



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA**

Edin Jacinto Pineda Chávez
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, mayo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDIN JACINTO PINEDA CHÁVEZ

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Mellini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de octubre de 2019.

Edin Jacinto Pineda Chávez

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Ingeniería

Guatemala, 17 de septiembre de 2020
Ref.EPS.DOC.317.09.2020

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

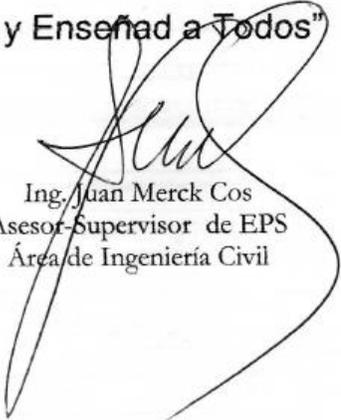
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edin Jacinto Pineda Chávez, Registro Académico 8317025 y CUI 2504 62567 1301** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA.**

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”



Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
JMC/ra



<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 28 de septiembre de 2,020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Edin Jacinto Pineda Chávez**, CUI: 2504 62567 1301, Registro Académico: 8317025, quien contó con la asesoría de el Ing. Juan Merck Cos, considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

/mrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 30 de septiembre de 2020
REF.EPS.D.121.08.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edin Jacinto Pineda Chávez, CUI 2504 62567 1301 y Registro Académico 8317025**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, 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



OAH/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Edin Jacinto Pineda Chávez titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca



Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, mayo 2021

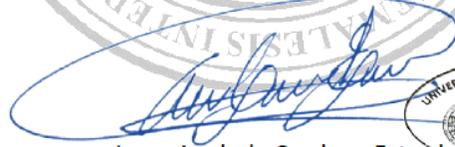
/mrrm.



DTG.212.2021

La Decana 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 UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO CERRO GRANADILLA, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edin Jacinto Pineda Chávez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
★

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, mayo de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Herminia Chávez López y Jacinto Pineda Aroche, en su memoria y porque siempre me han acompañado (q. e. p. d.).

Mi abuela

Higinia López Martínez, por darme los valores para ser quien hoy soy. (q. e. p. d.).

Mi tía

Elvira Chávez, por su apoyo y cariño (q. e. p. d.).

Mis suegros

Trinidad González y Blanco Amado Marroquín, en su memoria, por su apoyo moral y cariño sincero (q. e. p. d.).

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por estar conmigo en todo momento y permitirme lograr este triunfo.
- Mi esposa e hija** Silvia Cristina Marroquín González y Cecilia Alejandra Pineda Marroquín, por su amor, cariño y apoyo incondicional.
- Mis hermanos** Lily Yolanda, Zoila Oralia y Rolando Pineda Chávez, (q. e. p. d.) con aprecio y cariño.
- Amigos y compañeros** A todos los que de una u otra forma me motivaron para alcanzar este triunfo.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** En especial a la Facultad de Ingeniería, por recibir en ella el conocimiento científico, técnico y ético para ser un buen profesional.
- Ing. Juan Merck** Por el apoyo técnico y profesional brindado de manera incondicional y excepcionalmente valiosa en la realización del presente trabajo de graduación.

**Dr. Osberto
Betancourth y familia**

Por su amistad y apoyo que me han brindado,
muchas gracias.

**Municipalidad de San
Raymundo, Guatemala**

Por permitirme realizar mi ejercicio profesional
supervisado en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del caserío Cerro Granadilla.....	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.1.2. Extensión territorial	2
1.1.1.3. Clima	2
1.1.2. Aspectos socioeconómicos.....	3
1.1.2.1. Actividad económica	4
1.1.2.2. Educación y salud.....	4
1.1.2.3. Tipos de vivienda.....	4
1.1.3. Infraestructura y servicios	4
1.1.3.1. Vías de acceso	5
1.1.3.2. Agua potable.....	5
1.1.4. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío Cerro Granadilla.	5
1.1.4.1. Descripción de las necesidades	6
1.1.4.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	6

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala.	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Levantamiento topográfico	9
2.1.2.1.	Planimetría	10
2.1.2.2.	Altimetría	10
2.1.3.	Diseño hidráulico del sistema	10
2.1.3.1.	Dotación	11
2.1.3.2.	Período de diseño	11
2.1.3.3.	Cálculo de población futura	11
2.1.3.4.	Cálculo de caudal sanitario	12
2.1.3.5.	Factor de retorno	12
2.1.3.5.1.	Caudal domiciliar	13
2.1.3.5.2.	Caudal comercial	13
2.1.3.5.3.	Caudal industrial	14
2.1.3.6.	Caudal de conexiones ilícitas	14
2.1.3.7.	Caudal de infiltración	15
2.1.3.8.	Factor de caudal medio	15
2.1.3.9.	Factor de Harmon	16
2.1.3.10.	Caudal de diseño	17
2.1.3.11.	Relaciones hidráulicas	17
2.1.3.12.	Diámetro de colector	24
2.1.4.	Partes de alcantarillado	24
2.1.4.1.	Colector	24
2.1.4.2.	Pozo de visita	25
2.1.4.3.	Conexiones domiciliarias	26
2.1.5.	Consideraciones de diseño	27
2.1.5.1.	Profundidad de colector	28

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica del caserío Cerro Granadilla	2
2.	Sección parcialmente llena	18
3.	Pozo de visita	26
4.	Conexión domiciliar	27
5.	Conexiones domiciliarias	34

TABLAS

I.	Relaciones hidráulicas para sección circular.....	19
II.	Profundidad mínima del colector para tubería de concreto	29
III.	Profundidad mínima del colector para tubería de PVC	29
IV.	Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado.....	38
V.	Resumen general del presupuesto de alcantarillado sanitario	52
VI.	Cronograma drenaje sanitario.....	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
Cm	Centímetro
PVC	Cloruro de polivinilo (material de tubo plástico)
C	Coefficiente de rugosidad
D	Diámetro
Dot	Dotación
Hab	Habitante
HG	Hierro galvanizado
h	Hora
ACI	Instituto Americano del Concreto
km	Kilómetro
l	Litros
m	Metro
MSNM	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
n	Período de diseño
S	Segundo

GLOSARIO

Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de oxígeno.
Agua potable	Es aquella sanitariamente segura, además de ser inodora, incolora y agradable a los sentidos.
Aguas residuales	Son los desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua procedentes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Anaeróbico	Condición en la cual no se encuentra presencia de oxígeno.
Área	Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético o arbitrario, su rango va desde 0° a 360°.
Banco de marca	Punto en la altimetría cuya altura se conoce y se utilizará para determinar alturas siguientes.
Bases de diseño	Son las bases técnicas adaptadas para el diseño del proyecto.

Candela	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce estas mismas, al colector del sistema de drenaje.
Caudal	Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, en un determinado punto de observación, en un instante dado.
Censo	Es toda la información sobre la cantidad de población, en un periodo de tiempo determinado, la cual brinda y facilita una descripción de los cambios que ocurren con el paso del tiempo.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
Compactación del suelo	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad para soporte de cargas.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, hasta la candela.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.

Cotas Invert	Son las alturas o cotas de la parte inferior de una tubería ya instalada.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Lugar en donde se descargan las aguas servidas o negras que provienen de un colector.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Dotación	Es la cantidad de agua necesaria para consumo de una persona por día.
Especificaciones	Son normas generales y técnicas de construcción con disposiciones especiales o cualquier otro documento que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.
Nivelación	Es un procedimiento de campo que se realiza en campo para determinar las elevaciones en puntos determinados.
Perfil	Delineación de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a puntos de control.

Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
Tirante	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.
Topografía	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
Tramo	Es el comprendido entre los centros de dos pozos de visita consecutivos.
Tramo inicial	Primer tramo por diseñar o construir en un drenaje.

RESUMEN

Este trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala, el cual tiene como objetivo fundamental, proporcionar soluciones técnicas a las necesidades reales de la población.

Está dividido en dos fases: la de investigación, contiene la monografía y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio; la segunda fase, servicio técnico profesional, abarca el desarrollo del diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario. Este proyecto fue seleccionado con base en el diagnóstico practicado junto con autoridades municipales y pobladores beneficiados.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se partió del levantamiento topográfico. Con esta información de campo se procedió al cálculo del caudal de diseño y posteriormente al diseño hidráulico, comprobando las relaciones d/D , q/Q y v/V ; todos bajo las normas y parámetros que lo rigen. Posteriormente se elaboraron los planos y el presupuesto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala.
2. Capacitar a los miembros del Cocode del caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala, respecto de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

En todo proceso de transformación encaminado a mejorar el nivel de vida de los habitantes de determinada región, juegan un papel importante las políticas de desarrollo, que tienen por objetivo promover un cambio positivo en el modo de vida de los pueblos. Entre los proyectos que contribuyen a realizar estos cambios en las comunidades están aquellos destinados a satisfacer las necesidades básicas de cada uno de sus pobladores.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable son un elemento vital en la vida del hombre, tanto para su desarrollo individual como colectivo, debido a que la escasez o falta de ésta puede provocar problemas de salubridad en una comunidad, problemas de desarrollo industrial e incluso afectar la apariencia estética de la localidad. De aquí que cada comunidad debe tener un abastecimiento de agua potable en cantidad suficiente y en calidad adecuada.

Así también en todo lugar o población dotada de agua potable, se requiere de un sistema de evacuación de aguas negras, ya que la falta de este produce una alteración en los sistemas ambientales, tanto al edáfico como al hídrico, siendo responsables de una serie de enfermedades parasitarias. Por otra parte, la Ingeniería Sanitaria indica que el saneamiento básico es un factor necesario para la prevención de estos males.

Este trabajo de graduación presenta el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala, en respuesta a las diferentes circunstancias expuestas a los

párrafos anteriores, seleccionado con base en una evaluación y priorización de necesidades de dicha comunidad.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del caserío Cerro Granadilla

A continuación, se realiza una descripción de la ubicación geográfica, extensión, clima, entre otras del municipio a investigar.

1.1.1. Generalidades

Por su ubicación San Raymundo limita al norte con municipios de Granados y El Chol (Baja Verapaz); al este con los municipios de Chuarrancho y Chinautla (Guatemala); por el sur con San Pedro Sacatepéquez; y del lado oeste con San Juan Sacatepéquez (Guatemala). Está compuesto por las aldeas: La Ciénaga, Concepción El Ciprés, Llano de la Virgen, Pamocá, El Ciprés, Carrizal, Vuelta Grande, La Estancia de la Virgen, La Estancia Grande, El Zarzal. El caserío Cerro Granadilla está en jurisdicción de la aldea El Ciprés.

1.1.1.1. Ubicación geográfica

El caserío se localiza aproximadamente a una distancia de 8 Kms. De la cabecera municipal, es una colina que se encuentra en el municipio de San Raymundo, Guatemala, se ubica en la latitud norte 14° 46' 0" y longitud oeste 90° 34'0". Está clasificado como orográfico (cerro o colina menor a 300 m).

Figura 1. **Ubicación geográfica del caserío Cerro Granadilla**



Fuente: Google Map. *Ubicación geográfica del caserío Cerro Granadilla.*

1.1.1.2. Extensión territorial

El caserío Cerro Granadilla tiene una extensión aproximada de 1,00 Km² y se encuentra a una altura de 2 000 MSNM. El paisaje es una de las áreas más protegidas metropolitanas del departamento de Guatemala, Guatemala. El área de la zona está densamente rodeada de mosaico forestal –matorral / pastizal.

1.1.1.3. Clima

La estación meteorológica más cercana es llamada Suiza Contenta ubicada en la latitud norte 14° 37' 08", longitud 90° 39' 40" municipio de San Lucas Sacatepéquez. Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Los instrumentos comunes y variables que se miden en una estación meteorológica incluyen: termómetro: instrumento que mide la temperatura en diversas horas del día. Geotermómetro para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad. Termómetro de mínima junto al suelo: mide la temperatura mínima a 15 cm sobre el suelo. Termógrafo: registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura. Barómetro: mide la presión atmosférica en la superficie. Pluviómetro: mide la cantidad de agua caída sobre el suelo por metro cuadrado en forma de lluvia, nieve o granizo. Psicrómetro o higrómetro: medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.

Otros instrumentos empleados son el piranómetro: medida de la radiación solar global (directa + difusa). Heliógrafo: medida de las horas de luz solar. Anemómetro: medida de la velocidad del viento. Veleta: instrumento que indica la dirección del viento. Nefobasímetro: medida de la altura de las nubes, pero solo en el punto donde se encuentra colocado.

El clima predominante es templado y la temperatura media anual es 18,9° centígrados. Con una biozona de bosque húmedo templado cálido.

