



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA
EL TULE, MUNICIPIO DE QUESADA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

Abner Isboseth Hilario Martínez

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA
EL TULE, MUNICIPIO DE QUESADA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ABNER ISBOSETH HILARIO MARTINEZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Liquez Santa Cruz
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA EL TULE, MUNICIPIO DE QUESADA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de febrero de 2010.

Abner Isboeth Hilario Martínez

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** En quien he puesto toda mi confianza, por demostrarme su grandeza por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida.
- Mis padres** Zacarías Hilario, Carmen Martínez; por todo el apoyo y amor incondicional que me brindaron en el transcurso de mi formación académica.
- Mi familia** Juana Vásquez, Zacarías, Joel, Isaías, Milton Danilo, Fernando, y Jaime Hilario Vásquez, por la comprensión recibida.
- Mis hermanos** Oscar, Hiram, Ervi, Saul, Damaris, Aholibama, Ester, y Mardoqueo Hilario Martínez, por su apoyo incondicional en todo momento.
- Mis tíos y primos** Daniel Choc Martínez, César Martínez Vásquez, y un agradecimiento especial a mis tíos Abel y Rubén Hilario Vásquez, quienes con su ejemplo nos hicieron continuar después de la primaria.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida, la salud, y que gracias a su ayuda pude alcanzar mis anhelos.
Mis amigos	Por la amistad y relación aprendizaje que formamos.
La Facultad de Ingeniería	Por permitir, ser parte de la familia de profesionales que con orgullo llevamos el título de ser San Carlistas.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi alma máter.
La Municipalidad de Quesada, Jutiapa	Por darme la oportunidad de poner en práctica lo aprendido en las aulas.
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Por el apoyo técnico y moral brindado en el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Investigación diagnóstica sobre necesidades de infraestructura y servicios básicos de la aldea El Tule, municipio de Quesada, Jutiapa	3
1.1.1. Identificación de las necesidades	8
1.1.2. Priorización de las necesidades	9
2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1. Descripción del proyecto	11
2.2. Levantamiento topográfico	11
2.2.1. Altimetría	11
2.2.2. Planimetría	12
2.2.3. Normas a usar	12
2.3. Tipo de sistema a usar	14
2.4. Período de diseño	14
2.5. Estimación de población de diseño	15
2.6. Determinación del caudal de diseño	15
2.6.1. Dotación	15

2.6.2.	Caudal medio diario.....	16
2.6.3.	Caudal máximo de origen doméstico.....	17
2.6.4.	Caudal de infiltración.....	18
2.6.5.	Caudal de conexiones ilícitas.....	19
2.6.6.	Caudal de diseño.....	19
2.7.	Determinación de pendientes.....	19
2.8.	Selección de tipo de tubería.....	20
2.9.	Velocidades máximas y mínimas.....	20
2.10.	Cotas invert.....	21
2.11.	Diámetro de tubería.....	21
2.12.	Pozos de visita.....	22
2.13.	Conexiones domiciliarias.....	22
2.14.	Profundidad de tubería.....	24
2.15.	Principios hidráulicos.....	24
2.16.	Planos.....	27
2.17.	Desfogue de aguas negras.....	28
2.17.1.	Ubicación.....	28
2.17.2.	Tipo de desfogue.....	28
2.18.	Propuesta de sistema de tratamiento de aguas servidas.....	28
2.18.1.	Fosas sépticas y pozos de absorción.....	29
2.18.2.	Especificaciones de los pozos de absorción.....	30
2.19.	Presupuesto.....	31
2.20.	Evaluación socioeconómica.....	32
2.20.1.	Valor presente neto.....	32
2.20.2.	Tasa interna de retorno.....	35
2.21.	Evaluación de impacto ambiental.....	36
2.21.1.	Definición de EIA.....	36
2.21.2.	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales.....	37

2.21.2.1.	Impactos negativos potenciales sobre recursos hídricos	37
2.21.2.2.	Impactos negativos potenciales sobre los recursos atmosféricos y medio sonoro	38
2.21.2.3.	Impactos negativos potenciales sobre el recurso suelo	38
2.21.2.4.	Impactos negativos potenciales sobre el medio socioeconómico y cultural	38
2.21.3.	Análisis de riesgos y planes de contingencia	39
2.21.4.	Escenario ambiental modificado por el desarrollo del proyecto	40
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		43
BIBLIOGRAFÍA		45
APÉNDICES		47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Fotografía área de la aldea El Tule 4

TABLAS

- I. Especificaciones hidráulicas..... 25
- II. Cuadro de integración 31
- III. Valor presente neto 34

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área de cuenca en hectáreas (para $Q=CiA$)
Az	Azimut
BM	Banco de marca
Q	Caudal en metros cúbicos por segundo
c	Coeficiente de escorrentía
n	Coeficiente de rugosidad
π	Constante $PI = 3.1416$
D	Diámetro de tubería expresada en metros
Est	Estación
FH	Factor de Harmond
i	Intensidad promedio de lluvia
Lts/hab/día	Litros por habitante día
mm	Milímetros
mm/hr	Milímetros por hora
S%	Pendiente en porcentaje
PV	Pozo de visita
Rh	Radio hidráulico (para fórmula de Manning)
TIR	Tasa interna de retorno
t	Tiempo de concentración en minutos
VPN	Valor presente neto
V	Velocidad en metros por segundo

GLOSARIO

Altimetría	Parte de la topografía que se ocupa de la determinación de niveles de una superficie, con las indicaciones necesarias para asignar a cada punto su cota correspondiente.
Banco de Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda, y que las conduce al sistema de drenaje.
Caudal	Es el volumen de agua que pasa por una sección de flujo por unidad de tiempo. El caudal se expresa en litros por segundo.
Concentración	Tiempo que utiliza una gota de agua en llegar desde el punto más lejano de la cuenca hasta alcanzar el punto de descarga.
Conexión Cotas <i>invert</i>	Cota de la parte inferior e interior del tubo instalado.

Domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras del interior de la vivienda hasta el frente de ésta, donde se encuentra con la candela domiciliar.
Dotación	Volumen de agua consumida por una persona en un día, se expresa en litros habitante día.
Efluente	Aguas residuales descargadas por un ente generador.
Factor de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, ésta en relación con la población.
Marca	Punto de altimetría, cuya altura se conoce y se utilizará para determinar las alturas siguientes.
Residuales	Son los desperdicios líquidos y sólidos transportados por aguas procedentes de la actividad humana, en viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Taquimetría	Procedimiento simplificado de levantamiento de planos que se realiza mediante el taquímetro.
Tiempo de concentración	Tiempo que utiliza una gota de agua en llegar desde el punto más lejano de la cuenca hasta alcanzar el punto de descarga.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, contiene información sobre la aldea El Tule, en el municipio de Quesada, Jutiapa, en el cual se desarrolló la investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de la región en cuestión.

En conjunto con las autoridades municipales se desarrollaron consultas a los pobladores sobre sus prioridades, sobresaliendo la parte de salud como área de vital importancia.

Como resultado de esta investigación se determinó que deberá atenderse lo siguiente:

La aldea El Tule, tiene como prioridad, el diseño de red de alcantarillado sanitario, por lo que se hizo el estudio técnico correspondiente, que incluye, topografía, diseño geométrico, línea principal, desfogue, elaboración de planos y presupuesto.

OBJETIVOS

General

Proponer una solución de la gran cantidad de necesidades que se tienen en los municipios en el interior de la república, en este caso la aldea El Tule, municipio de Quesada, Jutiapa.

Específicos

1. Desarrollar una investigación diagnóstica, sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea El Tule, municipio de Quesada, Jutiapa.
2. Capacitar al personal de la Municipalidad de Quesada, sobre aspectos relacionados al mantenimiento del sistema de alcantarillado.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene la elaboración de un proyecto de diseño de red de sistema de alcantarillado sanitario de la aldea El Tule, del municipio de Quesada, del departamento de Jutiapa. Esta comunidad en la actualidad no cuenta con la infraestructura técnicamente eficiente para la evacuación de aguas servidas. Los beneficios que se podrían obtener serían en el sector salud, y ornato, mejorando así la calidad de vida en la población, eliminando la contaminación por malos olores, contaminación en el aspecto visual y erradicar por completo posibles contactos o manipulación accidental de excretas contaminadas por parte de seres humanos o animales.

El informe final está conformado por los siguientes capítulos:

En el primer capítulo se presenta una investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de la aldea El Tule,

En el segundo capítulo se presentan los aspectos técnicos que intervienen en el diseño de la red de alcantarillado sanitario de la aldea El Tule. En la parte final se presentan las conclusiones y recomendaciones, planos y presupuesto respectivo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

A continuación se detallan aspectos que se relacionan con la monografía realizada en el municipio de Quesada, Jutiapa, en donde se realizó este trabajo de graduación.

Aquí se detallan todos aquellos elementos característicos del lugar como su historia, ubicación geográfica, hidrografía, religión, etc.

Características del municipio de Quesada, Jutiapa. El departamento de Jutiapa pertenece a la Región IV sur-oriental. Quesada es uno de los 17 municipios que integran el departamento de Jutiapa, localizado en la parte sur-oriental de la cabecera departamental, con una altitud de 980 metros sobre el nivel mar, y una extensión territorial de 84.00 kilómetros cuadrados, que representa el 18% de la extensión departamental (8 600 kilómetros cuadrados).

Ubicación geográfica del municipio de Quesada, Jutiapa: sus límites territoriales son: al norte, con el municipio de Casillas, Santa Rosa, al este, con Jutiapa, al oeste, con San José Acatempa, al sur, con el municipio de Jalpatagua y Jutiapa.

Distancia del municipio a la capital: la distancia de la ciudad capital de Guatemala a la cabecera del municipio es de 104 kilómetros Vía carretera al Salvador, Barberena Santa Rosa. Con carretera asfaltada, transitable todo el año.

Hidrografía: se destacan tres cauces en el municipio, siendo éstos: el río Tempisque, río Las Lajas, y el río Uluminas.

Fiesta titular: la fiesta titular se celebra del 25 al 30 de noviembre respectivamente, en honor a la Virgen de Santa Catarina Mártir, patrona del lugar. Durante la fiesta patronal se realizan actividades deportivas, sociales y comerciales.

Religión: Católica, Evangélica, Mormona, Testigos de Jehová, y Adventista. Predominando la religión Católica.

Idioma: la mayor parte de la población se compone de ladinos, solo un bajo porcentaje pertenece a la etnia xinca, por lo que el idioma predominante es el español.

Vías de telecomunicación: cuenta con servicio de telefonía, correos y telégrafos, radio y televisión, internet.

Transporte: terrestre, de Quesada a El Tule y viceversa.

1.1. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de la aldea El Tule, del municipio de Quesada, Jutiapa

Breve reseña histórica. Derivado de la política agraria colonial surgió una migración de españoles, criollos, mestizos, mulatos y un grupo reducido de indígenas hacia tierras del oriente de Guatemala, y es aquí donde se fundó la Hacienda Quesada. La Hacienda fue titulada en 1740, ante el gobierno español, a nombre de don Domingo López de Urruela, originario del pueblo de Quesada, en la provincia de Jaén de la comunidad de Andalucía, España, bautizando a la Hacienda con el nombre de Santa Catalina de Quesada.

El municipio de Quesada fue creado por Acuerdo Gubernativo de fecha 18 de junio de 1897, siendo presidente de la república el general José María Reina Barrios. Poco a poco han ido alcanzando metas de civilización y desarrollo que lo colocan entre los principales municipios del departamento.

Ubicación geográfica y situación demográfica: Quesada está conformada por las siguientes comunidades:

- Aldea San Diego, caseríos La Pava, La Libertad y El Calvario
- Aldea Santa Gertrudis
- Aldea El Tule
- Aldea Las Quebradas, caseríos El Amate y el Zarzalito
- Aldea Los Potrerillos, con el caserío Bordo Alto
- Aldea La Brea, con el caserío Laguna Seca
- Aldea El Salitrillo, con el caserío Los Comunes
- Aldeas: El Chaparrón, El Pinito, Buena Vista, El Retiro, El Júcaro, San Fernando y El Jocote.

