el pozo, la tubería y el sistema de alcantarillado en general.

A continuación, se presentan algunos tipos comunes de disipadores de energía utilizados en pozos de visita:

Vertederos escalonados: los vertederos escalonados son una forma efectiva de disipar la energía del flujo de aguas residuales. Consisten en una serie de escalones construidos dentro del pozo de visita, lo que permite que el agua fluya en cascada, reducen su velocidad y energía cinética.

Placas deflectores: las placas deflectores se instalan estratégicamente en el pozo de visita para desviar y redirigir el flujo de agua, creando turbulencia y disipando la energía cinética. Estas placas pueden tener diferentes diseños y configuraciones según las necesidades específicas del sistema.

Atenuadores de flujo: los atenuadores de flujo son estructuras diseñadas para reducir la velocidad del flujo de agua y minimizar el impacto en el pozo de visita. Pueden incluir deflectores, elementos de absorción de energía, dispositivos de control de flujo y otros componentes que permiten una transición suave del agua al pozo.

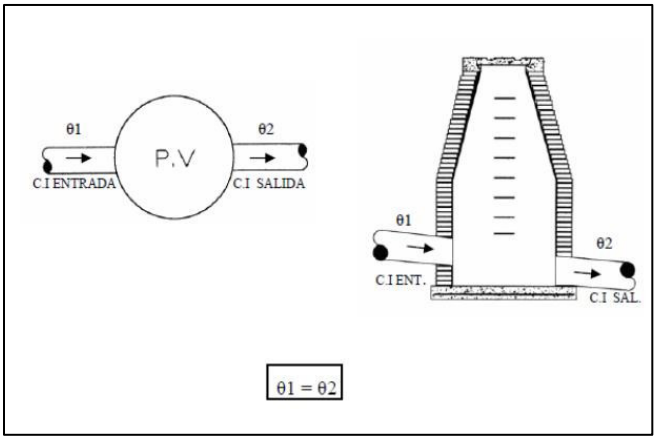
Cámaras de expansión: las cámaras de expansión se utilizan para permitir una expansión gradual del flujo de agua antes de ingresar al pozo de visita. Estas cámaras proporcionan un área más grande para que el agua se extienda y disipe su energía cinética antes de llegar al pozo. Es importante tener en cuenta que la selección y diseño de los disipadores de energía en pozos de visita deben basarse en las características hidráulicas del sistema de drenaje sanitario y las condiciones locales.

2.1.5.4. Cotas invert

Las cotas invert en el drenaje sanitario se refieren a las elevaciones o alturas del fondo de la tubería o canal de desagüe en relación con un punto de referencia específico. Estas cotas son importantes en el diseño, la construcción y el mantenimiento del sistema de drenaje sanitario, ya que permiten determinar las pendientes adecuadas, el flujo y la capacidad del sistema.

Figura 7.

Cota invert en la tubería



Nota. Descripción grafica de cota invert en la tubería. Obtenido de EMPAGUA (s.f.). *Guía de Acuerdos.* (https://empagua.com/guia-de-acuerdos/), consultado el 15 de enero de 2024. De dominio público.

Cota invert de tubería: es la elevación del fondo de la tubería en relación con un punto de referencia. Se utiliza para establecer la pendiente de la tubería y determinar el flujo gravitacional del agua residual.

Cota invert de pozo de visita: Se refiere a la elevación del fondo del pozo de visita en relación con un punto de referencia. Cuando a un pozo de visita llega una tubería y sale otra de igual diámetro, la cota invert como mínimo va a estar 3 cm por debajo de la cota invert de entrada. Esta cota se utiliza para ubicar y construir adecuadamente los pozos de visita en el sistema de alcantarillado.

Pendiente: la pendiente se define como el cambio de elevación dividido por la distancia horizontal. En el drenaje sanitario, se utiliza para establecer la inclinación necesaria de la tubería o canal de desagüe, lo que permite que el agua fluya de manera eficiente y evite la acumulación de sedimentos.

Flujo gravitacional: el drenaje sanitario generalmente se basa en el flujo gravitacional, donde el agua residual fluye por la pendiente de la tubería debido a la gravedad. Las cotas invert son cruciales para determinar la dirección y el flujo del agua en el sistema.

La forma de calcular una cota invert será de la siguiente.

$$NT_f = NT_i - (D.H. * S_{terreno}\%)$$

$$S_{terreno}\% = \frac{NT_i - NT_f}{D.H.} * 100$$

$$CIS_{inicial} = NT_i - (H_{trafico} + E_{tubo} + \emptyset)$$

$$CIS_{tramo} = CIE - 0.03\ m$$

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

$$H_{pozo\ inicial} = CT_i - CIS$$
$$H_{pozo\ final} = CT_f - CIE$$

Donde:

NT_f = Nivel o cota del terreno final

NT_i = Nivel o cota del terreno inicial

D.H. = Distancia horizontal entre pozos de visita

S% = Pendiente

$CIS_{inicial}$ = Cota invert de salida del tramo inicial

CIS_{tramo} = Cota invert de salida del tramo de continuidad

CIE = Cota invert de entrada

$H_{pozo\ inicial}$ = Altura de pozo de visita inicial

$H_{pozo\ final}$ = Altura de pozo de visita final

2.1.6. Obras de protección

A continuación, se establecen los conceptos asociados a las obras de protección.

2.1.6.1. Obras de protección drenaje sanitario

Las obras de protección en drenajes de aguas grises desempeñan un papel fundamental en la preservación y funcionamiento adecuado de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas en Guatemala. Estas obras están diseñadas para evitar la erosión, obstrucciones y daños en los drenajes de aguas grises, asegurando su eficiencia y minimizando el impacto ambiental.

Tipos de obras de protección:

- Trampas de grasa: son dispositivos instalados en los drenajes para retener y separar los aceites y grasas presentes en las aguas grises, evitando su acumulación y obstrucción en el sistema.

- Filtros y rejillas: se utilizan para evitar que residuos sólidos y partículas grandes ingresen al sistema de drenaje, protegiendo así las tuberías y evitando obstrucciones.

- Zanjas de infiltración: son estructuras excavadas en el suelo, rellenas con material filtrante, que permiten la infiltración gradual de las aguas grises al subsuelo, evitando sobrecargas y problemas de flujo en el sistema.

- Protección contra inundaciones: en áreas propensas a inundaciones, se pueden implementar obras de protección como diques o canalizaciones para desviar o contener las aguas grises y evitar daños en el sistema de drenaje.

2.1.6.2. Obras de protección drenaje pluvial

Las obras de protección en drenajes pluviales desempeñan un papel esencial en la gestión de aguas pluviales y la prevención de inundaciones en Guatemala. Estas obras están diseñadas para controlar y gestionar el flujo de agua de lluvia, minimizando los impactos negativos en la infraestructura y el entorno. En este informe técnico, se abordarán los conceptos fundamentales relacionados con las obras de protección en drenajes pluviales, su importancia y consideraciones relevantes en el contexto de Guatemala.

Tipos de obras de protección:

- Canalizaciones: son estructuras lineales que se utilizan para guiar y controlar el flujo de agua en los drenajes pluviales. Pueden ser canales revestidos, canales naturales o canales entubados, dependiendo de las condiciones y requerimientos del sitio.
- Bocas de tormenta: son estructuras ubicadas en las calles o áreas pavimentadas que permiten la captación y entrada de agua de lluvia al sistema de drenaje pluvial. Estas bocas de tormenta están diseñadas para retener los sedimentos y residuos sólidos presentes en el agua antes de su ingreso al sistema.
- Obras de retención y almacenamiento: se refieren a estructuras como estanques, balsas o lagunas de retención, que permiten almacenar temporalmente el exceso de agua de lluvia y liberarlo de manera controlada, con lo que se evitan inundaciones y sobrecargas en el sistema de drenaje.
- Obras de infiltración: son estructuras diseñadas para permitir la infiltración del agua de lluvia en el suelo, recargan los acuíferos subterráneos y reduciendo el volumen de escorrentía superficial.

2.1.7. Métodos para calcular el drenaje pluvial

Los métodos para calcular el drenaje pluvial se desarrollan, a continuación.

2.1.7.1. Método de comparación

El Método de Comparación con bibliografía es una técnica utilizada para estimar la escorrentía pluvial en una cuenca o área determinada. Este método se basa en la comparación de datos hidrológicos disponibles en la bibliografía técnica con las características de la cuenca o área de interés.

Pasos para aplicar el método de comparación:

- Recopilación de datos hidrológicos: es necesario recopilar información sobre las características hidrológicas de la cuenca o área de estudio en Guatemala. Esto incluye datos como la precipitación media anual, la duración de la tormenta, el coeficiente de escorrentía, la pendiente de la cuenca, la vegetación, el uso del suelo y otros parámetros relevantes.

- Selección de la bibliografía adecuada: se debe buscar y seleccionar bibliografía técnica confiable que contenga información hidrológica de cuencas o áreas similares a la del estudio en Guatemala. La bibliografía seleccionada debe tener datos comparables a los parámetros hidrológicos recopilados en el paso anterior.

- Análisis comparativo: una vez que se han recopilado los datos hidrológicos y se ha seleccionado la bibliografía adecuada, se procede a realizar un análisis comparativo. Se comparan los parámetros hidrológicos de la cuenca o área de estudio en Guatemala con los datos de referencia obtenidos de la bibliografía. Esto permite establecer relaciones y determinar coeficientes o factores de corrección que se aplicarán en el cálculo del drenaje pluvial.

- Cálculo del drenaje pluvial: con base en los coeficientes o factores de corrección determinados en el paso anterior, se realiza el cálculo del drenaje pluvial. Esto implica aplicar las fórmulas o ecuaciones hidrológicas pertinentes, con los datos específicos de la cuenca o área de estudio en Guatemala.

Limitaciones del método de comparación

- Variabilidad espacial y temporal: los datos hidrológicos pueden variar significativamente entre diferentes cuencas y áreas geográficas. Es necesario tener precaución al utilizar datos de bibliografía que no sean representativos de la cuenca o área de estudio en Guatemala.

- Precisión y confiabilidad de la bibliografía: la selección de bibliografía confiable y actualizada es crucial para obtener resultados precisos. Es recomendable utilizar fuentes reconocidas y revisadas por pares.

- Adaptabilidad al contexto guatemalteco: dado que Guatemala tiene características geográficas, climáticas y geológicas específicas, es importante adaptar los coeficientes o factores de corrección obtenidos de la bibliografía a las condiciones locales. Se deben considerar las particularidades de la región en el cálculo del drenaje pluvial.

2.1.7.2. Método de procedimiento empírico

Recopilación de datos hidrológicos: es necesario recopilar información hidrológica relevante para el área de estudio. Esto incluye datos como la

precipitación media anual, duración de tormenta, coeficiente de escorrentía, características de la cuenca, uso del suelo y cualquier otro parámetro relevante.

Selección de la bibliografía adecuada: se debe buscar y seleccionar bibliografía técnica confiable que contenga información hidrológica y de drenaje pluvial de áreas geográficas similares a la zona de estudio. La bibliografía seleccionada debe tener datos comparables a los parámetros hidrológicos recopilados en el paso anterior.

- Identificación de fórmulas o relaciones empíricas: a través del análisis de la bibliografía seleccionada, se identifican las fórmulas o relaciones empíricas utilizadas para estimar los parámetros de diseño de drenajes pluviales. Estas fórmulas o relaciones pueden estar basadas en datos empíricos recopilados en estudios previos.

- Aplicación de las fórmulas o relaciones empíricas: al utilizar los datos hidrológicos recopilados y las fórmulas o relaciones empíricas identificadas en la bibliografía, se procede a aplicar dichas fórmulas para calcular los parámetros de diseño del drenaje pluvial. Esto puede incluir el cálculo de caudales de diseño, dimensionamiento de tuberías, estructuras de almacenamiento y otros elementos del sistema de drenaje.

- Validación y ajuste: una vez realizados los cálculos, se recomienda validar los resultados obtenidos mediante comparaciones con datos locales disponibles, siempre que sea posible. En caso de discrepancias significativas, es necesario ajustar los parámetros o fórmulas utilizados en función de las condiciones específicas del área de estudio.

Limitaciones del método de procedimiento empírico:

- Variabilidad espacial y temporal: es importante tener en cuenta que los datos hidrológicos pueden variar significativamente entre diferentes áreas geográficas y climáticas. Por lo tanto, es necesario considerar las limitaciones asociadas con la extrapolación de datos de bibliografía a la zona de estudio específica.

- Precisión y confiabilidad de la bibliografía: la selección de bibliografía confiable y actualizada es crucial para obtener resultados precisos. Es recomendable utilizar fuentes reconocidas y revisadas por pares.

- Adaptabilidad al contexto local: el Método de Procedimiento Empírico puede requerir ajustes y adaptaciones específicas a las condiciones locales. Se deben considerar las particularidades del área de estudio, como características geográficas, climáticas y geológicas, al aplicar este método.

2.1.7.3. Método racional

El Método Racional es una de las técnicas más utilizadas para el cálculo del drenaje pluvial en áreas urbanas. Se basa en el balance hidrológico de la cuenca para determinar los caudales de diseño. En este informe técnico, se proporcionará información detallada sobre el uso del Método Racional para el cálculo de drenajes pluviales, respaldado por bibliografía relevante.

Recopilación de datos hidrológicos: es necesario recopilar información hidrológica relevante para el área de estudio, como la precipitación media anual,

la duración de tormenta crítica, el coeficiente de escorrentía y las características de la cuenca. Estos datos se pueden obtener de estaciones meteorológicas locales, agencias de agua o fuentes hidrológicas confiables.

Cálculo del caudal de diseño: el Método Racional utiliza la siguiente fórmula para calcular el caudal de diseño (Q) en una cuenca:

$Q = Ci * A$

Donde:

Q = Caudal de diseño en metros cúbicos por segundo (m^3/s)

Ci = Coeficiente de escorrentía adimensional, que representa la proporción de la precipitación que se convierte en escorrentía superficial.

A = Área de la cuenca en metros cuadrados (m^2)

El coeficiente de escorrentía (Ci) se puede obtener de tablas o gráficos disponibles en la bibliografía técnica específica para la región o área de estudio. Estos coeficientes se determinan en función del uso del suelo, la textura del suelo, la pendiente y otros factores relevantes.

Dimensionamiento del sistema de drenaje: Una vez calculado el caudal de diseño, se procede al dimensionamiento del sistema de drenaje. Esto incluye el diseño de tuberías, canales, estructuras de retención y cualquier otro elemento necesario para el manejo adecuado del flujo de agua de lluvia.

Limitaciones del Método Racional:

- Simplificaciones y suposiciones: el Método Racional se basa en simplificaciones y suposiciones, como la uniformidad de la precipitación y el coeficiente de escorrentía constante durante la tormenta. Estas simplificaciones pueden introducir cierto grado de incertidumbre en los resultados.

- Adaptabilidad a condiciones locales: el Método Racional puede requerir ajustes y adaptaciones específicas a las condiciones locales, como las características del suelo, la topografía y las tasas de urbanización. Se deben considerar las particularidades del área de estudio al aplicar este método.

2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se define mediante la información que se detalla en este apartado.

2.2.1. Localización de la descarga

La localización del punto de descarga será dirigida hacia un predio que fue destinado por la municipalidad de El Estor para construir dentro de dicho previo una planta de tratamiento para aguas grises previo a ser descargadas a las fuentes naturales.

2.2.2. Parámetros de diseño del sistema

En esta sección se definen los parámetros necesarios para el diseño del sistema.

2.2.2.1. Población futura

Para calcular la población futura de la Aldea Playa Pataxte, existen varios métodos, pero el más utilizado por los diseñadores es el Método Geométrico por tasa nacional, además este método proporciona un dato más aproximado.

- Método geométrico

  Fórmula general:

  $Pf = Pa * (1 + R) ^ t$

  Donde:

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

- Población adoptada para el diseño

Los datos obtenidos de censar la población de la aldea Playa Pataxte revelo que hay 1,242 habitantes y la razón de incremento geométrico a nivel del departamento de Izabal para el censo nacional del 2018 es de 1.7 % anual para este lugar.

Al tomar un periodo de diseño de 22 años, se calculará la población existente para el año 2045 quedando de la siguiente manera.

Pa = 1,242 habitantes

R = 0.017

T = 22

$\mathrm{Pf} = 1{,}242 * (1 + 0.017)$ ^ 22

$\mathrm{Pf} = 1800$ Habitantes en el año 2045

2.2.2.2. Factor de retorno

Este factor sirve para afectar el valor de caudal domiciliar, en virtud de que no toda el agua de consumo humano va a ser utilizada para ciertas actividades específicas, ya que existe una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras domiciliar, como los jardines y lavado de vehículos. Se sabe que al drenaje retorna un 70 % a 90 % del agua que ingresa a la vivienda por tal motivo se consideró para este proyecto un retorno (F.R.) del 80 % como factor de retorno.

2.2.2.3. Determinación del caudal sanitario

- Caudal doméstico

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos para limpieza o producción de alimentos. Está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida en el drenaje, como los jardines y lavado de vehículos, queda de la siguiente forma el cálculo del caudal domiciliar.

$$Q_{DOM} = \frac{\#hab * DOT * F.R.}{86400}$$

Donde:

Q_{DOM} = Caudal domiciliar

#Hab = Número de habitantes en el proyecto

DOT = Dotación (L/Hab/Día)

F.R. = Factor de retorno

Para la aldea Playa Pataxte se determinó un caudal domiciliar de la siguiente manera considerando una dotación de 150 litros por habitante al día (150 L/Hab/Día). Valor que es definido según la municipalidad en consideración del clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidad de drenajes y calidad del agua, queda de la siguiente manera el caudal domiciliar.

$$Q_{DOM} = \frac{1800 * 150 * 0.80}{86400} = 2.50 \ {}^{L}/_{S}$$

- Caudal comercial e industrial

Como su nombre indica es el agua de desecho de las edificaciones comerciales, comedores, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía entre 600 y 3000 L/comercio/día, depende del tipo de comercio.

Para el caso de la aldea Playa Pataxte no se tomó en cuenta este caudal porque no se encontraron edificaciones de comercio en el lugar, todas personas

residentes en la aldea se dedican a la agricultura y pesca por lo que preparan su propio alimento.

- Caudal de infiltración

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

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

$$Q_{INFI} = \frac{18000 * (L + (P_o * 6))}{1000 * 86400}$$

Donde:

18000 = Factor de infiltración

L= Longitud del tramo (m)

Q_{INFI} = Caudal de infiltración (L/s)

Po = Población Inicial

Para el caso de la aldea Playa Pataxte el caudal de infiltración de considera cero dado que se empleará tubería PVC bajo la norma ASTM 3034.

- Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal que se produce por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario, según el instituto de Fomento Municipal (INFOM), las viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas varia del 0.5 % al 2.5 %, lo que se puede tomar como un 10 % del caudal domiciliar en el diseño del sistema.

$$Q_{ILICITAS} = 10\% * Q_{DOM}$$

A manera de ejemplo el caudal de conexiones ilícitas queda de la siguiente manera.

$$Q_{ILICITAS} = 10\% * 2.50 \ {}^{L}/_{S} = 0.25 \ {}^{L}/_{S}$$

- Cálculo del caudal sanitario

El caudal sanitario está formado por las aguas servidas producto de: caudal domiciliar, comercial, industrial, por infiltración y conexiones ilícitas.

$$Q_{SAN} = \ Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{INFI} + Q_{ILICITAS}$$

Donde:

Q_{SAN} = Caudal Sanitario (L/s)

Q_{DOM} = Caudal Domiciliar (L/s)

Q_{COM} = Caudal Comercial (L/s)

Q_{IND} = Caudal Industrial (L/s)

$Q_{ILICITAS}$ = Caudal por Conexiones ilícitas (L/s)

Como ejemplo de cálculo, determinado el caudal sanitario se tiene.

$$Q_{SAN} = 2.50\ {}^{L}/_{S} + 0.25\ {}^{L}/_{S} = 2.75\ {}^{L}/_{S}$$

2.2.2.4. Factor de caudal medio

El factor de caudal medio se determina al realizar el producto del caudal sanitario y los habitantes por servir en el proyecto, queda expresado en Litros/habitantes/segundo, valor que varía de 0.002 a 0.005.

$$Fqm = \frac{Q_{SAN}}{\#Hab}$$

Donde:

Fqm = Factor de caudal medio. (L/s/Hab)

Q_{SAN} = Caudal Medio (L/s)

#Hab = Número de habitantes

Según entidades que se dedican a diseñar sistemas de alcantarillado sanitario se dice que el factor de caudal medio se puede encontrar en los siguientes valores.

- Según municipalidad de Guatemala,
  Fqm = 0.003
- Según el instituto de Fomento Municipal (INFOM),

Fqm = 0.0046

- Según la dirección General de Obras Públicas (DGOB)

  0.002 ≤ Fqm ≤ 0.005

Para el proyecto se empleará un factor de caudal medio de 0.0046, valor sugerido por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

2.2.2.5. Factor de flujo instantáneo o Harmon

Para determinar el caudal máximo que fluye por las tuberías que generalmente se da en las horas pico, es decir cuando más se utiliza el sistema de drenaje, será necesario afectar el caudal medio por un valor que es conocido como factor de flujo instantáneo o Harmon el cual se sabe varía entre 1.5 a 4.5, según la dimensión de la población. Para determinar dicho factor se puede realizar mediante el siguiente cálculo.

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

Donde:

FH = Factor de Harmon.

P = Población en miles.

Como ejemplo, de cálculo para la aldea Playa Pataxte, el factor de Harmon queda de la siguiente manera.

Población: 1.80 miles

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = 3.62$$

2.2.2.6. Cálculo del caudal de diseño

Es el caudal con que se diseñará cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo con los datos recabados y aplicados en un período de diseño. El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de *Harmon* y el número de habitantes.

$$Q_{DIS} = Fqm * FH * \#hab$$

Donde:
Q_{DIS} = Caudal de diseño (L/s)
Fqm = Factor de caudal medio
FH = Factor de Harmon
#hab = Número de habitantes

El caudal de diseño varía en cada tramo dado que depende de los habitantes y conforme estos aumentan se verá el incremento de este, como ejemplo de cálculo se muestra el primer tramo, el detalle de los cálculos completos se encuentra en la hoja de cálculo.

Fqm = 0.0046
FH = 3.62
#Hab =
$Q_{DIS} = Fqm * FH * \#hab$

2.2.3. Conexiones domiciliares

Una conexión doméstica es un tubo que lleva las aguas residuales de una casa o edificio a un punto de drenaje o alcantarillado público.

Por lo general, cuando se construye un sistema de alcantarillado, se acostumbra a construir y proporcionar una conexión en Y o en T en cada bloque de construcción o en cada lugar donde se conectarán las líneas de alcantarillado doméstico.

Las juntas deben estar selladas y herméticas para evitar la entrada de agua subterránea y raíces. En colectores pequeños, la conexión en Y es más conveniente, ya que proporciona un empalme por goteo menos duro que el que se lograría con una conexión en T.

Sin embargo, las juntas en T son más fáciles de instalar en condiciones difíciles. Una junta en T correctamente instalada es preferible a una junta en Y mal instalada. Es aconsejable fijar el colector principal en la parte superior para evitar el retorno de residuos por la conexión doméstica cuando el colector funciona con pleno rendimiento.

Las conexiones domiciliarias se realizan mediante cajas de inspección, construidas en mampostería o mediante cañerías de cemento (candela de 12” de diámetro para este proyecto) instaladas verticalmente, donde las cañerías provenientes del drenaje del edificio para servir se unen con cañerías que desembocarán en el colector principal.