1.1.2. Aspectos socioeconómicos

El análisis de los aspectos socioeconómicos considera una síntesis de antecedentes demográficos y económico-productivos que caracterizan a modo general a la comunidad en cuanto a su conformación poblacional y condición socioeconómica. A partir de esta información, es posible identificar aquellas variables que explican la demanda y ocupación del territorio comunal tanto por la población como por las actividades económicas predominantes.

1.1.2.1. Actividad económica

La economía es impulsada principalmente por la elaboración de productos pirotécnicos involucrando en su elaboración a niños lo que constituye una gran deserción escolar. En la actualidad el área en estudio tiene una población de 150 personas, entre niños, mujeres y hombres. La mayoría de sus habitantes se dedican a trabajos de agricultura, para el consumo familiar. (censo realizado durante el levantamiento topográfico).

1.1.2.2. Educación y salud

El caserío Cerro Granadilla cuenta con una escuela rural mixta que atiende educación preprimaria y primaria hasta sexto grado. En las mismas instalaciones de la escuela funciona un centro de salud, donde una institución italiana brinda tres veces al año jornadas médicas gratuitas.

1.1.2.3. Tipos de vivienda

Las viviendas en Cerro Granadilla están construidas con paredes de madera tratada con químicos que evitan ser atacados por polillas y otras plagas y son resistentes a la humedad, los techos están contruidos con lámina de zinc, el piso interior es de concreto, las ventanas tienen marco de madera y vidrio, las bajadas de agua del techo son con tubería de PVC.

1.1.3. Infraestructura y servicios

Se refiere a elementos de carácter estructural que apoyan la vida de la población, facilitan sus actividades sociales y económicas y aportan la base

física sobre la que descansa la economía y fortalecen el diario vivir de la población.

1.1.3.1. Vías de acceso

La carretera para llegar a Cerro Granadilla desde la cabecera municipal siguiendo la ruta que conduce a Chuarrancho es asfaltada hasta la entrada, y luego la mitad tiene concreto, la otra parte es terracería. Se puede llegar por el municipio de Chinautla entrando por la zona 6 de la ciudad capital, también es asfaltada hasta la entrada.

1.1.3.2. Agua potable

El suministro de agua potable es deficiente, ya que viene de un pozo mecánico ubicado en la aldea El Ciprés, teniendo agua dos horas cada día durante el verano ya que los manantiales se han ido secando y el mal diseño de las líneas de conducción es otra razón.

1.1.4. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío Cerro Granadilla

A continuación, se realiza una descripción del diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la población del caserío Cerro Granadilla.

1.1.4.1. Descripción de las necesidades

- Mejoramiento camino rural sector uno, Las Parcelas, aldea El Ciprés, San Raymundo: el camino es de terracería con pendientes muy fuertes que en invierno se vuelve intransitable por lo resbaloso del material del área.
- Ampliación centro de salud cabecera municipal San Raymundo: con el crecimiento de la población, se hace necesario construir un segundo nivel ya que la demanda de servicios de salud es mayor.
- Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo: las aguas servidas corren sobre la calle, causando olores desagradables y mala impresión visual, sobre todo poniendo en riesgo a los pobladores de contraer enfermedades gastrointestinales.
- Es necesario implementar un sistema de reforestación que proteja los bosques evitando la extracción ilegal de las especies forestales de la región.

1.1.4.2. Evaluación y priorización de las necesidades

Según los criterios de la población, autoridades municipales y Cocode se describe la jerarquía de las necesidades asignadas:

- Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo.

- Ampliación del centro de salud, cabecera municipal San Raymundo.
- Mejoramiento camino rural sector uno, Las Parcelas, Aldea El Ciprés, San Raymundo.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cerro Granadilla, San Raymundo, Guatemala

Para el desarrollo del diseño del alcantarillado sanitario del caserío Cerro Granadilla, se utilizan los criterios establecidos en las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM y las especificaciones de los fabricantes de las tuberías que se utilizan en el diseño.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, cumpliendo con Normas de diseño del INFOM, para un período de diseño de 30 años, tomando en cuenta una dotación de 120 l/hab/día, con un factor de retorno de 0,80. La cantidad actual de viviendas a servir es de 25, con una densidad poblacional de 6 habitantes por vivienda y una tasa de crecimiento de 2,50 %. El sistema de alcantarillado sanitario posee una longitud total de 546,28 mts, 16 pozos de visita de diversas profundidades, 25 conexiones domiciliarias y un tratamiento primario a base de fosas sépticas.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Se realizó previamente el levantamiento topográfico, lo cual conllevó dos actividades en el campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico utilizando, aparatos de precisión, para ubicar accidentes geográficos considerables dentro

del área del proyecto; en el levantamiento fue utilizado un equipo de tipo estación total marca Sokkia modelo Set 300.

2.1.2.1. Planimetría

Permitió desarrollar un modelo que representará las distancias y posiciones de construcciones y accidentes geográficos que tienen relación directa con los sistemas, el modelo se dibujó a escala y sobre una superficie plana. Se procedió a realizar el levantamiento del eje central y las intersecciones secundarias, anchos de calles y posición de pozos de visita a distancias menores a 100 metros.

2.1.2.2. Altimetría

Conjunto de métodos y procedimientos que permitieron obtener el relieve del terreno donde se construirá el sistema. Para obtener los niveles se realizó la altimetría sobre el eje de la calle a cada 20 metros de distancia y en depresiones geográficas, en intersecciones de calle y cambios de dirección.

2.1.3. Diseño hidráulico del sistema

Esta técnica se desarrolla por medio de ecuaciones y métodos que permiten estimar caudales actuales y futuros, elegir la tubería por utilizar, determinar las pendientes óptimas, velocidades apropiadas para el buen funcionamiento de la tubería, calcular tirantes dentro de la tubería para que la misma trabaje bajo la condición de canal parcialmente lleno, cotas invert, profundidad de pozos; entre otros.

2.1.3.1. Dotación

Es la cantidad de agua necesaria para consumo de una persona por día. Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, condiciones socioeconómicas, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión, la dotación asignada es de 120 l/ha/d según información proporcionada por la municipalidad.

2.1.3.2. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llevar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha de su construcción, tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por normas del INFOM. Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se tomó un período de 30 años.

2.1.3.3. Cálculo de población futura

Un sistema de drenaje sanitario se diseña para que funcione con su máxima capacidad al haber transcurrido el período de diseño y con la población que se estima exista al finalizar el período. Para el presente caso se optó por utilizar el método de incremento geométrico en el cálculo de la población futura por dos razones.

En primer lugar, dado que no se tienen datos de censos anteriores, y se tiene que efectuar un censo actual al momento de efectuar la investigación de campo; y en segundo lugar, teóricamente se ha comprobado que las

poblaciones en vías de desarrollo crecen en forma geométrica o exponencial, por lo tanto este método responde más a la realidad, al momento de realizar el censo hay un promedio de 6/ha/vivienda.

Según el modelo geométrico:

$P_0 = 150$ habitantes

$n = 30$ años

$r = 2,5 \%$ datos utilizados en la oficina Municipal de Planificación

$P_F = P_0 \cdot (1+r)^n = 150 \cdot (1+0,025)^{30} = 315$ habitantes

2.1.3.4. Cálculo de caudal sanitario

Para determinar el caudal o flujo de aguas negras del colector principal, se realizan diferentes cálculos de caudales aplicando varios factores, como dotación, conexiones ilícitas, caudal domiciliario, caudal de infiltración, caudal comercial y principalmente, las condiciones socioeconómicas de los pobladores del lugar, para determinar el factor de retorno del sistema.

2.1.3.5. Factor de retorno

Es el que indica la cantidad de agua que retorna al alcantarillado sanitario por cada vivienda, lo cual es considerado entre el 70 y 80 % de la dotación de agua potable asignada a la comunidad, para este caso se tomó el factor de retorno del 80 %.

2.1.3.5.1. Caudal domiciliar

Es la cantidad de agua que se desecha de las viviendas por consumo interno hacia el colector principal, está relacionada directamente con el suministro de agua potable en cada hogar.

El agua utilizada en jardines, lavado de banquetas, lavado de vehículos, entre otros, no es introducida al sistema de alcantarillado, de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor de retorno de 0,80 para este proyecto, este caudal se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * FR * ha}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{120l/ha/d * 0,80 * 315ha}{86\ 400} = 0,350 \text{ l/s}$$

Donde:

Qdom	= caudal domiciliar
ha	= número de habitantes futuros del tramo
Dot	= dotación (lts/hab/día)
FR	= factor de retorno

2.1.3.5.2. Caudal comercial

Son las aguas negras resultantes que se desechan de los comercios, comedores, restaurantes, hoteles, puesto que el caserío carece de ellos, no se contempla caudal comercial alguno.

2.1.3.5.3. Caudal industrial

Es el agua negra proveniente de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, alimentos, entre otros, en el área no existen industrias, entonces se considera nulo.

2.1.3.6. Caudal de conexiones ilícitas

Es la cantidad de agua de lluvia que se ingiere al drenaje, proveniente principalmente de usuarios que conectan las bajadas de aguas pluviales al sistema, este caudal daña el sistema, debe evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones como una función del área de techos y patios, de la permeabilidad del suelo, así como de la intensidad de lluvia. El caudal de conexiones ilícitas se calcula a través de diferentes métodos, entre los que se tienen:

- Método racional
- Reglamento de la ciudad de Guatemala
- Asociación de Ingeniería Sanitarias
- INFOM

En este caso se tomó como base el método dado por el INFOM, el cual especifica que se tomará como mínimo el 10 % del caudal domiciliar. Sin embargo, en áreas donde no hay drenaje pluvial se podrá utilizar un valor más alto. El valor utilizado para el diseño fue de 30 %, quedando el caudal por conexiones ilícitas total integrado de la siguiente manera.

$$Q_{\text{ilicitas}} = 30 \% * Q_{\text{Dom}} = 0,30 * 0,350 = 0,105 \text{ l/s}$$

2.1.3.7. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en el drenaje, el cual depende de las profundidades del nivel freático del agua y de la tubería, de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción.

- Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático: tuberías de PVC: $Q_i = 0,01 \times \text{diámetro en "x longitud en Km}$
- Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático: tuberías de PVC: $Q_i = 0,02 \times \text{diámetro en "x longitud en Km}$

Se obtiene como resultado el caudal con valor en litros por segundo. Para este proyecto se utilizó la estimación para tuberías que quedarán sobre el nivel freático.

$$Q_i = 0,01 \times 6" \times 0,8 \text{ Km}$$

$$Q_i = 0,048 \text{ l/s}$$

2.1.3.8. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Se considera como la suma de los caudales domiciliarios, de infiltración, por conexión ilícita, comercial e industrial.

$$F_{qm} = \frac{Q_{SANITARIO}}{\text{Núm. habitantes}} = \frac{\sum(Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{Li} + Q_i)}{\text{Núm. habitantes}}$$

$$F_{qm} = \frac{0,351 \text{ lt/seg} + 0,105 \text{ lt/seg} + 0,048 \text{ lt/seg}}{315 \text{ hab.}}$$

$$F_{qm} = 0,00160$$

Este factor según el INFOM debe estar entre los rangos de 0,002 a 0,005. Si da un valor menor se tomará 0,002 y si fuera mayor se tomará 0,005, para este diseño se tomó un factor de 0,002.

2.1.3.9. Factor de Harmon

Este factor representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad. Cubre las horas pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Estará siempre en función del número de habitantes localizados en el tramo de aporte. Su cálculo se determina mediante la ecuación de Harmon:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{(P/1\ 000)}}{4 + \sqrt{(P/1\ 000)}}$$

Donde P es la población, expresada en miles.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{(315/1\ 000)}}{4 + \sqrt{(315/1\ 000)}} = 4,069$$

2.1.3.10. Caudal de diseño

Indica la cantidad de caudal que transportará el alcantarillado sanitario, en cualquier punto en todo de la red, siendo este el que establecerá las condiciones hidráulicas sobre las que se realizará el diseño del alcantarillo. Debe calcularse para cada tramo del sistema, con la ecuación:

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

Donde:

Núm. Hab. = número de habitantes futuros acumulados

F.H. = factor de Harmon

F.Q.M. = factor de caudal medio

$$Q_{\text{dis}} = 0,0016 \times 4,069 \times 315 = 2,051 \text{ l/s}$$

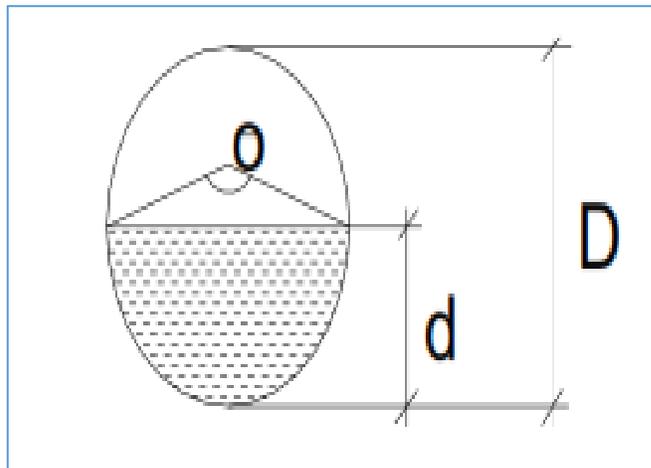
2.1.3.11. Relaciones hidráulicas

Para el diseño de alcantarillados se parte de la igualdad entre la relación de caudales reales y la relación de caudales teóricos, utilizando la ecuación de Manning; por medio de la cual, al ser conocida la relación q/Q , se pueden determinar las demás relaciones, v/V , d/D , a/A .