Aspectos económicos y actividades productivas: la economía en la región es impulsada principalmente por el sector ganadero, mientras que el cultivo del maíz, frijol, arroz, y otros cultivos son utilizados para consumo familiar.

Actividad agropecuaria y comercial, uso de la tierra: el suelo en que se ubica Quesada, es un área boscosa, de laderas pedregosas y empinadas, que no son aptas para la plantación del maíz, no obstante, es utilizado para el autoconsumo. Estos suelos son útiles para pastos y bosques. Las unidades bioclimáticas y los suelos predominantes en la comunidad poseen las características siguientes:

Bosque subtropical húmedo – subtropical seco

Clima, según la estación meteorológica Quesada, ubicada en Quesada (Lat. = 141,558- Long. = 900216, - Altitud = 980)

Altitud. 900 a 980 metros sobre el nivel del mar

Precipitación pluvial anual. 612.2 a 2,053 milímetros, y la época lluviosa inicia en mayo finalizando en noviembre.

Temperatura media anual. 21.8 a 23.8 grados Celsius

Suelos: la mayoría de los suelos de Quesada son rocosos y pedregosos, no aptas para cultivo en el área de la altiplanicie central, mientras que en los suelos del litoral del pacífico son suelos fértiles y productivos, de fácil manejo, salvo una pequeña porción mal drenada.

Actividad agropecuaria: el territorio destinado a la producción agrícola se dedica a los siguientes cultivos:

Granos: el maíz y el frijol (negro, blanco y rojo), en un 80% son destinados para el consumo familiar. Se cultiva además café, tabaco, el sorgo, y el jocote de corona.

La producción ganadera: es alta, siendo las carnes de bovino, los productos lácteos y porcinos, los de mayor demanda. La producción avícola está constituida por aves de corral (gallinas, patos, pavos) el 100% de estos productos son de consumo familiar. La mayor parte de los productos son destinados a la comercialización local, mientras que el resto es de consumo familiar.

Infraestructura: la infraestructura que contribuye social y económicamente a la población es la siguiente:

Sistema vial: el acceso a la aldea El Tule, se hace por medio de carretera asfaltada desde la cabecera municipal, habiendo una distancia de 18 kilómetros, los cuales se hacen en carro en 15 minutos. Ésta vía es transitable todo el año.

Mercado: en la aldea El Tule no existe mercado, por lo que las familias adquieren los productos que necesitan en la cabecera municipal de Quesada, además, no cuentan con la infraestructura necesaria para realizarlo.

Instalaciones: la comunidad cuenta con 265 viviendas. El promedio de personas por vivienda es de 6, siendo éstas de dos a tres ambientes. Las viviendas están construidas principalmente de madera, pero también las hay de block, en los siguientes porcentajes 64% y 36% respectivamente. Todos los techos en la comunidad son de lámina.

La energía eléctrica está disponible en la mayoría de las viviendas de la comunidad (76%), por medio sistema eléctrico, mientras que las restantes (24%), carecen de este servicio. La aldea El Tule cuenta con servicio de agua potable, el cual beneficia a la mayor parte de las viviendas. El suministro de agua no siempre es constante por que la comunidad es grande. El resto de hogares se abastecen de agua por medio de pozos. Para la eliminación de desechos líquidos, heces fecales principalmente, 30 viviendas (18%) cuenta con letrinas, el 82% con pozos ciegos. Pero las aguas servidas van a dar a flor de tierra contaminando el recurso suelo.

Salud: la comunidad cuenta con un puesto de salud, con la presencia de enfermeros y médicos, que atienden en el puesto de salud de lunes a viernes todo el año. Además, se cuenta con un promotor de salud, cinco comadronas capacitadas y cinco comadronas tradicionales, a los cuales acuden las personas en busca de asistencia ante diversas enfermedades comunes o para la atención de las mujeres embarazadas y el parto, en el caso de las comadronas.

Transporte: para movilizarse hacia Quesada, disponen de transporte público por carretera.

Cementerio: existen dos dentro de la comunidad.

Deportes: cuentan con cancha para la práctica de fútbol, básquetbol, y voleibol.

Religión: de todos los habitantes de la aldea El Tule, se calcula que el 65 % pertenecen a la religión católica, 25 % a la religión evangélica, mientras que el 10 % no participan en ninguna actividad religiosa.

Idioma: el idioma predominante en las familias es español.

Comunicaciones y turismo: la oficina de correos y telégrafos más cercana se encuentra a 18 Kilómetros en la cabecera municipal. La aldea El Tule cuenta con servicio de telefonía celular, internet, esto ha favorecido a la comunidad en casos de emergencias.

Las ruinas de Pepe Milla es un destino turístico ubicado en la aldea Los Comunes, a cuatro kilómetros de la cabecera municipal, así como el balneario ubicado en el rio de Paz, a seis kilómetros de la cabecera municipal.

Educación: la aldea El Tule cuenta con un edificio escolar de nivel primario. La educación se imparte de en español como idioma de enseñanza. El nivel de escolaridad de los habitantes de la aldea El Tule es bajo, ya que la mayor parte de la población adulta no tuvo posibilidades de recibir educación primaria.

1.1.1. Identificación de las necesidades

Por medio del diagnóstico comunitario, se pudo establecer que las necesidades básicas de la comunidad, se enfatiza en los sectores educación y salud.

La comunidad cuenta con las siguientes obras de infraestructura: agua potable, energía eléctrica, puesto de salud, escuela primaria, camino de acceso a la población. De acuerdo a la información obtenida en la fase de diagnóstico, así como de la aportada por el alcalde auxiliar y personas de la aldea, las necesidades más urgentes a cubrir son:

- Diseño de drenaje sanitario de la comunidad
- Ampliación de instalaciones del instituto de telesecundaria, para dar cabida al magisterio
- Introducción de letrinas mejoradas
- Construcción de salón comunal

1.1.2. Priorización de las necesidades

Basado en los criterios demográficos, socioeconómicos, población a beneficiar, se determinó la priorización de las necesidades para la comunidad y son las siguientes: diseño de sistema de alcantarillado, ampliación del instituto de telesecundaria, y letrinización.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

Contribuyendo para la solución de las necesidades que se tienen en los municipios del interior de la república, y conscientes de las carencias de profesionales en estos lugares para hacer propuestas profesionales para la solución de las necesidades, se desarrolla un proyecto en oriente del país.

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de red de alcantarillado sanitario de la aldea El Tule del municipio de Quesada, Jutiapa, la cual tiene una longitud de 5,545 metros. La población a beneficiar directamente es de 265 familias, las cuales serán beneficiadas por la construcción del mismo.

2.2. Levantamiento topográfico

Consiste en la obtención de información de campo para realizar el diseño en gabinete, es una serie de procesos de los cuales depende en gran parte el tipo de diseño que se realice, ya que en ésta se efectúa la selección de ruta y el levantamiento topográfico.

2.2.1. Altimetría

La altimetría permite conocer la sección vertical del terreno, y la pendiente del terreno natural, para diseñar el tipo de obra que se desea construir, en este caso el diseño es de alcantarillado sanitario.

El equipo utilizado fue: estación total marca sokkia.

2.2.2. Planimetría

La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta), que se supone es la superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales. El levantamiento planimétrico se realizó por medio de una poligonal abierta utilizando una estación total marca sokkia.

2.2.3. Normas a usar

Las normas a utilizar son las sugeridas por los reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes según Empresa Municipal de Agua (Empagua) e Instituto de Fomento Municipal (INFOM), en lo que se refiere al diseño hidráulico del sistema de alcantarillado.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, será de 6", el cual podrá aumentar cuando a criterio del ingeniero diseñador, sea necesario. Este cambio puede ser por influencia de la pendiente, del caudal o de la velocidad.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC, usando en este último caso un reductor de 4"x3" como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliario, la cual será un diámetro mínimo de 12".

La velocidad máxima será de 2.5 m/seg, y la velocidad mínima será de 0.60 m/seg.

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de un metro, más el diámetro interior y el espesor del tubo.

Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de tres metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

Respecto a las aguas residuales, se trabajará con lo descrito en el Acuerdo Gubernativo Número 236-2006: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.

El efluente será de aguas ordinarias sin reuso. Se recomienda tener operativo un sistema de tratamiento primario como mínimo, a más tardar en mayo de 2015, y cumplir con los límites permisibles establecidos en el Artículo 24, Inciso b) de este reglamento.

Los lodos provenientes de esta actividad pueden ser dispuestos en el suelo como abono o compost, en rellenos sanitarios, confinados o aislados, o una combinación de lo anteriormente descrito. Siempre y cuando cumplan con los parámetros descritos en el Artículo 42 de este reglamento.

De ninguna manera se permitirá su disposición final en alcantarillas o cuerpos de aguas superficiales o subterráneas, o su aplicación como abono para cultivos, que puedan consumirse crudos o precocidos, como en hortalizas y frutas.

2.3. Tipo de sistema a usar

De acuerdo con su finalidad existen tres tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico. Estos son los siguientes:

- Sistema sanitario.
Este se utiliza para conducir únicamente aguas negras residuales.
- Sistema separativo.
Éste consiste en dos líneas de tuberías independientes, una para las aguas negras y otra para las aguas de lluvia, es importante que también existan drenajes separativos en el interior de los edificios a servir.
- Sistema combinado.
Se diseña para que transporte aguas negras y las aguas provenientes de las lluvias.

El tipo de sistema a diseñar será el Sanitario, dado que en él correrá únicamente aguas negras producidas de las viviendas.

2.4. Período de diseño

El período de diseño adoptado para todos los componentes del sistema de este proyecto es de treinta y un años, considerando un año adicional de gestión para obtener el financiamiento y para la construcción del mismo. Tomando en cuenta los siguientes aspectos; los recursos económicos con que cuenta la aldea y la vida útil de los materiales.

2.5. Estimación de población de diseño

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en un periodo establecido, se aplicó el método de Incremento Geométrico, por ser el que más se adapta al crecimiento real de la población en el medio. La fórmula para calcular la población futura (población de diseño) es:

$$P_f = P_0(1 + r)^n$$

En donde:

P_f = Población futura

P_0 = Población del último censo o actual = 1 590 habitantes

r = Tasa de crecimiento poblacional = 3,28%; dato tomado del censo de población reciente (INE 2002).

n = Período de diseño = 31 años

$P_f = 1\,590(1+0,0328)^{31} = 4\,324$ habitantes

2.6. Determinación del caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño se considera el factor de acuerdo a las condiciones en donde el caudal es máximo, que para nuestro caso se usará el factor de Harmond.

2.6.1. Dotación

Factor de flujo instantáneo también se le conoce como factor de Harmond, representa la posibilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad, indica la relación entre el caudal domiciliar máximo y el caudal medio.

El factor de flujo no es constante para todo el sistema de alcantarillado, sino por el contrario varía para cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados en ese tramo particular, por lo tanto, también es diferente el factor de flujo actual con el valor de flujo futuro, ya que la población varía. Se calcula de la siguiente manera:

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

En donde P = población en miles

Es necesario determinar este valor para realizar un diseño que considere todas las posibles aportaciones y asegurar el funcionamiento del sistema en condiciones severas de aportaciones máximas por uso doméstico.

Ejemplo de tramo:

Tramo PV1,52 – PV1,53

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0,047}}{4 + \sqrt{0,047}} = 4,32$$

2.6.2. Caudal medio diario

El caudal medio diario se calculará con una contribución mínima de 200 litros diarios por habitante/día considerando la población de diseño. En cada caso se harán consideraciones con el fin de establecer si es necesaria la adopción de un caudal mayor que el arriba anotado por existir industrias o en previsión de desarrollos industriales, recreativos u otros.