La tubería entre la caja de inspección y el colector no debe tener menos 6” de diámetro en concreto y 4” en PVC, para el caso del PVC se debe utilizar un reducidor de 4”x3” como protección de obstrucciones en la entrada de la conexión, debe tenderse con una pendiente de al menos 2 %.

2.2.4. Desarrollo para el cálculo de alcantarillado

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se realizó de acuerdo con la normativa del Instituto de Fomento Municipal (INFOM el proyecto pretende beneficiar a la totalidad de las personas que habitan la aldea. El diseño se realizó en el programa AutoCAD® Civil 3D Land Desktop Companion® 2023, programa que permitió manejar los datos y parámetros para realizar el diseño en la siguiente tabla se desglosan los parámetros del proyecto.

Tabla 5.

Parámetros de diseño proyecto de alcantarillado sanitario

Tipo de sistema	**Alcantarillado sanitario**
Periodo de diseño	22 años
Viviendas actuales	207 viviendas
Viviendas futuras	300 viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes/vivienda
Población actual	1242 habitantes
Tasa de crecimiento	1.70%
Población futura	1800 habitantes
Dotación	150 lts/hab/día
Factor de retorno	80%
Velocidad de diseño	0.6 m/s≤ v≤ 3.00 m/s
Evacuación	Por gravedad
Colector principal	
Tipo y diámetro de tubería	PVC Ø 6” n = 0.010
Pendiente	Según diseño por tramos

Continuación de tabla 5.

Tipo y diámetro de tubería	PVC Ø 4”
Pendiente	2% a 6%
Candela	Concreto Ø 12”
Pozo de visita	
Altura de cono	0.90 m.
Diámetro superior mínimo	0.75 m.
Diámetro inferior mínimo	1.20 m.
Material	Ladrillo tayuyo 6.5*11*23 cm

Nota. Detalle de los parámetros de diseño del proyecto de alcantarillado sanitario. Elaboración propia, realizado con Word.

2.2.4.1. Ejemplo de diseño de un tramo

Como ejemplo de los cálculos realizados se presenta el diseño de un tramo con los siguientes datos del tramo 1 y los pozos PV-1 a PV-2.

- Pendiente del terreno

$$S = \frac{CT_1 - CT_2}{Dist}$$

Donde:

S = Pendiente del terreno (%)

CT_1 = Cota inicial de terreno (m)

CT_2 = Cota Final de terreno (m)

Dist= Distancia horizontal del tramo (m)

$$S = \frac{15.20 - 15.30}{82.67} * 100 = -0.12\%$$

- Número de viviendas actuales

  $Locales \rightarrow 8\ viv.$

  $Acumuladas \rightarrow tramo\ anterior + Locales = 0 + 8 = 8\ viv$

- Número de viviendas actuales según formula Pág. 43

  $Actual = Acumulada * Densidad = 8_{viv} * 6_{Hab/viv} = 48\ Hab$

  $Futuros = P_0 * (1 + r)^n = 48\ Hab * (1 + 0.017)^{22} = 70\ Hab$

- Factor de flujo

  $Actual \rightarrow FH = \frac{18 + \sqrt{48}}{4 + \sqrt{48}} = 4.32$

  $Futuros = FH = \frac{18 + \sqrt{70}}{4 + \sqrt{48}} = 4.28$

- Caudal de diseño

  Fqm = 0.0046 de acuerdo con el INFOM.

  $Actual \rightarrow q_d = 48\ Hab * 0.0046\ \frac{L/s}{Hab} * 4.32 = 0.95\ L/s$

  $Futuros \rightarrow q_d = 70\ Hab * 0.0046\ \frac{L/s}{Hab} * 4.28 = 1.38\ L/s$

- Diámetro de la tubería

Según norma NTG 19007.

$$\emptyset\ Nominal = 6"\ \therefore\ \emptyset\ Interno\ = 5.909"\ \therefore\ n\ =\ 0.010$$

- Pendiente de la tubería

$$Asumida \rightarrow\ S_{tub} = 1.20\%$$

- Sección llena velocidad según formula Pág. 24

$$V = \frac{0.03429 * (5.909)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1.20}{100}\right)^{\frac{1}{2}}}{0.010} = 1.24\ {}^{m}/_{S}$$

Área

$$A = (5.067E - 4\ ) * (5.909)^2 = 0.017692\ m^2$$

Caudal

$$Q = (1.24\ {}^{m}/_{S}) * (0.017692\ m^2) = 0.02262\ {}^{m^3}/_{S} = 22.62\ {}^{L}/_{S}$$

- Verificación de caudales

$$Actual \rightarrow q_d < Q \Longrightarrow\ 0.95\ {}^{L}/_{S} < 22.62\ {}^{L}/_{S}\quad Cumple$$

$$Futuros \rightarrow q_d\ < Q \Longrightarrow 1.38\ {}^{L}/_{S} < 22.62\ {}^{L}/_{S}\quad Cumple$$

- Sección Parcialmente llena

$$Actual \rightarrow \frac{q_d}{Q} = \frac{0.95\ {}^{L}/_{S}}{22.62\ {}^{L}/_{S}} \Longrightarrow\ 0.041998 \xrightarrow{Segun\ tabla\ XXXX} 0.042145$$

$$\therefore \frac{d}{D} = 0.14\ \Longrightarrow 0.14 < 0.75 \quad Cumple$$

$$\therefore \frac{v_d}{V} = 0.493076\ \Longrightarrow v_d =\ 0.495268 * 1.24\ {}^{m}/_{S}\ =\ 0.61\ {}^{m}/_{S} \quad Cumple$$

$$Futuro \rightarrow \frac{q_d}{Q} = \frac{1.38\ {}^{L}/_{S}}{22.62\ {}^{L}/_{S}} \Longrightarrow\ 0.060954 \xrightarrow{Segun\ tabla\ XXXX} 0.061377$$

$$\therefore \frac{d}{D} = 0.17\ \Longrightarrow 0.17 < 0.75 \quad Cumple$$

$$\therefore \frac{v_d}{V} = 0.553851\ \Longrightarrow v_d = 0.553851 * 1.24\ {}^{m}/_{S}\ =\ 0.68\ {}^{m}/_{S} \quad Cumple$$

- Cotas Invert

PV-1

$$CT_S =\ 15.20\ m - 1.22\ m = 13.98\ m$$

PV-2

$$DHD =\ Dist - \emptyset pozo = 82.67\ m - 1.20\ m = 81.47\ m$$

$$CI_e =\ CI_s - \frac{S_{tub} * DHD}{100} = 13.98 - \frac{1.2 * 81.47\ m}{100} = 13.00\ m$$

- Altura de pozos

$$Inicio \rightarrow H = CT_1 - CI_S = 15.20\,m - 13.98\,m = 1.22\,m \geq H_{min}\ Cumple$$

$$Final \rightarrow H = CT_2 - CI_e = 15.30\,m - 13.00\,m = 2.30\,m \geq H_{min}\ Cumple$$

2.2.5. Propuesta de tratamiento

El tratamiento primario es la reducción de aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos.

Por ello, se recomienda el pretratamiento mediante fosa séptica, ya que el objetivo de estos sistemas es eliminar los sólidos en suspensión mediante procesos físicos como la sedimentación, que pueden llegar a eliminar del 40 al 60 % de los sólidos. Los agregados utilizados tratan de reducir la velocidad de las aguas residuales por períodos de 12 a 24 horas, el llamado tiempo de residencia, para que los sólidos se asienten; A la salida de la fosa séptica debe haber pozos de absorción para terminar el proceso de tratamiento de las aguas residuales y posteriormente devolverlas al manto freático con mejor calidad.

2.2.6. Elaboración de planos

Planos generales del alcantarillado sanitario y especificaciones técnicas sobre el alcantarillado que indican cómo fueron diseñados en base a los datos recabados en campo, para su construcción futura.

- Plano de densidad de vivienda
- Plano de curvas de nivel

- Plano de red general
- Planos planta perfil alcantarillado sanitario
- Plano de detalles de pozos de visita
- Plano de conexiones domiciliares
- Plano de propuesta de tratamiento

2.2.7. Presupuesto

Para desarrollar el presupuesto del proyecto se emplearon los precios unitarios por cada renglón de trabajo como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Presupuesto del alcantarillado sanitario de aldea Playa Pataxte

PRESUPUESTO ALCANTARILLADO SANITARIO PARA ALDEA PLAYA PATAXTE, MUNICIPIO DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL					
RENGLONES DE TRABAJO					
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio TOTAL
4.1	TRABAJOS PRELIMINARES				
4.1.1	TOPOGRAFÍA, PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA	4073.17	ml	Q 4.20	Q 17,091.02
4.1.2	DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO EXISTENTE	4073.17	m^2	Q 130.91	Q 533,218.68
					Q 550,309.71
4.2	EXCAVACIÓN E INSTALACION DE TUBERIA				
4.2.1	EXCAVACIÓN Y ACARREO	5702.00	m^3	Q 151.46	Q 863,624.92
4.2.2	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 8"	678.00	Unidad	Q 980.47	Q 664,758.66
					Q 1,528,383.58
4.3	POZOS DE VISITA				
4.3.1	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø1.20 Y 1.20 A 2.00 m DE ALTURA	27.00	Unidad	Q 8,605.19	Q 232,340.16
4.3.2	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø1.20 Y 2.00 A 3.00 m DE ALTURA	18.00	Unidad	Q 11,186.75	Q 201,361.50
4.3.4	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø1.20 Y 3.00 A 4.00 m DE ALTURA	13.00	Unidad	Q 13,424.10	Q 174,513.30
4.3.5	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø1.20 Y 4.00 A 5.00 m DE ALTURA	3.00	Unidad	Q 17,451.33	Q 52,353.99
					Q 660,568.95
4.4	CANDELAS				
4.4.1	EXCAVACIÓN Y ACARREO	1043.00	m^3	Q 151.46	Q 157,972.78
4.4.2	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 6"	207.00	Unidad	Q 723.20	Q 149,702.40
					Q 307,675.18
4.5	OBRA COMPLEMENTARIA				
4.5.1	RESTITUCION DE PAVIMENTO	4073.17	m2	Q 419.31	Q 1,707,920.91
					Q 1,707,920.91
	TOTAL PRECIO DE PROYECTO			Q	4,754,858.33

Nota. Detalle del presupuesto del alcantarillado sanitario de Aldea Playa Pataxte. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.8. Evaluación socioeconómica

En esta sección se realiza un análisis de la evaluación socioeconómica correspondiente.

2.2.8.1. Valor presente neto

El cálculo se realiza a partir de un flujo de efectivo, que se traslada al presente, que se utiliza para visualizar si los ingresos son mayores que los egresos.

$$VPN = VP_{Beneficios} - VP_{Costos}$$

Los resultados de la ecuación anterior pueden arrogar tres opciones.

- VPN>0, Cuando es mayor que cero, se tiene una inversión positiva donde se recupera la inversión y se tiene una ganancia que es igual al valor presente.

- VPN=0, Cuando es igual a cero, se genera la inversión inicial y se alcanza la rentabilidad buscada del proyecto.

- VPN<0, Cuando es menor que cero, en ese momento se evalúa a través de la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Dado que el sistema de alcantarillado sanitario es proyecto de carácter social, que beneficia a la comunidad por lo no se contempla una utilidad (no hay beneficio económico), en ese lugar los egresos como costo total del proyecto.

Dando de esta forma el costo queda para el proyecto.

$$VPN = -Q4{,}754{,}858.33$$

2.2.8.2. Tasa interna de retorno

Se define como la tasa de interés a la cual la persona que pretende invertir se encuentra en equilibrio, es decir, los ingresos y los gastos tienen el mismo valor al analizar una alternativa de inversión. Si se usa con valor actual, esta es la tasa a la que el valor actual es cero VP = 0.

Para este proyecto, al ser de carácter social, no se asume ningún tipo de utilidad, por lo que la TIR no se puede calcular mediante ninguna fórmula.

Lo adecuado en este caso es asumir un valor de TIR de 4,5 %, que es el costo que debe cubrir el Estado para llevar a cabo dicho proyecto. Esta tasa se calculó tomando en cuenta la tasa libre de riesgo guatemalteca, que es una inversión en valores gubernamentales y que actualmente paga este monto, así como el costo que tiene para el gobierno obtener estos fondos para invertir en obras públicas.

2.2.9. Estudio de impacto ambiental

En esta sección, se presenta la información referente al estudio de impacto ambiental.

2.2.9.1. Definición

El impacto ambiental se refiere a los cambios y consecuencias que se producen en el ambiente como resultado de la actividad humana. Estos cambios pueden ser positivos o negativos y afectan diferentes aspectos del entorno, como los recursos naturales, la biodiversidad, el clima y la calidad del aire, agua y suelo. El impacto ambiental puede ser a corto o largo plazo y puede tener efectos duraderos en los ecosistemas y en la salud de los seres vivos, incluidos los humanos. La evaluación del impacto ambiental se utiliza para evaluar los posibles efectos de un proyecto o actividad antes de llevarse a cabo y buscar medidas para minimizar los impactos negativos y promover la sostenibilidad ambiental.

2.2.9.2. Objetivos del estudio de impacto ambiental

Los principales objetivos del estudio de impacto ambiental son:

- Identificar los posibles impactos ambientales que puede generar una actividad o proyecto. Esto implica analizar los posibles cambios en el aire, agua, suelo, biodiversidad, paisaje y otros elementos del entorno natural.

- Evaluar la magnitud, importancia y alcance de los impactos identificados. Se busca determinar si los impactos son significativos y si afectarán de manera negativa la calidad del medio ambiente y la salud de los seres vivos.

- Proponer medidas y acciones para prevenir, mitigar o compensar los impactos negativos. Se generarán estrategias y procedimientos para

minimizar los efectos adversos sobre el entorno natural, incluyen la conservación y rehabilitación de ecosistemas afectados.

- Establecer un proceso de consulta y participación ciudadana. El estudio de impacto ambiental busca involucrar a la comunidad y a las partes interesadas en el proceso de toma de decisiones, permite que expresen sus opiniones y preocupaciones sobre los posibles impactos ambientales.
- Asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. El estudio de impacto ambiental permite verificar si un proyecto o actividad cumple con las leyes y regulaciones ambientales establecidas.

- Promover la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. El objetivo final del estudio de impacto ambiental es lograr que las actividades humanas sean compatibles con la conservación del medio ambiente y la utilización sostenible de los recursos naturales, garantizan la preservación de la calidad de vida de las generaciones futuras.

2.2.9.3. Consideraciones técnicas

Al realizar un estudio de impacto ambiental para un sistema de alcantarillado sanitario, se deben tener en cuenta diversas consideraciones técnicas.

- Caracterización del área de influencia: se debe realizar una caracterización detallada del área en la que se implementará el sistema de alcantarillado, incluyendo aspectos físicos, biológicos, sociales y económicos. Esto permitirá identificar los recursos naturales presentes, las

actividades humanas existentes, los posibles impactos ambientales y las medidas de mitigación requeridas.

- Análisis de opciones y selección de la alternativa más adecuada: se deben evaluar diferentes opciones para la implementación del sistema de alcantarillado, considerando aspectos como la ubicación de las tuberías, la tecnología utilizada, los métodos de tratamiento de las aguas residuales, entre otros. Se seleccionará la alternativa que minimice los impactos ambientales y cumpla con los requisitos técnicos y económicos.

- Evaluación de los impactos ambientales: se deberán identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que generará el sistema de alcantarillado sanitario en el área de influencia. Esto incluye el análisis de los impactos en la calidad del agua, los ecosistemas acuáticos, la biodiversidad, la calidad del aire y la salud humana. También se evaluarán posibles impactos sociales y económicos.

- Medidas de mitigación y manejo ambiental: se propondrán medidas concretas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales identificados. Esto puede incluir la implementación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, la reforestación de áreas degradadas, la gestión adecuada de los residuos generados, entre otras acciones.

- Monitoreo y seguimiento: se establecerá un plan de monitoreo ambiental para evaluar el cumplimiento de las medidas de mitigación y el impacto real del sistema de alcantarillado sanitario en el medio ambiente. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras en el sistema, en caso de ser necesario.

2.3. Diseño del sistema de drenaje pluvial

A continuación, se establecen los conceptos necesarios para el diseño de un sistema de drenaje pluvial.

2.3.1. Localización de la descarga

Se diseñó un sistema para recolectar agua de lluvia, debido a la falta de dicho sistema, se produjeron inundaciones. Se utilizaron un total de 63 pozos de visita y el sistema cuenta con aproximadamente 4185.90 metros lineales de tubería. La descarga del drenaje pluvial se direccionará hacia el lago de Izabal, ubicado en las proximidades de la aldea Playa Pataxte, El Estor, Izabal.

2.3.2. Método racional

Es uno de los métodos más utilizados para calcular los caudales máximos de crecida, este método es favorable para cuencas menores a 200 km^2, esto se debe a la particularidad de las lluvias que hay en cada zona y debe ser una lluvia puntual para que se pueda considerar uniformemente distribuida en el área que se va a estudiar.

2.3.2.1. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de investigación.

Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla.

Al diseñar alcantarillas pluviales, se asume que las secciones iniciales tienen un tiempo de concentración de doce minutos. El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla para secciones consecutivas se calculó con la siguiente fórmula:

$$T_C = T_1 + \left(\frac{L}{60 * V_1}\right)$$

Donde:

T_C = Tiempo de concentración

T_1 = Tiempo de concentración del tramo anterior

L = Longitud del tramo anterior

V_1 = Velocidad a sección llena del tramo anterior

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Playa Pataxte se definió utilizar un tiempo de concentración de 12 minutos para los tramos, lo que permitirá optimizar la tubería y que esta sea hidráulicamente suficiente para un evento de con una magnitud arriba de la media.

2.3.2.2. Coeficiente de escorrentía

Un porcentaje del agua de lluvia total, ya que no toda el agua de lluvia escurre por alcantarillado natural o artificial, lo hace por, evaporación, infiltración, retención en el suelo. Por tanto, para cada tipo de terreno habrá un coeficiente, que será mayor cuanto más impenetrable sea la superficie. Este coeficiente está en función del material sobre el cual circula el agua y varía desde 0,01 a 0,95. El coeficiente de escorrentía promedio se determina utilizando la siguiente

expresión.

$$C = \frac{\Sigma C_i a_i}{A}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía, adimensional

a_i = áreas parciales, hectáreas

C_i = Coeficiente de escorrentía del área parcial, adimensional.

A = área tributaria, hectáreas

Como referencia de los coeficientes de escorrentía en la siguiente tabla se muestran los coeficientes de varias superficies y del periodo de retorno.

Tabla 7.

Coeficientes de escorrentía

Característica de la superficie	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

Nota. Detalle de coeficientes de escorrentía. Obtenido de Chow, (1988) *Hidrología aplicada* (p. 511.) McGraw-Hill.

2.3.2.3. Intensidad de la precipitación

Es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo que produce; siempre que el agua se quede donde cayó. Se seleccionó en función de la duración de la tormenta de diseño y el período de retorno. La curva de duración-intensidad-frecuencia (DIF) ofrece una relación entre los eventos de lluvia intensa relacionados con la duración y la frecuencia de los eventos. Son la base de la información climatológica para el cálculo de caudales de diseño en alcantarillas pluviales.

La intensidad de lluvia se determinó mediante curvas DIF elaboradas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), por ser la estación más cercana al proyecto se tomarán la estación ubicada en Puerto Barrios de la que se tiene la siguiente información.

Tabla 8.

Datos de la estación meteorológica de Puerto Barrios

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
PUERTO BARRIOS								
A	2405	4850	13630	11910	11680	11580	11380	11240
B	10	18	31	30	30	30	30	30
n	0.855	0.933	1.1	1.069	1.063	1.06	1.055	1.05
R2	0.994	0.992	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989

Nota. Detalle de los datos de la estación meteorológica de puerto barrios. Obtenido de Mapas de duración-intensidad-frecuencia de precipitación para la República de Guatemala (p. 6.) INSIVUMEH.

El cálculo de las curvas DIF, se emplea la siguiente expresión matemática.

$$i = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Donde:

i= Intensidad de precipitación, mm/h

t = Duración, minutos

A, B y n = Parámetros de ajuste, adimensionales

2.3.2.4. Cálculo del caudal de diseño

La expresión matemática utilizada para determinar el caudal de se diseñó se presenta a continuación.

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

Donde:

Q = Caudal, m^3/s

C = Coeficiente de escorrentía, adimensional

I = Intensidad de lluvia, mm/h

A = Área, m^2

2.3.3. Cálculos para el diseño de drenaje pluvial

El diseño de la red de alcantarillado pluvial se realizó de acuerdo con la normativa del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) el proyecto pretende beneficiar a la totalidad de las personas que habitan la aldea. El diseño se realizó en el programa AutoCAD® Civil 3D Land Desktop Companion® 2023, programa que permitió manejar los datos de forma gráfica para realizar con el apoyo del

programa Microsoft Excel, los cálculos matemáticos del diseño.

2.3.3.1. Ejemplo de diseño de un tramo

Como ejemplo de los cálculos realizados se presenta el diseño de un tramo con los siguientes datos del tramo 1 y los pozos PV-1 a PV-2.

- Pendiente de terreno según formula pág. 52

  $$S = \frac{CT_1 - CT_2}{Dist} * 100 = \frac{15.20 - 15.30}{82.67} * 100 = -0.12\%$$

- Área tributaria

  $Techos \rightarrow 0.38\ Ha$

  $Calle \rightarrow 0.07\ Ha$

  $Acumulada\ techos \rightarrow tramo\ anterior + local = 0 + 0.38 = 0.38\ Ha$

  $Acumulada\ calle \rightarrow tramo\ anterior + local = 0 + 0.07 = 0.07\ Ha$

- Tiempo de concentración según formula (p. 63)

  Ramal inicial.

  $Tc = 11'$

- Intensidad según formula en (p. 66)

  $$I = \frac{A}{(B + tc)^n}$$

Dónde: A, B y n, son parámetros de ajuste, que se encuentran en el informe de intensidades de lluvias, se utilizaron los datos de la estación ubicada

en el municipio de Puerto Barrios. Se utiliza un periodo de retorno de 25 años proporcionadas por informe de precipitaciones de INSIVUMEH, 2018.