Se pueden enlistar las siguientes características de estos valores:

- Relación q/Q : determina qué porcentaje del caudal pasa respecto del máximo posible, $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}}$.
- Relación v/V : relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena. Para hallar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.
- Relación d/D : relación entre la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) y el diámetro de la tubería. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . La relación d/D debe estar comprendida dentro de $0,10 \leq d/D \leq 0,75$.

Figura 2. **Sección parcialmente llena**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

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

q/Q	v/V	a/A	d/D
0.000000,0,0 000001	0,019224	0,000054	0,001
0,000005	0,030507	0,000164	0,002
0,000011	0,039963	0,000275	0,003
0,000021	0,48396	0,000434	0,004
0,000034	0,056141	0,000606	0,005
0,00005	0,063377	0,000789	0,006
0,00007	0,070215	0,000997	0,007
0,000093	0,076728	0,001212	0,008
0,00012	0,08297	0,001446	9
0,000151	0,08898	0,001697	0,01
0,000185	0,094787	0,001952	0,011
0,000223	0,100417	0,002221	0,012
0,000265	0,105887	0,002503	0,013
0,000311	0,111215	0,002796	0,014
0,000361	0,116413	0,003101	0,015
0,000415	0,121493	0,003416	0,016
0,000473	0,126464	0,00374	0,017
0,000536	0,131335	0,004081	0,018
0,000602	0,136112	0,004423	0,019
0,000672	0,140803	0,004773	0,02
0,000746	0,145412	0,00513	0,021
0,000825	0,149945	0,005502	0,022
0,000908	0,154406	0,005881	0,023
0,000995	0,1588	0,006266	0,024
0,001086	0,163129	0,006657	0,025
0,001182	0,167398	0,007061	0,026
0,001282	0,171609	0,00747	0,027
0,001386	0,175765	0,007886	0,028
0,001495	0,179868	0,008312	0,029
0,001608	0,183921	0,008743	0,03
0,001725	0,187926	0,009179	0,031
0,001847	0,191885	0,009626	0,032
0,001973	0,1958	0,010077	0,033

Continuación de la tabla I.

0,002103	0,199672	0,010532	0,034
0,002238	0,203503	0,010997	0,035
0,002378	0,207295	0,011472	0,036
0,002521	0,211049	0,011945	0,037
0,00267	0,214766	0,012432	0,038
0,002823	0,218448	0,012923	0,039
0,00298	0,222095	0,013418	0,04
0,003142	0,225709	0,013921	0,041
0,003308	0,229291	0,014427	0,042
0,003479	0,232842	0,014941	0,043
0,003654	0,236362	0,015459	0,044
0,003834	0,239853	0,015985	0,045
0,004019	0,243315	0,016518	0,046
0,004208	0,246749	0,017054	0,047
0,004401	0,250157	0,017593	0,048
0,004599	0,253537	0,018139	0,049
0,004802	0,256893	0,018693	0,05
0,005009	0,260223	0,019249	0,051
0,005221	0,263528	0,019812	0,052
0,005438	0,26681	0,020382	0,053
0,005659	0,270068	0,020954	0,054
0,005885	0,273304	0,021533	0,055
0,006115	0,276517	0,022114	0,056
0,00635	0,279709	0,022702	0,057
0,00659	0,282879	0,023296	0,058
0,006834	0,286029	0,023893	0,059
0,007083	0,289158	0,024495	0,06
0,007337	0,292267	0,025104	0,061

Continuación de la tabla I.

0,007595	0,295356	0,025715	0,062
0,007858	0,298427	0,026331	0,063
0,008126	0,301479	0,026954	0,064
0,008398	0,304512	0,027579	0,065
0,008675	0,307527	0,028209	0,066
0,008956	0,310524	0,028842	0,067
0,009243	0,313504	0,029483	0,068
0,009533	0,316466	0,030123	0,069
0,009829	0,319412	0,030772	0,07
0,010129	0,322342	0,031423	0,071
0,010434	0,325255	0,032079	0,072
0,010744	0,328152	0,032741	0,073
0,011058	0,331034	0,033404	0,074
0,011377	0,3339	0,034073	0,075
0,011701	0,336751	0,034747	0,076
0,012029	0,339587	0,035422	0,077
0,012362	0,342408	0,036103	0,078
0,0127	0,345215	0,036789	0,079
0,013043	0,348007	0,037479	0,08
0,01339	0,350786	0,038171	0,081
0,013742	0,353551	0,038869	0,082
0,007595	0,295356	0,025715	0,062
0,007858	0,298427	0,026331	0,063
0,008126	0,301479	0,026954	0,064
0,008398	0,304512	0,027579	0,065
0,008675	0,307527	0,028209	0,066
0,008956	0,310524	0,028842	0,067
0,009243	0,313504	0,029483	0,068
0,009533	0,316466	0,030123	0,069
0,009829	0,319412	0,030772	0,07
0,010129	0,322342	0,031423	0,071
0,010434	0,325255	0,032079	0,072
0,010744	0,328152	0,032741	0,073
0,011058	0,331034	0,033404	0,074

Continuación de la tabla I.

0,011377	0,3339	0,034073	0,075
0,011701	0,336751	0,034747	0,076
0,012029	0,339587	0,035422	0,077
0,012362	0,342408	0,036103	0,078
0,0127	0,345215	0,036789	0,079
0,013043	0,348007	0,037479	0,08
0,01339	0,350786	0,038171	0,081
0,013742	0,353551	0,038869	0,082
0,014098	0,356302	0,039568	0,083
0,014459	0,359039	0,040271	0,084
0,014825	0,361764	0,04098	0,085
0,015196	0,364475	0,041693	0,086
0,015571	0,367173	0,042408	0,087
0,015951	0,369859	0,043127	0,088
0,016336	0,372532	0,043851	0,089
0,016726	0,375193	0,04458	0,09
0,01712	0,377842	0,04531	0,091
0,017518	0,380479	0,046042	0,092
0,017922	0,383103	0,046781	0,093
0,01833	0,385717	0,047522	0,094
0,018746	0,388318	0,048275	0,095
0,019161	0,390908	0,049017	0,096
0,019583	0,393487	0,049768	0,097
0,02001	0,396055	0,050523	0,098
0,020441	0,398611	0,051281	0,099
0,020878	0,401157	0,052044	0,1
0,021319	0,403692	0,05281	0,101
0,021765	0,406216	0,05358	0,102
0,022215	0,40873	0,054351	0,103
0,02267	0,411234	0,055127	0,104
0,02313	0,413727	0,055906	0,105
0,023594	0,41621	0,056688	0,106
0,024063	0,418683	0,057473	0,107
0,024537	0,421146	0,058262	0,108

Continuación de la tabla I.

0,025015	0,423599	0,059053	0,109
0,025498	0,426042	0,059849	0,11
0,025986	0,428476	0,060648	0,111
0,026479	0,430901	0,06145	0,112
0,026976	0,433316	0,062255	0,113
0,027477	0,435721	0,063061	0,114
0,027984	0,438117	0,063873	0,115
0,028495	0,440505	0,064687	0,116
0,02901	0,442883	0,065503	0,117
0,029531	0,445252	0,066324	0,118
0,030056	0,447612	0,067147	0,119
0,030585	0,449964	0,067972	0,12
0,031119	0,452307	0,068801	0,121
0,031658	0,454641	0,069633	0,122
0,032202	0,456967	0,070469	0,123
0,03275	0,459284	0,071307	0,124
0,033302	0,461593	0,072146	0,125
0,03386	0,463893	0,072991	0,126
0,034422	0,466185	0,073838	0,127
0,034988	0,46847	0,074686	0,128
0,035559	0,470746	0,075538	0,129
0,036135	0,473014	0,076393	0,13
0,036715	0,475274	0,07725	0,131
0,0373	0,477526	0,078111	0,132
0,03789	0,47977	0,078975	0,133
0,038484	0,482007	0,079841	0,134
0,039083	0,484236	0,080711	0,135
0,039686	0,486457	0,081582	0,136
0,040294	0,488671	0,082456	0,137
0,040906	0,490877	0,083332	0,138
0,041523	0,493076	0,084212	0,139
0,042145	0,495268	0,085095	0,14
0,042771	0,497452	0,08598	0,141
0,043401	0,499629	0,086866	0,142
0,044036	0,501799	0,087756	0,143
0,044676	0,503961	0,08865	0,144
0,04532	0,506117	0,089545	0,145
0,045969	0,508265	0,090443	0,146
0,046622	0,510407	0,091343	0,147
0,04728	0,512541	0,092246	0,148
0,047943	0,514669	0,093153	0,149
0,048609	0,51679	0,094059	0,15

Fuente: MARTINEZ JORDÁN. Oscar Rolando. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio el centro y sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio La Tejera, municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula.* p. 25.

2.1.3.12. Diámetro de colector

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular, se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal, INFOM, indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8" en el caso de tubería de concreto y de 6" para tubería de PVC, esto si el sistema de drenaje es sanitario.

Para las conexiones domiciliarias se utiliza un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal.

En este caso, el diámetro mínimo de tubería utilizado para el colector principal fue de 6" y para las conexiones domiciliarias fue de 4", todas de tubería de PVC.

2.1.4. Partes de alcantarillado

A continuación, se describen las partes del alcantarillado.

2.1.4.1. Colector

Es el conducto principal. Se ubica generalmente en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su dispositivo final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor. Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto. El trayecto, comúnmente obligatorio, es subterráneo. Para este proyecto se utilizó tuberías tipo Novafort de diámetro de 6" fabricada bajo la Norma ASTM F949, AASHTO M-304

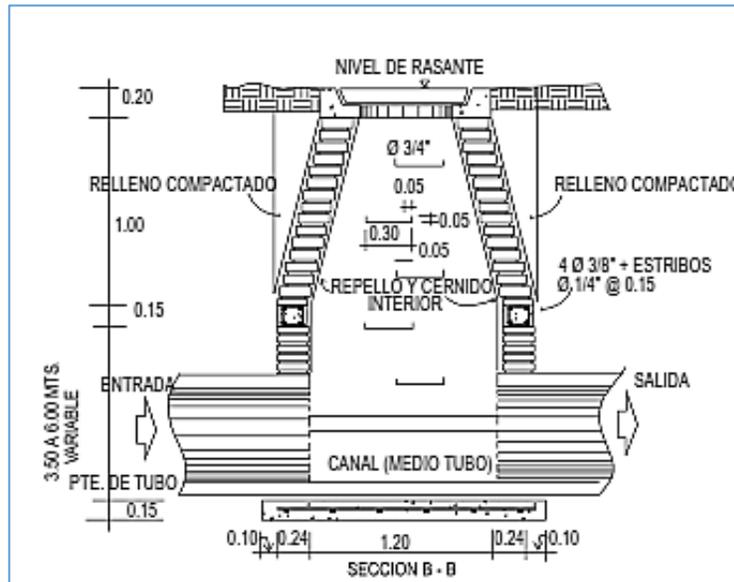
2.1.4.2. Pozo de visita

Son dispositivos que sirven para verificar el buen funcionamiento de la red del colector. Permite efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, accediendo a realizar funciones como conectar distintos ramales de un sistema e iniciar un ramal.

Su construcción está predeterminada, según normas establecidas por instituciones encargadas de velar por la adecuada construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, siendo sus principales características: fondo de concreto reforzado, paredes de mampostería o cualquier material impermeable, repellos y cernidos lisos en paredes, tapadera para la entrada al pozo de un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros, escalones de hierro empotrados en las paredes para bajar al fondo del pozo. La altura del pozo dependerá del diseño de la red.

Son de secciones circulares y con diámetro mínimo de 1,20 metros contruidos generalmente de ladrillo de barro cocido o cualquier otro material, que proporcione impermeabilidad y durabilidad dentro del período de diseño; sin embargo, las limitantes del lugar pueden ser una variable para su construcción, observándose diseños desde tubos de concreto de 32 pulgadas, hasta pozos fundidos de concreto ciclópeo.