2.6.3. Caudal máximo de origen doméstico

Será calculado para cada tramo en base al número de conexiones futuras que contribuyan al tramo, encontrándose tres casos para su cálculo, los cuales serán:

- Para tramos que tengan una contribución de menos de 100 conexiones futuras, se determinará según la fórmula:

$$q = 0,45(n - 1)0,5$$

Siendo:

q = Caudal máximo

n = Número de conexiones

- Para tramos que tengan contribución de 100 a 1000 conexiones futuras, se determinará según la fórmula:

$$q = 0,75\% \text{ del caudal medio} * \left(\frac{18 + \sqrt{p}}{4 + \sqrt{p}} \right)$$

Siendo: q = Caudal máximo

p = población tributaria en miles de habitantes.

Expresado en función de las conexiones (n) es:

$$q = 0,75 * n * 6 * \frac{200}{86\ 400} * \left[\frac{18 + \sqrt{p}}{4 + \sqrt{p}} \right]$$

- Para tramos que tengan contribución de más de 1,000 conexiones se usará el caudal de hora máxima

$$q = n * \frac{6\,920\,092,5}{86\,400}$$

Para el diseño de alcantarillado de la aldea El Tule se utilizará la fórmula donde se tenga contribución de 100 a 1000 conexiones futuras. Utilizando la relación de seis habitantes por conexión, para determinar el número de conexiones futuras por tramo.

2.6.4. Caudal de infiltración

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

Los caudales por cada kilómetro de tubería que contribuya al tramo se estimarán, calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar así, en litros por segundo:

- Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático
Tuberías de cemento: $q_i = 0,025 * \text{diámetro en pulgadas}$
Tuberías de PVC: $q_i = 0,01 * \text{diámetro en pulgadas}$
- Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático
Tuberías de cemento: $q_i = 0,15 * \text{diámetro en pulgadas}$
Tuberías de PVC: $q_i = 0,02 * \text{diámetro en pulgadas}$

2.6.5. Caudal de conexiones ilícitas

Corresponde básicamente a la incorporación de los desagües pluviales (provenientes de techos y patios) a la red sanitaria; se deben evaluar tales caudales y adicionarlos al caudal de diseño. Para su estimación se recomienda calcularlo como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar estas conexiones ilícitas que varía entre 0,2 a 2,5 %.

Para calcular el caudal de conexiones ilícitas, se tomará un 10 por ciento del caudal doméstico, según lo recomendado por el reglamento de diseño de alcantarillas y drenajes de EMPAGUA y el INFOM.

2.6.6. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de alcantarillado o drenaje, es la suma de:

- Caudal máximo de origen doméstico
- Caudal de infiltración
- caudal conexiones ilícitas

2.7. Determinación de pendientes

La pendiente que se procura seguir es la paralela a la del terreno. Usando ésta pendiente y el diámetro, se puede obtener la capacidad del tubo en lts/seg y la velocidad a sección llena.

La pendiente mínima en los colectores es la que provoca las velocidades iguales o mayores a 0,60 m/seg y la pendiente máxima la que provoca velocidades menores o iguales a 2,5 m/seg en tuberías de PVC.

2.8. Selección de tipo de tubería

Los alcantarillados sanitarios requieren materiales y estructuras regularmente fuertes, para contrarrestar continuamente presiones externas, aunque no requieren una gran resistencia contra la presión interna, excepto en casos específicos. Las tuberías más utilizadas comúnmente son:

- Tubos de concreto
- Tubos de cloruro de polivinilo (P.V.C.)

2.9. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad mínima, está condicionada por las materias orgánicas e inorgánicas que se sedimentan debido al efecto de estancamiento. Si la velocidad no es lo suficiente para arrastrarlas, se irán acumulando hasta taponar las tuberías.

Por otro lado las velocidades altas causan erosión en las tuberías, pues, los materiales abrasivos como la arena desgastan las partes interiores de las mismas a menos que se mantengan las velocidades.

Por eso se aconseja que la velocidad de flujo no sea menor que 0,60m/s ni mayor de 2,50m/s, estos valores se aplican para tubería de P.V.C.

2.10. Cotas invert

Es la cota que determina la localización de la parte inferior e interior de la tubería, se calcula basado en la pendiente y la distancia del tramo respectivo.

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

$$CI = CT - (H \text{ min} + Et + \emptyset \text{ tubo})$$

$$CTf = Cti - (Do \times S\% \text{ terreno})$$

dónde:

CI = Cota invert inicial

CTf = Cota del terreno final

Do = Distancia horizontal

S% = Pendiente de la tubería

Cti = Cota de terreno inicial

Et = Espesor de tubería

2.11. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo de la tubería según normas de la dirección de obras públicas, es de 8 pulgadas (0,20 m) para alcantarillado sanitario y 10 pulgadas (0,25 m) para pluvial y combinado.

Aun cuando el cálculo de como resultado un diámetro menor a 8 pulgadas, se utiliza 8 pulgadas. Esto es para tubería de concreto, ya que para la tubería de PVC el mínimo es de 6 pulgadas.

2.12. Pozos de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medio de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En todo cambio de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección o de pendiente
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 o 120 metros
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros

En este proyecto los pozos de visita serán de sección circular, y con un diámetro de 1,20 metros; las paredes serán de ladrillo tayuyo y su colocación será en punta y en el fondo se hará una losa de concreto armado. La parte superior tendrá forma de cono truncado y llevará una tapadera de forma circular de concreto armado. Se podrá penetrar en él, cuando sea necesario efectuar una limpieza. Se colocaran escalones o gradas en forma de zig-zag.

2.13. Conexiones domiciliarias

Éstas tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central, ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico.

Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de agua subterránea y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T.

Está compuesta por las siguientes partes:

- Caja de registro o candela domiciliar. La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o tubos de concreto colocados verticalmente, el lado menor de la caja será de 45cm.; si fuese circular el diámetro no podrá ser menor de 12pulg., debe tener una tapadera para poder realizar inspecciones, la altura mínima será de 1 metro.
- Tubería secundaria. La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas, en tubería de concreto y de 4 pulgadas. En tubería de PVC debe tener una pendiente mínima de 2 %.

En este proyecto, para la caja de registro se colocarán tubos de concreto de 12 pulgadas, con altura de 1 metro y una tapadera de concreto armado; y la tubería secundaria será de 6 pulgadas por ser tubería de concreto.

2.14. Profundidad de la tubería

La profundidad de instalación de tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño de los conductos debido a las cargas vivas, principalmente las transmitidas por el tránsito vehicular. Se deben situar a suficiente profundidad para permitir el drenaje por gravedad de todas las residencias a las que presten servicios. La profundidad mínima recomendada es de 1.20 metros.

2.15. Principios hidráulicos

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad y caudal, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial.

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las siguientes fórmulas:

$$V = \frac{0,03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2} \quad (\text{fórmula de Manning})$$

En donde:

n = Coeficiente de rugosidad

D = Diámetro de tubería en pulgadas

S = Pendiente de la tubería

$$Q = A * V \text{ (fórmula del caudal a sección llena)}$$

En donde:

A = Área de la sección de tubería en metro cuadrados

V = Velocidad en metros por segundo

Con estas fórmulas se procederá a obtener la relación de caudales (q/Q), donde q es el caudal de diseño y Q caudal a sección llena. Teniendo el resultado de la relación de caudales, se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, la de velocidad (v/V) y la de tirante (d/D).

Debiendo tomar en cuenta o en consideración las especificaciones hidráulicas siguientes:

Tabla I. **Especificaciones hidráulicas**

	SANITARIO	PLUVIAL
Caudal	$Q_{dis} < Q_{sec \text{ llena}}$	$Q_{dis} < Q_{sec \text{ llena}}$
Velocidad	0,6 < v < 3,00 (T. C.) 0,6 < v < 2,50 (P.V.C.)	0.6 < v < 3.00 (T.C.) 0.4 < v < 5.00 (P.V.C.)
Tirante	$0,1 \leq d/D \leq 0,75$	$d/D \leq 0,90$
Diámetro	8 pulgadas (T.C.) 6 pulgadas (PVC)	10 pulgadas

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo del tramo PV1,46 – PV1,47:

Tramo PV1,46 – PV1,47

Actual

$$F_{qm} = 0,0024$$

$$P_f = 84 \text{ hab.}$$

$$FH = 4,26$$

$$Q_{dis} = 0,85 \text{ lts/seg}$$

Futuro

$$F_{qm} = 0,0024$$

$$P_f = 165 \text{ hab.}$$

$$FH = 4,18$$

$$Q_{dis} = 1,63 \text{ lts/seg}$$

Velocidad sección llena

$$V = \frac{0,03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = \frac{0,03429}{0,010} * 6^{2/3} * 0,077^{1/2}$$

$$V = 3,14 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena

$$Q = A * V$$

$$Q = 3,14 * \left[\frac{P_i}{4} (6 * 0,0254)^2 \right] * 1000$$

$$Q = 57,28 \text{ l/seg}$$

Relaciones hidráulicas

Actual

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,85}{57,28} = 0,0148$$

Futuro

$$\frac{q}{Q} = \frac{1,63}{57,28} = 0,0284$$

Relación d/D y v/V

Tomando el valor de q/Q se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, d/D y v/V , y se obtienen los siguientes valores:

$$\frac{d}{D} = 0,085 = \text{(no cumple la condición } 0,10 \leq d / D \leq 0,75 \text{) Actual}$$

$$\frac{d}{D} = 0,1150 = \text{(si cumple la condición } 0,10 \leq d / D \leq 0,75 \text{) Futuro}$$

Actual

$$\frac{v}{V} = 0,361, \text{ despejando } v$$

$$v = 0,361 \times V \text{ (sec. Llena)} = 0,361 \times 3,14 = 1,13 \text{ m/seg (cumple } 0,6 < v < 2,50)$$

Futuro

$$\frac{v}{V} = 0,439, \text{ despejando } v$$

$$v = 0,439 \times V \text{ (sec. Llena)} = 0,439 \times 3,14 = 1,37 \text{ m/seg (cumple } 0,6 < v < 2,50)$$

2.16. Planos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Éstos son representaciones gráficas que detallan todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto. Sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes elementos del mismo. Los planos elaborados para el drenaje sanitario se presentan en el apéndice, y son:

- Plano de planta general
- Planos de planta, perfil + tubería
- Plano de detalles de pozo de visita y conexiones domiciliarias

2.17. Desfogue de aguas negras

Para el sistema de alcantarillado de la aldea El Tule, se ha considerado un sistema de fosas sépticas y pozos de absorción.

2.17.1. Ubicación

Se tiene contemplado tres puntos para desfogue, sin ningún uso actual. El terreno se podrá utilizar sin problema, ya que la comunidad llegó a un acuerdo entre vecinos y la Municipalidad de Quesada.

2.17.2. Tipo de desfogue

El desfogue consistirá en fosa séptica y pozos de absorción que serán colocados después del tratamiento de aguas servidas.

2.18. Propuesta de sistema de tratamiento de aguas servidas

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen sólidos en suspensión (desechos), provenientes de las actividades de los seres humanos. Con el tiempo cambian a un color negro y su olor es ofensivo.

Las razones para tratar las aguas negras se pueden resumir de la siguiente manera:

- Consideraciones higiénicas: eliminar o reducir al máximo los organismos patógenos de origen entérico, para evitar la contaminación que contribuya a trastornos orgánicos a personas.
- Consideraciones estéticas: eliminar todas aquellas materias orgánicas o de otro tipo que son ofensivas para el bienestar y salud de las comunidades; que inciden en el aspecto estético y urbanístico de los sectores cercanos a donde escurren las aguas negras.
- Consideraciones económicas: las aguas negras sin tratamientos, diluidas a un río, lago u otro podrían desvalorizar la propiedad; perjudican los servicios de agua para consumo humano, industrial y disminuyen la cantidad del agua de regadillo.