A=11680; B=30; n=1.063

$$I = \frac{11680}{(30+11)^{1.063}} = 225.45\ mm/h$$

- Caudal de Diseño según formula en pág. 66

$$Utilizando\ C_{Techos} = 0.46;\ C_{Callepavimento} = 0.88$$

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

$$q_d = \frac{(0.88 * 219.75 * 0.07) + (0.46 * 219.75 * 0.38)}{360}$$

$$q_d = 1.75 \frac{m^3}{s} \rightarrow 1754.42\ L/s$$

- Diámetro

$Segun\ norma$ NTG 19 007 − ASTM F949

$\emptyset\ Nominal = 21"$ ∴ $\emptyset$ Interno=20.705" ∴ $n = 0.010$

$CIS = CT - Hmin$ $\qquad$ $CIE = CT - Hmin$

$CIS = 15.20m - 1.20m$ $\qquad$ $CIE = 15.30m - 1.46m$

$CIS = 14.00\ m$ $\qquad$ $CIE = 13.84\ m$

- Pendiente de Tubería

$$S_{tub} = -\frac{CIE - CIS}{Lh - \emptyset pozo} * 100 = -\frac{13.84 - 14.00}{82.67 - 1.50} * 100 = 0.20\%$$

- Sección Llena según formula en (p. 24)

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * St^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{0.03429 * (20.705)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.2}{100}\right)^{\frac{1}{2}}}{0.010} = 1.17\,{}_{m/s}$$

$$A = (5.067\,E-4) * D^2 = (5.067\,E-4) * (20.705)^2 = 0.22346\,{}_{m^2}$$

$$Q = V * A = \left(1.17\,\frac{m}{s}\right) * (0.22346\,{}_{m^2}) = 0.26083_{m^3/s} = 260.83\,{}_{L/s}$$

- Verificación De Caudales

$Actual \rightarrow q_d < Q \Rightarrow 147.51\,{}_{L/s} < 260.83_{L/s} \quad Cumple$

- Sección parcialmente llena

$$Actual \rightarrow \frac{q_d}{Q} = \frac{147.51\,{}_{L/s}}{260.83\,{}_{L/s}} = 0.565028 \xrightarrow{segun\ tabla\ xxxx} 0.565031$$

$$\therefore \frac{d}{D} = 0.54 \Rightarrow 0.54 < 0.75 \quad Cumple$$

$$\therefore \frac{v_d}{V} = 1.03 \Rightarrow v_d = 1.03 * 1.17\,{}_{m/s} = 1.20\,{}_{m/s} \quad Cumple$$

- Cotas Invert según procedimiento (p. 34)

Para tubería PVC $\emptyset\ Nominal = 21$", para tráfico liviano --> 1.20m

$$CIS = CT - H = 15.20\,{}_{m} - 1.20\,{}_{m} = 14.00\,{}_{m}$$

$$DHD = Dist - \emptyset\ pozo = 82.67\,{}_{m} - 1.5\,{}_{m} = 81.17\,{}_{m}$$

$$CIe = CIs - \frac{S_{tub} * DHD}{100} = 14.00 - \frac{0.2 * 81.17\,{}_{m}}{100} = 13.84\,{}_{m}$$

- Altura de pozos

$$Inicio \rightarrow H = CT_1 - CIs = 15.20 - 14.00\,_m = 1.20\,_m \geq H_{min} \qquad Cumple$$

$$Final \rightarrow H = CT_2 - CIe = 15.30\,_m - 13.84\,_m = 1.46\,_m \geq H_{min} \qquad Cumple$$

Nota: Las H mínimas en los puntos de las estaciones intermedias a los pozos fueron verificadas y se tomaron en consideración para los criterios finales del diseño.

2.3.3.2. Pozos de visita

Se tomó como punto de partida una vida útil del proyecto de 25 años y una tormenta de diseño con periodo de diseño de 25 años.

Los pozos de visita serán de mampostería de 1.50 metros de diámetro en diferentes alturas (Ver planos constructivos, para especificaciones técnicas), para mantener los cálculos dentro de los parámetros requeridos para un buen funcionamiento.

2.3.3.3. Tragantes

Si un sistema de alcantarillado está obstruido, desplazado o socavado, es señal de que no tiene capacidad suficiente y no funciona como se esperaba. Por lo que se debe realizar un estudio de drenaje antes de diseñar la zona y forma hidráulica. del sistema de alcantarillado.

Clasificación de las entradas de tormenta al alcantarillado:

- Entrada de rejillas
- Entradas múltiples
- Combinación de entradas
- Entradas de bordillo

2.3.3.4. Diseño de rejillas

En el proyecto dadas las condiciones del terreno, las pendientes encontradas se emplearán entradas de rejillas donde se puede ver el tramo crítico el cual se encuentra del PV-62 al PV-63, ver planos.

Caudal de diseño = 2.62 m^3/s
Ancho de la calle L = 5.5 m

- La lámina de agua en las condiciones de diseño

$$H = \left(\frac{Q}{1.84L}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{2.62}{1.84 * 5.5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.41m$$

- La corrección por las dos concentraciones laterales

$$L" = L - 0.2H = 5.5\,m\ - (0.20 * 0.41) = 5.42m$$

- Velocidad del flujo

$$V = \frac{Q}{L" * H} = \frac{2.62}{5.42 * 0.41} = 1.79\,\frac{m}{s}$$

- Ahora calcularemos el ancho de la rejilla

$$B = 0.36V^{\frac{2}{3}} + 0.60H^{\frac{4}{7}} = 0.36(1.79)^{\frac{2}{3}} + 0.60(0.41)^{\frac{4}{7}} = 0.80$$

Longitud de la rejilla y el número de orificios será:

Se adoptan barrotes (b) de 1 pulgada (0.0254cm) y separación(a) entre ellos de 5cm. Por otra parte, se supone la velocidad entre barrotes Vb= 1.79m/s

$$A = \frac{Q}{0.9 * Vb} = \frac{2.62}{0.90 * 1.79} = 1.63\ m^2$$

$$L_r = \frac{A * (a + b)}{a * B} = \frac{1.63 * (0.05 + 0.0254)}{0.05 * 0.80} = 3.10\ m$$

El número de orificios es de:

$$N = \frac{A}{a * B} = \frac{1.63}{0.05 * 0.80} = 40.75 \cong 41\ Orificios$$

Se adoptan 41 orificios separados 5cm entre sí, con lo cual se tienen las siguientes condiciones finales:

$$A = a * B * N = 0.05 * 0.80 * 41 = 1.64\ m^2$$

$$V = \frac{Q}{0.90 * A} = \frac{2.62}{0.90 * 1.64} = 1.78\frac{m}{s}$$

Los niveles de agua en el canal de aducción son

$$V = \frac{Q}{0.90 * A} = \frac{2.62}{0.90 * 1.64} = 1.78 \frac{m}{s}$$

$$h = \left(\frac{Q^2}{g * B^2}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{(2.62)^2}{9.81 * (0.80)^2}\right)^{\frac{1}{3}} = 1.23\, m$$

Esta altura deberá ser la mínima para la rejilla. Por tal razón se adopta una altura de 1.60 m.

Y finalmente la velocidad del agua será de:

$$V_f = \left(\frac{Q}{B * h}\right) = \left(\frac{2.62}{0.80 * 1.03}\right) = 2.66 \frac{m}{s}$$

Nota: Las rejillas se emplearán es las mismas medidas dado que se empleó el punto más crítico al final del diseño donde se encuentra el caudal total del proyecto.

2.3.4. Elaboración de planos

Planos generales del alcantarillado Pluvial y especificaciones técnicas, presentan cómo fueron diseñados en base a la información recabada de campo, para su construcción futura.

- Plano de densidad de vivienda
- Plano de curvas de nivel

- Plano de red general
- Planos planta perfil alcantarillado pluvial
- Plano de detalles de pozos de visita
- Plano de detalles de rejillas

2.3.5. Presupuesto

Para desarrollar el presupuesto del proyecto se emplearon los precios unitarios por cada renglón de trabajo.

Tabla 9.

Presupuesto del alcantarillado pluvial de aldea Playa Pxtate

PRESUPUESTO ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA ALDEA PLAYA PATAXTE, MUNICIPIO DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL					
RENGLONES DE TRABAJO					
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio TOTAL
4.1	TRABAJOS PRELIMINARES				
4.1.1	TOPOGRAFíA, PLANIMETRíA Y ALTIMETRíA	4186.00	ml	Q 4.20	Q 17,564.46
4.1.2	DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO EXISTENTE	6279.00	m^2	Q 130.91	Q 821,983.89
					Q 839,548.35
4.2	EXCAVACIÓN E INSTALACION DE TUBERIA				
4.2.1	EXCAVACIÓN Y ACARREO	5860.40	m^3	Q 151.46	Q 887,616.18
4.2.2	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 21"	391.00	Unidad	Q 2,463.97	Q 963,412.27
4.2.3	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 30"	159.00	Unidad	Q 3,097.37	Q 492,481.83
4.2.4	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 36"	24.00	Unidad	Q 3,630.77	Q 87,138.48
4.2.5	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 42"	7.00	Unidad	Q 4,147.47	Q 29,032.29
4.2.6	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE 48"	116.00	Unidad	Q 4,680.87	Q 542,980.92
					Q 3,002,661.97
4.3	POZOS DE VISITA				
4.3.1	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø1.75 Y 1.20 A 2.00 m DE ALTURA	46.00	Unidad	Q 15,151.16	Q 696,953.36
4.3.2	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø2.0 Y 2.00 A 3.00 m DE ALTURA	8.00	Unidad	Q 24,245.69	Q 193,965.52
4.3.4	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø2.0 Y 3.00 A 4.00 m DE ALTURA	4.00	Unidad	Q 24,245.69	Q 96,982.76
4.3.5	CONSTRUCCION DE POZO TIPO PL - Ø2.0 Y 4.00 A 5.00 m DE ALTURA	5.00	Unidad	Q 28,231.03	Q 141,155.15
					Q 1,129,056.79
4.4	REJILLAS				
4.4.1	EXCAVACIÓN Y FUNDICION DE CANAL	348.30	m^3	Q 487.31	Q 169,730.07
4.4.2	INSTALACIÓN REJILLAS	258.00	ml	Q 1,613.50	Q 416,283.00
					Q 586,013.07
4.5	OBRA COMPLEMENTARIA				
4.5.1	RESTITUCION DE PAVIMENTO	6279.00	m^2	Q 419.31	Q 2,632,847.49
					Q 2,632,847.49
	TOTAL PRECIO DE PROYECTO			Q	8,190,127.67

Nota. Detalle del presupuesto del alcantarillado pluvial asociado a la aldea Playa Patexte. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.3.6. Evaluación socioeconómica

En esta sección se presentan los conceptos necesarios para una evaluación socioeconómica.

2.3.6.1. Valor presente neto

El cálculo se realiza a partir de un flujo de efectivo, que se traslada al presente, que se utiliza para visualizar si los ingresos son mayores que los egresos.

$$VPN = VP_{Beneficios} - VP_{Costos}$$

Los resultados de la ecuación anterior pueden arrogar tres opciones.

- VPN>0, Cuando es mayor que cero, se tiene una inversión positiva donde se recupera la inversión y se tiene una ganancia que es igual al valor presente.

- VPN=0, Cuando es igual a cero, se genera la inversión inicial y se alcanza la rentabilidad buscada del proyecto.

- VPN<0, Cuando es menor que cero, en ese momento se evalúa a través de la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Dado que el sistema de alcantarillado sanitario es proyecto de carácter social, que beneficia a la comunidad por lo no se contempla una utilidad (no hay beneficio económico), en ese lugar los egresos como costo total del proyecto.

Dando de esta forma el costo queda para el proyecto.

$VPN = -Q8{,}190{,}127.67$

2.3.6.2. Tasa interna de retorno

Se define como la tasa de interés a la cual la persona que pretende invertir se encuentra en equilibrio, es decir, los ingresos y los gastos tienen el mismo valor al analizar una alternativa de inversión. Si se usa con valor actual, esta es la tasa a la que el valor actual es cero VP = 0.

Para este proyecto, al ser de carácter social, no se asume ningún tipo de utilidad, por lo que la TIR no se puede calcular mediante ninguna fórmula.

Lo adecuado en este caso es asumir un valor de TIR de 4,5 %, que es el costo que debe cubrir el Estado para llevar a cabo dicho proyecto. Esta tasa se calculó tomando en cuenta la tasa libre de riesgo guatemalteca, que es una inversión en valores gubernamentales y que actualmente paga este monto, así como el costo que tiene para el gobierno obtener estos fondos para invertir en obras públicas.

2.3.7. Cronograma de ejecución

El proyecto está programado para ejecutarse en 5 meses a partir de su aprobación, se recomida no trabajarlo en época de invierno para evitar atrasos y perdidas de materiales. A continuación, se presenta el cronograma de actividades para llevar a cabo la construcción del proyecto de alcantarillado pluvial en la aldea Playa Pataxte, Municipio de El Estor, departamento de Izabal.

Tabla 10.

Cronograma de ejecución

No.	Descripción	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
		Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10	Sem. 11	Sem. 12	Sem. 13	Sem. 14	Sem. 15	Sem. 16	Sem. 17	Sem. 18	Sem. 19	Sem. 20
1	Topografía, Planimetría y Altimetría																				
2	Demolición de Pavimento Rígido Existente																				
3	Excabación de zanjas																				
4	Instalación de tubería																				
5	Construcción de pozos de visita																				
6	Relleno y compactación de zanjas																				
7	Conexiones domiciliares																				
8	Restitución de Pavimento																				
9	Limpieza del área																				

Nota. Detalle de las actividades asociadas al cronograma de ejecución. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.3.8. Estudio de impacto ambiental

En esta sección, se define lo concerniente al estudio de impacto que tienen incidencia en el proyecto.

2.3.8.1. Definición

El impacto ambiental se refiere a los cambios y consecuencias que se producen en el ambiente como resultado de la actividad humana. Estos cambios pueden ser positivos o negativos y afectan diferentes aspectos del entorno, como los recursos naturales, la biodiversidad, el clima y la calidad del aire, agua y suelo.

El impacto ambiental puede ser a corto o largo plazo y puede tener efectos duraderos en los ecosistemas y en la salud de los seres vivos, incluidos los humanos. La evaluación del impacto ambiental se utiliza para evaluar los posibles efectos de un proyecto o actividad antes de llevarse a cabo y buscar medidas para minimizar los impactos negativos y promover la sostenibilidad ambiental.

2.3.8.2. Objetivos del estudio de impacto ambiental

Los principales objetivos del estudio de impacto ambiental son:

- Identificar los posibles impactos ambientales que puede generar una actividad o proyecto. Esto implica analizar los posibles cambios en el aire, agua, suelo, biodiversidad, paisaje y otros elementos del entorno natural.

- Evaluar la magnitud, importancia y alcance de los impactos identificados. Se busca determinar si los impactos son significativos y si afectarán de manera negativa la calidad del medio ambiente y la salud de los seres vivos.

- Proponer medidas y acciones para prevenir, mitigar o compensar los impactos negativos. Se generarán estrategias y procedimientos para minimizar los efectos adversos sobre el entorno natural, incluyen la conservación y rehabilitación de ecosistemas afectados.

- Establecer un proceso de consulta y participación ciudadana. El estudio de impacto ambiental busca involucrar a la comunidad y a las partes interesadas en el proceso de toma de decisiones, permitiendo que expresen sus opiniones y preocupaciones sobre los posibles impactos ambientales.

- Asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. El estudio de impacto ambiental permite verificar si un proyecto o actividad cumple con las leyes y regulaciones ambientales establecidas.

- Promover la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. El objetivo final del estudio de impacto ambiental es lograr que las actividades humanas sean compatibles con la conservación del medio ambiente y la utilización sostenible de los recursos naturales, garantizan la preservación de la calidad de vida de las generaciones futuras.

2.3.8.3. Consideraciones técnicas

Al realizar un estudio de impacto ambiental para un sistema de alcantarillado sanitario, se deben tener en cuenta diversas consideraciones técnicas.

- Caracterización del área de influencia: se debe realizar una caracterización detallada del área en la que se implementará el sistema de alcantarillado, incluyendo aspectos físicos, biológicos, sociales y económicos. Esto permitirá identificar los recursos naturales presentes, las actividades humanas existentes, los posibles impactos ambientales y las medidas de mitigación requeridas.

- Análisis de opciones y selección de la alternativa más adecuada: Se deben evaluar diferentes opciones para la implementación del sistema de alcantarillado, considerando aspectos como la ubicación de las tuberías, la tecnología utilizada, los métodos de tratamiento de las aguas residuales,

entre otros. Se seleccionará la alternativa que minimice los impactos ambientales y cumpla con los requisitos técnicos y económicos.

- Evaluación de los impactos ambientales: se deberán identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que generará el sistema de alcantarillado sanitario en el área de influencia. Esto incluye el análisis de los impactos en la calidad del agua, los ecosistemas acuáticos, la biodiversidad, la calidad del aire y la salud humana. También se evaluarán posibles impactos sociales y económicos.

- Medidas de mitigación y manejo ambiental: se propondrán medidas concretas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales identificados. Esto puede incluir la implementación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, la reforestación de áreas degradadas, la gestión adecuada de los residuos generados, entre otras acciones.

- Monitoreo y seguimiento: se establecerá un plan de monitoreo ambiental para evaluar el cumplimiento de las medidas de mitigación y el impacto real del sistema de alcantarillado sanitario en el medio ambiente. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras en el sistema, en caso de ser necesario.

CONCLUSIONES

1. La implementación del sistema de alcantarillado sanitario en aldea Playa Pataxte tendrá un impacto significativo en la salud pública de la comunidad. La disposición adecuada de aguas residuales reducirá la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, como diarrea, cólera y otras infecciones gastrointestinales. Además, al mejorar la higiene ambiental, se disminuirá la incidencia de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua, con lo que mejora la calidad de vida de los residentes y fortalece la resiliencia de la comunidad ante posibles brotes de enfermedades.

2. La ejecución de un proyecto de alcantarillado sanitario en aldea Playa Pataxte también se alinea con los principios del desarrollo sostenible. La gestión adecuada de las aguas residuales contribuirá a la preservación del medio ambiente local al evitar la contaminación de fuentes de agua cercanas y la degradación del suelo. Además, el proyecto podría incluir prácticas de tratamiento de aguas residuales que permitan la reutilización del agua tratada para actividades como riego, con lo que se promueve un uso más eficiente y sostenible de los recursos hídricos. La promoción de prácticas sostenibles y la mejora de las condiciones de vida generan beneficios a largo plazo, fortaleciendo la resiliencia de la comunidad ante desafíos ambientales y económicos.

3. Estas iniciativas impactarán positivamente a 1,800 habitantes a futuro, cubriendo una extensión de 4,186 kilómetros. Mediante estos proyectos,

la comunidad experimentaría la solución a uno de sus problemas más significativos relacionados con la contaminación y saneamiento.

4. La ejecución del proyecto de alcantarillado pluvial en aldea Playa Pataxte evitará inundaciones, protege propiedades y preserva el medio ambiente al reducir la erosión del suelo y mantener la calidad del agua local, al ser transportada al cuerpo de agua más cercano, así evacua el caudal de lluvia.

5. La construcción del proyecto del drenaje sanitario en aldea Playa Pataxte se estimó tendría un valor de Q 4,754,858.33, mientras que la construcción del drenaje pluvial asciende a Q 8,190,127.67, presupuestos que estiman sistemas queden en operación una vez se haya concluido su construcción.

RECOMENDACIONES

1. Para garantizar el éxito y la sostenibilidad del proyecto de alcantarillado sanitario en la aldea Playa Pataxte, es fundamental promover la participación de la comunidad. Esto se puede con capacitaciones sobre el uso y mantenimiento del sistema de alcantarillado, y la inclusión de la opinión y necesidades de los habitantes en todas las etapas del proyecto. Además, las entidades gubernamentales que trabajen en programas de desarrollo comunitario para obtener recursos adicionales y fortalecer el apoyo a la comunidad en la implementación del proyecto.

2. Involucrar a la comunidad de la aldea Playa Pataxte desde el inicio del proyecto de alcantarillado pluvial en El Estor, Izabal, asegurando su participación y comprensión. Esto incluye consultas regulares, reuniones informativas y programas de concientización para fomentar la cooperación y la sostenibilidad a largo plazo.

3. Adoptar un diseño que considere las condiciones climáticas cambiantes y el crecimiento futuro. Integrar prácticas sostenibles, como el uso de materiales respetuosos con el medio ambiente y soluciones que promuevan la infiltración y reutilización del agua, garantizando la eficiencia y la capacidad de adaptación del sistema de alcantarillado pluvial.

4. Emplear la supervisión profesional que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas para la construcción del proyecto, así como vele por la calidad de los materiales que se vayan a emplear en el proyecto.

REFERENCIAS

Acero, F. y Vanegas, D. (2017). *Estudio de la disipación de energía mediante un modelo físico en un pozo de alcantarillado pluvial escalonado sobre la calle 13 en Acacias - Meta, usando material reciclado neumático.* Revista de Ingeniería y Construcción. 35(4), 425-433.

Barrientos, E. (2018) *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la 25 avenida colonia alta vista, zona 1 y del sistema de alcantarillado para la 0 avenida barrio San Antonio, zona 10, Mixco, Guatemala*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

Caballero, J. (2017). Evaluación y descripción de la infraestructura de salud en Guatemala: un estudio en profundidad en el municipio de El Estor. *Cuadernos de Salud Pública*. 33(4), 759-772.

Cabrera, A. (2013) *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

Calderón, E. (2016). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de las colonias san Luis Ramírez I y II, primavera II, lo de Ramírez, lomas de san Rafael y san Rafael Ramírez, zona 2 y diseño de pavimentación de la carretera de acceso de villa nueva hacia ciudad Peronia vía la selva y el calvario, zona 8, villa nueva, Guatemala*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

Maurer, L. (2012). Los proyectos de salud regional en comunidades Maya-Q'eqchi de Guatemala í: claves para el éxito. *Cuadernos de Salud Pública.* 28 (2012), 2279-2288.

Paredes, J., y Chávez, M. (2016). Análisis de las condiciones climáticas en el departamento de Izabal, Guatemala. *Revista Científica Técnica y Tecnológica UTN,* 4(2), 33-43.

Peña, A. y Rocha, H. (2012). *Diseño y buenas prácticas para puntos de desfogue de drenaje pluvial*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional.

Pérez, J. (2003). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario para el caserío la Nueva Esperanza, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

Universidad Politécnica de Madrid (2016). *Programa de Cooperación Hispano-guatemalteco para la Sostenibilidad Social y Económica de El Estor*. UPM. https://www.upm.es/UPM/CompromisoSocial/CooperacionDesarrollo/AccionesProgramas?fmt=detail&id=CON08456

APÉNDICES

En esta sección se presentan los apéndices del proyecto anteriormente expuesto.

Apéndice 1.