Figura 3. **Pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

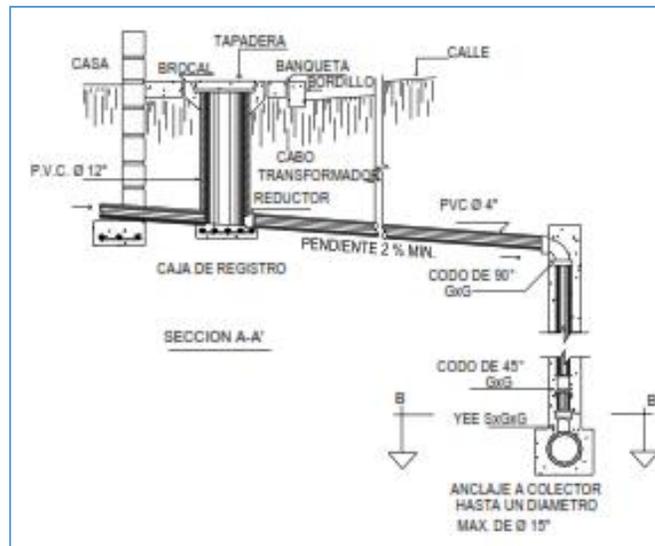
2.1.4.3. **Conexiones domiciliarias**

Son estructuras que tienen el propósito de descargar todas las aguas provenientes de las edificaciones, y conducir las al colector o alcantarillado central, tal y como lo muestra la figura 3. Consta de las siguientes partes:

- **Caja o candela:** es la estructura que recolecta las aguas provenientes del interior de las edificaciones. Pueden construirse de diferentes formas, tales como: un tubo de concreto vertical no menor de 12 pulgadas de diámetro, una caja de mampostería de lado no menor de 45 centímetros, impermeabilizado por dentro. Deben tener una tapadera para inspeccionar y controlar el caudal; el fondo debe estar fundido y con un desnivel para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan ser transportada al colector, la altura mínima de la candela de 1 metro.

- Tubería secundaria: es la tubería que conecta la candela domiciliar con el colector principal, conduciendo las aguas residuales que la candela recibe del interior de las viviendas. Deberá utilizarse, para tubería PVC tubo de 4" y tubo de 6" si fuera de concreto, con pendiente mínima de 2 %, considerando las profundidades de instalación.

Figura 4. **Conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.5. Consideraciones de diseño

Se tomó en cuenta el reglamento del Instituto de Fomento Municipal, INFOM, Normas generales para diseño de alcantarillado, por contener criterios técnicos de construcción e hidráulicos, en donde también se toma en cuenta las velocidades máximas y mínimas para el diseño.

2.1.5.1. Profundidad de colector

La profundidad de la línea principal o colector se dará en función de la pendiente del terreno, la velocidad del flujo, el caudal transportado y el tirante hidráulico. Asimismo, se debe tomar en cuenta que se debe considerar una altura mínima que permita proteger el sistema de las cargas de tránsito, de las inclemencias del tiempo y de accidentes fortuitos.

A continuación, según estudios realizados sobre cargas efectuadas por distintos tipos de transportes, se determinan profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior extrema de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

- Tubo de concreto
 - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 1 metro
 - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 1,20 metros

- Tubo de PVC
 - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 0,60 metro
 - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 0,90 metro

Según lo estipulado anteriormente y tomando en consideración que existen condiciones de tránsito liviano y pesado y diferentes diámetros de tubería, con los cuales se diseña un drenaje sanitario, en las siguientes tablas se presentan los valores de la profundidad mínima, para distintos diámetros de tubos de concretos y PVC.

Tabla II. **Profundidad mínima del colector para tubería de concreto**

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

cm

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Profundidad mínima del colector para tubería de PVC**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	60	60	60	90	90	90	90	90
TRÁNSITO PESADO	90	90	90	110	110	120	120	120

cm.

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.2. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad de flujo se determina con factores como el diámetro, la pendiente del terreno y el tipo de tubería que se utilizará. Se define por la ecuación de Manning y por las relaciones hidráulicas de v/V , donde v es la velocidad a sección parcialmente llena y V es la velocidad a sección llena.

Según las N del INFOM, v debe ser mayor de 0,60 m/s, con esto se evita la sedimentación en la tubería y un taponamiento, y menor o igual que 3 m/s, impidiendo con ello erosión o desgaste, tomando en cuenta que los datos anteriores son para tubería de concreto, el fabricante de tubería de PVC recomienda velocidades entre 0,40 a 5 m/s, para este proyecto no aplicó colocar tubería de concreto.

2.1.5.3. Cotas invert

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

$$\text{STERRENO} = \frac{\text{CT}_{\text{FINAL}} - \text{CT}_{\text{INICIAL}}}{\text{D.H.}} * 100$$

$$\text{CI}_{\text{INICIAL}} = \text{CT}_{\text{INICIAL}} - \text{PROFUNDIDAD MINIMA}$$

$$\text{CI}_{\text{FINAL}} = \text{CI}_{\text{INICIAL}} - \text{D.H.} * \text{STUBO} * \%$$

$$\text{CISALIDA} = \text{CI}_{\text{FINAL}} - 0,03 \text{ mts}$$

$$\text{HPOZO} = \text{CT}_{\text{FINAL}} - \text{CI}_{\text{FINAL}}$$

Donde:

CIINICIAL = cota invert inicial

CIFINAL = cota invert final

CTINICIAL = cota de terreno inicial

CTFINAL = cota de terreno final

STUBO% = pendiente de tubería

STERRENO = pendiente de terreno

HPOZO = altura de pozo

2.1.5.4. Pozos de visita

A continuación, se realiza una descripción del pozo de visita

2.1.5.4.1. Especificaciones para pozos de visita

En este diseño, los pozos de visita son cilíndricos, con muros de ladrillo de barro cocido, brocal y tapadera de concreto reforzado, cimentados en plancha de concreto, con canales para dirigir los caudales al tubo de salida. Ahora cuando la caída sea mayor de 0,70 m se construirá un sifón de PVC para que el flujo ingrese a nivel de fondo a manera de disipador.

Luego de determinar la ruta donde correrá y se ejecutará la red de alcantarillado, se tomará en cuenta colocar pozos de visita en los siguientes casos o combinación de ellos.

- Donde exista cambio de diámetro.
- En intersecciones de dos o más tuberías.
- En cambio de pendiente.
- En el inicio de cualquier ramal.
- En distancia no mayores de 100 m.
- En curvas no más de 30 m.

Al diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, para determinar las alturas de los pozos de visita, si hubiera inconvenientes se deben tomar en cuenta las consideraciones que a continuación se mencionan:

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará como mínimo 3 cm debajo de la cota invert de entrada.
- Cuando a un pozo de visita entre una tubería de diámetro y salga otro de diferente diámetro, la cota invert de salida estará situada como mínimo a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada.
- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro que las que ingresen a él, la cota invert de salida estará 3 cm debajo de la cota más baja que entre y se tomará el valor menor de los dos resultados.
- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresen en él, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor, presentando diferentes casos.
 - Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro y sale una de diámetro distinto: la cota invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se tomará el valor menor.
 - Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro, siendo una de ellas del diámetro de la tubería de salida: la cota invert de salida será, para cada una de ellas, la diferencia de los diámetros, y la otra tendrá como mínimo 3 cm. Se tomará el valor menor.
 - Cuando solo una tubería de las que sale es de seguimiento, las demás que salgan del pozo de visita deberán ser iniciales.

- La cota invert de salida de la tubería inicial deberá estar como mínimo a la profundidad del tránsito liviano o pesado, según se considere oportuno.
- La cota invert de salida de la tubería de seguimiento deberá cumplir con las especificaciones anteriormente descritas.
- Para este proyecto se tienen pozos de visita de 1,60 m al inicio y de 6,00 m. como altura máxima.

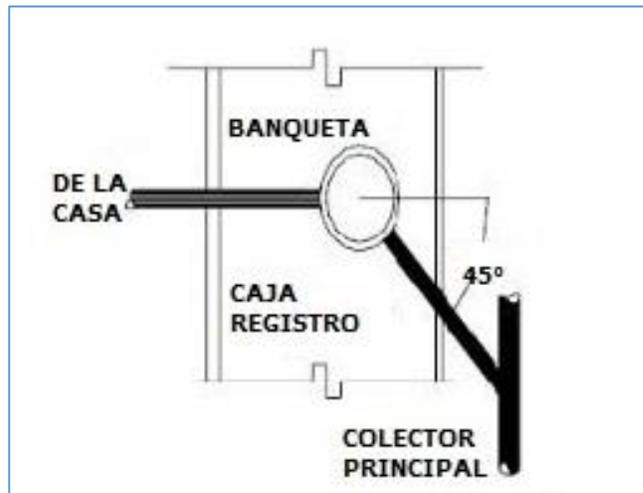
2.1.5.5. Conexiones domiciliarias

La tubería será de 6 pulgadas, si es de concreto, y 4 pulgadas, si es de PVC, con una pendiente que varía del 2 % al 6 %, que sale de la candela domiciliar hacia la línea principal, uniéndose a esta en un ángulo de 45 grados a favor de la corriente del caudal interno del colector.

Las cajas domiciliarias generalmente se construyen con tubería de concreto de diámetro mínimo de 12 pulgadas o de mampostería de lado menor de 45 centímetros, ambos a una altura mínima de 1 m del nivel del suelo, como se muestra en la figura 4.

En este proyecto se utilizó tubo PVC 4" Norma ASTM F-949 NOVAFORT, así como Silleta Y O T 6" x 4" NOVAFORT y para la candela se utilizó un tubo de concreto de 12" de diámetro.

Figura 5. **Conexiones domiciliarias**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.5.6. **Ejemplo de cálculo de un tramo**

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV - 5 y PV – 6.

- **Características**

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Tramo	De PV - 5 a PV – 6
Distancia horizontal	23,72 m
Número de casas del tramo:	3
Densidad vivienda:	3 hab/vivienda
Total de habitantes por servir:	actuales: 18
- **Población futura**

$$Pf = Po \cdot (1 + r/100)^n \quad Pf = 18 \cdot (1 + 2,5/100)^{30} = 38 \text{ hab}$$

- Cotas del terreno
Inicial : 93,25 m
Final: 91,75 m
- Pendiente del terreno
 $P = \frac{(CT_{inicial} - CT_{final}) * 100}{Distancia}$
 $P = \frac{(93,25 - 91,75) * 100}{23,72} = 6,32 \%$
- Factor de caudal medio 0,002
- Factor de Harmon actual

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\left(\frac{p}{1\,000}\right)}}{4 + \sqrt{\left(\frac{P}{1\,000}\right)}} = \frac{18 + \sqrt{\left(\frac{102}{1\,000}\right)}}{4 + \sqrt{\left(\frac{102}{1\,000}\right)}} = 4,49$$

Factor de Harmon futuro

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\left(\frac{252}{1\,000}\right)}}{4 + \sqrt{\left(\frac{252}{1\,000}\right)}} = 4,49$$

- Caudal de diseño
Qd = Fqm * FH * No. habitantes
Qdactual = 0,002*4,49*102
Qdactual = 0,916 l/s
Qd futuro = 0,002*4,49*252
Qd futuro = 2,263 l/s
- Diámetro de tubería propuesto 6", tubería PVC
- Pendiente de tubería propuesta 6,00 %

- Velocidad a sección llena $V = [0,03429*(D)^{2/3}*S^{1/2}]/n$
 $V = 0,3429*(6)^{2/3}*(6/100)^{1/2}/0,010$
 $V = 2,77 \text{ m/s}$
- Caudal a sección llena $Q_{\text{sec llena}} = A*V$
 $Q_{\text{sec llena}} =$
 $\pi/4*(6*0,0254)^2*2,77*1 \text{ 000}$
 $Q_{\text{sec llena}} = 50,59 \text{ l/s}$
- Relación de caudales $q_{\text{dis}}/ Q_{\text{llena}} = 2,263/50,59 = 0,045$
- Relación de velocidad $v/V = 0,5070$
- Relación de tirante $d/D = 0,145$
- Velocidad a sección parcial $v = V*v/V = 2,263*0,5070$
 $v = 1,147 \text{ m/s}$
- Revisión de especificaciones hidráulicas
 - Para caudales $q_{\text{dis}} < Q_{\text{sec llena}} \quad 2,263 \text{ l/s} < 50,59 \text{ l/s}$
cumple.
 - Para velocidad $0,4 \leq v \leq 5,00 \text{ m/s} \quad 0,4 \leq 1,147 \leq 5,00 \text{ m/s}$
cumple.
 - Para diámetros $0,1 \leq d/D \leq 0,75 \quad 0,1 \leq 0,145 \leq 0,75$
cumple.