Los tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales que hay son:

- Sistema primario
- Sistema secundario
- Sistema terciario

2.18.1. Fosas sépticas y pozo de absorción

Un proceso de tratamiento de las aguas residuales que suele usarse para los residuos domésticos es la fosa séptica, que es una estructura de concreto o mampostería reforzada en la que se sedimentan los sólidos en suspensión.

El efluente de la fosa, que es agua con menos contenido de materia orgánica; deberá enviarse a un sistema de oxidación para complementar el tratamiento, esta oxidación se puede realizar mediante pozos de absorción.

La materia flotante y los sólidos depositados pueden conservarse entre seis meses y varios años durante los cuales se descomponen anaeróbicamente.

Para el mantenimiento se recomienda, tener en cuenta los tiempos para las acciones de limpieza, la que depende de la intensidad de su uso; hacer una inspección cada seis meses y si es necesario limpieza cada año, extrayendo el 90% de los lodos existentes, el 10% deberá permanecer en la fosa ya que servirá para inocular las futuras aguas residuales.

2.18.2. Especificaciones de los pozos de absorción

El pozo de absorción, es un pozo cubierto, cuyo revestimiento está diseñado para permitir que el agua negra tratada se filtre dentro del suelo vecino.

Los pozos deben ser rellenados con grava limpia a una profundidad de 30 cm arriba del fondo del pozo, para proporcionar una cimentación sana para el recubrimiento lateral. Los materiales preferentes para el revestimiento son ladrillos de arcilla o concreto. Los ladrillos deben colocarse normalmente, para formar una pared de 10 cm. El espacio anular formado debe llenarse con grava gruesa y limpia hasta la parte superior del revestimiento.

Todas las líneas de conexión deben de colocarse en un estrato firme de suelo inalterado. La pendiente de una línea de conexión debe ser de 2 por ciento cuando menos. El tubo de entrada al pozo debe de extenderse horizontalmente, cuando menos 30 cm dentro del pozo con una TE o ELE para desviar el flujo hacia abajo y prevenir el deslavado y erosionado de las paredes. Si se usan pozos múltiples, deben conectarse en serie.

Los pozos de filtración, así como todos los sistemas de absorción que aprovechan la absorción del suelo, jamás deben usarse donde exista posibilidad de contaminar aguas subterráneas, ni donde puedan proporcionarse lechos de filtración o zanjas adecuadas. Cuando deban usarse pozos de absorción, la excavación del pozo debe terminar 1,2 m arriba del nivel del agua freática.

2.19. Presupuesto

Se elaboró a base de precios unitarios, en los que se tomaron en cuenta los precios de materiales y mano de obra calificada y no calificada de la región.

La mano de obra calificada y no calificada se consideró con base a las cantidades de los renglones de trabajo, la integración de costos indirectos se basó en la estimación de gastos administrativos, imprevistos y utilidades.

Tabla II. Cuadro de integración de costos por renglones

REGLONES DE TRABAJO

No.	REGLONES DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	SUBTOTAL
1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	ML	5 544,47	4,38	Q24 284,78
2	EXCAVACIÓN DE ZANJA	M3	6 961,09	17,68	Q123 072,07
3	COLOCACION DE TUBERIA PVC DE 6"	ML	5 198,97	168,57	Q876 390,37
4	COLOCACION DE TUBERIA PVC DE 8"	ML	345,50	273,37	Q94 449,34
5	RELLENO DE ZANJA	M3	6 961,09	79,00	Q549 926,11
6	ACOMETIDAS DOMICILIARES	U	265,00	1202,95	Q318 781,75
7	POZOS DE VISITA DE 1.55 M PROMEDIO	U	177,00	4751,59	Q841 031,43
					Q2 827 935,85

Fuente: elaboración propia.

2.20. Evaluación socioeconómica

Para evaluar la viabilidad de éste proyecto de red de alcantarillado sanitario, se usaron los siguientes indicadores: Valor presente neto (VPN), y la tasa interna de retorno (TIR).

Estos indicadores de evaluación permiten dar una medida, más o menos ajustada, de la rentabilidad que podemos obtener con el proyecto, antes de ponerlo en marcha. También permiten compararlo con otros proyectos similares, y, en su caso, realizar los cambios en el proyecto que se consideren oportunos para hacerlo más rentable.

2.20.1. Valor presente neto (VPN)

Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés (tasa de descuento), y compararlos con el importe inicial de la inversión.

Para esto, se pretende cobrar un costo simbólico por conexión domiciliar del 15% del costo total del proyecto, distribuidos entre el total de familias.

$$\text{Por conexión domiciliar} = 0,15 \times \text{Q2 827 935,85} = \text{Q424 190,38}$$

El costo de mantenimiento será Q2 100,00 anual, mientras que cada tres años será de Q5 000,00. Representando este costo un 2,4% del valor del proyecto.

El resultado obtenido en la tabla arroja un valor negativo, que según el análisis económico no es rentable, por lo que las entidades a contactar deben ser donantes, organizaciones de desarrollo o inversionistas socialmente responsables que dan mucho valor a los resultados sociales y ambientales. Ya que este tipo de beneficio no es cuantificable en términos monetarios. Por lo tanto hay que valorizarlos en términos de beneficio de salud y saneamiento.

Tabla III. Valor presente neto (VPN)

Año	Costo Beneficio	Costo de Mantenimiento	Beneficio Neto	Factor de descuento	Flujo Actualizado
0	-Q2 827 935,86	----	----	1	-Q2 827 935,86
1	Q424 190,38	Q2 100,00	Q422 090,38	0,8929	Q376 884,50
2		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,7972	-Q1 674,12
3		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,7118	-Q3 559,00
4		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,6355	-Q1 334,55
5		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,5674	-Q1 191,54
6		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,5066	-Q2 533,00
7		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,4523	-Q949,83
8		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,4039	-Q848,19
9		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,3606	-Q1 803,00
10		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,3220	-Q676,20
11		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,2875	-Q603,75
12		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,2567	-Q1 283,50
13		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,2292	-Q481,32
14		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,2046	-Q429,66
15		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,1827	-Q913,50
16		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,1631	-Q342,51
17		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,1456	-Q305,76
18		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,1300	-Q650,00
19		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,1161	-Q243,81
20		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,1037	-Q217,77
21		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,0926	-Q463,00
22		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0826	-Q173,46
23		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0738	-Q154,98
24		Q50 000,00	-Q50 000,00	0,0659	-Q3 295,00
25		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0588	-Q123,48
26		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0525	-Q110,25
27		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,0469	-Q234,50
28		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0419	-Q87,99
29		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0374	-Q78,54
30		Q5 000,00	-Q5 000,00	0,0334	-Q167,00
31		Q2 100,00	-Q2 100,00	0,0298	-Q62,58

VPN -Q2 476 043,14

Fuente: elaboración propia.

2.20.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VPN a cero, es decir, se efectúan tanteos con diferentes tasas de descuento consecutivas hasta que el VPN sea cercano o igual a cero y se obtenga un VPN positivo y uno negativo.

Se obtuvieron los siguientes resultados de VPN, para tasas de interés de retorno de 12% y 50%, siendo estos:

$$VPN_{12\%} = -2\,429\,043,25$$

$$VPN_{50\%} = -2\,542\,521,23$$

$$TIR = i_1 + \frac{VPN_1}{VPN_1 + VPN_2} (i_2 - i_1)$$

$$TIR = 0,12 + \frac{2,429,043,25}{2,429,043,25 + 2,542,521,23} (0,50 - 0,12) = 0,305 = 31\%$$

El criterio por emplear cuando se usa la TIR para decisiones de aceptación rechazo es que si la $TIR \geq$ costo de capital, se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza. Si se asume que la municipalidad utiliza una tasa de interés del 12% en relación al 31% que de obtención al proyecto, es viable, en virtud que se obtiene un porcentaje mayor al interés que pagaría el banco si el capital estuviera a un plazo fijo.

2.21. Evaluación de Impacto ambiental

Al desarrollar un proyecto de saneamiento, se debe considerar todas las regulaciones existentes en el país, para que el objetivo de brindarle a la población mejoras en salud se cumpla a cabalidad, como parte de este trabajo se plantean soluciones para evitar el deterioro ambiental de la aldea.

2.21.1. Definición del EIA

Instrumento de política, gestión ambiental y toma de decisiones formado por un conjunto de procedimientos capaces de garantizar, desde el inicio de la planificación, que se efectúe un examen sistemático de los impactos ambientales de un proyecto de actividad y sus opciones, así como las medidas de mitigación o protección ambiental que sean necesarias o para la opción a ser desarrollada.

La ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, en su artículo 8 establece que para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no renovables, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de EIA, realizado por técnicos en la materia y aprobado por el Ministerio de medio ambiente y de recursos naturales.

Este reglamento es aplicable a todos aquellos proyectos, obras, industrias o cualesquiera otras actividades, previamente a su desarrollo, que por sus características puedan producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales del patrimonio nacional o puedan representar algún tipo de riesgo ambiental.

Impacto ambiental: es cualquier alteración de las condiciones ambientales o creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adverso o benéfico, provocada por la acción humana o fuerza natural.

2.21.2. Síntesis de la evaluación de impactos ambientales

Después de analizar las matrices de identificación y evaluación de impactos se concluye que los impactos negativos sobre el entorno derivados del proyecto de alcantarillado sanitario en la aldea El Tule del municipio de Quesada, Jutiapa, se circunscriben principalmente a los efectos sobre las aguas superficiales y subterráneas; el aire local; la flora local; el uso del suelo; la salud y seguridad del personal.

A continuación sigue un resumen de los impactos detectados:

2.21.2.1. Impactos negativos potenciales sobre los recursos hídricos

En cuanto a los impactos sobre el agua subterránea se debe considerar el siguiente aspecto: sobre los recursos hídricos, tendrá impacto negativo en lo que es la elaboración de los pozos de visita y los pozos de absorción, ya que para la perforación de los mismos se necesita tener cuidado con el nivel del manto freático. Evitando a la vez la descarga directa del efluente sin haber recibido el tratamiento necesario.

2.21.2.2. Impactos negativos potenciales sobre los recursos atmosféricos y medio sonoros

Se anticipa el incremento general de los niveles de ruido y emisiones a la atmósfera en el emplazamiento y sus alrededores debido al incremento de la actividad humana y vehicular como resultado de la excavación y construcción de los pozos de visita, fosas sépticas y pozos de absorción.

Debido a que el proyecto no contempla albergar actividades industriales y que, además, está localizado en el área rural de la aldea El Tule, del municipio de Quesada, Jutiapa, estas perturbaciones se consideran de significancia limitada. Sin embargo, deberán implementarse medidas que minimicen estos impactos.

2.21.2.3. Impactos negativos potenciales sobre el recurso suelo

Los impactos principales identificados sobre el recurso suelo tienen que ver con el desplazamiento de su uso actual, por un uso menos amigable ambientalmente. Este es un impacto importante que deberá mitigarse, o al menos compensarse, por parte de los promotores del proyecto, pues afecta a la población de los alrededores. El cuidadoso diseño y mantenimiento de las áreas verdes y forestadas debería ser suficiente para mitigar estos impactos.

2.21.2.4. Impactos negativos potenciales sobre el medio socioeconómico y cultural

En primer lugar se considera que como resultado directo del proyecto ocurrirá un incremento en los riesgos a la salud y seguridad humana, tanto de los trabajadores como de los habitantes de los alrededores.

Estos riesgos tienen que ver con las actividades propias de la construcción, con la disposición de los desechos y con el aumento en la actividad humana y vehicular en el área de emplazamiento y los alrededores.

La naturaleza de estos impactos demanda medidas correctoras y planes de contingencia.