Hoja de cálculo drenaje sanitario

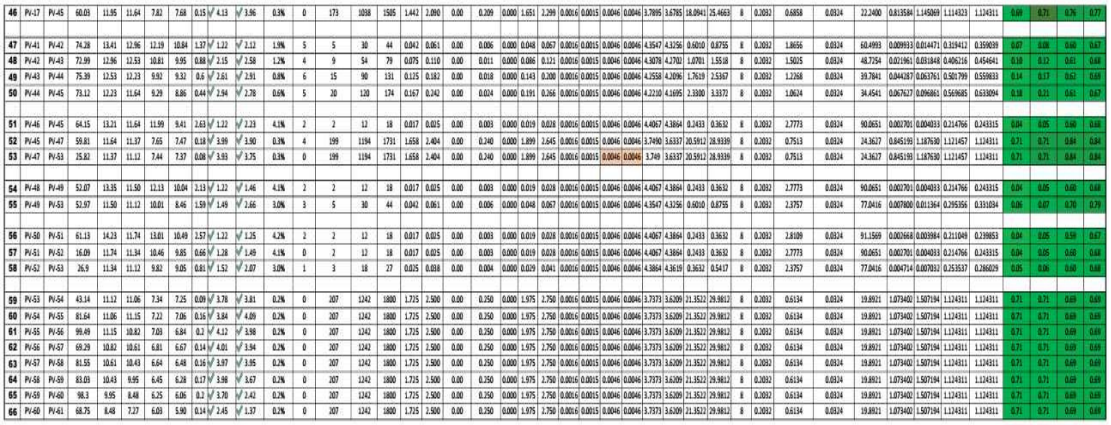
DRENAJE SANITARIO

No.	Pozo de Visita		Longitud	Cotas de Calle		Cota Invert		Δ	Altura		S%	Casas Locales		Habitantes			Q Domiciliar		Q comer	Q cilicito	Qinf	Q Sanitario		Iqm			fh		q diseño		β	V	A	Q (L)	q/Q		v/V		d/D		v	
	Inicial	Final	mts	Salida	Entrada	Salida	Entrada		Inicial	Final		Locales	Acumuladas	Actuales	Futuros		Actual	Futuro				Actual	Futuro	Actual	Futuro		Actual	Futuro		Futuro	in	mts	Vel. Sec./lleno	Area sec./lleno	Q Sec./lleno		Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro
1	PV-1	PV-2	82.67	15.20	15.30	13.98	12.96	1.03	1.22	2.34	1.3%	8	8	48	70	0.067	0.097	0.00	0.010	0.000	0.076	0.107	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.318	4.2829	0.9535	1.3791	8	0.2032	1.5335	0.0324	49.7302	0.019173	0.027731	0.390908	0.435721	0.10	0.11	0.60	0.67
2	PV-2	PV-5	66.04	15.30	15.00	12.93	12.38	0.56	2.37	2.62	0.9%	5	13	78	114	0.108	0.158	0.00	0.016	0.000	0.124	0.174	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.272	4.2276	1.5326	2.2169	8	0.2032	1.2646	0.0324	41.0085	0.037374	0.054060	0.477526	0.531449	0.13	0.16	0.65	0.67
3	PV-3	PV-4	32.80	15.58	15.40	14.36	13.59	0.8	1.22	1.81	2.5%	4	4	24	35	0.046	0.067	0.00	0.007	0.000	0.053	0.074	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.3695	4.3436	0.4824	0.6998	8	0.2032	2.1687	0.0324	70.3291	0.006859	0.009944	0.286029	0.319412	0.06	0.07	0.62	0.69
4	PV-4	PV-3	39.66	15.40	15.00	13.56	12.85	0.73	1.84	2.15	1.9%	1	5	30	44	0.058	0.085	0.00	0.008	0.000	0.066	0.093	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.3547	4.3156	0.6010	0.8755	8	0.2032	1.8656	0.0324	60.4993	0.009933	0.014471	0.319412	0.359039	0.07	0.08	0.65	0.67
5	PV-5	PV-6	92.49	15.00	13.97	12.35	11.89	0.46	2.65	2.08	0.5%	6	24	144	209	0.277	0.402	0.00	0.040	0.000	0.317	0.442	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.1967	4.1410	2.7799	3.9812	8	0.2032	0.9699	0.0324	31.4521	0.088386	0.126579	0.615026	0.684422	0.30	0.29	0.80	0.66
6	PV-6	PV-7	61.79	13.97	12.75	11.86	11.47	0.4	2.11	1.28	0.7%	4	28	168	244	0.323	0.470	0.00	0.047	0.000	0.370	0.516	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.1747	4.1153	3.2262	4.6196	8	0.2032	1.1058	0.0324	35.8609	0.089964	0.128803	0.618706	0.687704	0.20	0.24	0.68	0.76
7	PV-7	PV-8	60.02	12.75	12.15	11.44	10.85	0.6	1.31	1.30	1.0%	4	32	192	279	0.369	0.537	0.00	0.054	0.000	0.423	0.591	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.1544	4.0917	3.6692	5.2513	8	0.2032	1.3716	0.0324	44.4800	0.083491	0.118868	0.604001	0.671122	0.19	0.23	0.83	0.92
8	PV-8	PV-9	58.72	12.15	12.09	10.82	10.59	0.23	1.33	1.50	0.4%	0	32	192	279	0.369	0.537	0.00	0.054	0.000	0.423	0.591	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.1544	4.0917	3.6692	5.2513	8	0.2032	0.8675	0.0324	28.1316	0.130430	0.186670	0.689339	0.764472	0.24	0.29	0.80	0.84
9	PV-10	PV-9	55.22	12.22	12.09	11.00	9.65	1.38	1.22	2.44	2.5%	4	4	24	35	0.046	0.067	0.00	0.007	0.000	0.053	0.074	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.3695	4.3436	0.4824	0.6998	8	0.2032	2.1687	0.0324	70.3291	0.006859	0.009944	0.286029	0.319412	0.06	0.07	0.62	0.69
10	PV-11	PV-12	43.88	14.32	14.27	13.10	12.05	1.08	1.22	2.22	2.5%	4	4	24	35	0.046	0.067	0.00	0.007	0.000	0.053	0.074	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.3695	4.3436	0.4824	0.6998	8	0.2032	2.1687	0.0324	70.3291	0.006859	0.009944	0.286029	0.319412	0.06	0.07	0.62	0.69
11	PV-12	PV-13	28.42	14.27	14.02	12.02	11.59	0.45	2.25	2.43	1.6%	2	6	36	53	0.069	0.102	0.00	0.010	0.000	0.079	0.112	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.3415	4.3095	0.7190	1.0507	8	0.2032	1.7350	0.0324	56.2632	0.012778	0.018674	0.345215	0.385717	0.08	0.09	0.60	0.67
12	PV-14	PV-13	60.63	14.23	14.02	13.01	10.57	2.49	1.22	3.45	4.1%	2	2	12	18	0.023	0.035	0.00	0.003	0.000	0.027	0.038	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.4067	4.3866	0.2433	0.3632	8	0.2032	2.7773	0.0324	90.0651	0.007701	0.004033	0.214766	0.243315	0.04	0.05	0.60	0.68
13	PV-13	PV-15	94.34	14.02	13.46	10.54	9.80	0.75	3.48	3.66	0.8%	6	14	84	122	0.162	0.235	0.00	0.023	0.000	0.185	0.258	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.2635	4.2188	1.6474	2.3677	8	0.2032	1.2268	0.0324	39.7841	0.041409	0.059513	0.490877	0.547816	0.14	0.17	0.80	0.87
14	PV-15	PV-9	97.15	13.46	12.09	9.77	9.19	0.58	3.69	2.90	0.6%	8	22	132	192	0.254	0.369	0.00	0.037	0.000	0.291	0.406	0.0022	0.0021	0.0046	0.0046	4.2086	4.1544	2.5554	3.6692	8	0.2032	1.0624	0.0324	34.4541	0.074170	0.106496	0.585154	0.650652	0.18	0.22	0.82	0.88
16	PV-14	PV-16	77.17	14.23	12.44	13.01	11.19	1.85	1.22	1.25	2.4%	5	5	30	44	0.042	0.061	0.00	0.006	0.000	0.048	0.067	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3547	4.3156	0.6010	0.8755	8	0.2032	2.1349	0.0324	68.9081	0.008721	0.012705	0.307527	0.345215	0.07	0.08	0.65	0.75
17	PV-16	PV-17	90.47	12.44	11.95	11.16	10.26	0.9	1.28	1.69	1.0%	7	12	72	105	0.100	0.146	0.00	0.015	0.000	0.115	0.160	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2800	4.2377	1.4175	2.0468	8	0.2032	1.3716	0.0324	44.4800	0.031869	0.046017	0.454641	0.508265	0.12	0.15	0.82	0.90
18	PV-8	PV-18	98.58	12.15	11.89	10.93	9.71	1.23	1.22	2.18	1.3%	8	8	48	70	0.067	0.097	0.00	0.010	0.000	0.076	0.107	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3183	4.2829	0.9535	1.3791	8	0.2032	1.5335	0.0324	49.7302	0.019173	0.027731	0.390908	0.435721	0.10	0.11	0.60	0.67
19	PV-18	PV-19	48.39	11.89	11.85	9.68	9.21	0.48	2.21	2.64	1.0%	4	12	72	105	0.100	0.146	0.00	0.015	0.000	0.115	0.160	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2800	4.2377	1.4175	2.0468	8	0.2032	1.3716	0.0324	44.4800	0.031869	0.046017	0.454641	0.508265	0.12	0.15	0.82	0.90
20	PV-22	PV-19	79.82	13.11	11.85	11.89	10.32	1.6	1.22	1.53	2.0%	6	6	36	53	0.050	0.074	0.00	0.007	0.000	0.057	0.081	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3415	4.3095	0.7190	1.0507	8	0.2032	1.9397	0.0324	62.9042	0.011439	0.016703	0.3339	0.372532	0.08	0.09	0.65	0.75
21	PV-19	PV-20	59.47	11.85	11.76	9.18	8.77	0.42	2.67	2.99	0.7%	0	18	108	157	0.150	0.218	0.00	0.022	0.000	0.172	0.240	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2343	4.1845	2.1036	3.0221	8	0.2032	1.1476	0.0324	37.2146	0.056526	0.081207	0.539682	0.600274	0.16	0.19	0.72	0.80
22	PV-10	PV-20	91.7	12.22	11.76	11.00	9.87	1.15	1.22	1.89	1.3%	8	8	48	70	0.067	0.097	0.00	0.010	0.000	0.076	0.107	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3183	4.2829	0.9535	1.3791	8	0.2032	1.5335	0.0324	49.7302	0.019173	0.027731	0.390908	0.435721	0.10	0.11	0.60	0.67
23	PV-21	PV-20	51.44	13.03	11.76	10.81	9.55	1.29	1.22	2.21	2.5%	4	4	24	35	0.033	0.049	0.00	0.005	0.000	0.038	0.053	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3695	4.3436	0.4824	0.6998	8	0.2032	2.1687	0.0324	70.3291	0.006859	0.009944	0.286029	0.319412	0.06	0.07	0.62	0.69
24	PV-24	PV-25	47.79	16.04	15.30	14.82	13.66	1.19	1.22	1.64	2.5%	4	4	24	35	0.033	0.049	0.00	0.005	0.000	0.038	0.053	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3695	4.3436	0.4824	0.6998	8	0.2032	2.1687	0.0324	70.3291	0.006859	0.009944	0.286029	0.319412	0.06	0.07	0.62	0.69
25	PV-25	PV-26	19.77	15.30	14.87	13.63	13.35	0.3	1.67	1.52	1.5%	3	7	42	61	0.058	0.085	0.00	0.008	0.000	0.067	0.093	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3294	4.2965	0.8364	1.2056	8	0.2032	1.6799	0.0324	54.4767	0.015354	0.022130	0.364475	0.406216	0.09	0.12	0.61	0.68
26	PV-26	PV-27	59.45	14.87	13.99	13.32	12.44	0.88	1.55	1.55	1.5%	4	11	66	96	0.092	0.133	0.00	0.013	0.000	0.105	0.147	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2888	4.2484	1.3021	1.8761	8	0.2032	1.6799	0.0324	54.4767	0.021981	0.034438	0.41621	0.466185	0.11	0.13	0.70	0.78
27	PV-27	PV-28	55.61	13.99	13.64	12.41	11.98	0.44	1.58	1.66	0.8%	5	16	96	140	0.133	0.194	0.00	0.019	0.000	0.153	0.214	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2484	4.2006	1.8761	2.7052	8	0.2032	1.2268	0.0324	39.7841	0.047157	0.067997	0.510407	0.569685	0.15	0.18	0.69	0.76
28	PV-28	PV-29	42.39	13.64	13.22	11.95	11.62	0.34	1.69	1.60	0.8%	2	18	108	157	0.150	0.218	0.00	0.022	0.000	0.172	0.240	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2343	4.1845	2.1036	3.0221	8	0.2032	1.2268	0.0324	39.7841	0.053875	0.079962	0.529374	0.588966	0.16	0.19	0.65	0.72
29	PV-30	PV-31	74.37	14.29	13.89	13.07	11.90	1.19	1.22	1.99	1.6%	6	6	36	53	0.050	0.074	0.00	0.007	0.000	0.057	0.081	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3415	4.3095	0.7190	1.0507	8	0.2032	1.7350	0.0324	56.2632	0.012778	0.018674	0.345215	0.385717	0.08	0.09	0.60	0.67
30	PV-31	PV-32	67.27	13.89	13.19	11.87	11.27	0.61	2.02	1.92	0.9%	6	12	72	105	0.100	0.146	0.00	0.015	0.000	0.115	0.160	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2800	4.2377	1.4175	2.0468	8	0.2032	1.3012	0.0324	42.1974	0.035593	0.048506	0.461593	0.514669	0.13	0.15	0.68	0.75
31	PV-33	PV-34	68.25	13.94	13.58	12.72	11.65	1.09	1.22	1.93	1.6%	6	6	36	53	0.050	0.074	0.00	0.007	0.000	0.057	0.081	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3415	4.3095	0.7190	1.0507	8	0.2032	1.7350	0.0324	56.2632	0.012778	0.018674	0.345215	0.385717	0.08	0.09	0.60	0.67
32	PV-34	PV-35	58.19	13.58	13.60	11.62	11.05	0.58	1.96	2.55	1.0%	5	11	66	96	0.092	0.133	0.00	0.013	0.000	0.105	0.147	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2888	4.2484	1.3021	1.8761	8	0.2032	1.3716	0.0324	44.4800	0.029273	0.042178	0.442883	0.495268	0.12	0.14	0.65	0.68
33	PV-35	PV-32	51.42	13.60	13.19	11.02	10.52	0.51	2.58	2.67	1.0%	0	11	66	96	0.092	0.133	0.00	0.013	0.000	0.105	0.147	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2888	4.2484	1.3021	1.8761	8	0.2032	1.3716	0.0324	44.4800	0.029273	0.042178	0.442883	0.495268	0.12	0.14	0.65	0.68
34	PV-32	PV-29	14.52	13.19	13.22	10.49	10.41	0.09	2.70	2.81	0.6%	0	23	138	200	0.192	0.278	0.00	0.028	0.000	0.219	0.306	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.2026	4.1480	2.6678	3.8162	8	0.2032	1.0624	0.0324	34.4541	0.073430	0.110762	0.592756	0.657546	0.19	0.22	0.63	0.70
35	PV-29	PV-23	11.87	13.22	12.97	10.38	10.33	0.05	2.84	2.64	0.4%	0	41	246	357	0.342	0.496	0.00	0.050	0.000	0.391	0.545	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.1139	4.0451	4.6553	6.6429	8	0.2032	0.8675	0.0324	28.1316	0.165482	0.236137	0.73956	0.817203	0.28	0.33	0.84	0.91
36	PV-22	PV-23	69.36	13.11	12.97	11.89	10.32	1.6	1.22	2.65	2.3%	4	4	24	35	0.033	0.049	0.00	0.005	0.000	0.038	0.053	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3695	4.3436	0.4824	0.6998	8	0.2032	2.0801	0.0324	67.4573	0.007151	0.010367	0.289158	0.322342	0.06	0.07	0.60	0.67
37	PV-23	PV-36	59.55	12.97	11.92	10.29	10.06	0.24	2.68	1.86	0.4%	0	45	270	392	0.375	0.544	0.00	0.054	0.000	0.429	0.599	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.0976	4.0263	5.0892	7.2602	8	0.2032	0.8675	0.0324	28.1316	0.180908	0.258081	0.758856	0.83792	0.29	0.35	0.86	0.93
38	PV-21	PV-36	97.04	12.03	11.92	10.81	9.28	1.55	1.22	2.64	1.6%	6	6	36	53	0.050	0.074	0.00	0.007	0.000	0.057	0.081	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.3415	4.3095	0.7190	1.0507	8	0.2032	1.7350	0.0324	56.2632	0.012778	0.018674	0.345215	0.385717	0.08	0.09	0.60	0.67
39	PV-36	PV-37	56.05	11.92	11.93	9.25	9.08	0.17	2.67	2.85	0.3%	0	51	306	444	0.425	0.617	0.00	0.062	0.000	0.487	0.678	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.0748	4.0001	5.7357	8.1708	8	0.2032	0.7513	0.0324	24.3627	0.235418	0.335350	0.817203	0.89994	0.33	0.40	0.81	0.88
40	PV-37	PV-38	80.75	11.93	11.87	9.05	8.81	0.24	2.88	3.06	0.3%	6	57	342	496	0.475	0.689	0.00	0.069	0.000	0.544	0.758	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.0536	3.9760	6.3771	9.0717	8	0.2032	0.7513	0.0324	24.3627	0.261755	0.373360	0.841716	0.925971	0.35	0.43	0.83	0.70
41	PV-38	PV-39	66.77	11.87	11.73	8.78	8.59	0.2	3.09	3.14	0.3%	4	61	366	531	0.508	0.738	0.00	0.074	0.000	0.582	0.811	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.0482	3.9600	6.8021	9.6743	8	0.2032	0.7513	0.0324	24.3627	0.279200	0.397094	0.856627	0.942455	0.36	0.44	0.84	0.71
42	PV-30	PV-39	55.64	11.76	11.73	8.74	8.50	0.25	3.02	3.23	0.5%	0	38	190	261	0.250	0.363	0.00	0.036	0.000	0.286	0.399	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.1644	4.1036	3.4481	4.9268	8	0.2032	0.9201	0.0324	29.8381	0.115560	0.165117	0.660864	0.73805	0.24	0.27	0.81	0.68
43	PV-39	PV-40	74.25	11.73	11.64	8.47	8.18	0.3	3.26	3.46	0.4%	6	97	582	844	0.808	1.172	0.00	0.117	0.000	0.926	1.289	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	3.9394	3.8463	10.5465	14.9328	8	0.2032	0.8675	0.0324	28.1316	0.374900	0.530819	0.928069	1.014873	0.42	0.52	0.91	0.66
44	PV-40	PV-17	74.25	11.64	11.95	8.15	7.85	0.3	3.49	4.10	0.4%	6	103	618	896	0.858	1.244	0.00	0.124	0.000	0.983	1.369	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	3.9251	3.8302	11.1583	15.7867	8	0.2032	0.8675	0.0324	28.1316	0.396647	0.561174	0.941445	1.028173	0.44	0.54	0.82	0.89
45	PV-9	PV-17	55.86	12.09	11.95	9.16	9.00	0.17	2.93	2.95	0.3%	0	58	348	505	0.483	0.701	0.00	0.070	0.000	0.553	0.772	0.0016	0.0015	0.0046	0.0046	4.0502	3.9720	6.4835	9.2270	8	0.2032	0.7513	0.0324	24.3627	0.266124	0.378733	0.845785	0.930156	0.35	0.43	0.84	0.70

Nota. Detalle de la hoja de cálculo en referencia al diseño de drenaje sanitario. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 2.

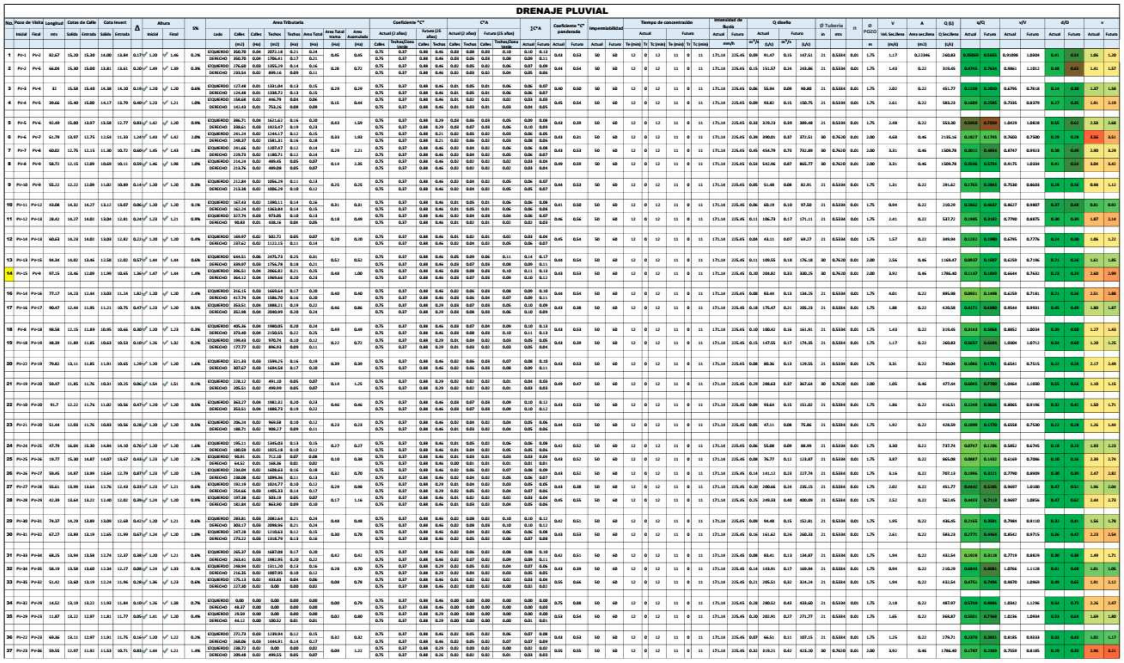
Hoja de cálculo drenaje sanitario



Nota. Detalle de la hoja de cálculo en referencia al diseño de drenaje sanitario. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 3.

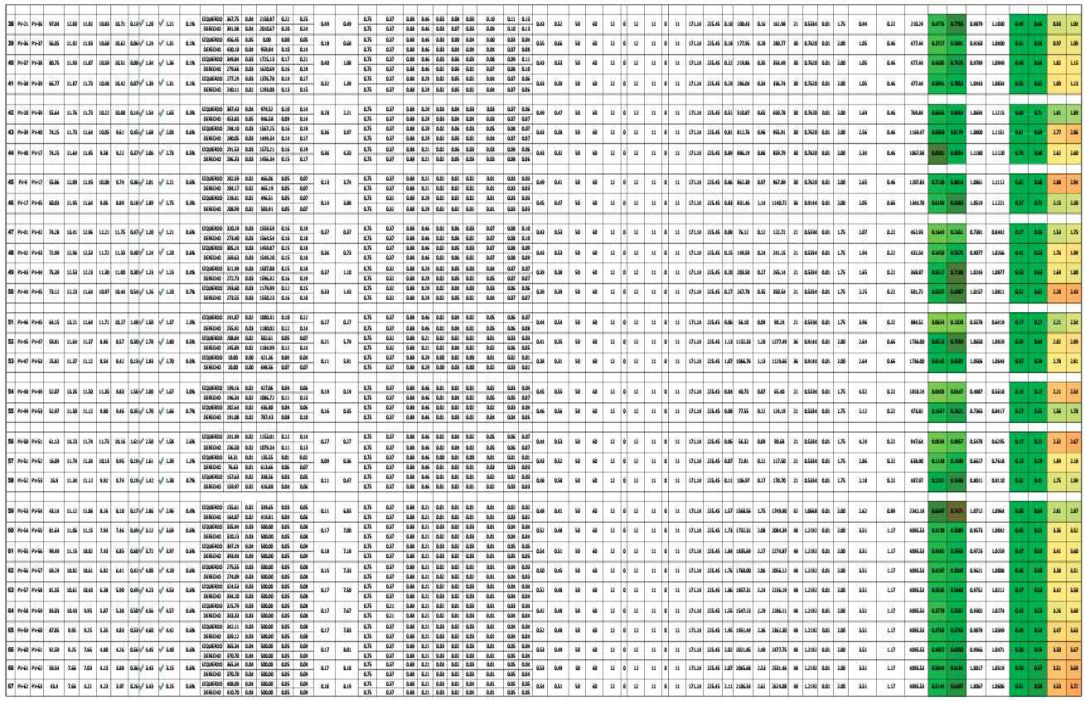
Hoja de cálculo drenaje pluvial



Nota. Detalle de la hoja de cálculo en referencia al diseño de drenaje pluvial. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 4.

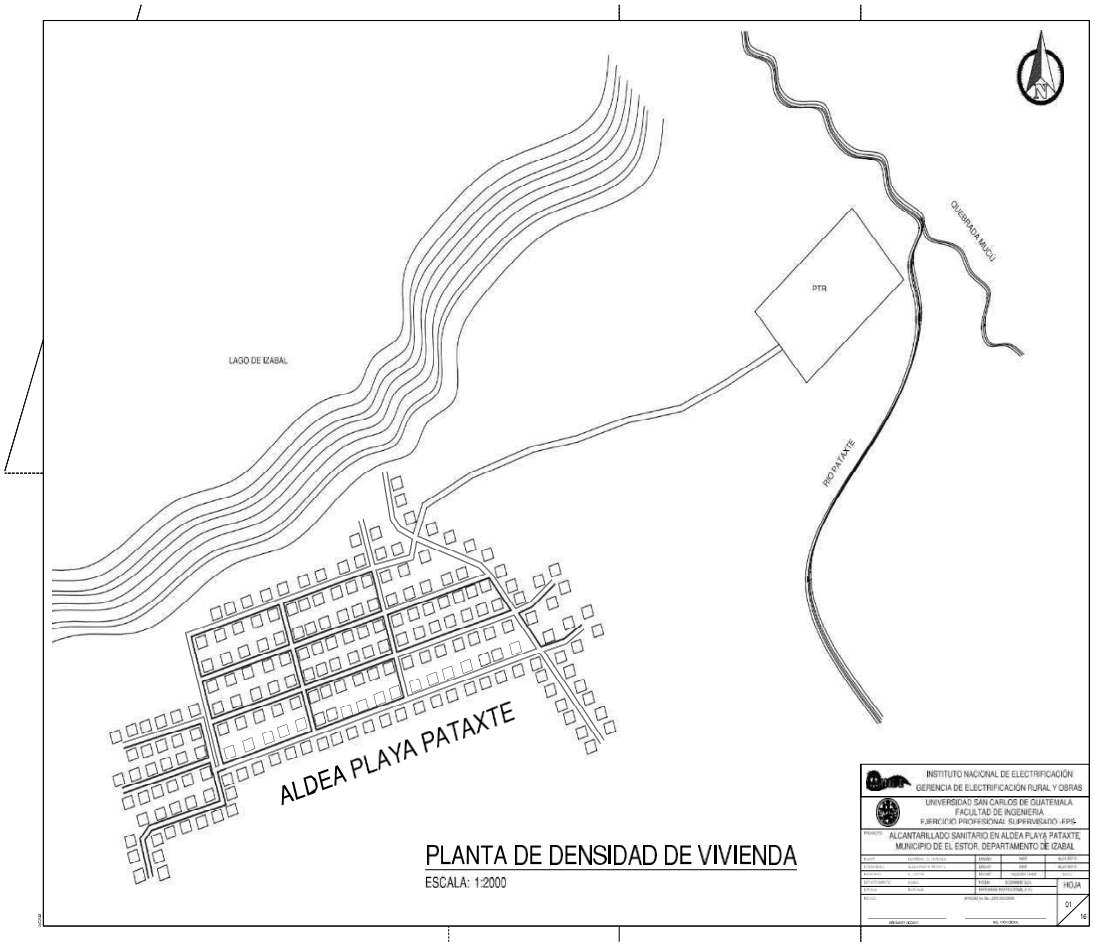
Continuación Hoja de cálculo drenaje pluvial



Nota. Detalle de la hoja de cálculo en referencia al diseño de drenaje pluvial. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 5.

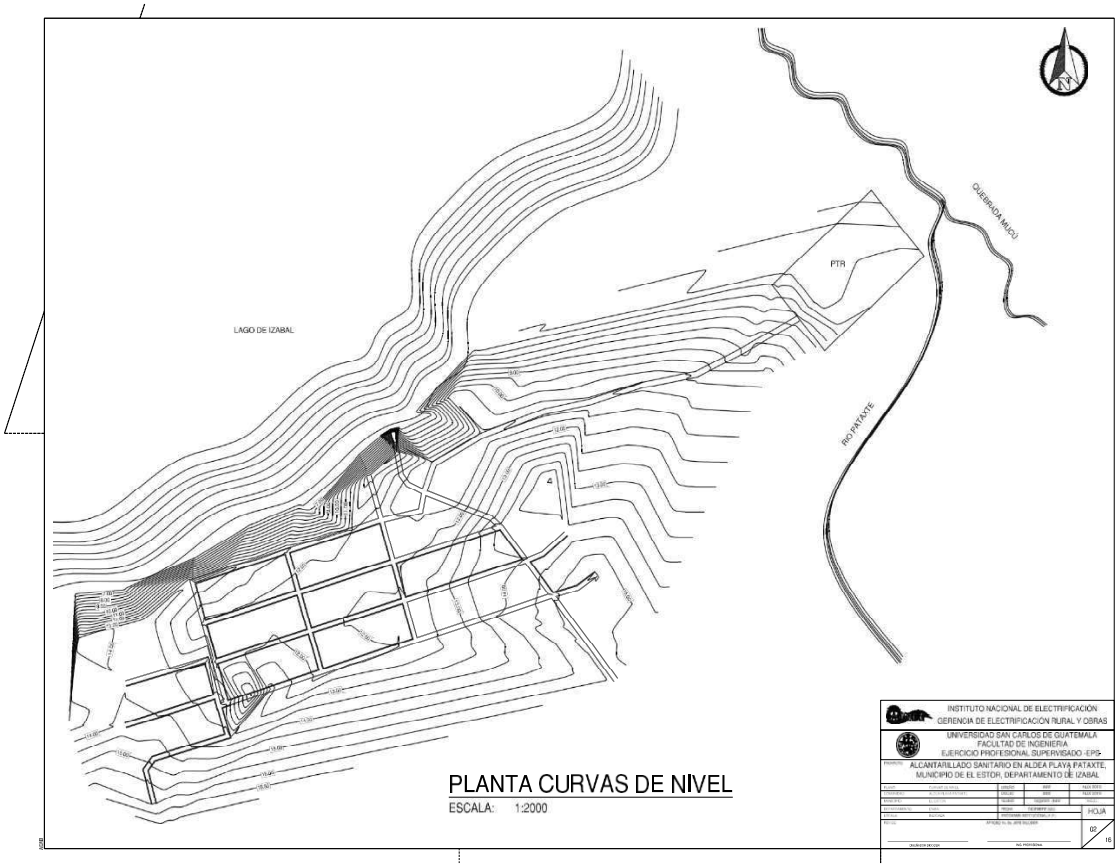
Plano de densidad de vivienda



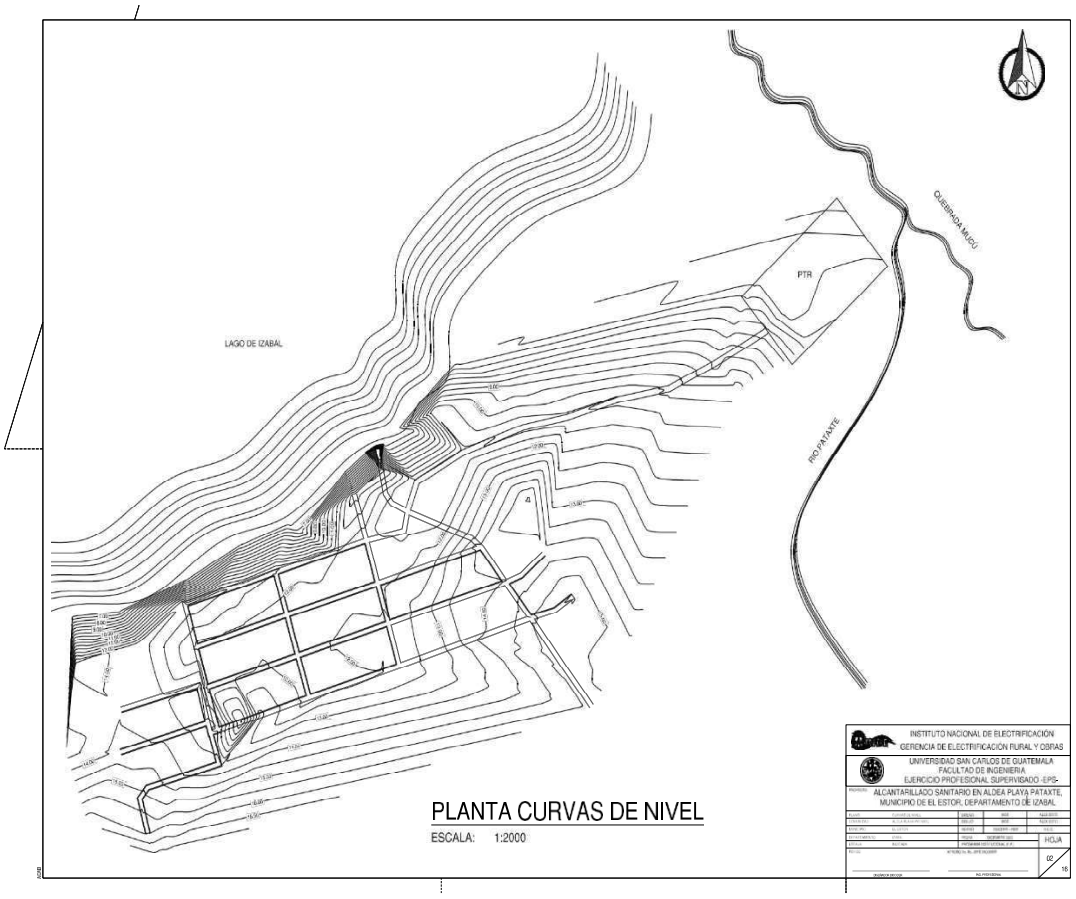
Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en Aldea Playa Pataxte, plano de densidad de vivienda. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 6.

Plano de curvas de nivel



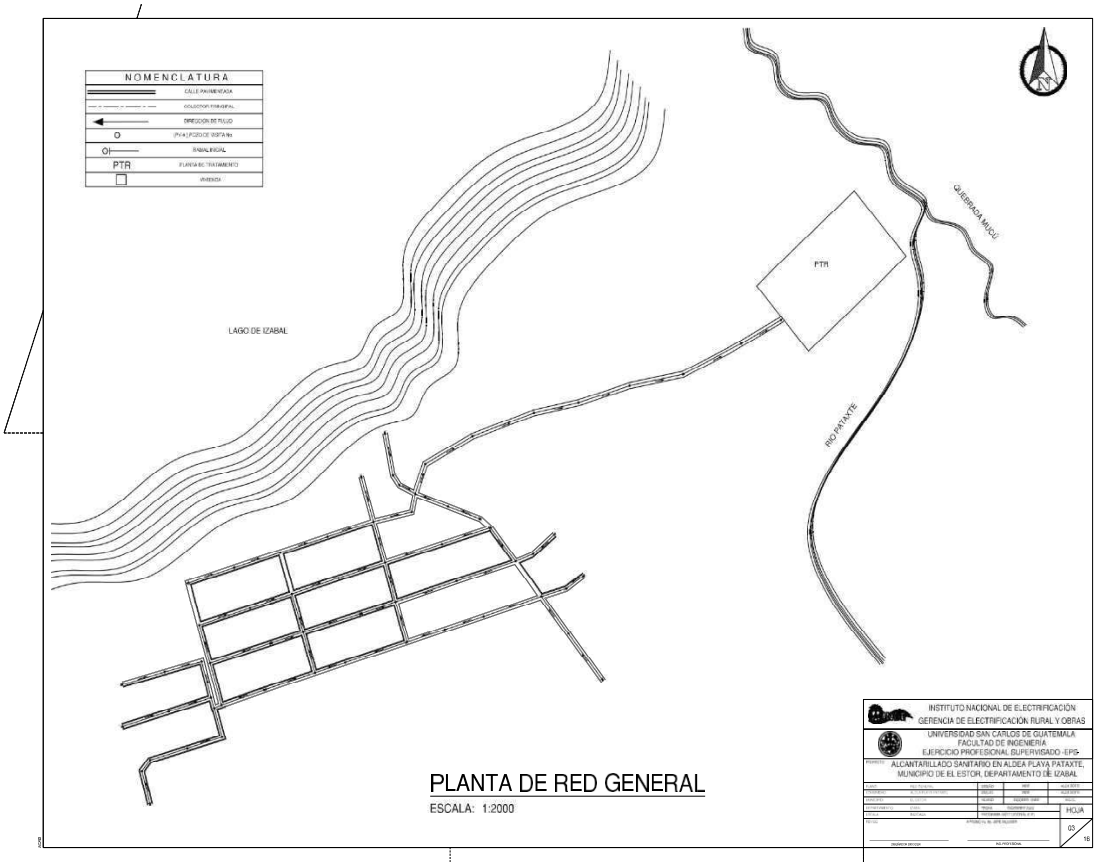
Continuación apéndice 6.



Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en Aldea Playa Pataxte, plano de curvas de nivel. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 7.

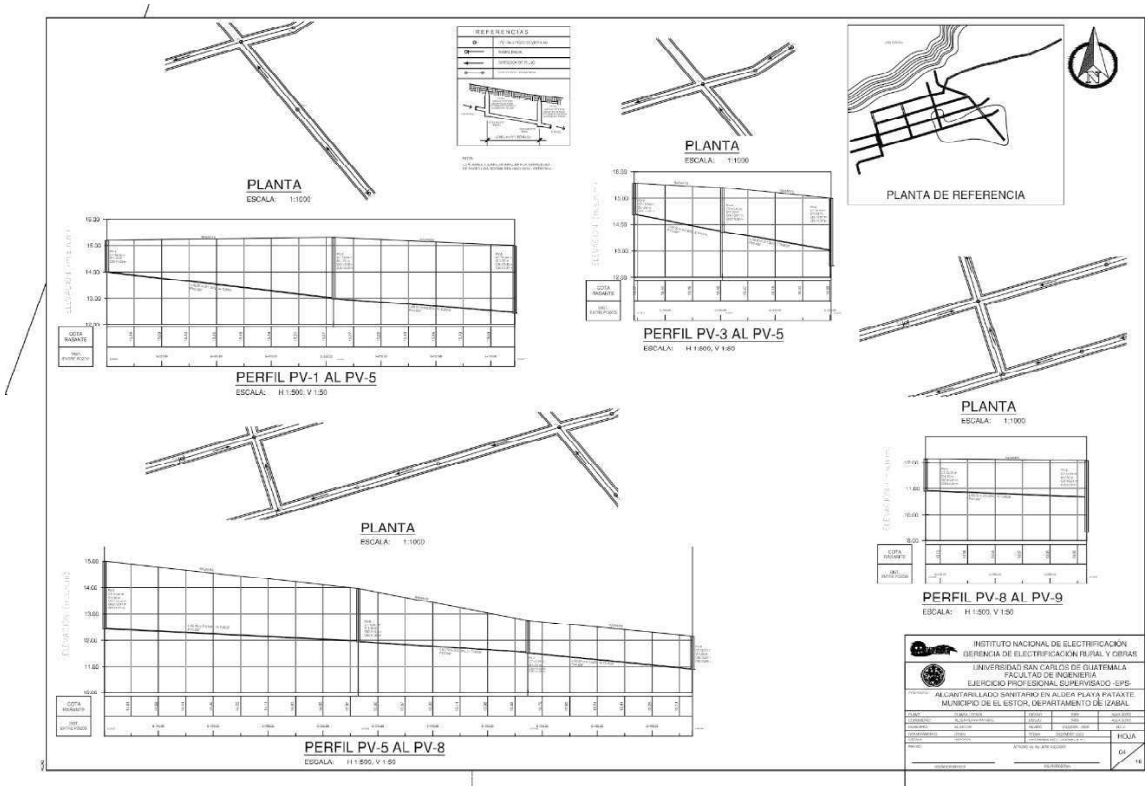
Plano de curvas de red general



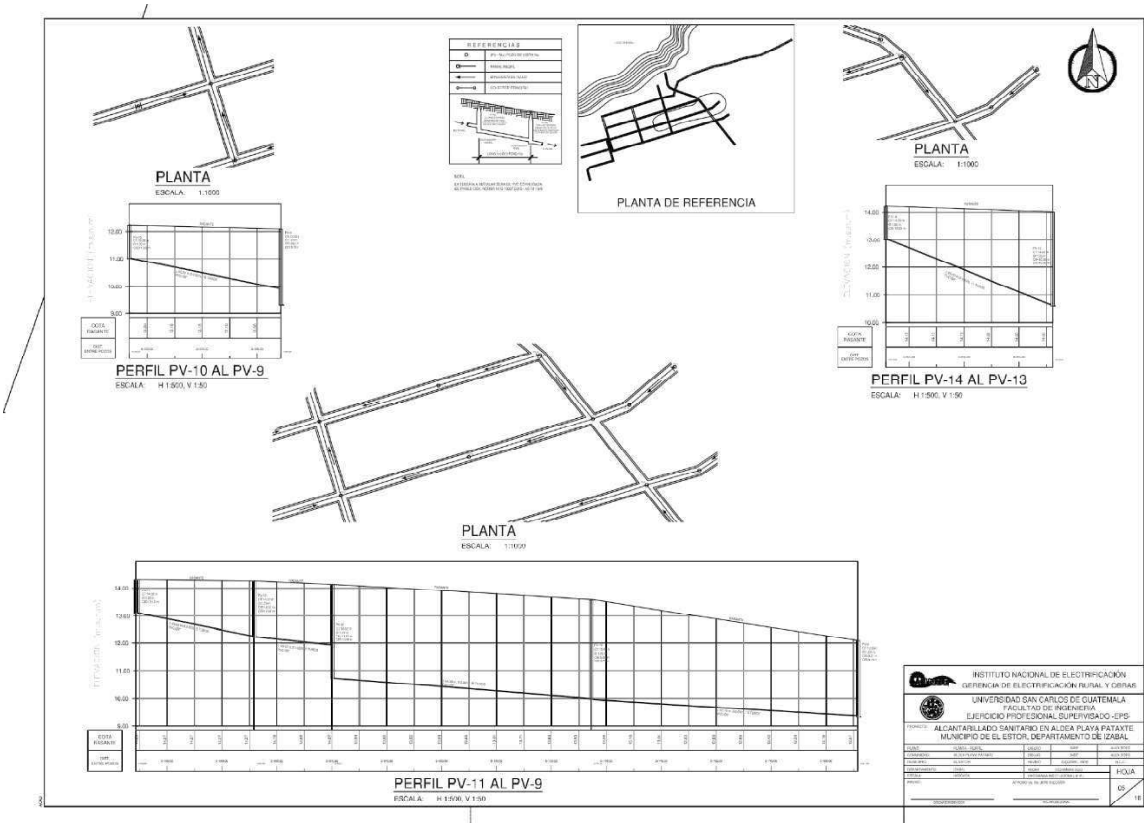
Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en Aldea Playa Pataxte, plano de red general. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 8.

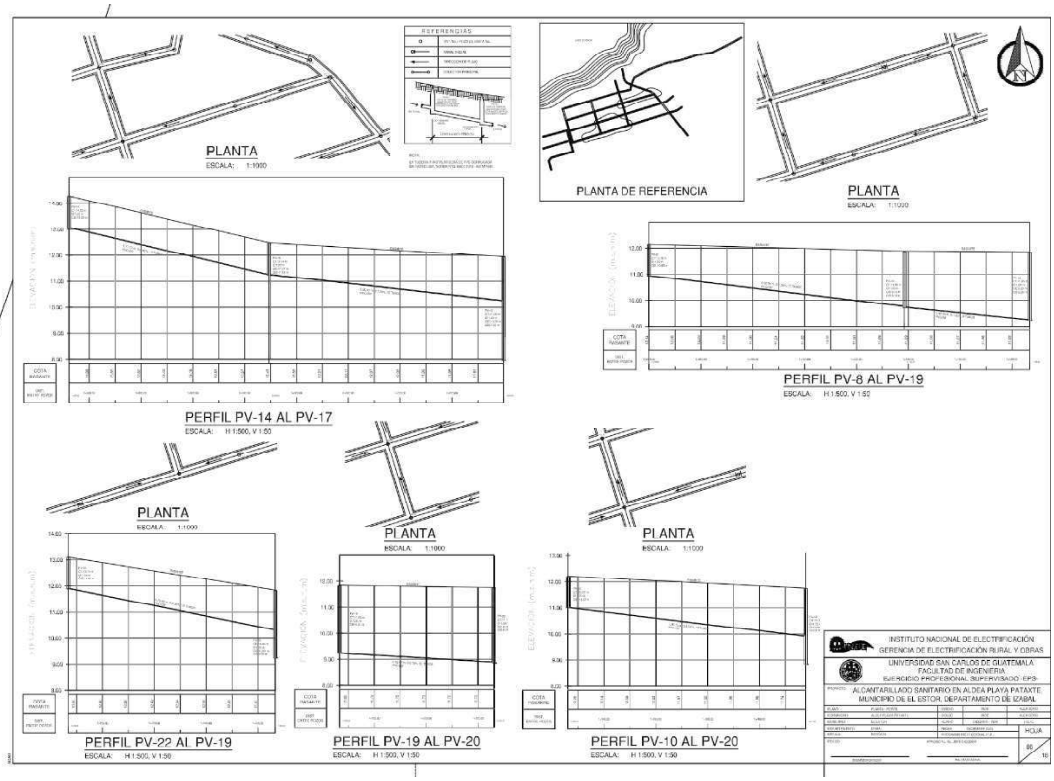
Planos de perfil



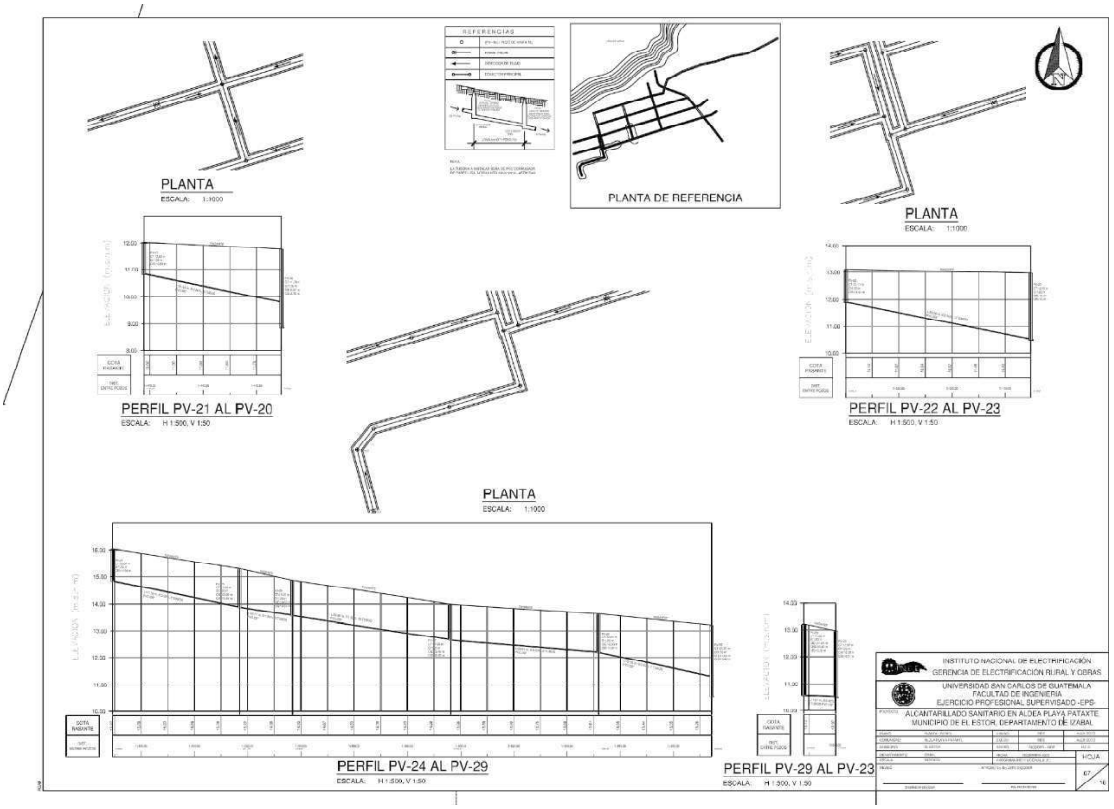
Continuación de apéndice 8.



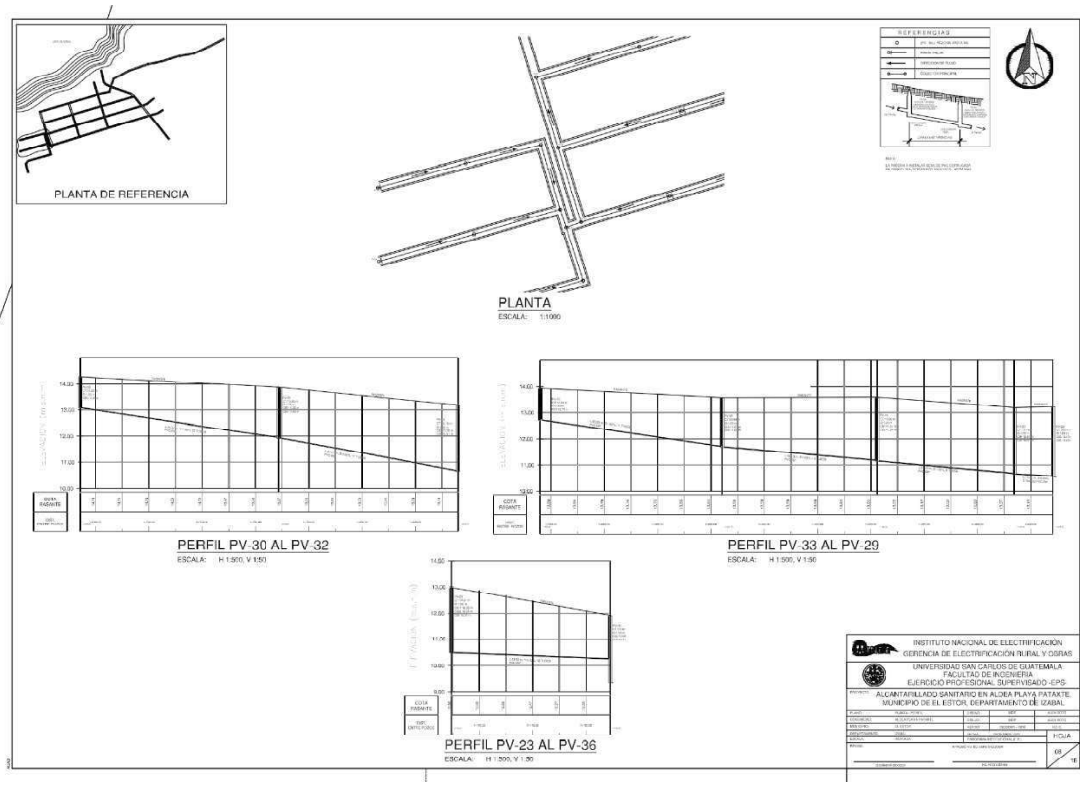
Continuación de apéndice 8.



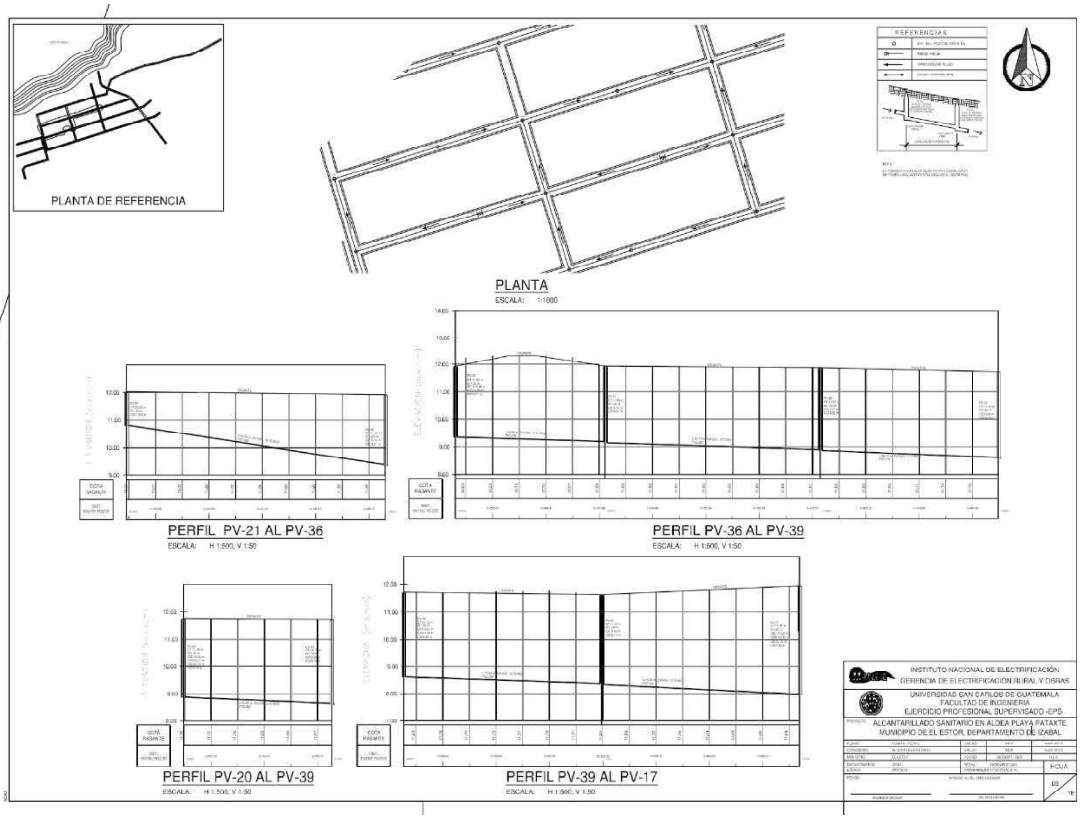
Continuación de apéndice 8.



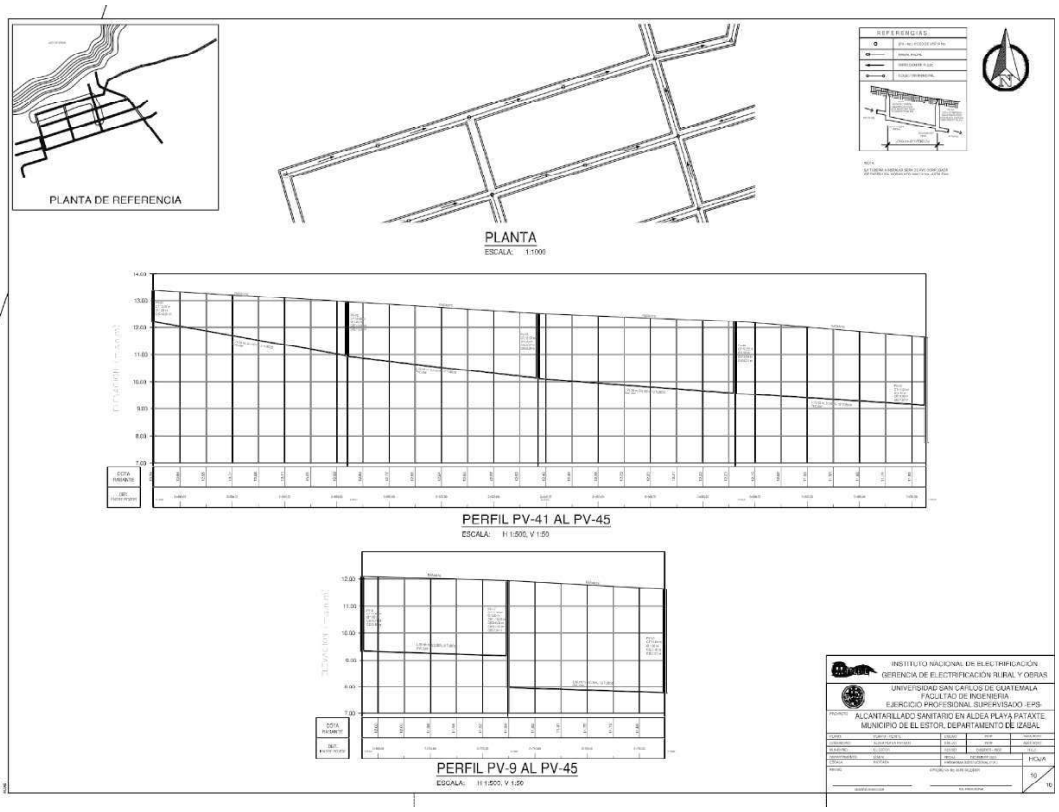
Continuación de apéndice 8.



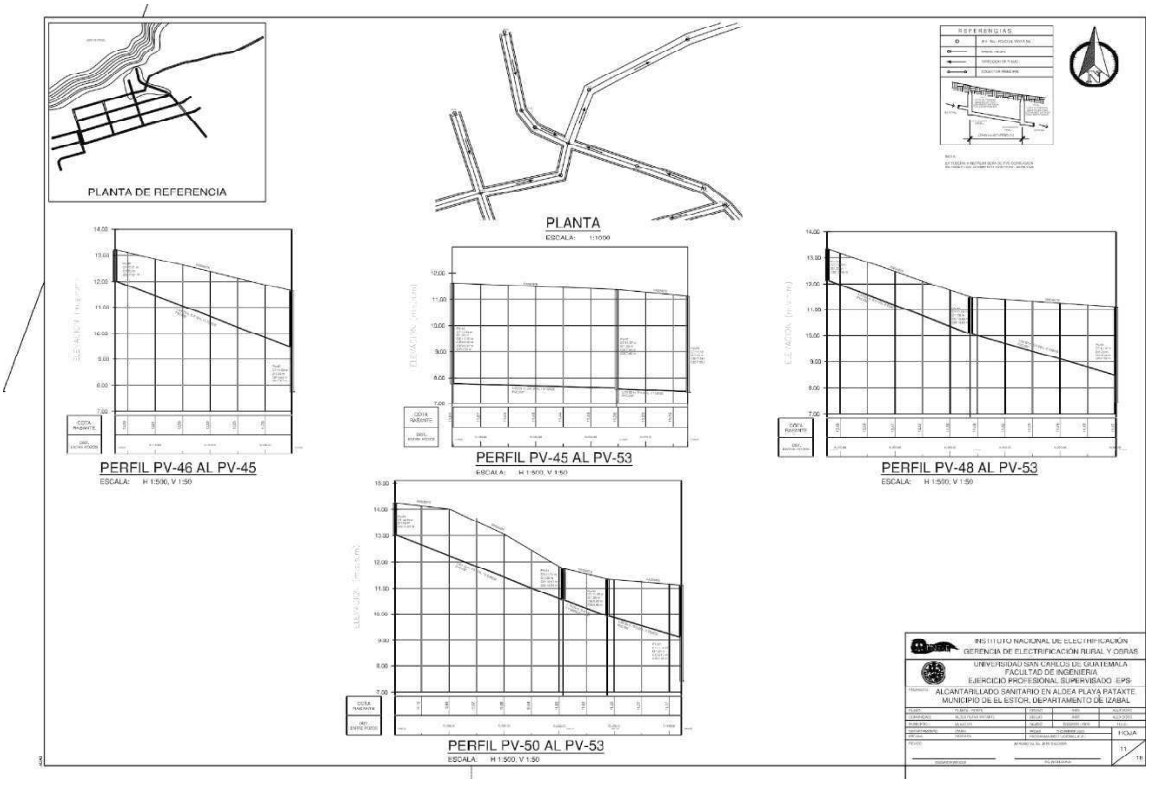
Continuación apéndice 8.



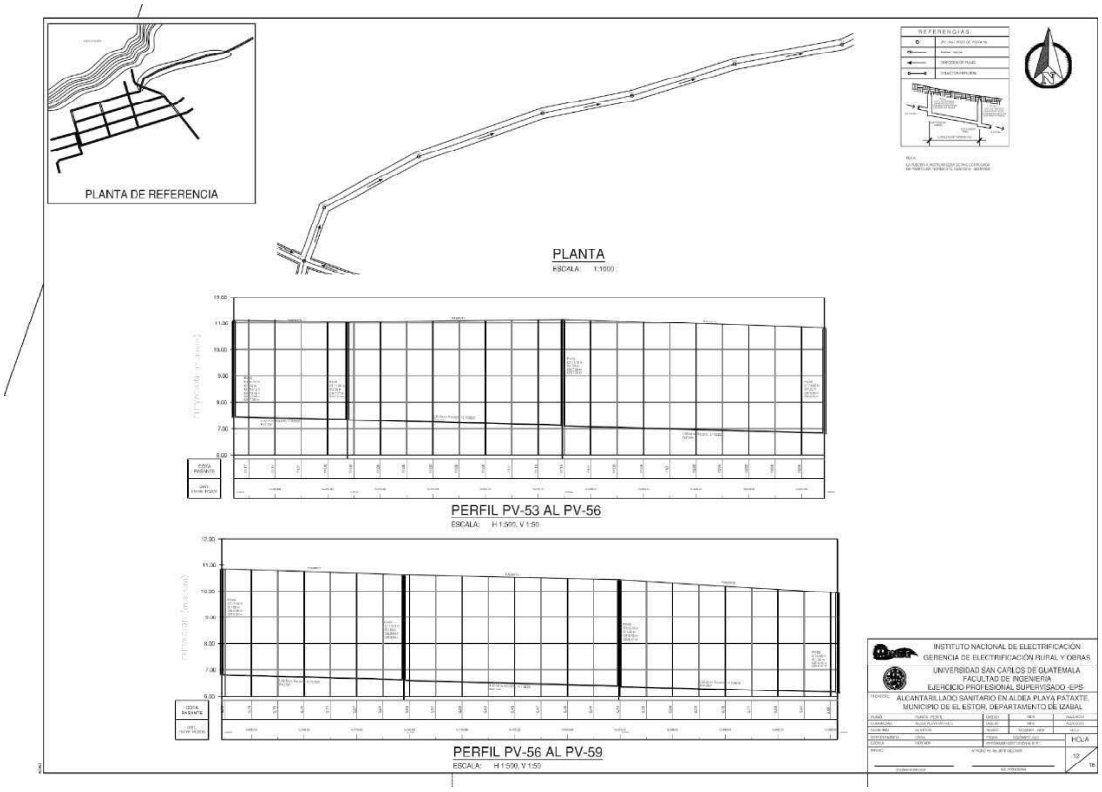
Continuación apéndice 8.



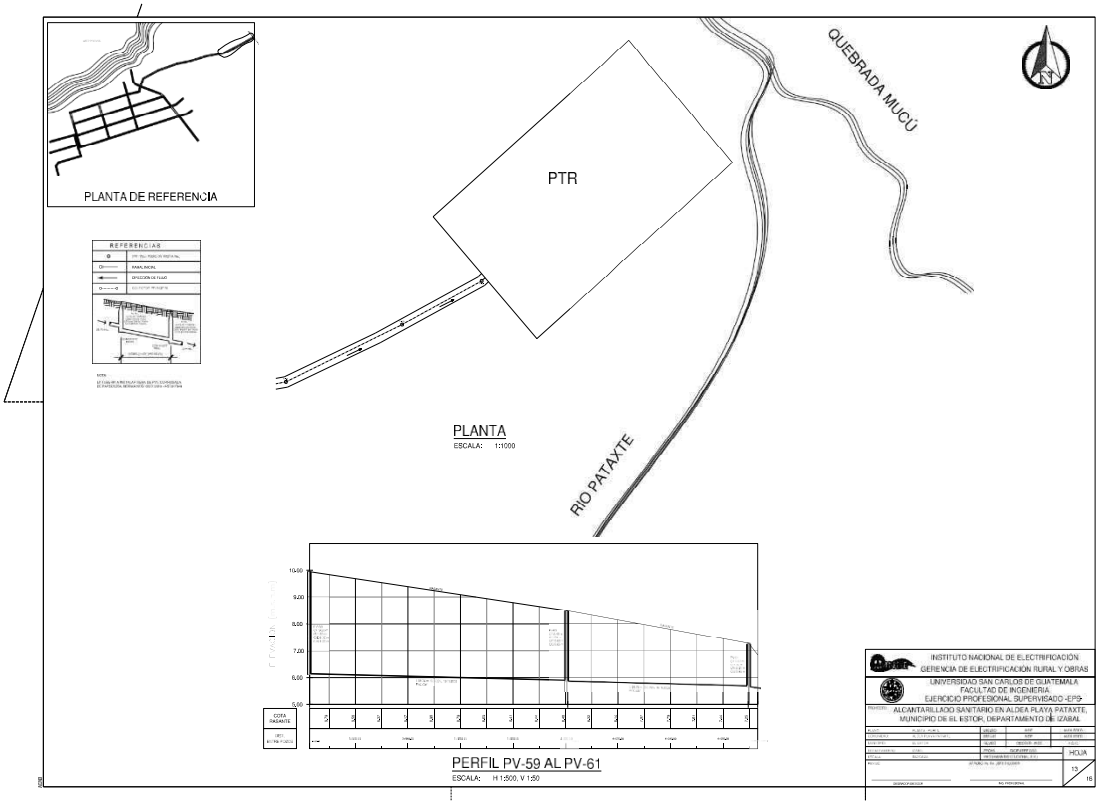
Continuación apéndice 8.



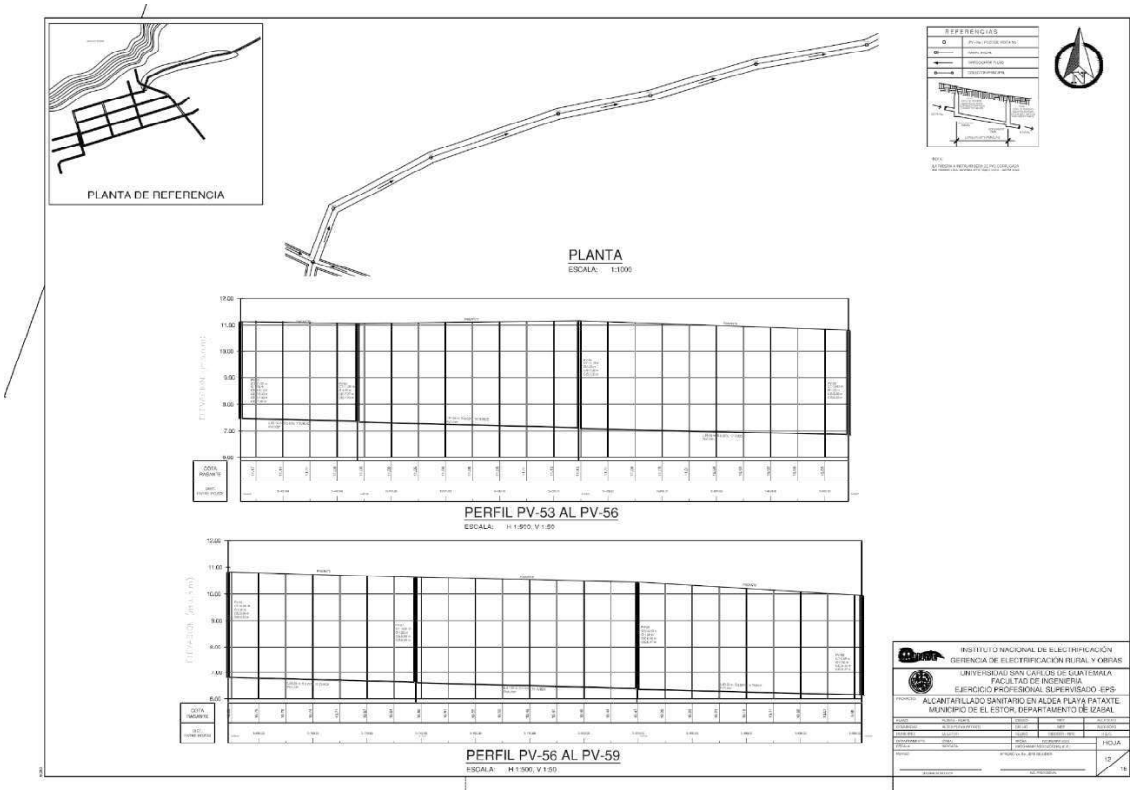
Continuación apéndice 8.



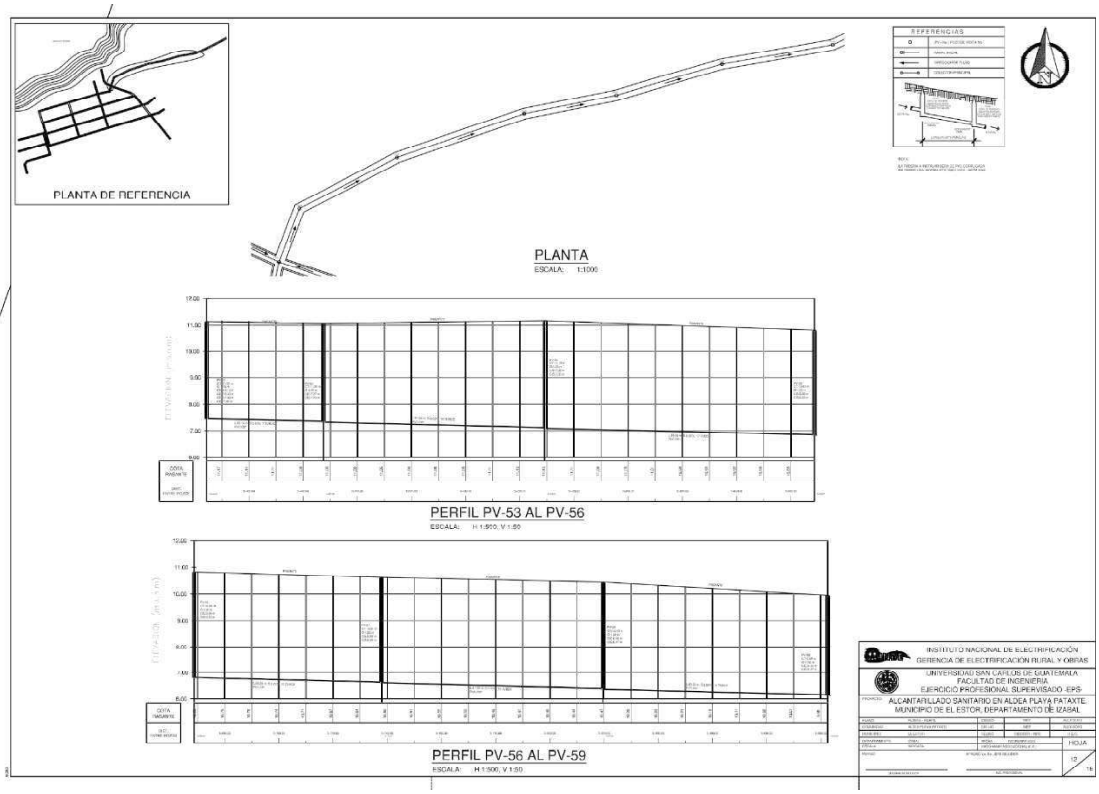
Continuación apéndice 8.



Continuación apéndice 8.



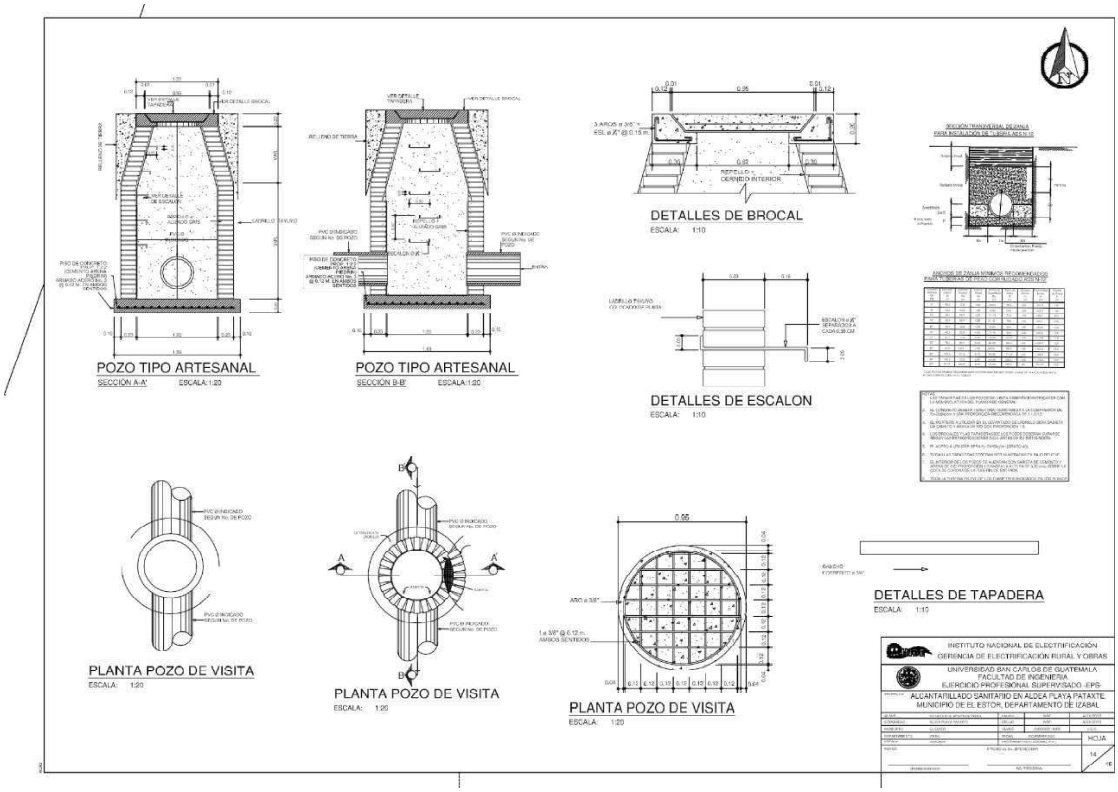
Continuación apéndice 8.



Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en aldea Playa Pataxte, plano de perfil alcantarillado sanitario. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 9.

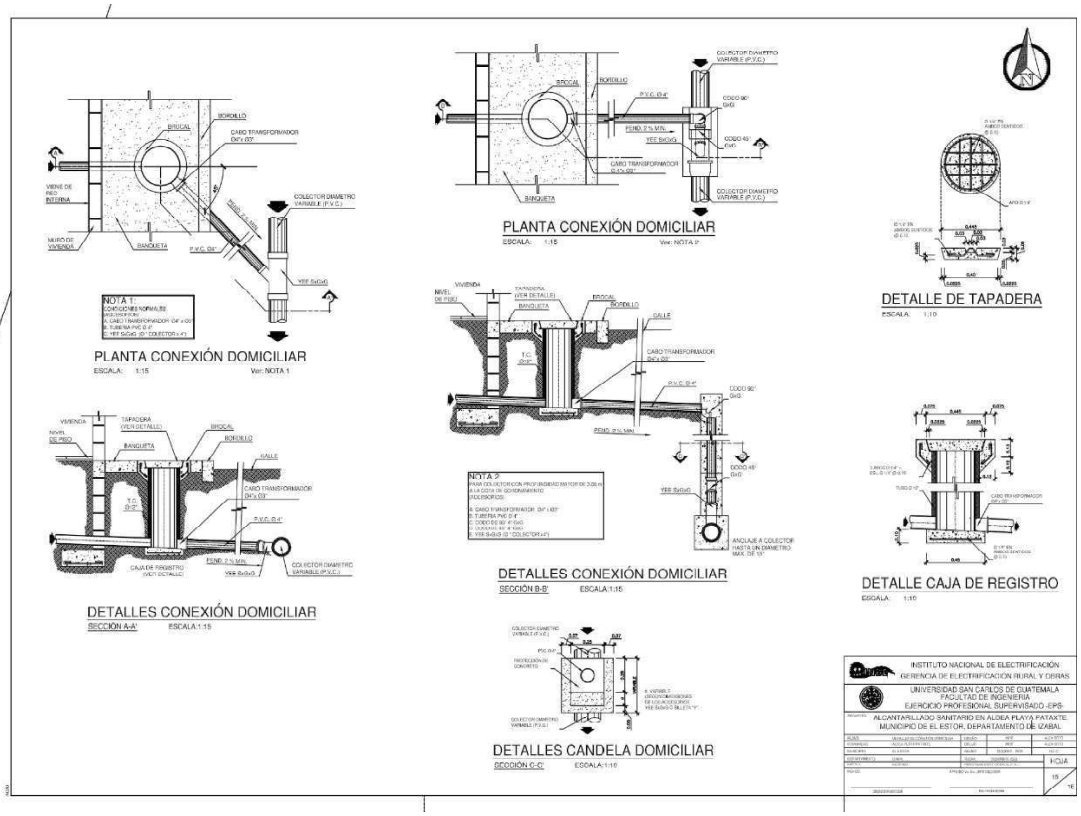
Plano de detalles de pozos



Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en aldea Playa Pataxte, plano de detalle de pozos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 10.

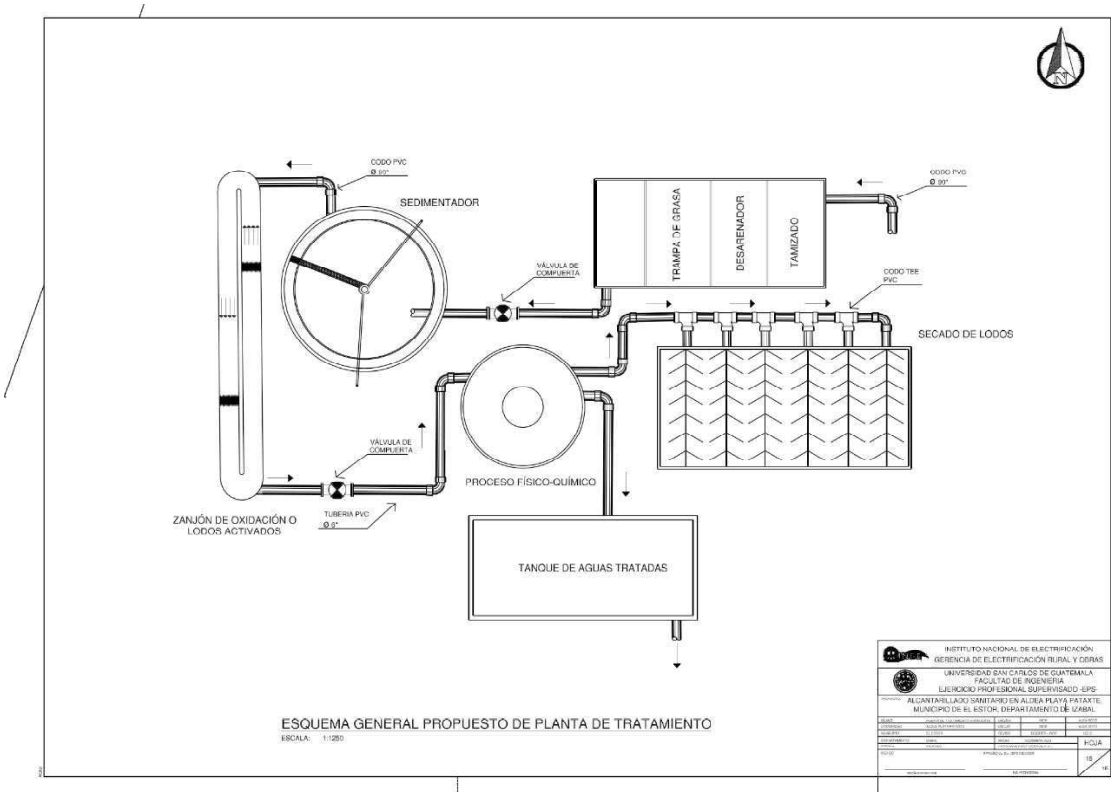
Plano conexiones domiciliares



Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en aldea Playa Pataxte, plano de conexiones domiciliares. Elaboración propia, realizado con AutoCAD

Apéndice 11.

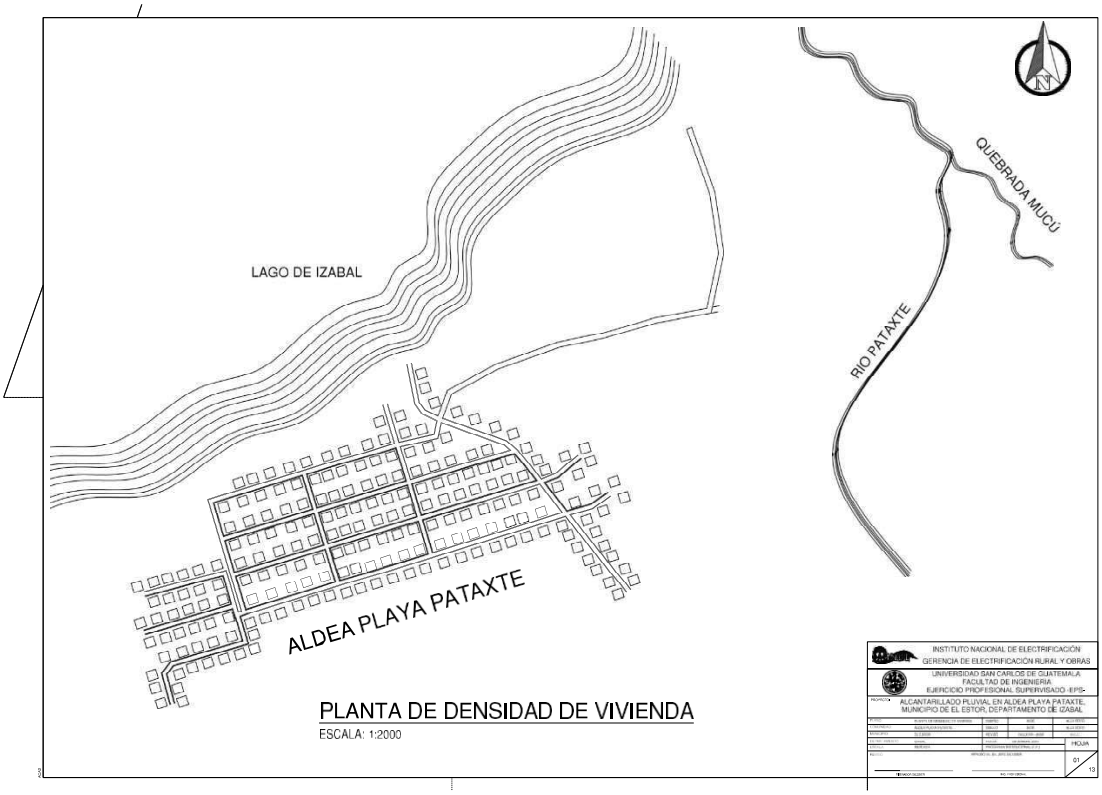
Plano de propuestas de tratamiento



Nota. Planos de diseño de drenaje sanitario en aldea Playa Pataxte, plano de propuestas de tratamiento. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 12.

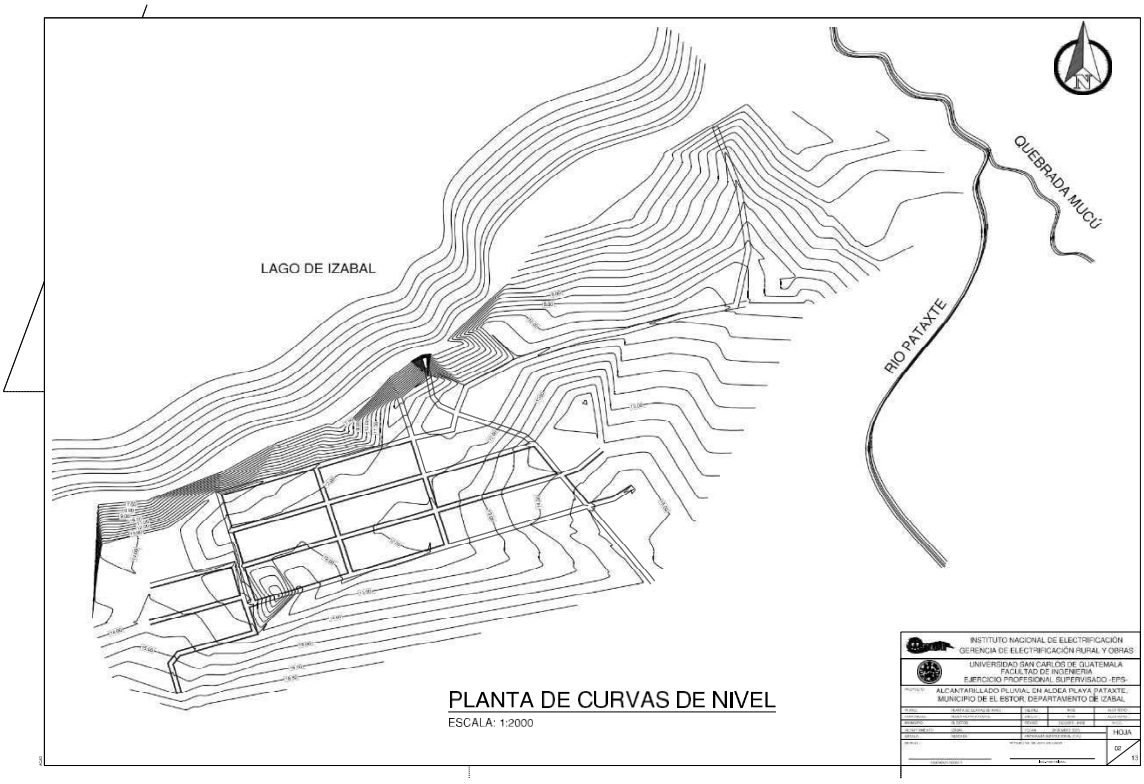
Plano de densidad de vivienda en diseño pluvial



Nota. Planos de diseño de drenaje pluvial en aldea Playa Pataxte, plano de densidad de vivienda Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 13.

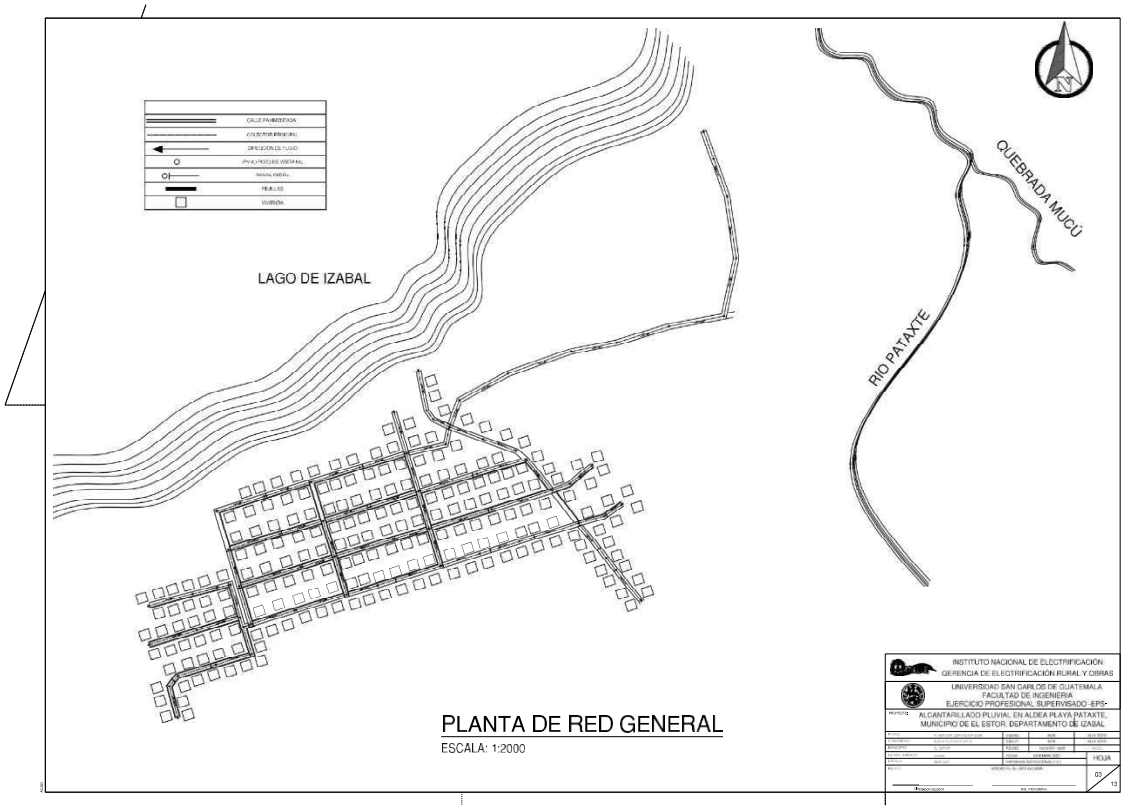
Plano de curvas de nivel en diseño pluvial



Nota. Planos de diseño de drenaje pluvial en aldea Playa Pataxte, plano de curvas de nivel. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 14.

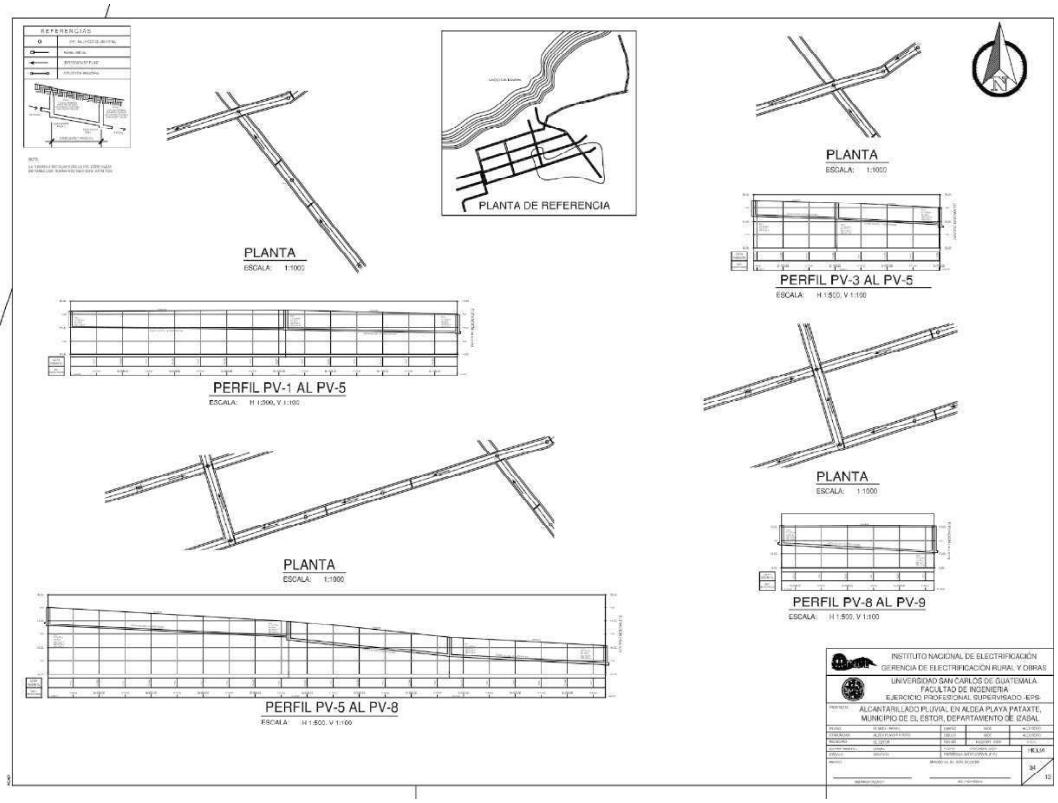
Plano de red general en diseño pluvial



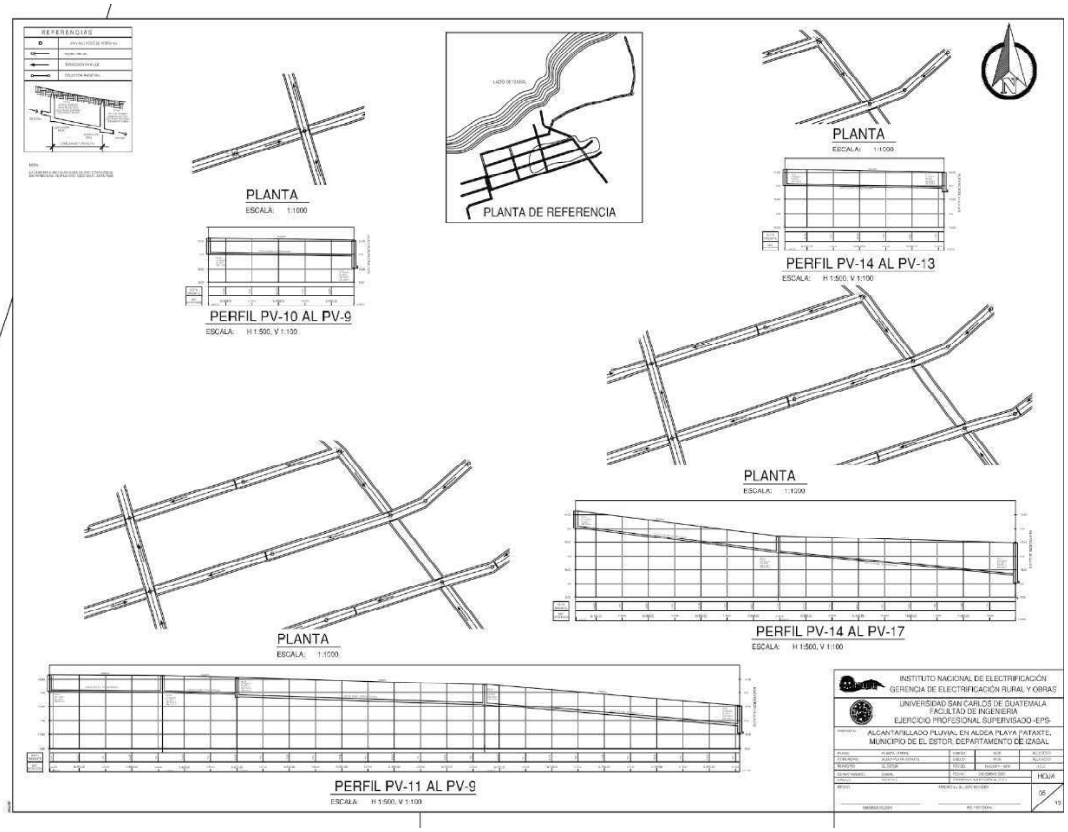
Nota. Planos de diseño de drenaje pluvial en aldea Playa Pataxte, plano de red general. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 15.

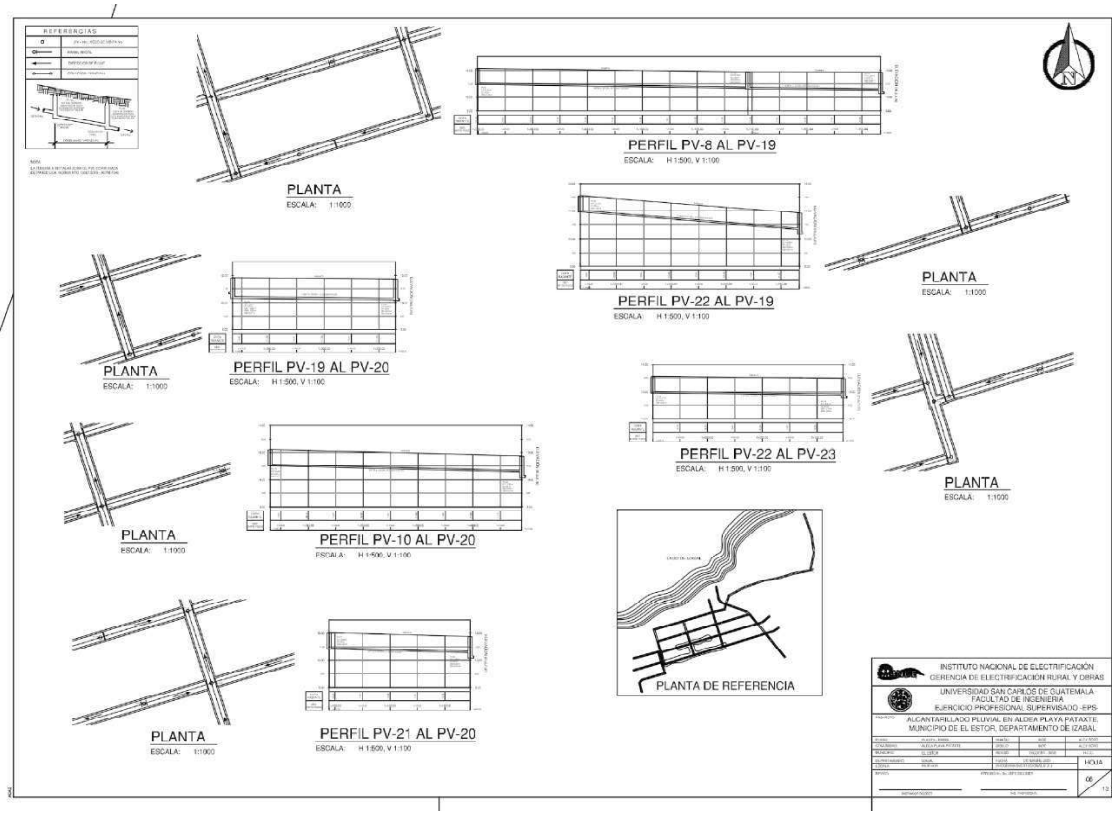
Planos de perfil en diseño pluvial



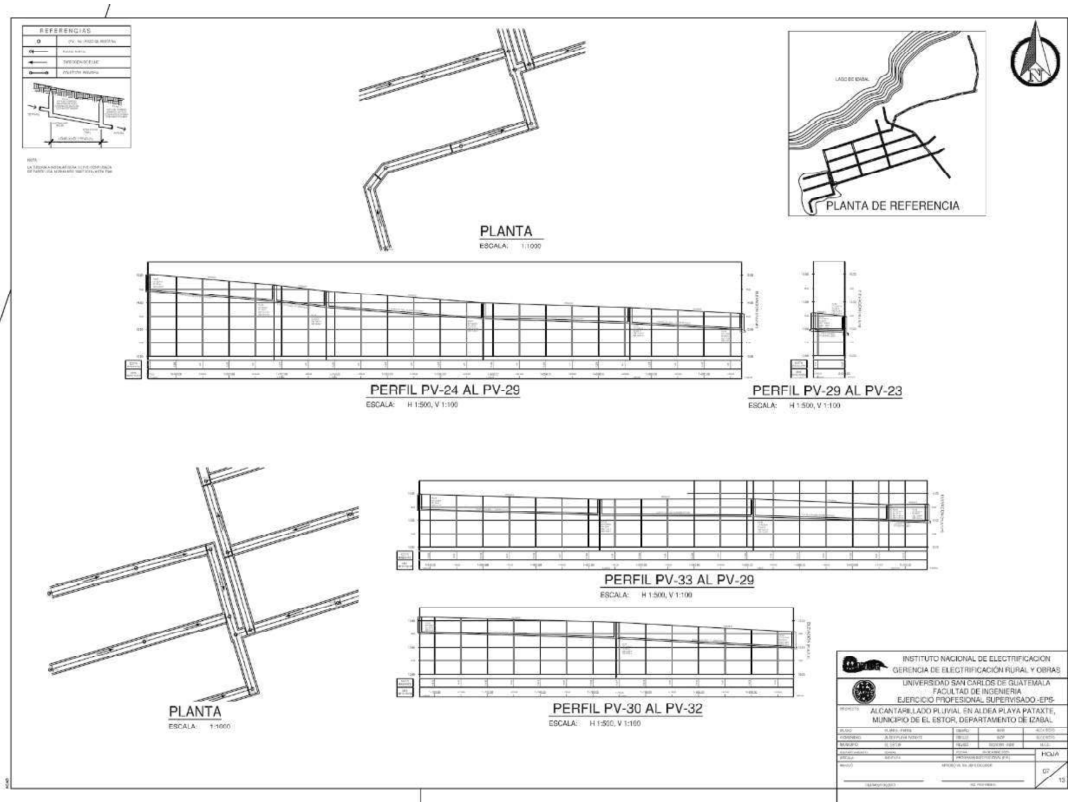
Continuación apéndice 15.



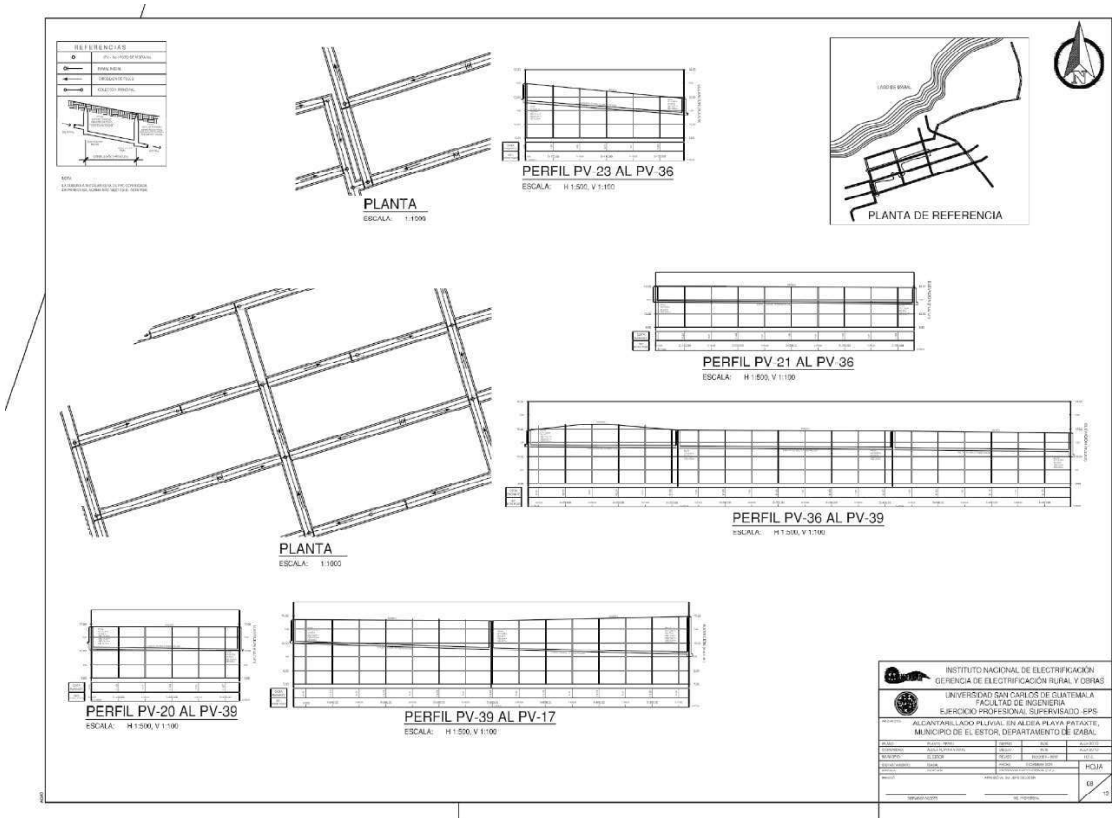
Continuación apéndice 15.



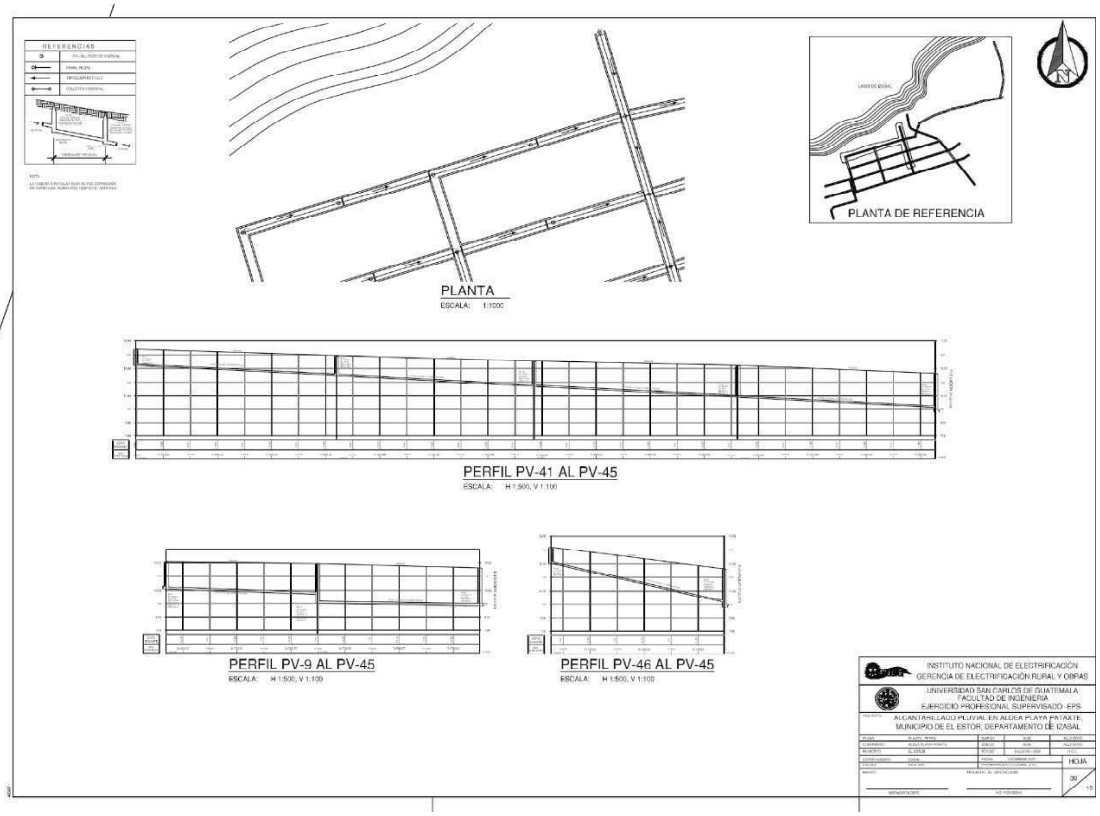
Continuación apéndice 15.



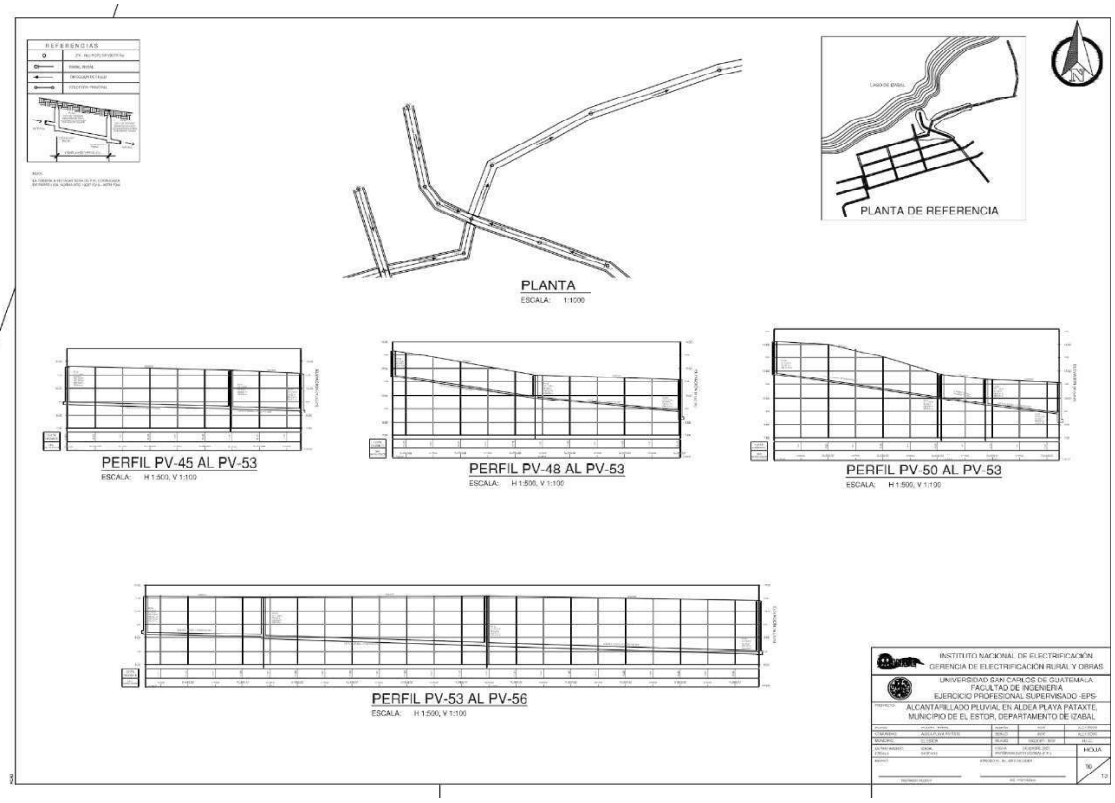
Continuación apéndice 15.



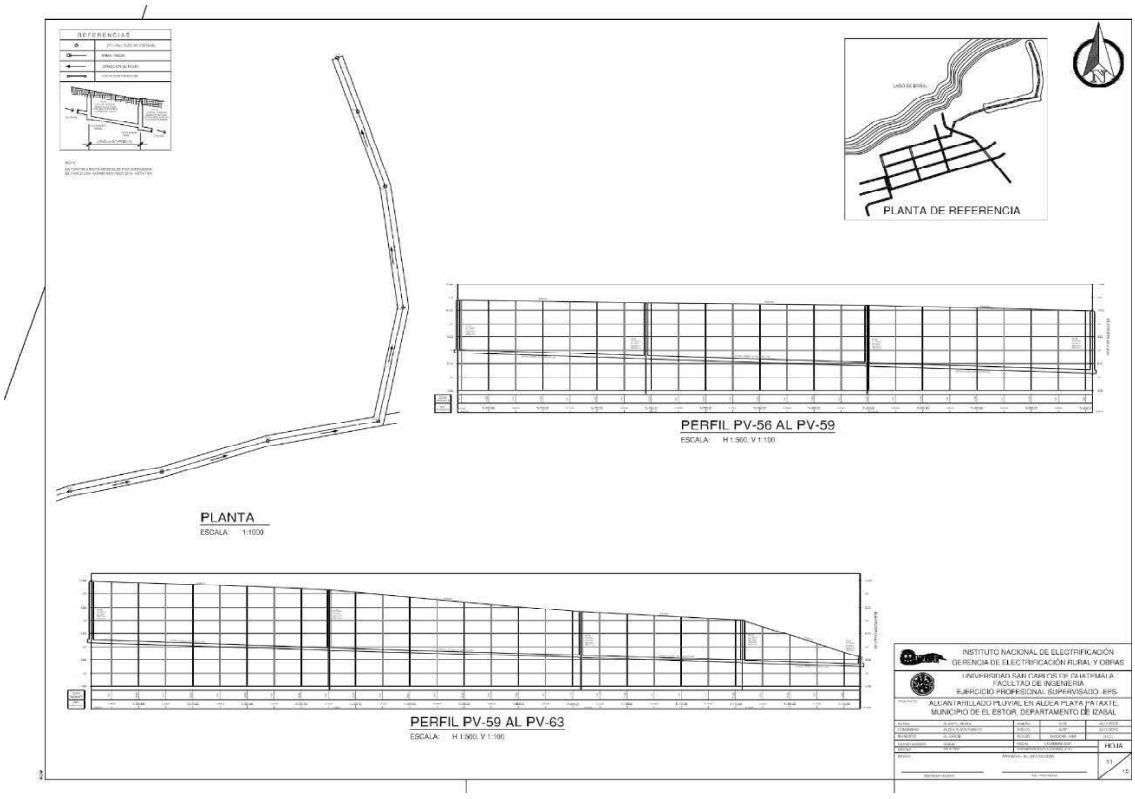
Continuación apéndice 15.



Continuación apéndice 15.



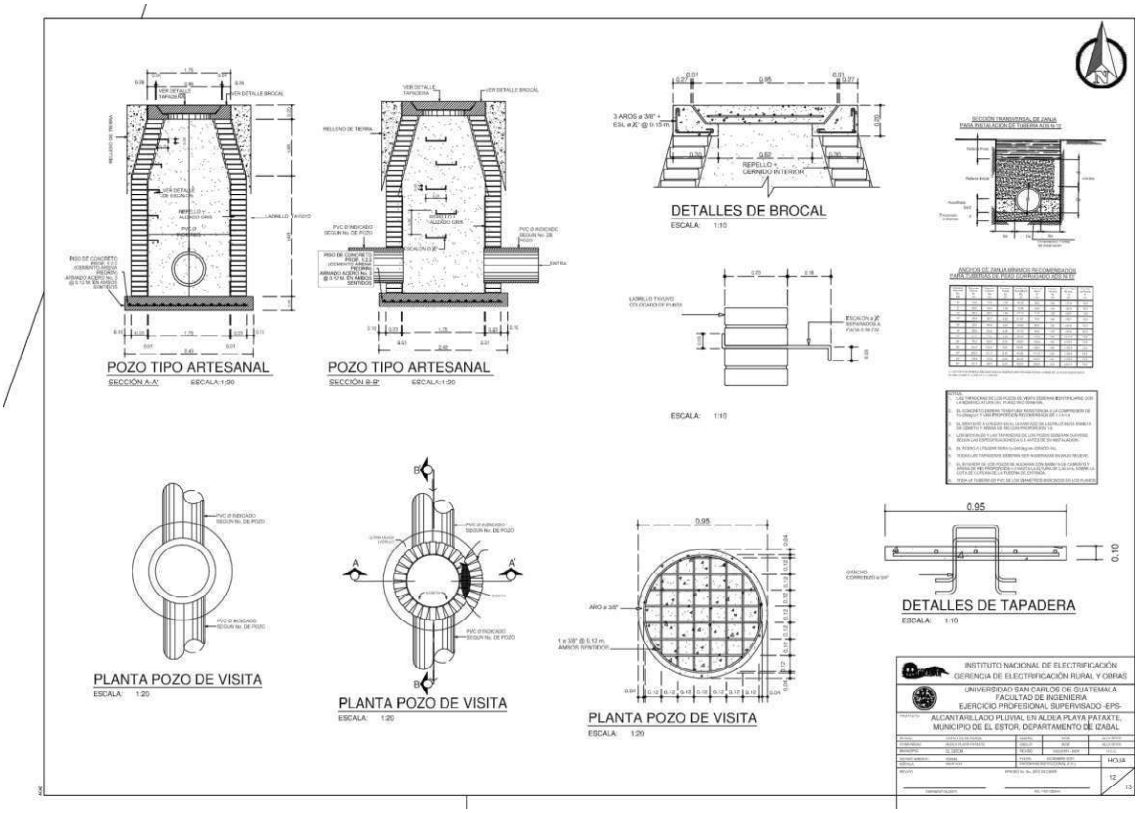
Continuación apéndice 15.



Nota. Planos de diseño de drenaje pluvial en aldea Playa Pataxte, plano de perfil. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 16.

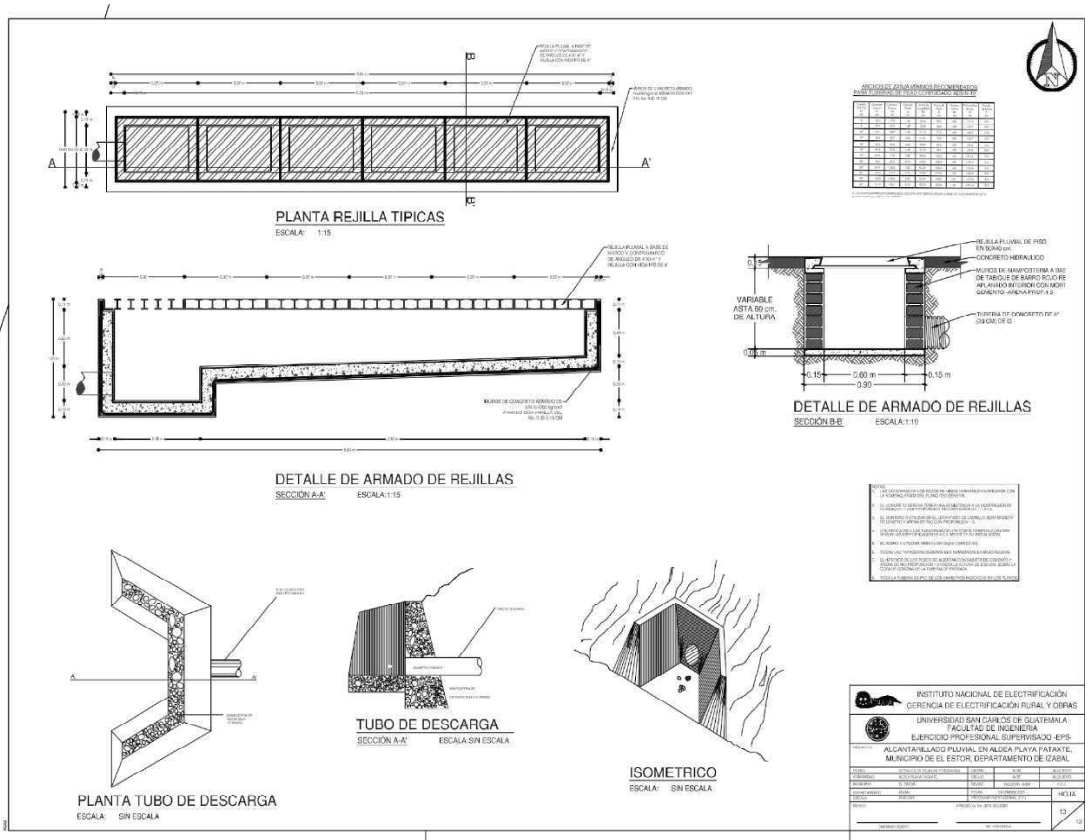
Planos de detales de pozo en diseño pluvial



Nota. Planos de diseño de drenaje pluvial en aldea Playa Pataxte, plano de detalles de pozos. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 17.

Planos de detales de rejillas



Nota. Planos de diseño de drenaje pluvial en aldea Playa Pataxte, plano de detalles de rejillas. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.