Diámetro de pozo: 1,66 m

Grosor de paredes: ladrillo tayuyo 0,065x0,11x0,23m

- Cota invert de salida del pozo PV – 5

$C_{ien} = \text{Cota invert entrada del pozo PV-5}$

$C_{ien} = 91,68 - 0,03 = 91,65 \text{ m}$

- Cota invert de entrada al pozo PV – 6 (C_{ie})

Distancia horizontal de PV – 5 a PV – 6 = 23,72

Pendiente de tubería de PV – 5 a PV – 6 = 6,00 %

Longitud de diseño = $\sqrt{23,72^2 + ((23,72*6)/100)^2} = 23,763 \text{ m}$

$C_{ie} = 91,75 - \frac{(6,00 * \sqrt{23,762^2 + ((23,76 * 6,00) / 100)^2})}{100} = 90,23 \text{ m}$

- Profundidad del pozo PV – 5

Alt. PV – 5 = cota del terreno – cota invert de salida

Alt. PV – 5 = 93,25 – 91,65 = 1,60 m

- Profundidad del pozo PV – 6

Alt. PV – 6 = cota del terreno – cota invert de salida

Alt. PV – 6 = 91,75 – 90,23 = 1,52

- Volumen de excavación de zanja

Ancho de zanja de excavación = 0,60 m

Vol. Exc. = $0,60 * ((\text{AltPV} - 5 + \text{AltPV} - 6) / 2 * \text{DH})$

Vol. Exc. = $0,60 \text{ m} * ((1,60 \text{ m} + 1,52 \text{ m}) / 2 * 23,72 \text{ m}) = 22,17 \text{ m}^3$

Los datos y resultados del cálculo hidráulico para todo el sistema se

Presentan en la tabla IV

Tabla IV. **Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado**

DISEÑO HIDRÁULICO: ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO CERRO GRANADILLA SAN RAYMUNDO, GUATEMALA																									
DE	A	COTAS TERR.		DH (m)	% TERR.	No CASAS		HAB. SERVIR		F. HARM		F _{qm}	Ø PI-G	S (%)	SECC. LLENA		q/Q	v/v	d/D	Vel de diseño		COT. INVERT		PROF. POZO	
		LOCAL	ACUM.			ACT.	FUT.	FUT.	FUT.	Q (L/s)	VEL (m/s)				m	h/m				INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
1	2	103.820	100.500	52.205	6.36	6	6	36	76	4.23	0.677	6	6.00	2.77	50.53	0.0134	0.3480	0.0800	0.96	2.00	101.82	98.69	2.00	1.81	
2	3	100.500	99.250	14.491	8.63	1	7	6	89	4.25	0.002	0.825	6	8.00	3.20	58.37	0.0141	0.3610	0.0850	1.16	1.84	98.66	97.50	1.84	1.75
3	4	99.250	96.000	44.326	7.33	3	10	18	127	4.21	0.002	1.168	6	7.00	3.00	54.72	0.0213	0.4080	0.1025	1.22	1.78	97.47	94.37	1.78	1.63
4	5	96.000	93.250	37.564	7.32	4	14	24	177	4.17	0.002	1.602	6	7.00	3.00	54.72	0.0293	0.4440	0.1175	1.33	1.66	94.34	91.71	1.66	1.54
5	6	93.250	91.750	23.723	6.32	3	17	18	215	4.14	0.002	2.263	6	6.00	2.78	50.66	0.0450	0.5070	0.1450	1.41	1.57	91.68	90.25	1.57	1.50
6	7	91.750	89.450	56.185	4.09	4	21	24	265	4.1	0.002	2.165	6	4.00	2.26	41.23	0.0525	0.5280	0.1550	1.19	1.53	90.22	87.98	1.53	1.47
7	8	89.450	87.400	73.705	2.78	4	25	24	315	4.07	0.002	2.564	6	7.00	3.00	54.72	0.0469	0.5110	0.1475	1.53	1.5	87.95	82.79	1.50	4.61
8	9	87.400	84.100	54.261	6.08	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	4.00	2.26	41.23	0.0622	0.5600	0.1700	1.27	6.00	81.40	79.23	6.00	4.87
9	10	84.100	82.500	15.713	10.18	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	4.00	2.26	41.23	0.0622	0.5600	0.1700	1.27	6.00	78.10	77.47	6.00	5.03
10	11	82.500	77.000	35.636	15.43	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	9.00	3.40	62.02	0.0413	0.4950	0.1400	1.68	6.00	76.50	73.29	6.00	3.71
11	12	77.000	67.500	41.043	23.15	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	14.00	4.23	77.16	0.0332	0.4630	0.1250	1.96	5.00	72.00	66.25	5.00	1.25
12	13	67.500	62.750	19.334	24.57	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	13.00	4.09	74.61	0.0344	0.4680	0.1275	1.91	4.00	63.50	60.99	4.00	1.76
13	14	62.750	56.500	30.203	20.69	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	13.00	4.09	74.61	0.0344	0.4680	0.1275	1.91	4.00	58.75	54.82	4.00	1.68
13	15	56.500	52.750	18.565	20.20	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	6.00	2.78	50.71	0.0506	0.5220	0.1525	1.45	4.00	52.50	51.39	4.00	1.36
13	16	52.750	47.500	29.319	17.91	0	25	0	0	4.5	0.002	2.564	6	12.00	2.78	50.71	0.0506	0.5220	0.1525	1.45	3.00	49.75	46.23	3.00	1.27

LONGITUD TOTAL DE TUBERÍA: 546.273 ML

VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACIÓN: 926.56 M³

VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACIÓN DE POZOS: 56.880 M³

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.7. Propuesta de diseño de tratamiento

En el país, las aguas negras procedentes de los sistemas de alcantarillado, en la mayoría de los casos se descargan en corrientes naturales. A pesar de que las aguas negras están constituidas, por 99 % de agua y 1 % de sólidos, su vertido en una corriente cambia las características del agua que las recibe, en esta forma, los materiales que se depositan en el lecho, impiden el crecimiento de plantas acuáticas, los de naturaleza orgánica se pudren robando oxígeno al agua produciendo malos olores y sabores.

Las materias tóxicas, compuestos metálicos, ácidos y álcalis afectan directa o indirectamente la vida acuática, las pequeñas partículas suspendidas (como fibras) pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas; los aceites y grasas flotan en la superficie o se adhieren a las plantas e impiden su desarrollo. De esto se desprende la necesidad de reducir la descarga de aguas negras en las corrientes naturales, a los límites de auto purificación de las aguas receptoras.

La autopurificación es el lineamiento principal para determinar los procesos de tratamiento. Para un tratamiento adecuado previo a la disposición de las aguas negras, hay que tener en cuenta factores como: espacio disponible para las instalaciones, topografía del terreno, costo de la construcción y mantenimiento requerido, para seleccionar las unidades adecuadas a la población.

En esta oportunidad se hace la recomendación de la construcción de una planta de tratamiento primario, ya que el objetivo de estas unidades es la remoción de sólidos en suspensión, lo que se puede realizar por procesos físicos como la sedimentación (asentamiento), en los que se logra eliminar en

un 40 % a un 60 % de sólidos, al agregar agentes químicos (coagulación y floculación) se eliminan entre un 80 % a un 90 % del total de los sólidos. Otro proceso es la filtración. Las unidades empleadas tratan de disminuir la velocidad de las aguas negras para que se sedimenten los sólidos, los dispositivos más utilizados son:

- Tanques o fosas sépticas
- Tanques Imhoff
- Tanques de sedimentación simple con eliminación de los lodos
- Reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA)

Para un tratamiento adecuado previo a la disposición de las aguas negras, hay que tener en cuenta factores como: espacio disponible para las instalaciones, topografía del terreno, costo de la construcción y mantenimiento requerido, para seleccionar las unidades adecuadas a la población.

Para este proyecto se propone tanques o fosas sépticas.

2.1.5.7.1. Diseño de fosa séptica

Están diseñadas para retener de las aguas servidas los sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de la sedimentación. Las fosas sépticas están diseñadas para mantener el flujo de aguas negras a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaeróbicas, por un período de 12 a 72 horas llamado período de retención.

El proceso de sedimentación se logra cuando el líquido está en reposo o fluye a una velocidad relativamente baja, durante el tiempo suficiente, que permita que se depositen en el fondo la mayor parte de los sólidos

sedimentables, que son principalmente sólidos orgánicos, logrando así su separación de la corriente de aguas servidas.

De los sólidos suspendidos que llegan a la fosa, se decanta la mayor parte de la materia sedimentable, la cual entra en un proceso de digestión anaeróbica con disolución, licuación y volatilización de la materia orgánica, previamente a su estabilización. Por esta razón es que la cantidad de lodo que se acumula en el estanque es pequeña, pero que con el tiempo constituye una cantidad que hace disminuir el volumen efectivo de la fosa y por consiguiente el período de retención.

- Fosa séptica

En la fosa séptica, las materias en suspensión en las aguas negras sufren una sedimentación, la materia orgánica se descompone en sustancias más simples por la acción de las bacterias anaeróbicas, que pueden realizar su metabolismo sin necesidad de oxígeno.

La fosa séptica es un estanque hermético, que puede construirse de ladrillo, piedra, concreto o cualquier otro material que se considere adecuado, es un tanque de escurrimiento horizontal y continuo de un solo piso.

Las fosas pueden ser de uno o doble compartimiento. Investigaciones realizadas en fosas con uno y con dos compartimientos, han demostrado que las de dos compartimientos proporcionan una mejor eliminación de los sólidos en suspensión, lo que es beneficio para una mayor protección del sistema de absorción.

Para el diseño de la fosa séptica debe tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- El período de retención es como mínimo de 12 horas.
- Relación largo-ancho de la fosa L/A; de 2/1 a 4/1.
- Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza, es de 30 a 80 l/hab/año.
- La capacidad máxima recomendable para que la fosa sea funcional debe ser de 60 viviendas futuras.
- Nomenclatura y fórmulas.

$$T = V/Q \quad \Rightarrow \quad V=QT \quad \text{y,} \quad Q = q \cdot N$$

Donde

T = período de retención

V = volumen en litros

Q = caudal l/día

N = número de personas servidas

Q = gasto de aguas negras l/hab/día

q = caudal domiciliar

- Cálculo de volumen

Para el cálculo del volumen se asume una altura (H), que es la altura útil, es decir, el fondo de la fosa al nivel de agua se toma una relación L/A dentro de los límites recomendados, queda el volumen como:

$$V = ALH$$

Donde:

A = ancho de fosa

L = Largo de la fosa

H = altura útil.

Se conoce la relación L/A se sustituye una de las dos en la ecuación de V y se determina el valor de la otra magnitud. Por ejemplo. Si L/A es igual a 2, entonces $L = 2A$, al sustituir L en la ecuación se tiene:

$$V = 2 \cdot A^2 \cdot H \text{ de donde se obtiene el valor del ancho de la fosa}$$

- Cálculo de la fosa para el proyecto

Período de retención	24 horas
Gasto	120 l/hab/día
Número de habitantes	315 habitantes (53 viviendas)
Lodos	40 l/hab/año
Relación largo / ancho	2/1
Período de limpieza	5 años
Capacidad máxima:	60 viviendas futuras

- Volumen para el líquido

$$V = \text{No. Viviendas} \times \text{No. Hab/viv} \times \text{Dot} \times \text{FR}$$

$$V = 53 \times 6 \text{ hab} \times 120 \text{ l/hab/día} \times 0,8$$

$$V = 30528,00 \text{ l}$$

$$V = 30,528 \text{ m}^3$$

- Volumen de lodos

$$V = \text{No. Viviendas} \times \text{No. Hab/viv} \times \text{Dot lodos} \times \text{años limpieza}$$

$$V = 53 \times 6 \text{ hab} \times 40 \text{ l/hab/año} \times 5 \text{ años}$$

$$V = 63,600 \text{ l}$$

$$V = 63,60 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total: } 30,528 \text{ m}^3 + 63,60 \text{ m}^3 = 94,128 \text{ m}^3$$

$$V = ALH$$

Como $L/A = 2$ entonces $L = 2A$ al sustituir L en la ecuación de V

$$V = 2 \cdot A^2 \cdot H$$

Se asume $H = 2,50$

$$A^2 = V/2H$$

$$A^2 = 94,128/2(2,50)$$

$$A = 4,339 \text{ m} = 3,34 \text{ m}$$

$$\text{Como } L = 2A = 2(3,34) = 6,68 \text{ m}$$

Entonces: $\left. \begin{array}{l} A = 3,34 \text{ m} \\ L = 6,68 \text{ m} \\ H = 2,50 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ Dimensiones a rostro interior}$

En este proyecto el número de viviendas futuras es de 53, sabiendo que una fosa está diseñada para una capacidad de 60 viviendas futuras, se utilizará 1 fosa séptica.