La calidad del paisaje del área también sufrirá impactos. La eliminación de un área abierta en el área rural constituye un impacto negativo sobre la calidad visual del sitio.

2.21.3. Análisis de riesgo y planes de contingencia

La Evaluación del Riesgo Ambiental (ERA), concebida como un instrumento de la política ambiental, analítico y de alcance preventivo, permite integrar al ambiente un proyecto o una actividad determinada; en esta concepción el procedimiento ofrece un conjunto de ventajas para proteger al ambiente, invariablemente, esas ventajas sólo son apreciables después de largos periodos de tiempo y se concretan en las inversiones y los costos de las obras, en diseños más completos e integrados al ambiente y en una mayor aceptación social de las iniciativas de inversión.

Los estudios de riesgo no tan sólo deben comprender la evaluación de la probabilidad de que ocurran accidentes que involucren a los materiales peligrosos, sino también la determinación de las medidas para prevenirlos, así como un plan de emergencia interno.

El proyecto no manejará sustancias que por sus características puedan ser consideradas como peligrosas, por lo tanto no se presenta en este documento un análisis de riesgo por químicos.

2.21.4. Escenario ambiental modificado por el desarrollo del proyecto

El proyecto se ubica en la aldea El Tule del municipio de Quesada, departamento de Jutiapa.

De acuerdo a los patrones de desarrollo de la comunidad, la demanda insatisfecha de bienes de servicios públicos indispensables como el sistema de alcantarillado sanitario, resultará necesaria para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la región.

La ejecución del proyecto de sistema de alcantarillado sanitario no alterará los patrones de cambio de la aldea. Sin embargo, de acuerdo a las consideraciones técnicas de diseño y medidas de protección ambiental planificadas, es posible preservar, e incluso optimizar la calidad escénica del área. Las áreas verdes planificadas y las medidas de protección de suelos propuestos aseguran la minimización del deterioro ambiental como resultado de este proyecto.

En síntesis, la calidad del agua, calidad del aire, el suelo y los recursos biológicos no se verán significativamente afectados como resultado del desarrollo del proyecto si se siguen a cabalidad las medidas de protección ambiental y las recomendaciones plasmadas en el presente estudio.

CONCLUSIONES

1. La ejecución del proyecto contribuirá al desarrollo social y económico de la comunidad, teniendo como impacto positivo la salud de la población, aunque se sabe que el proyecto tiene un costo elevado, pero ayuda a ofrecerle a la población los servicios mínimos para una vida digna.
2. Al evaluar el costo por vivienda definitivamente si fuera de carácter de negocios no se sería rentable, al hacer referencia de los precios que se ofertan en la iniciativa privada, dado que la aldea no está desarrollada en forma ordenada, se requiere de mayores materiales y mano de obra para cubrir todas las viviendas.
3. Uno de los pasos determinantes en la ejecución de proyectos de alcantarillas, es poder llevar al campo lo plasmado en los planos de diseño, esto para lograr llenar los objetivos del trabajo y estudio realizado.
4. El programa de EPS de la Facultad de Ingeniería complementa la formación académica y profesional del estudiante, al situarlo dentro de la realidad nacional para cambiar lo teórico por la práctica. Y a la vez, prestar un servicio a la sociedad guatemalteca rural, proponiendo soluciones de infraestructura y servicios básicos a las comunidades que lo soliciten.

RECOMENDACIONES

1. Proporcionar de algún tipo de tratamiento a las aguas residuales, ya sea primario, secundario o terciario.
2. Es necesario darle mantenimiento al sistema idealmente antes y después de la época de invierno, incluso incentivar a los usuarios para realizarlo ellos mismos, para reducir al mínimo los costos de reparación a largo plazo.
3. Realizar capacitaciones y talleres para concientizar a la población sobre el cuidado y uso del sistema de drenaje sanitario.
4. Ordenar los lotes en la manera posible en futuras aldeas para no pagar altos costos en la implementación de estos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONTRERAS, Eduardo. *Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica*. Manual de las Naciones Unidas. Santiago de Chile: Cepal, 2004. 102 p.
2. GARCÍA MÉNDEZ, Jorge Antonio. *Diseño de ampliación de la red de alcantarillado sanitario para el municipio de San Rafael Las Flores y diseño de puente en entrada al municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 137 p.
3. HERNANDEZ MALDONADO, Marco Antonio. *Diseño de sistema de alcantarillado sanitario aldea La Lima y edificio escolar básico aldea El Carmen, municipio de Malacatan, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 166 p.
4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Gobierno de Guatemala. Acuerdo Gubernativo 236-2006, Guatemala: MARN, 2006. 27 p.

APÉNDICE

- Apéndice 1: cálculo Hidráulico sector 1
- Apéndice 2: cálculo Hidráulico sector 2
- Apéndice 3: cálculo Hidráulico sector 3
- Apéndice 4: planos constructivos.

2. Cálculo hidráulico sector 2

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA EL TULE, MUNICIPIO DE QUESADA, JUTIAPA

CUADRO HIDRAULICO SECTOR 2

PV	COTA TERRENO		LONG	% PEND	No. VIVIENDAS LOCAL	No. VIVIENDAS ACUM	No. HABIT	F.H. (litros/cab)	licencia	q	q	q	Q	Q	Q	DISEÑO	DISEÑO	θ°	PENKEN TUBO	VELOCID V	VELOCID V	CAUDAL w	φQ	COTA INVERT		H° POZO INICIAL
	INICIO	FINAL																						INICIAL	FINAL	
21	2.2	127.78	127.78	15.93	1	1	12	4.41	2000.00	0.04	0.00	0.02	0.04	0.16	0.10	6.00	0.052	0.30	1.0	5.4029	0.3340	0.0183	127.16	126.7	0.50	
22	2.3	127.78	127.74	17.71	3.049	2	3	35	4.34	2000.00	0.04	0.00	0.07	0.11	0.46	0.31	6.00	0.010	1.11	0.48	20.2951	0.4320	0.0152	126.63	126.46	2.15
23	2.4	127.24	126.62	45.41	3.967	4	7	83	4.27	2000.00	0.10	0.00	0.15	0.25	1.06	0.71	6.00	0.012	1.26	0.69	22.4959	0.5400	0.0308	126.42	124.86	1.82
24	2.5	126.62	124.82	51.92	1.541	5	12	142	4.20	2000.00	0.16	0.00	0.26	0.43	1.79	1.19	6.00	0.015	1.37	0.69	24.9079	0.5670	0.0477	124.82	124.06	0.80
25	2.6	124.82	124.57	40.42	0.619	3	15	177	4.17	2000.00	0.21	0.00	0.33	0.53	2.22	1.48	6.00	0.010	1.11	0.70	20.2873	0.6530	0.0728	124.02	123.63	0.80
238	2.6	124.23	124.57	26.3	5.866	29	44	530	3.97	2000.00	0.60	0.00	0.96	1.56	6.20	4.12	6.00	0.048	1.24	1.74	45.2758	0.7620	0.0941	125.13	123.77	1.10
26	2.7	124.57	125.32	71.78	1.045	2	46	544	3.96	2000.00	0.63	0.00	1.01	1.64	6.47	4.30	6.00	0.068	1.01	0.65	18.4046	0.6540	0.2336	126.57	123	1.00
27	2.8	125.32	118.87	76.08	8.478	2	48	567	3.95	2000.00	0.68	0.00	1.05	1.71	6.71	4.48	6.00	0.068	1.01	0.65	18.4046	0.6540	0.2336	129.27	117.72	2.36
28	2.9	118.87	118.09	19.48	7.459	1	49	579	3.84	2000.00	0.67	0.00	1.07	1.74	6.87	4.56	6.00	0.072	1.05	2.11	55.5815	0.6520	0.0821	117.67	116.91	1.20
29	2.0	118.09	116.13	21.79	7.053	0	49	579	3.84	2000.00	0.67	0.00	1.07	1.74	6.87	4.56	6.00	0.071	1.05	1.80	55.1267	0.6520	0.0828	116.69	114.91	1.20
210	2.11	116.13	114.94	23.79	5.002	0	53	636	3.82	2000.00	0.72	0.00	1.16	1.88	7.39	4.91	6.00	0.025	1.24	0.92	32.3910	0.5710	0.1517	116.55	115.24	0.69
211	2.12	114.94	110.67	55.59	7.321	3	56	662	3.91	2000.00	0.77	0.00	1.23	1.99	7.78	5.17	6.00	0.046	1.24	1.77	44.2085	0.7300	0.1111	114.88	113.79	1.25
212	2.13	110.67	110.35	15.63	3.465	1	57	674	3.90	2000.00	0.78	0.00	1.25	2.03	7.91	5.26	6.00	0.033	1.26	1.32	37.3074	0.6540	0.1440	109.67	109.92	1.20
213	2.14	110.35	109.47	25.47	3.377	2	59	697	3.90	2000.00	0.81	0.00	1.29	2.10	8.17	5.43	6.00	0.068	1.04	0.82	19.0398	0.7900	0.2853	108.27	108.18	1.20
214	2.15	109.47	109.51	10.59	-0.376	0	59	697	3.90	2000.00	0.81	0.00	1.29	2.10	8.17	5.43	6.00	0.068	1.04	0.82	19.0398	0.7900	0.2853	108.27	108.18	1.20
215	2.16	109.51	109.26	8.23	3.038	0	59	697	3.90	2000.00	0.81	0.00	1.29	2.10	8.17	5.43	6.00	0.069	1.04	0.82	19.0475	0.7900	0.2852	108.16	108.09	1.35
216	2.17	109.26	109.32	54.22	6.160	0	59	697	3.90	2000.00	0.81	0.00	1.29	2.10	8.17	5.43	6.00	0.069	1.04	0.82	19.0475	0.7900	0.2852	108.16	108.09	1.35
217	2.18	109.32	105.53	8.38	4.545	0	59	697	3.90	2000.00	0.81	0.00	1.29	2.10	8.17	5.43	6.00	0.069	1.04	0.82	19.0475	0.7900	0.2852	108.16	108.09	1.35
218	2.19	105.53	105.65	7.58	-1.563	0	59	697	3.90	2000.00	0.81	0.00	1.29	2.10	8.17	5.43	6.00	0.069	1.04	0.82	19.0475	0.7900	0.2852	108.16	108.09	1.35
219	2.20	105.65	105.34	13.4	2.313	1	60	709	3.89	2000.00	0.82	0.00	1.31	2.13	8.30	5.52	6.00	0.019	1.56	0.67	28.2103	0.4320	0.1956	104.73	104.68	0.80
22	2.21	105.34	104.68	47.49	1.390	3	63	744	3.88	2000.00	0.86	0.00	1.38	2.24	8.69	5.78	6.00	0.010	1.11	0.49	20.3267	0.4300	0.2841	104.34	103.88	1.00
221	2.22	104.68	104.55	3.19	4.075	0	63	744	3.88	2000.00	0.86	0.00	1.38	2.24	8.69	5.78	6.00	0.031	2.00	1.21	36.9674	0.6650	0.1579	103.78	103.68	0.90
222	2.23	104.55	103.44	24.67	4.489	0	69	815	3.86	2000.00	0.94	0.00	1.51	2.45	9.46	6.29	6.00	0.078	1.16	1.70	57.6527	0.5380	0.1090	102.04	101.68	2.50
223	2.24	103.44	103.44	34.28	3.209	44	113	1335	3.72	2000.00	1.55	0.00	2.47	4.02	14.93	9.92	6.00	0.032	2.04	1.31	37.1647	0.6440	0.2670	103.64	102.53	0.90
224	2.25	103.44	98.68	74.49	6.300	7	120	1430	3.70	2000.00	1.64	0.00	2.63	4.27	15.78	10.48	6.00	0.062	2.60	2.23	51.4353	0.7900	0.2038	101.73	97.11	1.71
224	2.26	98.68	86.44	65.44	18.704	1	121	1430	3.69	2000.00	1.65	0.00	2.65	4.30	15.90	10.56	6.00	0.117	4.77	4.25	86.9555	0.8910	0.1215	95.88	84.06	3.00
225	2.26	86.44	85.28	13.926	8.33	0	121	1430	3.69	2000.00	1.65	0.00	2.65	4.30	15.90	10.56	6.00	0.132	4.11	3.71	75.0522	0.9020	0.1408	84.04	82.94	2.40
226	2.26A	85.28	80.62	23.03	20.224	0	121	1430	3.69	2000.00	1.65	0.00	2.65	4.30	15.90	10.56	6.00	0.172	4.69	4.23	85.8427	0.9020	0.1234	82.88	78.90	2.40
226A	2.27	80.62	76.94	26.12	14.069	0	121	1430	3.69	2000.00	1.65	0.00	2.65	4.30	15.90	10.56	6.00	0.135	4.16	2.88	75.8154	0.7160	0.1393	78.87	75.35	1.75
227	2.28	76.94	71.13	54.54	10.653	0	121	1430	3.68	2000.00	1.65	0.00	2.65	4.30	15.90	10.56	6.00	0.103	4.40	1.65	142.7806	0.3750	0.0740	75.19	69.57	1.75
228	2.29	71.13	65.32	94.54	10.653	0	121	1430	3.68	2000.00	1.65	0.00	2.65	4.30	15.90	10.56	6.00	0.103	4.40	1.60	142.7806	0.4320	0.0740	69.38	63.76	1.75

Fuente: elaboración propia.

3. Cálculo hidráulico sector 3

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA EL TULE, MUNICIPIO DE QUESADA, JUTIAPA

CUADRO HIDRAULICO SECTOR 3

DE	A	COTA TERRENO INICIO	LONG M.	% PEND TERRENO	No. VIVIENDAS LOCAL	ACUM HABIT	No. HABIT	F.H. (litros/habitante/día)	q licitas	q indust	q domesil	Q medio	Q DISEÑO	q DISEÑO	θ° TUBO	PENDIEN TUBO	VELOCIDAD V	CAUDAL Q	WV	φ/Q	COTA INVERT INICIAL	FINAL	H ^o POZO INICIAL		
3.2	3.3	120.28	28.86	6.861	33	330	4.03	200.00	0.45	0.00	0.72	1.17	4.73	3.14	6.00	0.653	2.62	1.24	47.7092	0.4730	0.0658	118.83	117.29	1.45	
3.3	3.6	118.3	35.88	13.127	1	34	4.02	200.00	0.47	0.00	0.74	1.21	4.86	3.23	6.00	0.127	4.03	2.21	73.4668	0.5480	0.0440	117.2	112.66	1.10	
3.6	3.7	113.59	53.78	4.109	2	36	4.01	200.00	0.49	0.00	0.79	1.28	5.13	3.41	6.00	0.039	2.24	0.67	40.9081	0.2970	0.0334	112.59	110.48	1.00	
3.7	3.8	111.38	102.09	12.174	1	37	4.00	200.00	0.51	0.00	0.81	1.32	5.27	3.50	6.00	0.121	3.94	1.85	71.9456	0.4690	0.0487	110.38	101.12	1.00	
3.8	3.9	102.09	50.76	3.940	0	37	4.00	200.00	0.51	0.00	0.81	1.32	5.27	3.50	6.00	0.054	2.63	1.24	47.8972	0.4730	0.0731	101.09	98.36	1.00	
3.9	3.10	100.09	84.48	30.656	0	37	4.00	200.00	0.51	0.00	0.81	1.32	5.27	3.50	6.00	0.076	3.12	1.71	56.9209	0.5480	0.0615	95.09	93.7	5.00	
3.20	3.11	92.56	90.31	22.82	9.860	14	51	603	3.93	200.00	0.70	1.12	1.81	7.13	4.74	6.00	0.096	3.51	1.22	63.9814	0.3480	0.0741	91.56	89.37	1.00
3.10	3.11	94.88	90.31	35.325	0	51	603	3.93	200.00	0.70	1.12	1.81	7.13	4.74	6.00	0.071	3.02	1.68	55.0728	0.5600	0.0860	90.48	89.54	4.50	

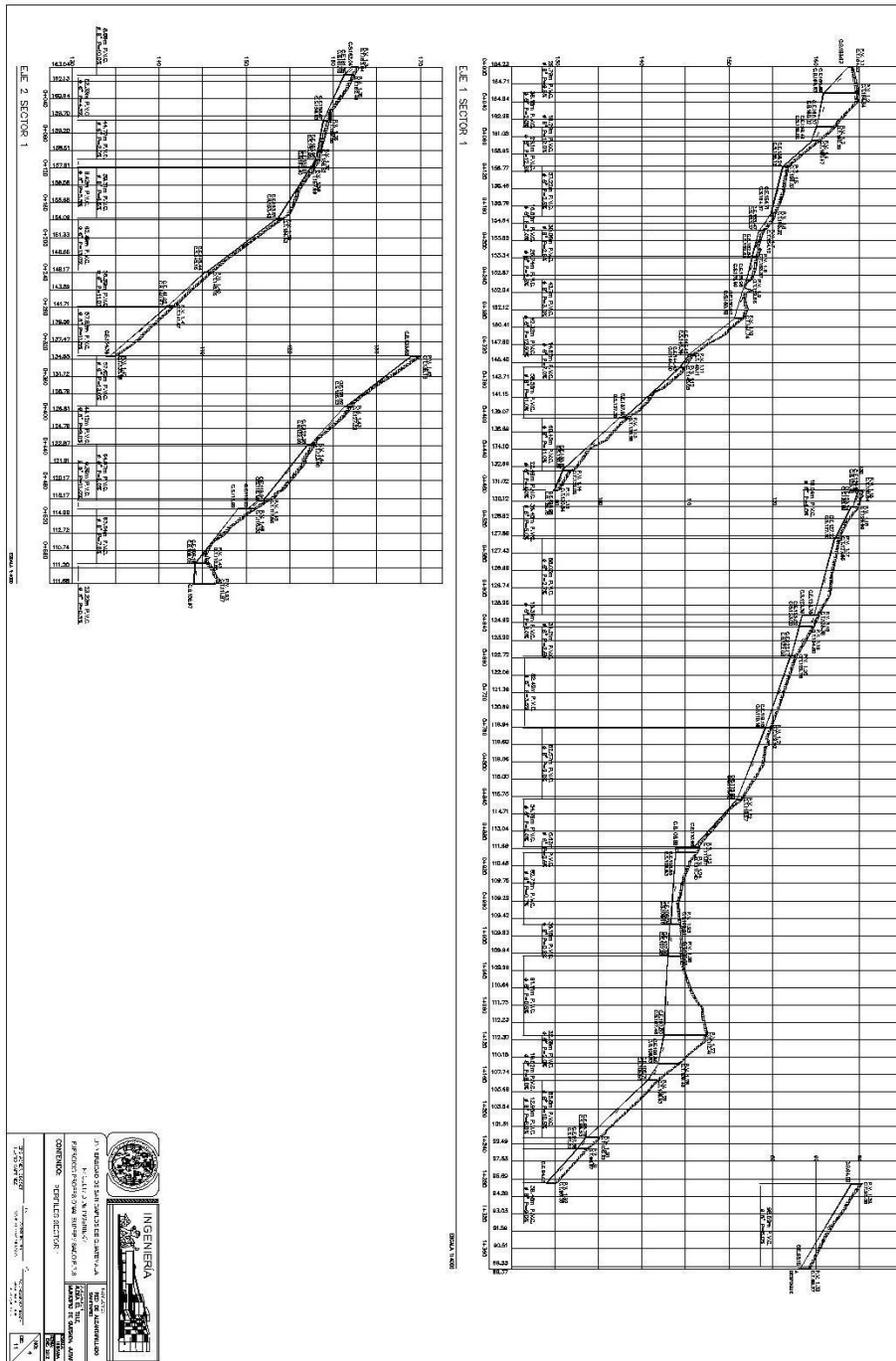
Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Planta general sector 2 y 3



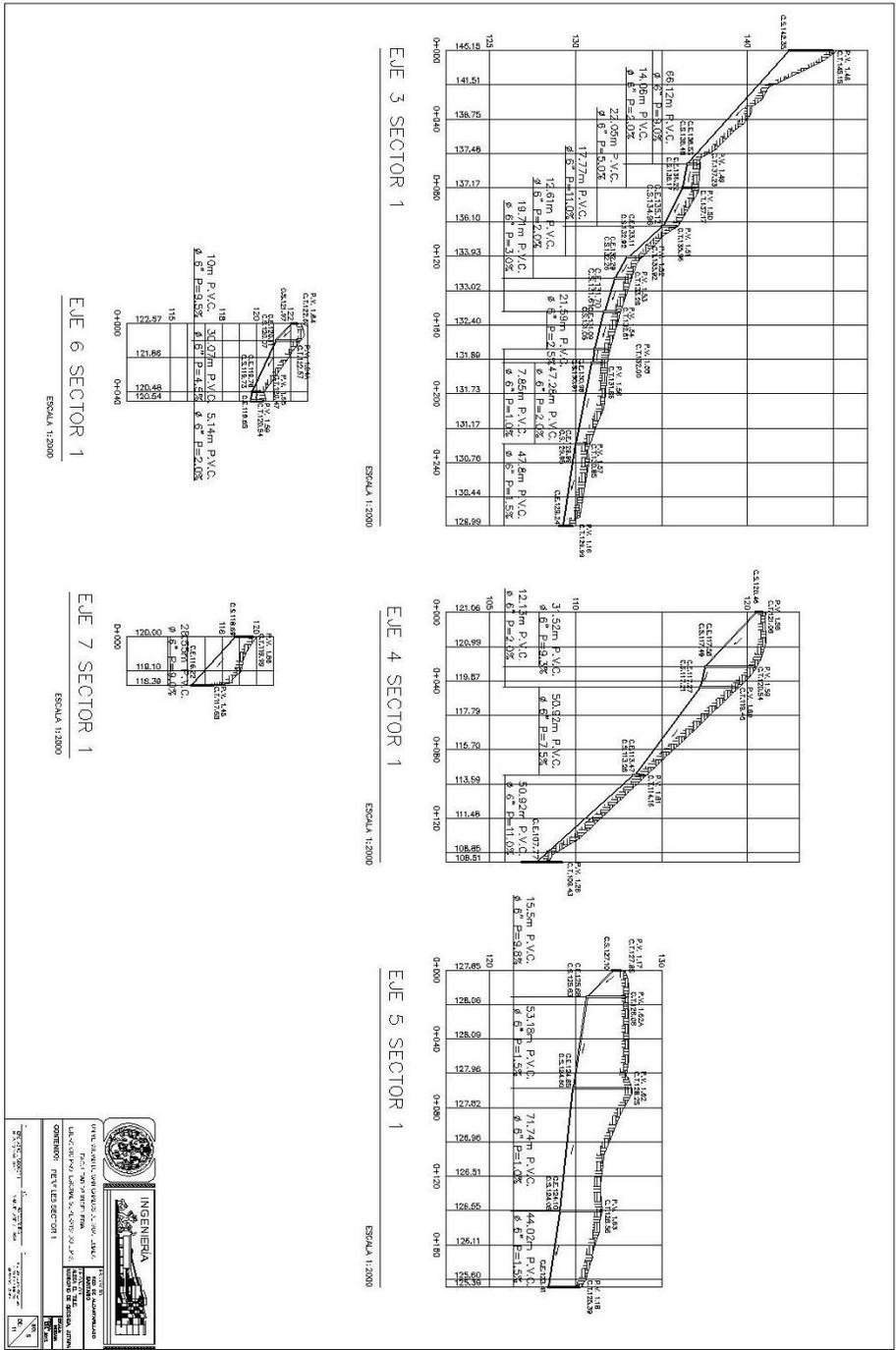
Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 1



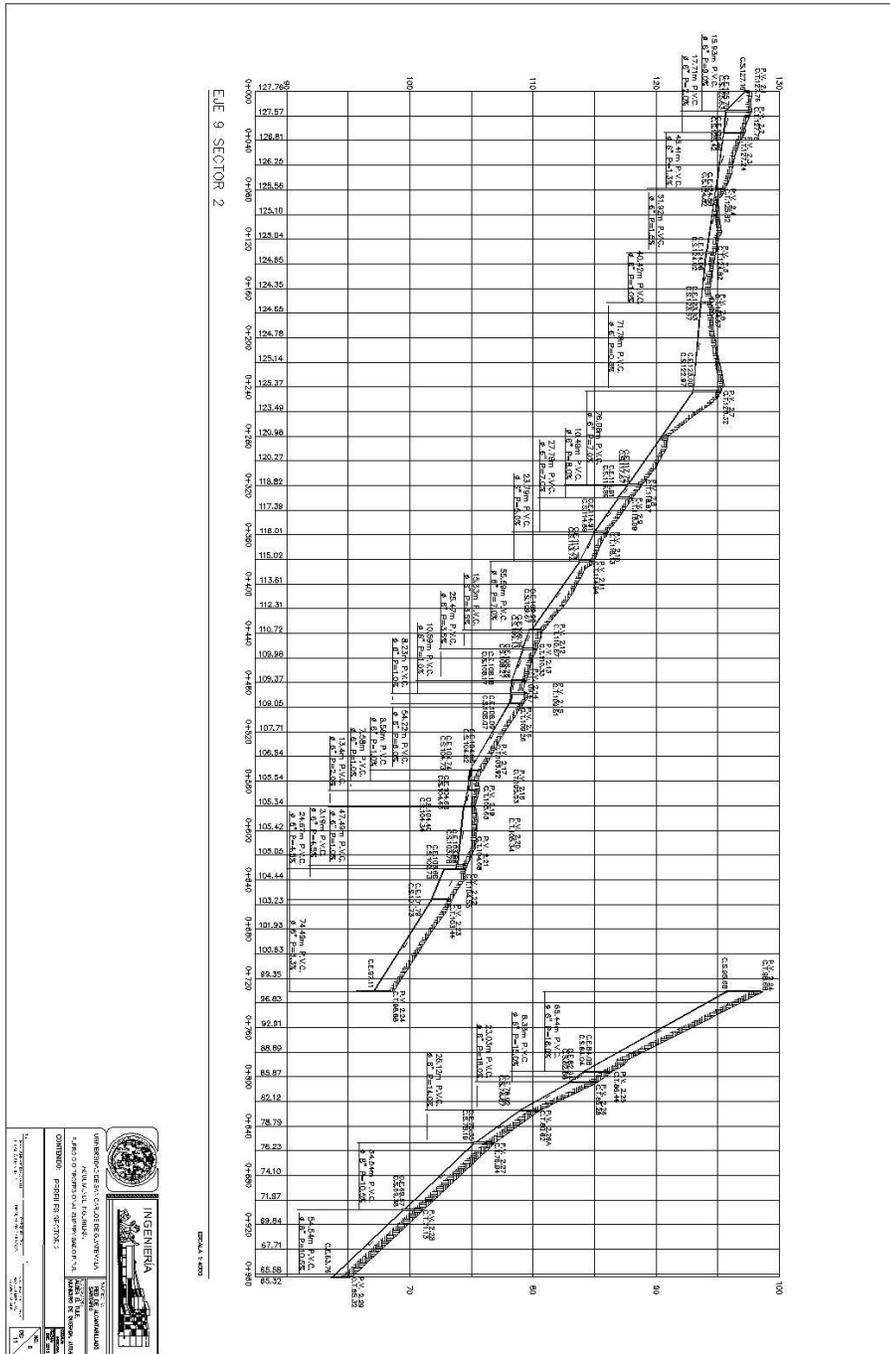
Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 1



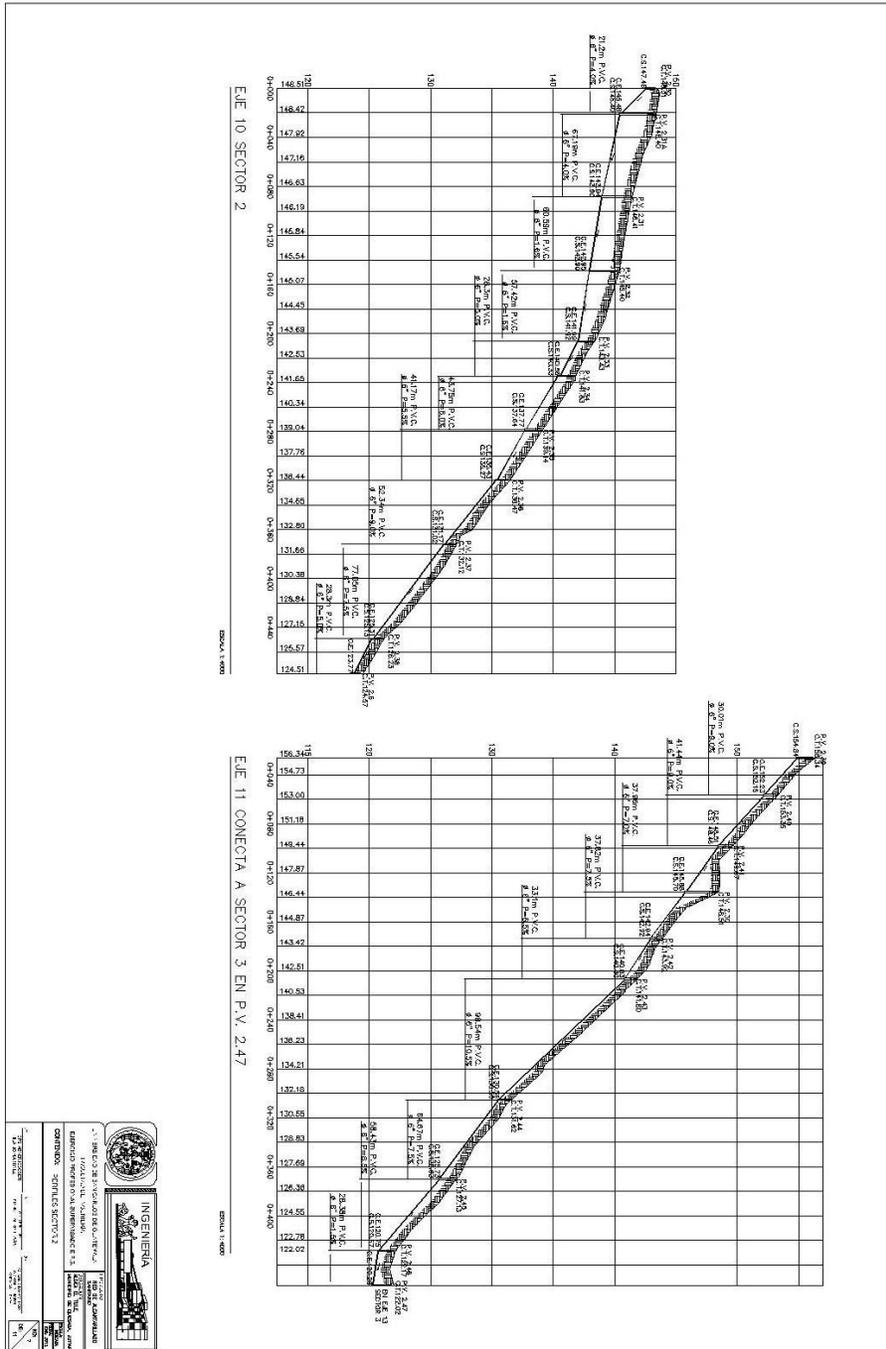
Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 2



Fuente: elaboración propia.

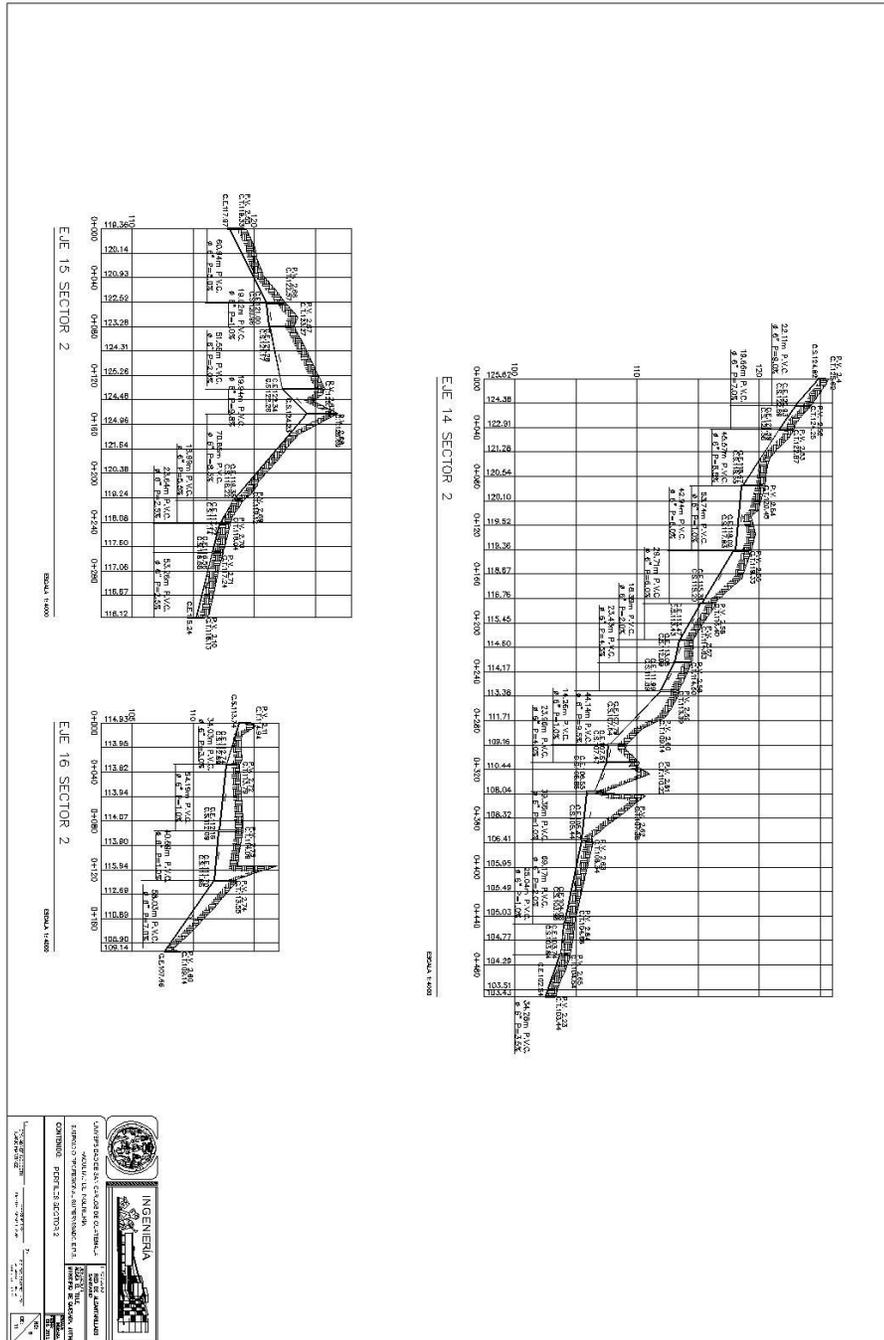
Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 2




INGENIERIA
 S. DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
 VIAL S.A. DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
 AV. LOS ANDES 1000, VALPARAISO
 TELEFONO: 52 22 22 22 22
 CORREO: VIAL@VIAL.COM