- Diseño de fosa:
Descripción losa
 $A/B = 1,0 > 0,5$
Refuerzo 2 sentidos
Espesor (t) 10 cm

El espesor mínimo recomendado por la ACI es de 9 cm, pero para su construcción se empleará un espesor de 10 cm

- Carga muerta (CM)

Son cargas que estarán durante toda la vida útil del proyecto.

W propio de losa	=	$2\,400\text{ kg/m}^3 \times 0,1\text{ m}$	=	240 kg/m^2
Sobre cargas	=		=	90 kg/m^2
Total carga muerta	=		=	330 kg/m^2
Carga muerta última (Cmu)	=	$1,4 \times 330$	=	462 kg/m

- Carga viva (CV)

Son cargas que soportará la losa en ocasiones eventuales, por ser solo de cubierta, se asumirá una carga viva (CV) = 80 kg/m

$$\text{Carga viva última} = 1,7 \times 80 = 136\text{ kg/m}$$

- Carga última (CU)

$$\text{CU} = 1,4 \times \text{CM} + 1,7 \times \text{CV} = 462 + 136 = 598\text{ kg/m}^2$$

$$\text{CU} = 598\text{ kg/m}$$

- Cálculo de momentos (caso seis)

$$M_{A(-)} = A^2(\text{CA}_{\text{neg}} \times \text{CU})$$

$$M_{A(-)} = 3,8^2(0,075 \times 598) = 647,63\text{ kg-m}$$

$$M_{A(+)} = A^2(\text{CADL} \times \text{Cmu} + \text{CALL} \times \text{CVu})$$

$$M_{A(+)} = 3,8^2(0,036 \times 462 + 0,038 \times 136) = 314,79\text{ kg-m}$$

$$M_{A(-)} = 1/3 \times M_{A(+)}$$

$$M_{A(-)} = 1/3 \times 314,79 = 104,93\text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = B^2(\text{CADL} \times \text{MUu} + \text{CALL} \times \text{CVu})$$

$$M_{B(+)} = 3,8^2(0,024 \times 462 + 0,029 \times 136) = 217,06\text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 1/3 \times M_{B(+)}$$

$$M_{B(-)} = 1/3 \times 217,06 = 72,35\text{ kg-m}$$

- Cálculo del área de acero

$$M_A = 647,63 \text{ kg-m}$$

$$M_B = 217,06 \text{ kg-m}$$

$$t = 10 \text{ cm} \quad d = 10 - \text{recubrimiento} = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

$$A_{sA} = 2,28 \text{ cm}^2 \text{ para momento en A}$$

$$A_{sB} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ para momento en B}$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} * b * d$$

$$\rho_{\text{min}} = 14,1 / f_y = 14,1 / 2810 = 0,005017$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,005017 * 100 * 75 = 3,76 \text{ cm}^2;$$

Como $A_{s \text{ min}} > A_s$ calculado, usar $A_{s \text{ min}}$

Área	Espaciamiento	
3,76 cm ²	100 cm	} S = 18,88 cm
0,71 cm	S	
Se utilizará un espaciamento de S = 18 cm		

- Diseño de la viga principal a flexión

Diseño a flexión

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = 10 \text{ cm}$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$h_{\text{min}} = L/16 \text{ o } 0,08xL \text{ para acero grado 40}$$

Usar 0,08xL

$$h = 35 \text{ cm}$$

$$b_{\text{min}} = 6'' = 15,24 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2,5 \text{ cm}$$

$$h - \text{rec} = 35 - 2,5 = 32,5$$

$$A_r = 1/2 * (3,95 + 0,15) * (1,12) * 2 = 5 \text{ m}^2$$

$$CV = 80 \text{ kg/m}^2 \quad SC = 90 \text{ kg/m}^2$$

- Integración de cargas

$$CM_{\text{losa}} = 2400 * 0,1 + 0,9 = 330 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{CM} = ((330 \text{ kg/m}^2)(5 \text{ m}^2)/(4,1 \text{ m}) + (2400 * 0,35 * 0,20)) = 570,44 \text{ kg/m}$$

$$W_{CV} = 80 * 5 / 4,1 = 100 \text{ kg/m}$$

$$W_{CU} = 1,7(100) + 1,4(585,72) = 990 \text{ kg/m}$$

- Cálculo del momento último

$$M_u = ((990 \text{ kg/m}) * (4,1)^2) / 8 = 1930,8 \text{ kg-m}$$

- Cálculo del área de acero

$$A_s = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 f'c}{f_y}$$

$$A_s = 3,26 \text{ cm}^2$$

$$E_s = 2,03 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$B_1 = 0,85$$

$$P_b = 0,85 * \beta_1 * f'c / f_y * ((E_s) * (0,003)) / ((f_y + E_s(0,003)))$$

$$P_b = 0,036$$

$$P_{\text{max}} = 0,5 * P_b(\text{zona sísmica}) = 0,5 * 0,036 = 0,01847$$

$$A_{smax} = P_{max} * b * d = 0,01847 * 20 * 32,5 = 12 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$P_{min} = 14,1 / f_y = 14,1 / 2810 = 0,00517$$

$$A_{smin} = 0,005017 * 20 * 32,5 = 2,24 \text{ cm}^2$$

$$2,24 \text{ cm}^2 \leq 3,36 \text{ cm}^2 \leq 12 \text{ cm}^2$$

Acero cama superior

$$P_{min} * b * d = 2,24 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} \quad 3 \text{ varillas No. 4} = 3,80 \text{ cm}^2$$

$$0,33(A_s = 3,36 \text{ cm}^2) = 1,12 \text{ cm}^2$$

Acero cama inferior

$$P_{min} * b * d = 2,24 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} \quad 3 \text{ varillas No. 4} = 3,80 \text{ cm}^2$$

$$0,5(A_s = 3,36 \text{ cm}^2) = 1,68 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento de estribos

$$\text{Corte actuante} = (990 * 4,1) / 2 = 1955,25 \text{ kg}$$

$$\text{Corte resistente} = 0,85 * 0,53 \sqrt{(210) * 20 * 32,5} = 4243,44 \text{ kg}$$

$$S = d / 2 = 32,50 / 2 = 16,25 = 15 \text{ cm}$$

Cr > Ca estribos #2 @ 15 cm

- Armado: colocar 3 No. 4 corridas y estribos No. 2 @ 15 cm. En los extremos y @ 15 cm en el centro, en cama superior e inferior.

- Diseño de la viga perimetral

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$r_c = 2400$$

$$\text{kg/m}^2$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$b = 15 \text{ cm}$$

- Armado: colocar 2 No. 3 corridas y estribos No. 2 @ 0.20 m en cama superior e inferior.
- Diseño de muros de gravedad de concreto ciclópeo

$$\text{Peso específico del suelo } \gamma_s = 1\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del concreto } \gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del concreto ciclópeo } \gamma_{cc} = 2\,700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Valor soporte del suelo} = 15 \text{ ton/m}^2$$

- Carga uniforme distribuida

$$W_U = W_{\text{losa}} + W_{\text{vigaprin}} + W_{\text{vigaperim}} + W_{\text{vigaperim}} + W_{\text{vigaperim}}$$

$$W_U = 1,4(598) + 1,7(100) = 1\,008 \text{ kg/m}$$

W como carga puntual (Pc)

$$P_c = 1\,008 \text{ kg/m} \cdot 1 \text{ m} = 1\,008 \text{ kg}$$

El momento que ejerce la carga respecto de 0 es:

$$M_c = 1\,008 \text{ kg} (1 \text{ m} + 0,3 \text{ m}/2) = 1\,159,2 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Fuerza activa Fa

$$F_A = \gamma_{\text{SUELO}} \cdot \cos\theta \cdot H^2/2 = 1\,400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,5^2/2 \cdot \cos 64,36 = 1\,893,13 \text{ kg/m}$$

Momento de volteo respecto de 0

$$M_{\text{ACT}} = F_A \cdot H/3 = 1\,893,13(2,5/3 + 0,3) = 2\,145,54 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Tabla V. **Cálculo del momento estabilizante sobre el muro del tanque de distribución**

sección	γ (kg/m ³)	Área (m ²)	$\gamma_{cc} \cdot A = W$ kg/m	Brazo(m)	MR (kg-m/m)
1	2 700	1,5	4 050	0,8	3 240
2	2 700	0,75	2 025	1,35	2 733,75
3	2 700	0,45	1 215	0,75	991,25
			7 290		6 885

Fuente: elaboración propia.

Carga total $W_T = W + W_R$

$$W_T = 1\,008 + 7\,298 = 8\,298 \text{ kg/m}$$

Verificación de la estabilidad contra el volteo ($F_{sv} > 1,5$)

$$F_s = \frac{M_R + M_c}{M_{ACT}} = \frac{6\,885 + 1\,159,2}{2\,145,55} = 3,75$$

$$M_{ACT} \quad 2\,145,55$$

$$F_s = 3,75 > 1,5 \text{ ok}$$

Se verifica la estabilidad contra deslizamiento ($F_{sd} > 1,5$)

$$F_d = W_T \cdot \text{Coef. fricción}$$

$$F_d = 8\,298 \cdot 0,9 \tan(25) = 3\,482,48 \text{ kg}$$

$$F_{sd} = \frac{F_d}{F_a} = \frac{3\,482,48}{2\,145,55} = 1,62$$

$$F_a \quad 2\,145,55$$

$$F_{sd} = 1,6 > 1,5 \text{ ok}$$

Verificación de la presión bajo la base del muro, $P_{max} < V_s$ Donde la excentricidad $(e_x) = (Base/2) - a$

$$a = \frac{M_R + M_C - M_{ACT}}{W_T}$$

$$a = \frac{6\,885 + 1\,159,2 - 2\,145,55}{8\,298} = 0,7$$

$$8\,298$$

$$e_x = 1,5/2 - 0,7 = 0,05$$

Módulo de sección (S_x)

$$S_x = 1/6 * base^2 * long = 1/6 * (1,5)^2 * 1,2 = 0,45 \text{ m}^3$$

La presión es:

$$P_{MAX} = W_T / A + (W_T * e_x) / S_x$$

$$P_{MAX} = 8\,298 / (1,5 * 1,2) + 8\,298 * 0,05 / 0,45 = 5\,532 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{max} = 5532 \text{ kg/m}^2 < 15\,000 \text{ kg/m}^2$$

2.1.5.7.2. Pozos de absorción o su equivalente

Para este proyecto se tomó la decisión de no incorporar pozos de absorción, debido a que el desfogue se hará en un cuerpo receptor que la municipalidad indicó.

2.1.5.8. Elaboración de planos

Los planos elaborados para el sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el apéndice 1, están conformados por planta de densidad de vivienda, planta general de la red de alcantarillado sanitario, plantas y perfiles, detalle de pozo de visita, conexión domiciliar y fosa séptica.

2.1.5.9. Presupuesto del proyecto

El presupuesto fue elaborado a base de precios unitarios, tomando en cuenta precios de materiales que se cotizan en la región, salarios de mano de obra calificada y no calificada, los que la municipalidad asigna para cada renglón, integrando el costo de cada renglón, lo concerniente a indirectos aplicando el 30 %.

Tabla VI. Resumen general del presupuesto de alcantarillado sanitario

PRESUPUESTO CUADRO RESUMEN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ML	546,223	Q7,50	Q5 325,67
EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	M3	913	Q60,95	Q72 341,56
RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA	M3	902	Q93,49	Q109 626,37
COLOCACIÓN DE TUBERÍA PVC Ø6"	Tubos	96	Q1 385,80	Q133 036,80
CONEXIÓN DOMICILIAR	Unidad	25	Q1 662,97	Q54 046,53

Continuación de la tabla VI.

POZOS DE VISITA DE 1,50 A 2,00 (M)	Unidad	8	Q13 386,28	Q139 217,26
POZOS DE VISITA DE 2,01 A 3,00 (M)	Unidad	1	Q17 805,98	Q23 147,77
POZOS DE VISITA DE 3,01 A 4,00 (M)	Unidad	3	Q19 856,77	Q77 441,41
POZOS DE VISITA DE 4,01 A 5,00 (M)	Unidad	1	Q24 443,94	Q31 777,12
POZOS DE VISITA DE 5,01 A 6,00 (M)	Unidad	3	Q26 307,27	Q102 598,34
FOSA SÉPTICA	Unidad	1	Q120 000,00	Q120 000,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q868 558,83

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.9.1. Cronograma

Los cronogramas son una herramienta de gestión de proyectos, pues permiten planificar, en función del tiempo y de los objetivos, todas las actividades que necesitemos llevar a cabo para la culminación de un trabajo.

En el cronograma son definidas y detalladas, paso a paso, cada una de las tareas, así como el tiempo que se debe dedicar a cada una de ellas (fecha de inicio, fecha de finalización) o el periodo dentro del cual deberían realizarse.