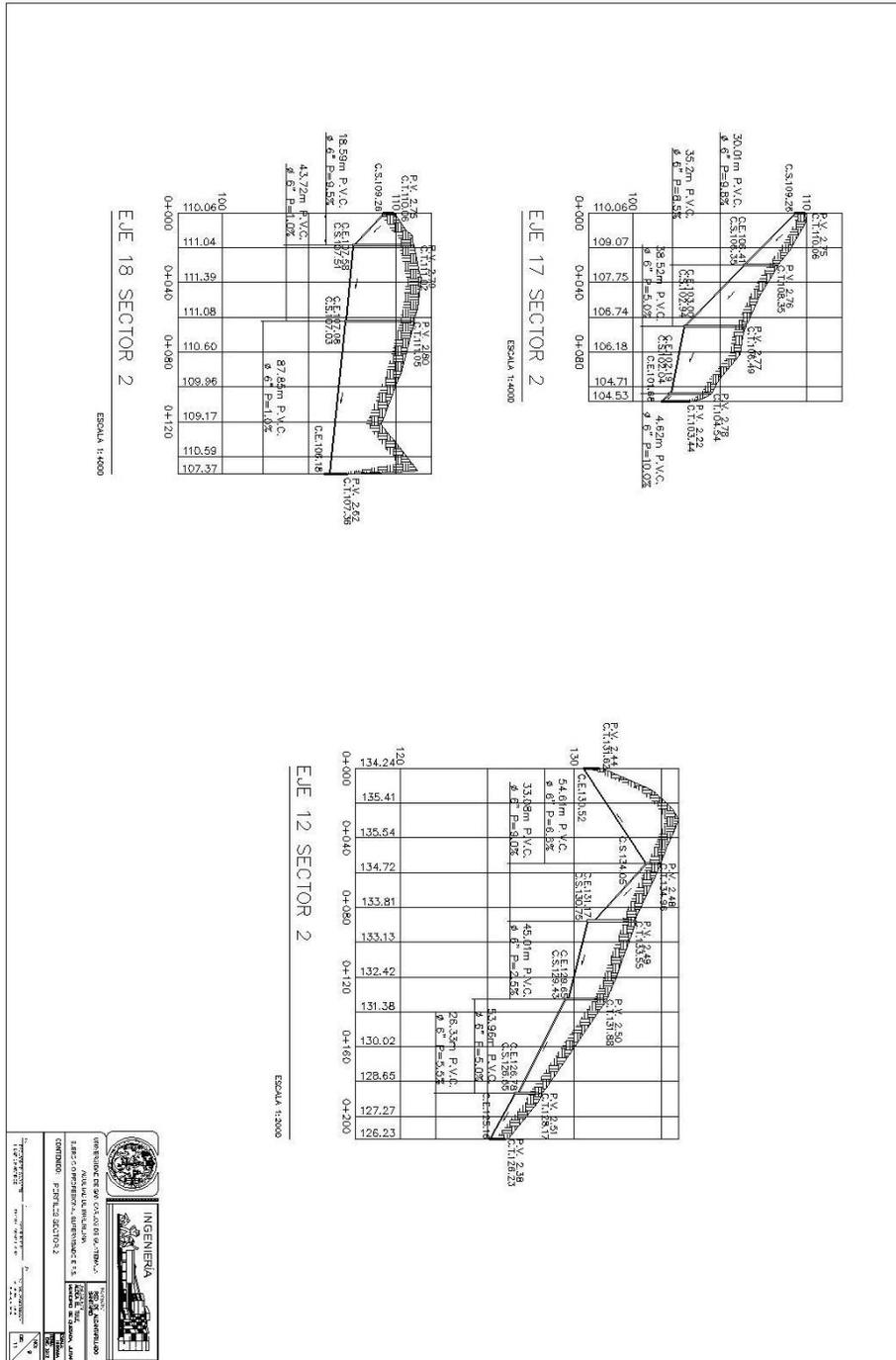
Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 2



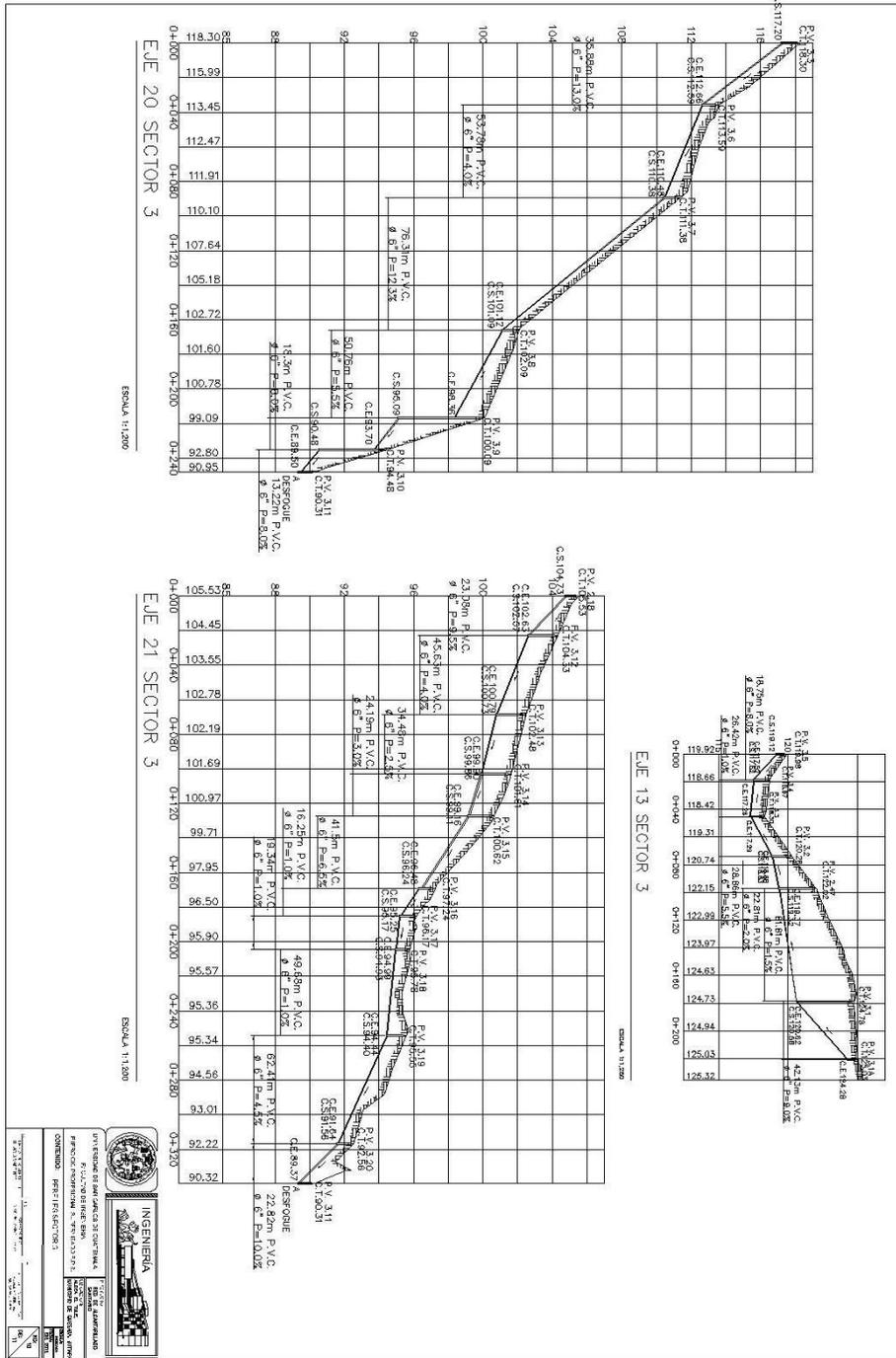
Fuente: elaboración propia

Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 2



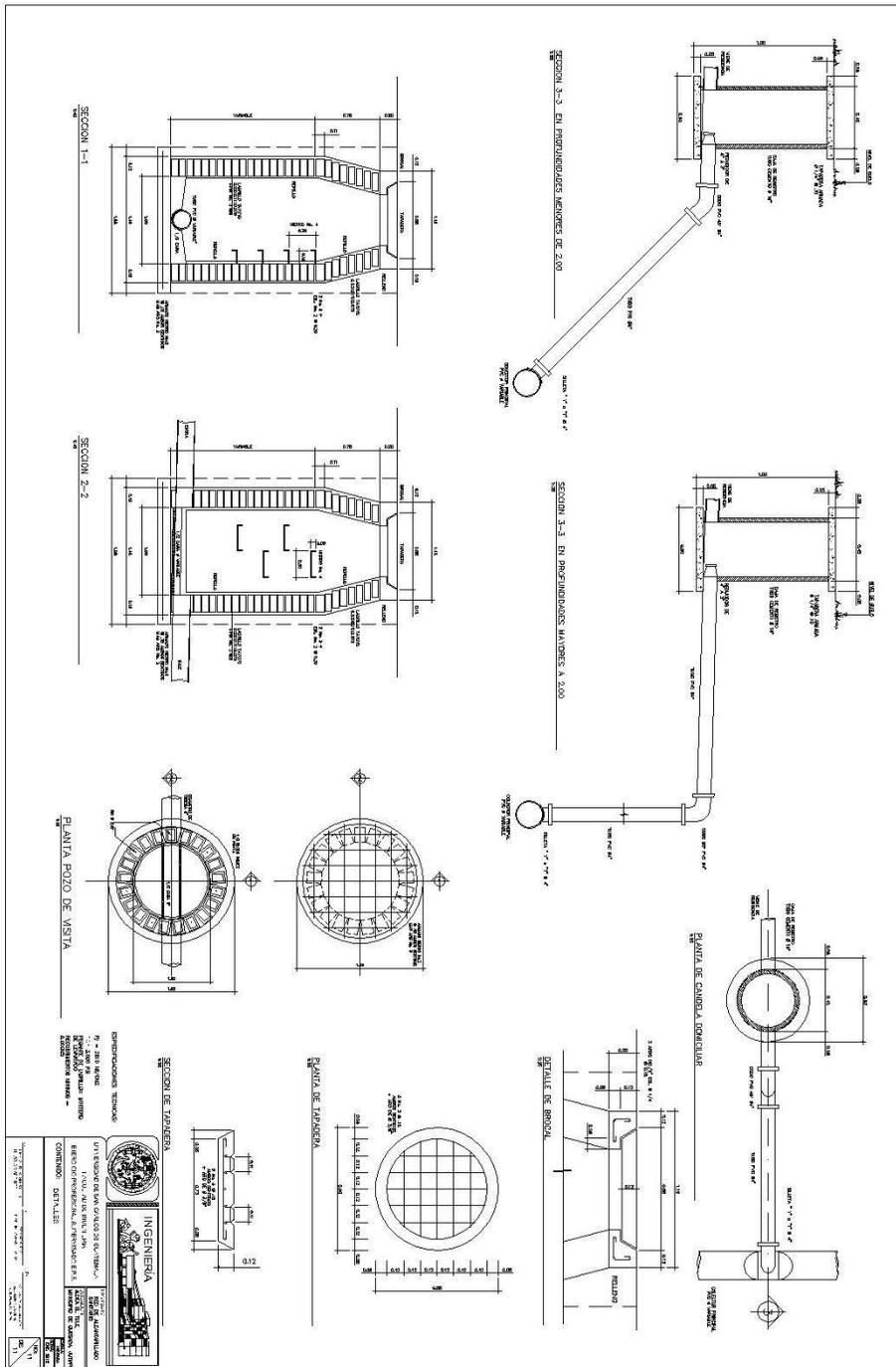
Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Perfiles sector 3



Fuente: elaboración propia.

Continuación de apéndice 4. Detalles de pozos de visita y conexión domiciliar



Fuente: elaboración propia.