Tabla VII. **Cronograma drenaje sanitario**

No.	ACTIVIDADES PRINCIPALES	MESES															
		1			2			3			4			5			6
1	Topografía (trazo y nivelación)	█															
2	Excavación	█															
3	Relleno, compactación	█			█												
4	Colocación de tubo PVC, 6"	█			█			█									
5	Pozos de visita	█			█			█									
6	Construcción de domiciliarios	█			█			█			█						
7	Desalojo de material	█			█			█									
8	Reparación, red agua potable	█			█			█									
	Inversión estimada mensual %	3 5			2 0			6 8			2						
	Inversión acumulada (%)	3 5			5 5			9 5			1 0 0						

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.10. Evaluación socioeconómica

En su mayoría este tipo de proyectos no son un atractivo económico, lo cual lleva a plantear un mecanismo para hacer viable el proyecto con subsidios, transferencias, impuestos, donaciones, entre otros. Sin embargo, es indispensable realizar un análisis financiero y determinar la viabilidad del

proyecto. Para ello se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno.

2.1.5.10.1. Valor presente neto

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta. Así las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo se consideran como desembolso o ingresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado, entre otros.

Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores futuros de rescate de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento; para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es de 12 %.

El procedimiento por realizar es el siguiente: la municipalidad de San Raymundo invertirá Q.816 192,18 en ejecución del proyecto de la red de alcantarillado sanitario. Para esto se emplearán los servicios de técnicos encargados de limpieza del drenaje sanitario, con un sueldo de Q1 500,00, el costo de conexión por cada casa que cobra la municipalidad es de Q1 000,00 y el costo por mantenimiento mensual es de Q.10,00 al mes. El período de diseño es de 30 años.

$$VPN = -868\,558,8 - 18\,000,00(1+0,12)^{30} + 8\,000,00 + 12\,960,00(1+0,12)^{30}$$

$$\text{VPN} = -\text{Q.1 011 556,84}$$

Como se puede observar, el resultado es negativo, indicando esto que no es conveniente, ya que no se recuperará el dinero invertido, pero como este proyecto es de necesidad primaria, es conveniente la inversión, ya que se beneficiará a muchas familias y mejorará la calidad de vida de los habitantes del caserío Cerro Granadilla.

2.1.5.10.2. Tasa interna de retorno

Esta es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión. Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, éste se determina de la siguiente manera.

$$\begin{aligned}\text{Costo} &= \text{Inversión inicial} \\ &= \text{Q 868 558,83}\end{aligned}$$

Beneficio=No. de habitantes beneficiados (a futuro)

$$\begin{aligned}\text{Costo beneficio} &= \frac{\text{Q 868 558,83}}{315 \text{ Hab}} \\ &= \text{Q 2 757,33/Hab}\end{aligned}$$

2.1.5.11. Evaluación ambiental inicial

Una evaluación de impacto ambiental es hacer un diagnóstico del área en donde se realizará o realizó la construcción de un proyecto, determinando en detalle la situación ambiental actual del medio biótico y abiótico que será impactada directamente por la obra.

La importancia de una evaluación de impacto ambiental radica en permitir analizar cada una de las actividades por desarrollar en el proyecto, definiendo el área impactada y el efecto o impacto para cada uno de los factores ambientales. El estudio de impacto ambiental da a conocer o identificar los impactos al ambiente producidos por la obra.

CONCLUSIONES

1. El caserío Cerro Granadilla de la aldea El Ciprés, municipio de San Raymundo, Guatemala, carece de alcantarillado sanitario lo cual es causa de focos de contaminación y fuente de malos olores y proliferación de enfermedades gastrointestinales, sobre todo a la población infantil que es la más afectada, por esta razón el proyecto del sistema de alcantarillado sanitario vendrá a resolver dicha problemática y mejorar el nivel y calidad de vida de los pobladores.
2. El sistema de alcantarillado sanitario del caserío Cerro granadilla es un proyecto que beneficiará a 25 familias actuales, 53 familias futuras, con un costo de Q868 558,83 con este proyecto la población estará solucionando uno de sus mayores problemas de contaminación y presentación, por lo cual este proyecto es beneficioso, para este caserío.
3. La ejecución del proyecto es ambientalmente viable, siempre que se cumplan con las medidas de mitigación aquí propuestas y las establecidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; pues con ellas, su realización será satisfactoria, sin afectar su entorno, por tanto, es conveniente su construcción.

RECOMENDACIONES

1. Llevar a la realidad en el menor tiempo posible, el proyecto de alcantarillado sanitario por los beneficios que representa para los pobladores.
2. Capacitar a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo y población en general del caserío para el buen mantenimiento y funcionamiento del proyecto.
3. Construir el sistema de tratamiento para aguas residuales, propuesto en este trabajo de graduación, para evitar situaciones contrarias a la ley del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO *Manual de diseño Novafort y Novaloc para alcantarillado sanitario*. Folleto de información técnica sobre tubería P.V.C. Guatemala: 25 p.
2. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. 2001. Guatemala. 110 p.
3. MARTÍNEZ JORDÁN. Oscar Rolando. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio el centro y sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio La Tejera, municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula*. Trabajo de Graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011. 146 p.
4. QUIJADA SAGASTUME, José Gilberto. *Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla, municipio de Chiquimula, Chiquimula*. Trabajo de Graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 2004. 135 p.
5. REYES VALENZUELA, Marlene. *Diseño de alcantarillado sanitario, municipio de Jutiapa, Jutiapa*. Trabajo de Graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 1998. 175 p.

Continuación apéndice 1.

No. De Escritura Constitutiva: <input type="checkbox"/> No aplica Fecha de constitución: <input type="checkbox"/> No aplica			
Patente de Sociedad	Registro No. <input checked="" type="checkbox"/>	Folio No. <input checked="" type="checkbox"/>	Libro No. _____
Patente de Comercio	Registro No. <input checked="" type="checkbox"/>	Folio No. <input checked="" type="checkbox"/>	Libro No. _____
C) De la Propiedad:			
No. De Finca	<input checked="" type="checkbox"/>	Folio No. <input checked="" type="checkbox"/>	Libro No. _____
_____ de _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.			
D) De la Empresa y/o persona individual:			
Número de Identificación Tributaria	(NIT):	<input type="checkbox"/> No aplica	
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN	
I.3 Teléfono <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/> Correo electrónico: <input type="checkbox"/> No aplica			
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)			
Caserío Cerro Granadilla, aldea el ciprés, San Raymundo, Guatemala			
Especificar Coordenadas Geográficas			
Coordenadas Geográficas Datum WGS84			

14°46'00,0"N			

90°36'00,0"W			

Continuación apéndice 1.

<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona , aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) Municipalidad de San Raymundo Guatemala</p>		
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo <p style="text-align: center;">No aplica</p> </p>		
<p>II. INFORMACION GENERAL</p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>		
<p>II.1 Etapa de Construcción</p>	<p>Operación</p>	<p>Abandono</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar • 1. Trazo y estaquedo • 2. Excavación para snja • 3. Afinamiento de sanja para colocar tubería • 4. colocación de tubería y fijación • 5. Excavación de pozo de visita • 6. Fundición de fondo de pozo • 7 Levantado de brocal • 8. fundición de tapadera • Insumos necesarios • 1, Cemento gris nacional • 2. Hierro corrugado de ½ • 3. Hierro corrugado de 3/8" • 4. Hierro liso grado 40 ¼" • 5. Alambre de amarre • 6. Piedrín ½ • 7 Arena de río • 8. Madera para formaleta • • Madera • Maquinaria • 1. Retroexcavadora <ul style="list-style-type: none"> • 2. Cargador frontal • 3. Camión de volteo • 3. Diesel • • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de trabajo • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en • Limpieza del área drenajes
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 3 850 mts²</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 2 750 mts²</p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 2 750 mts²</p>		

Continuación apéndice 1.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p style="text-align: center;"> NORTE __ viviendas _____ SUR __ viviendas _____ ESTE __ calle _____ OESTE __ calle _____ </p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p>		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Escuela pública	sur	6 mts
Viviendas	sur	6 mts
Viviendas	sur	6 mts
Viviendas	norte	6 mts
Viviendas	norte	6 mts
Viviendas	norte	6mts
<p>II.5 Dirección del viento: Norte, Sur</p>		
<p>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p> a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos () d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro () </p> <p>Detalle de la información __ninguno de los anteriores</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		
<p>II.7 Datos laborales</p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna (x) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada _____ x _____ Total empleados _____ x</p>		
<p>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</p> <p style="text-align: center;">Agua y combustibles</p>		

Continuación apéndice 1.

INSTRUCCIONES						PARA USO INTERNO DEL MARN	
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público						
	Pozo						
	Agua especial	x		particular		riego	Cisternas
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	x		particular		maquinaria	cisternas
	Diesel						
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p>							
<p>III. IMPACTO AL AIRE</p>							
<p>GASES Y PARTICULAS</p>							
<p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Debido a que el camino es de terracería se levanta polvo cuando pasan los vehículos y el material excavado por la acción del viento</p>							

Continuación apéndice 1.

<p>MITIGACIÓN</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Maquinaria y equipos utilizados deben tener filtros para reducir la emanación de contaminantes, durante el transporte de materiales los mismos deben cubrirse con lonas para evitar dispersión de partículas, mantenimiento de la carretera con humedad para evitar el polvo, todo el personal que labora en el campo deberá equiparse con mascarillas para evitar infecciones respiratorias.</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RUIDO Y VIBRACIONES</p> <p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? Ruido y vibraciones</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) Maquinaria y equipos</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? La maquinaria, herramienta y equipo a utilizar debe encontrarse en adecuadas condiciones de funcionamiento para minimizar las emisiones sonoras, como también equipar a todo el personal de campo con el equipo de protección especial. Además, se recomienda desarrollar los trabajos únicamente en jornada diurna. Se considera que este impacto es de duración temporal ya que el mismo se presenta durante el tiempo de ejecución de la obra.</p>	
<p>OLORES</p> <p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: el propósito del proyecto es precisamente evitar malos olores dentro de la población</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? Se hará tratamiento primario, fuera de la población</p>	
<p>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</p> <p>AGUAS RESIDUALES</p>	

Continuación apéndice 1.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES		
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p>		
<p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) x b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) <u>Otro</u>;</p>		
<p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado__15 mts³/día</p> <hr/> <hr/> <hr/>		
<p>IV.2 Indicar _____ el _____ número _____ de _____ servicios sanitarios _____</p> <hr/> <hr/> <p style="text-align: center;">_____25</p>		
<p>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento x b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) Entre OTros</p>		
<p>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior . Se descargará en pozo de absorción previo tratamiento.</p>		

Continuación apéndice 1.

<p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES) IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, entre otros.) No se considera la captación de agua de lluvia dentro del sistema propuesto.</p>	
<p>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</p>	
<p>DESECHOS SÓLIDOS VOLUMEN DE DESECHOS V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p>	
<p><input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p>	
<p><input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p>	
<p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p>	
<p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>	
<p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, entre otros.):</p> <p style="text-align: center;">Desechos de basura común</p>	
<p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad? No, ninguna</p>	
<p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado No, ninguno</p>	
<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado Se contratará una empresa especializada autorizada por el MARN para realizar el traslado</p>	
<p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero? Se contratará una empresa especializada autorizada por el MARN</p>	
<p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos) Se contratará una empresa especializada autorizada por el MARN para realizar el traslado y disposición final</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</p>	
<p>CONSUMO VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes)___NO</p>	

Continuación apéndice 1.

<p>VI. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____ NO</p> <p>b) Sistema privado _____ NO</p> <p>c) generación propia _____ NO</p>	
<p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p>SI _____ NO _____ X _____</p>	
<p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p> <p style="text-align: center;">Ninguno, porque no se necesita energía eléctrica</p>	
<p>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</p>	
<p>VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosques _____ - Animales _____ - Otros _____ <p>Especificar información _____ Existe bosque y animales domésticos que no se ven afectados en el proyecto a desarrollar</p>	
<p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?</p> <p style="text-align: center;">NO</p>	
<p>VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (x) Por qué?</p> <p style="text-align: center;">No, de ninguna manera</p>	
<p>VIII. TRANSPORTE</p>	
<p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos _____ variable _____</p> <p>b) Tipo de vehículo _____ diversos _____</p> <p>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ variable _____</p> <p>d) Horario de circulación vehicular _____ diurno _____</p> <p>e) Vías alternas _____ si hay _____</p>	
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</p>	
<p>ASPECTOS CULTURALES</p>	
<p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Hay diversidad cultural</p>	

Continuación apéndice 1.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada No existe ningún recurso cultural, natural o arqueológico en el área a desarrollar el proyecto</p>	
<p>ASPECTOS SOCIAL</p> <p>IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (x)</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias? ninguna</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? El vecindario no será afectado, al contrario, será beneficiado</p>	
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué?</p>	
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p>	
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: No representa ningún riesgo, pues es medicina preventiva</p>	
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p>	

Continuación apéndice 1.

Ampliar información: Durante la construcción se tomarán todas las precauciones necesarias
Equipo de protección personal X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (x) NO () X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Cascos, chalecos, guantes, calzado con punta de acero, lentes, orejeras, mascarillas. X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Trabajar solamente en jornada diurna para mitigar el ruido y la vibración

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.

**Diseño de red de alcantarillado sanitario caserío Cerro
Granadilla, San Raimundo, Guatemala**

Fuente: elaboración propia.

PLANTA PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO

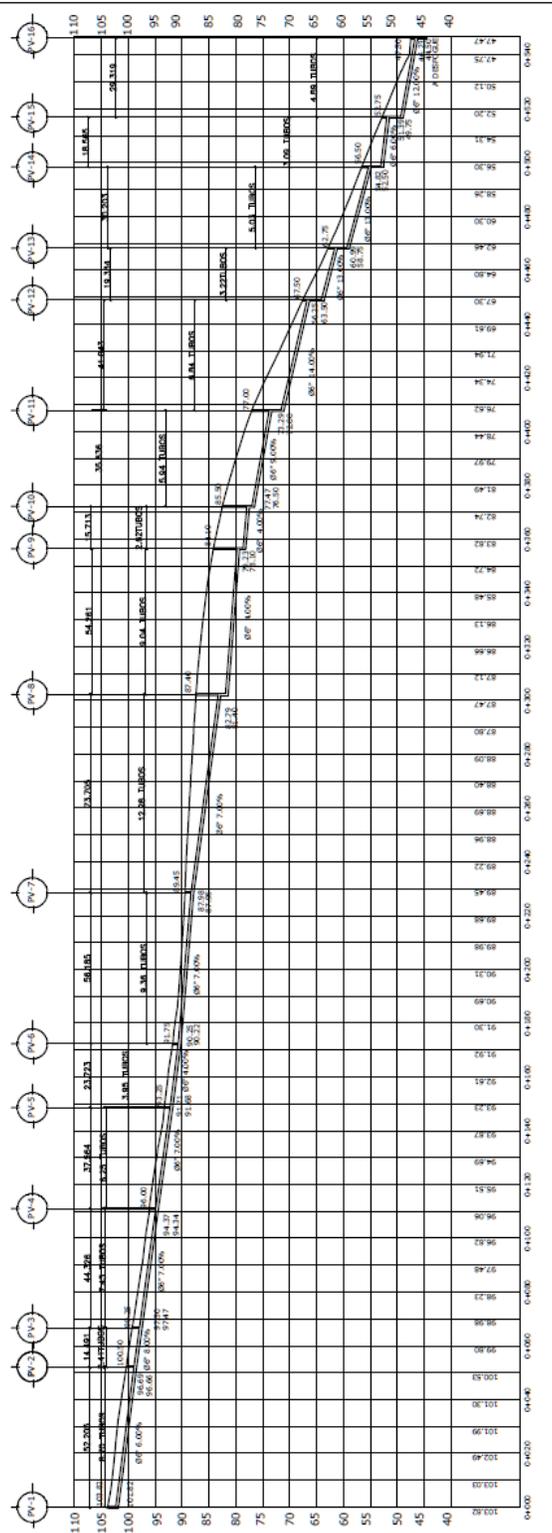
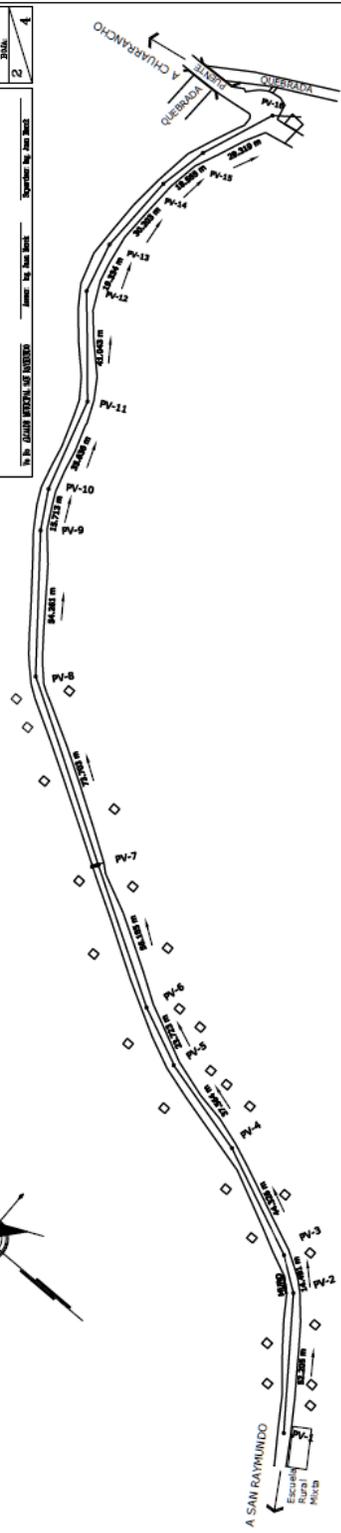
ESCALA: HORIZONTAL 1:1000 VERTICAL 1:800



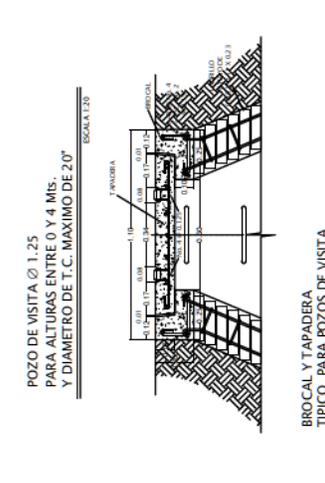
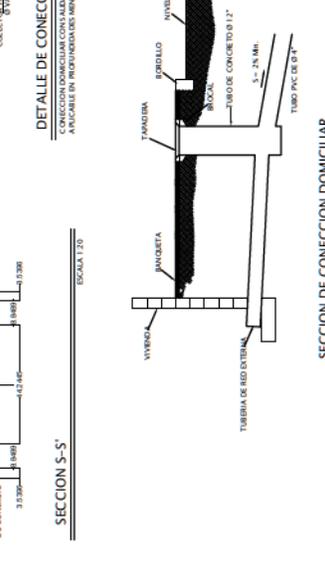
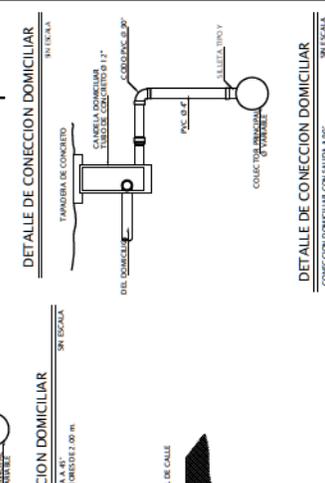
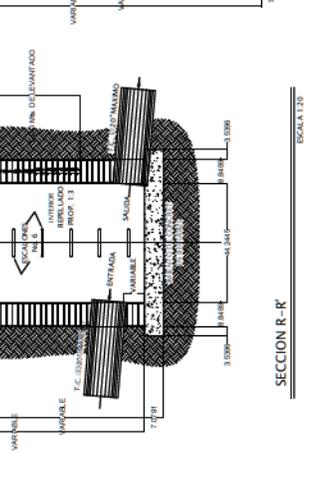
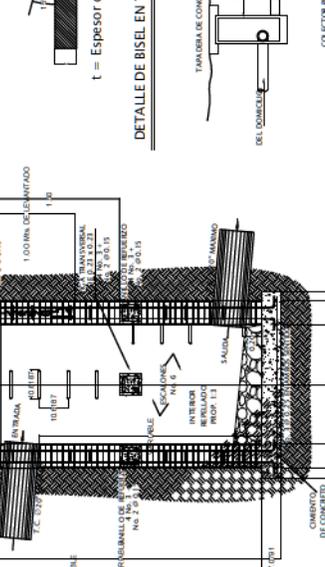
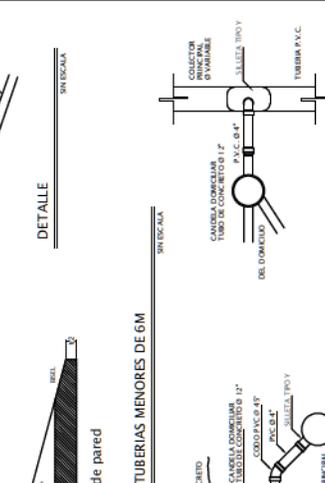
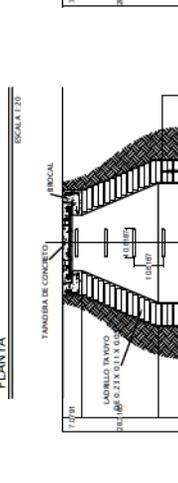
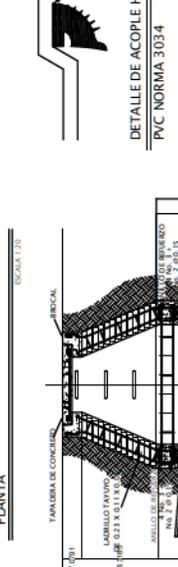
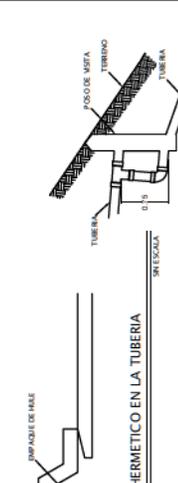
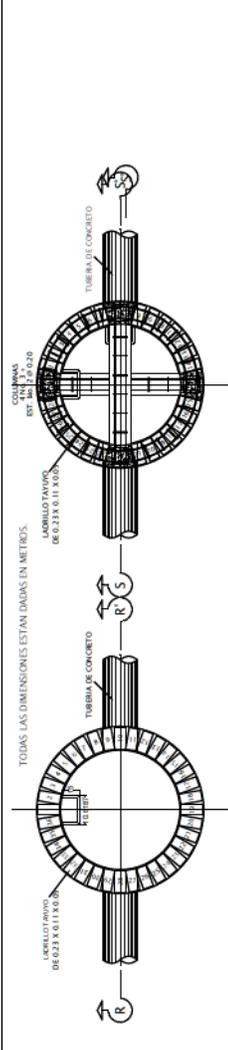
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PLANTA PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO
CITY: CASERIO CERRO GRANADILLA
CANTÓN: SAN RAYMUNDO, GUATEMALA

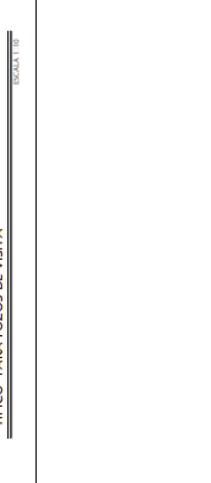
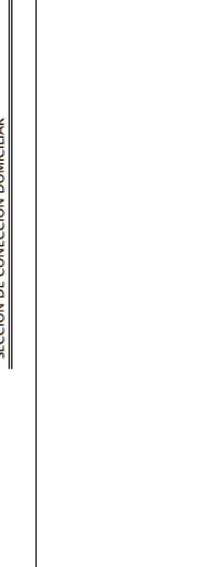
CLIENTE: MUNICIPIO DE SAN CARLOS
FECHA: OCTUBRE DE 2018
DISEÑO: Edén Arevalo Triana Chaves
CALCULO: Edén Arevalo Triana Chaves
REVISOR: Edén Arevalo Triana Chaves
AUTOR: Edén Arevalo Triana Chaves



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERIA <small>Escuela de Ingeniería Civil</small>	
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANTUARIO CASERIO CERRO GRANADILLA SAN RAFAEL, GUATEMALA		CLIENTE: COMUNIDAD DE POZOS DE VISITA	
FECHA: OCTUBRE DE 2010		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	
PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	
PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	
PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	
PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	
PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	
PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves		PROYECTISTA: Rafael Aracosta Pineda Chaves	



POZO DE VISITA Ø 1.25
 PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 4 MIS.
 Y DIAMETRO DE T.C. MAXIMO DE 20"



BROCAL Y TAPADERA
 TIPICO PARA POZOS DE VISITA


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO CERRO GRANADILLA
 LOCAL: SAN RAYMUNDO, GUATEMALA

CONSTRUCCION: FOSA SEPTICA Nombre: Fosa Septica Fecha: 15 de Agosto 2019 Lugar: San Raymundo, Guatemala	PLANTA: PLANTA FOSA SEPTICA Fecha: 15 de Agosto 2019 Lugar: San Raymundo, Guatemala
PROYECTISTA: E.P.S. INGENIERIA CIVIL	PROFESOR: Ing. Juan José
ESTUDIANTE: Ing. Juan José	OTRO:

