



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS
HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

David Estuardo Mayorga Valladares
Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS
HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DAVID ESTUARDO MAYORGA VALLADARES
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto 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. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

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 LOS HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATILÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de julio de 2010.



David Estuardo Mayorga Valladares

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 02 de febrero de 2012
Ref.EPS.DOC.163.02.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **David Estuardo Mayorga Valladares** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200113392**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"**.

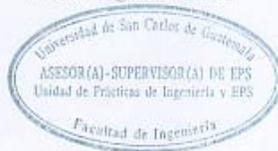
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argüeta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
9 de febrero de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil David Estuardo Mayorga Valladares, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

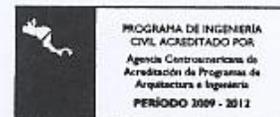
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130 ^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 14 de febrero de 2012
Ref.EPS.D.148.02.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

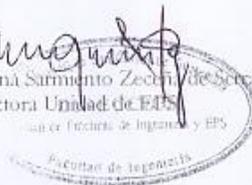
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **David Estuardo Mayorga Valladares**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecén de Sotomayor
Directora Unidad de EPS



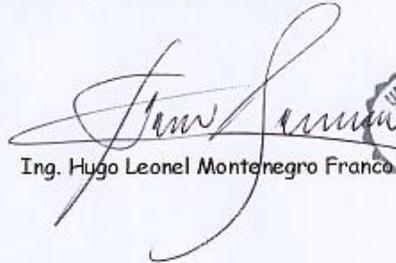
NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante David Estuardo Mayorga Valladares, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2012

/bbdeb.

Más de 130 ^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.131.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS HUMITOS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **David Estuardo Mayorga Valladares**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo de 2012

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por ser mi luz, mi guía y mi camino, por llevarme hasta este momento en mi vida.
- Mis padres** Elías Mayorga Jordán y María Priscila Valladares De León de Mayorga, por aconsejarme en el temor a Dios, por sus palabras que marcaron mi vida, por su dedicación y su ejemplo de trabajo.
- Mis hermanos** Leonel, Luis, Priscila, Ana, Elías y Ester, por cada momento que vivimos desde nuestra infancia hasta ahora, por el apoyo, la paciencia, por ser parte de mi vida. Gracias.
- Mis amigos** Que de alguna forma contribuyeron en la elaboración de este trabajo, en especial a: Samuel Valiente, Sara Rivera y Abner Hilario.
Ing. Oscar Argueta Hernández, quien de manera desinteresada compartió sus conocimientos.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por todas sus bendiciones para mi vida, y porque sé que Él me abrirá las puertas necesarias para lograr lo que tiene preparado para mí.
Mis padres y hermanos	Por impulsarme siempre al éxito y porque formamos una preciosa familia.
La Facultad de Ingeniería	Por brindarme el conocimiento técnico y científico.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi alma máter.
La Municipalidad de Amatitlán, departamento de Guatemala	Por haberme permitido realizar mi trabajo de graduación en la Oficina Municipal de Planificación.

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 servicios básicos e infraestructura del municipio de Amatitlán, Guatemala	1
1.1.1. Descripción de las necesidades.....	1
1.1.2. Evaluación y priorización de las necesidades	3
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	5
2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala	5
2.1.1. Descripción del proyecto	5
2.1.2. Ubicación geográfica.....	6
2.1.3. Levantamiento topográfico	7
2.1.3.1. Planimetría	7
2.1.3.2. Altimetría	8
2.1.4. Clima	8
2.1.5. Descripción del sistema a utilizar	8
2.1.6. Partes de un alcantarillado.....	10

2.1.6.1.	Colector	10
2.1.6.2.	Pozo de visita.....	10
2.1.6.3.	Conexiones domiciliars	11
2.1.7.	Período de diseño	12
2.1.8.	Población futura	12
2.1.9.	Determinación de caudales.....	13
2.1.9.1.	Población tributaria	13
2.1.9.2.	Dotación.....	13
2.1.9.3.	Factor de retorno	14
2.1.9.4.	Caudal sanitario	14
2.1.9.4.1.	Caudal domiciliar	14
2.1.9.4.2.	Caudal comercial	15
2.1.9.4.3.	Caudal industrial	16
2.1.9.4.4.	Caudal por conexiones ilícitas ..	16
2.1.9.4.5.	Caudal de infiltración	16
2.1.9.5.	Caudal medio.....	17
2.1.9.6.	Factor de caudal medio	18
2.1.9.7.	Factor de Harmond	18
2.1.9.8.	Caudal de diseño	19
2.1.10.	Fundamentos hidráulicos	20
2.1.10.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales .	20
2.1.10.2.	Relaciones de diámetro y caudales	21
2.1.10.3.	Relaciones hidráulicas	21
2.1.11.	Parámetros de diseño hidráulico	22
2.1.11.1.	Coficiente de rugosidad	22
2.1.11.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	23
2.1.11.3.	Velocidades máximas y mínimas.....	24
2.1.11.4.	Diámetro de colector	25

2.1.11.5.	Profundidad del colector.....	25
2.1.11.6.	Profundidad mínima del colector.....	26
2.1.11.6.1.	Ancho de zanja	26
2.1.11.6.2.	Volumen de excavación	27
2.1.11.6.3.	Cotas invert	28
2.1.12.	Ubicación de pozos de visita.....	29
2.1.13.	Profundidad de pozos de visita	30
2.1.14.	Características de las conexiones domiciliarias.....	31
2.1.15.	Diseño hidráulico.....	32
2.1.16.	Desfogue.....	34
2.1.16.1.	Ubicación	34
2.1.16.2.	Propuesta de tratamiento	34
2.1.17.	Elaboración de planos	35
2.1.18.	Elaboración de presupuesto	35
2.1.19.	Evaluación socioeconómica	38
2.1.19.1.	Valor presente neto (VPN)	38
2.1.19.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	39
2.1.20.	Evaluación de impacto ambiental	39
CONCLUSIONES		43
RECOMENDACIONES		45
BIBLIOGRAFÍA.....		47
APÉNDICES		49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación de la aldea Los Humitos	6
2. Sección parcialmente llena.....	23

TABLAS

I. Necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.....	2
II. Coeficiente de rugosidad “n” de diversos materiales.....	23
III. Profundidad mínima a la cota invert (tubería de concreto).....	26
IV. Ancho de zanja.....	27
V. Parámetros de diseño proyecto de alcantarillado sanitario aldea Los Humitos, Amatitlán, Guatemala	33
VI. Presupuesto de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, Amatitlán, Guatemala.....	36

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
q_{com}	Caudal comercial
q_{dis}	Caudal de diseño
q_{dom}	Caudal domiciliario
q_{ind}	Caudal industrial
Q_{medio}	Caudal medio
q_{ilicito}	Caudal por conexiones ilícitas
q_{inf}	Caudal por infiltración
dot.	Dotación
F.R.	Factor de retorno
psi	Libras por pulgada cuadrada (lb/pulg ²)
L	Litro
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
n	Período de diseño (años)
P_f	Población futura
P_o	Población inicial
%	Porcentaje
RH	Radio hidráulico
s	Segundo
r	Tasa de crecimiento de la población

GLOSARIO

ASTM	Sociedad Americana para pruebas y Materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>).
Caudal	Volumen por unidad de tiempo (por ejemplo m ³ /s o l/s).
Cota invert	Cota de la parte inferior interna de una tubería.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.

RESUMEN

Este trabajo de graduación consta de dos capítulos que contienen el estudio técnico de alcantarillado sanitario para la aldea Los Humitos, jurisdicción del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

En el capítulo uno, se describen las necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de Amatitlán, Guatemala; a partir de estas necesidades y con el apoyo de los alcaldes auxiliares de las comunidades se realizó la priorización, para seleccionar los proyectos a desarrollarse en este trabajo de graduación.

El capítulo dos comprende el estudio técnico del proyecto de drenaje sanitario, describiendo los conceptos y detallando los cálculos que conlleva el diseño de un proyecto de este tipo.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones, planos y presupuesto correspondiente del proyecto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

Específicos

1. Realizar una investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural, del municipio de Amatitlán, Guatemala.
2. Capacitar a los miembros del COCODE de la aldea Los Humitos, sobre la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.
3. Elaborar el presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación contiene el desarrollo del proyecto de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos.

En la primera parte, se realizó la recopilación de información de las necesidades de las comunidades del área rural de Amatitlán. Seguidamente, se priorizó y se escogió las urgentes; esto se hizo con la ayuda de entrevistas a los alcaldes auxiliares de las comunidades.

En la segunda parte, en la fase de servicio técnico profesional se presenta el desarrollo de ambos proyectos, diseñados con el fin de cubrir necesidades básicas, para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

El proyecto de alcantarillado sanitario para la aldea Los Humitos, está conformado por: un colector principal de 2,806 metros de longitud y 126 pozos de visita, de acuerdo con especificaciones del Instituto de Fomento Municipal (INFOM). La tubería que se va a utilizar será PVC, norma ASTM 3034, de diámetro 6". El flujo de caudal será por gravedad, por lo que se tomaron las pendientes del terreno, cuidando que las mismas no provoquen que las velocidades dentro de las alcantarillas estén fuera de las especificaciones.

El desfogue será a dos plantas de tratamiento, tipo primario, por medio de fosas sépticas y pozos de absorción. La cantidad de personas que se beneficiarán con este proyecto es de 1,210 habitantes y el costo asciende a Q.1 579 898,99.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de Amatitlán, Guatemala

Por medio de la investigación de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de Amatitlán, Guatemala, se pudo observar las necesidades de la población, y de qué manera se puede mitigar la problemática en servicios básicos e infraestructura del municipio.

1.1.1. Descripción de las necesidades

El municipio de Amatitlán, en su casco urbano, cuenta con la mayor parte de servicios esenciales para la población, no siendo así en el área rural que está compuesta por 19 aldeas; debido a lo anterior y al crecimiento de la población, se requieren diversos servicios en las diferentes comunidades.

Estas necesidades se encuentran, como ya se mencionó, en el área rural del municipio, ya que en la cabecera son otras las necesidades: congestión vehicular, mercados municipales deteriorados, carencia de una estación para buses, manejo de desechos sólidos, siendo estas algunas de las principales necesidades a solucionar.

Tabla I. **Necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala**

Necesidades	Descripción de la necesidad
Salón comunal	14 aldeas carecen de instalaciones para salón comunal.
Puesto de salud	12 aldeas carecen de instalaciones para puesto de salud y otras 4 necesitan mejoras generalizadas.
Pavimentación de calles	18 aldeas necesitan pavimentación de sus calles, para evitar problemas de polución en verano y lodo en invierno.
Instalaciones deportivas y recreativas	12 aldeas solicitan instalaciones, para la recreación de sus habitantes.
Sistema de agua potable	12 aldeas mencionaron esta necesidad. Muchos se abastecen de la laguna de Calderas, pero el servicio es irregular y las que cuentan con tanque elevado no lo utilizan, porque no se cuenta con el equipamiento.
Remodelación de escuela	Las 19 aldeas necesitan remodelación de las escuelas.
Alumbrado público	Las 19 aldeas cuentan con este servicio, pero el mantenimiento es deficiente.
Drenaje sanitario	1 aldea cuenta con este servicio pero no funciona, debido a que no se cuenta con planta de tratamiento y las otras 18 aldeas no tienen este servicio.

Continuación de la tabla I.

Tanque elevado para agua potable	4 aldeas necesitan de tanque elevado y equipar los pozos.
Recolección de basura	10 aldeas mencionaron que no cuentan con este servicio.
Transporte	1 aldea mencionó que necesitan que este servicio sea regular.
Letrinas	1 aldea mencionó la necesidad de más letrinas.
Basura en playa del lago	La aldea El Salitre mencionó que el lago es un lugar turístico, por lo que necesitan basureros en la playa pública para evitar que se contamine aún más.

Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Evaluación y priorización de las necesidades

La evaluación y priorización de las necesidades, se realizó por medio de entrevistas a los alcaldes auxiliares de las comunidades, además de tomar en cuenta la opinión de la directora de la Oficina Municipal de Planificación y se concluyó que las necesidades prioritarias son las siguientes:

- Drenajes sanitarios
- Remodelación de escuelas
- Sistema de agua potable
- Pavimentación de calles
- Puestos de salud
- Salón comunal

- Instalaciones deportivas y recreativas
- Recolección de basura
- Tanque elevado para agua potable
- Alumbrado público
- Transporte
- Letrinas y
- Basura en playa del lago.

Muchas de las soluciones para las necesidades mencionadas anteriormente, ya están siendo planificadas por parte de la municipalidad, respondiendo a las solicitudes de los COCODES.

Sin embargo, existe un proyecto que se encuentra pendiente de un proceso adecuado de planificación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, del municipio de Amatitlán, Guatemala.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, fue realizado considerando la topografía, población, dotación, entre otros del área de la aldea Los Humitos.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un colector principal de 2,806.20 metros lineales, y 126 pozos de visita, de acuerdo con especificaciones del INFOM, la tubería que se utilizará será PVC norma ASTM 3034, de diámetro 6". El flujo del caudal será por gravedad, por lo que se tomaron las pendientes del terreno, cuidando que dichas pendientes no provoquen que las velocidades dentro de las alcantarillas estén fuera de especificaciones.

El desfogue será a dos plantas de tratamiento, dándole a la descarga un tratamiento primario, por medio de fosas sépticas y pozos de absorción.

2.1.2. Ubicación geográfica

Amatitlán es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala, dista 28 kilómetros de la ciudad capital, pertenece a la región I o Región Metropolitana y cuenta con una extensión territorial de 204 kilómetros cuadrados.

La aldea Los Humitos se ubica al suroriente de la cabecera municipal y posee una altura de 1,410 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1 **Ubicación de la aldea Los Humitos**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.)

2.1.3. Levantamiento topográfico

En los proyectos de drenajes es fundamental esta parte del estudio, ya que estos drenajes trabajan por gravedad; siendo necesario definir las pendientes del terreno, el levantamiento debe ser de primer orden. En los levantamientos topográficos del área a drenar debe tenerse en cuenta el área edificada y el desarrollo futuro que pueda contribuir al sistema.

Los levantamientos deben ser lo más completos y posible, en donde se tiene que localizar calles, edificios, escuelas, carreteras, todos los pavimentos, anotando su tipo, parques públicos, quebradas, ríos, zanjones, cursos de agua, elevaciones, depresiones y todas aquellas estructuras que guarden relación con el problema a resolver e influyan en el diseño.

El levantamiento topográfico para este proyecto se realizó por medio de una estación total marca sokkia®; consistió en una poligonal abierta para situar la línea central, tomando las cotas de todas la viviendas; junto al levantamiento se realizó un censo de la población para determinar la población y hacer las proyecciones para el periodo de diseño.

2.1.3.1. Planimetría

Debido a que el levantamiento se realizó por medio de estación total, los datos que se obtienen son coordenadas X – Y; a partir de este se trazó la línea central y se ubicaron las viviendas y estructuras de interés para el proyecto.

2.1.3.2. Altimetría

Debido a que el levantamiento se realizó por medio de estación total, los datos que se obtienen son cotas Z a lo largo de la línea central, las viviendas y estructuras de interés para el proyecto.

2.1.4. Clima

El clima del municipio es templado con dos subtipos. Uno con verano acentuado y otro con invierno acentuado. La época lluviosa se marca de mayo a octubre y la seca, de noviembre a abril. El ciclo lluvioso se produce cuando se establece el régimen de los Alisios del Nordeste y subsecuentemente, cuando la zona de convergencia intertropical se aproxima a nuestras latitudes.

Actualmente, no existe ninguna estación meteorológica en el municipio, siendo la más cercana la del INSIVUMEH. Se tienen registros de que la última estación estuvo durante los años de 1967 a 1989 con el nombre de Jardín Mil Flores y tenía una ubicación de latitud $14^{\circ}28'12''$ y longitud $90^{\circ}37'45''$.

2.1.5. Descripción del sistema a utilizar

En función del tipo de caudal que se va a drenar, existen tres tipos de alcantarillado, la selección de cada uno de estos sistemas, depende del estudio de diversos factores, como topográficos y de funcionalidad, pero el más importante es el económico.

A continuación se definen algunos elementos importantes en el sistema:

- Alcantarillado sanitario: su fin es recoger y encauzar las aguas servidas domiciliarias de baños, cocinas y servicios; residuos comerciales como restaurantes y garajes; aguas negras producidas por la industria e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: su fin es recoger únicamente las aguas de lluvia, que concurren al sistema por medio de tragantes, ya sea de acera o de rejilla.
- Alcantarillado combinado: es una combinación de los alcantarillados sanitario y pluvial, por lo que regularmente se requieren diámetros de colector principal grandes.
- Alcantarillado separativo: este sistema recoge tanto las aguas servidas como pluviales en sistemas totalmente independientes; es el sistema más eficiente, pero no es muy utilizado por motivos económicos, ya que se necesita de un colector principal para aguas servidas y otro para aguas pluviales; los pozos de visita deben ser independientes también.

En este caso se utilizará el sistema de alcantarillado sanitario para usos exclusivo de encauzar las aguas grises y negras y así evitar focos de contaminación en esta aldea; los caudales pluviales provenientes de calles, techos y otras superficies, están excluidos.

2.1.6. Partes de un alcantarillado

A continuación se describen las partes de un alcantarillado:

2.1.6.1. Colector

Es el medio por el cual se evacuan y transportan las aguas residuales y desechos generados por la población, lejos de donde se producen; este medio puede ser a través de tubería subterránea; dichas tuberías deben actuar hidráulicamente como canales abiertos. En el presente proyecto se utilizará 2,806 ml de tubería de $\phi 6''$, la cual servirá para recolectar las aguas negras.

2.1.6.2. Pozos de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un sistema de alcantarillado; son empleados como medios de inspección y limpieza. La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente, y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general. Están contruidos de mampostería de punta, de ladrillo tayuyo y concreto reforzado de forma cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma de cono truncado y con tapa removible, la cual se construye con el objeto de permitir el acceso para darle mantenimiento a la estructura.

Las paredes del pozo deben estar impermeabilizadas con repello y cernido liso; el fondo puede estar conformado de concreto y piedra bola; para realizar la inspección o limpieza los pozos profundos, se deben dejar escalones, los cuales serán de acero generalmente de $\phi 3/8''$ y estarán empotrados a las paredes del pozo. La profundidad que poseen estos pozos es variable.

Dentro de este proyecto se ha considerado la excavación de 126 pozos de visita, para que por medio de estos se pueda dar mantenimiento al sistema de alcantarillado sanitario propuesto.

2.1.6.3. Conexiones domiciliarias

La conexión domiciliar tiene la finalidad de llevar las aguas servidas desde la vivienda o edificio hacia el colector principal.

Normalmente, en el transcurso de la construcción del sistema de alcantarillado, se deja prevista una conexión en “Y” o “T” en cada edificación. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de cualquier objeto que pueda obstruir la tubería, aunque es recomendable unión en “Y” para que el flujo entre al sistema de una manera menos violenta. Sin embargo, las conexiones en “T” son más fáciles de instalar.

Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior de la tubería, para impedir que las aguas negras retornen a la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad, o bien con un caudal alto o una velocidad alta.

La conexión domiciliar consta de dos partes: la caja o candela y la tubería secundaria.

2.1.7. Período de diseño

Es el período en el cual el sistema transportará el cien por ciento del caudal para la población futura de diseño en un tiempo “n”, que por lo regular es de 20 a 30 años.

Para seleccionar el período de diseño se deben de tomar en cuenta diversos factores como:

- Durabilidad de las instalaciones
- Facilidad de construcción y posibilidades de ampliación
- Tendencia de crecimiento poblacional
- Posibilidades de financiamiento y tasa de interés

Para este proyecto se tomó un periodo de diseño de 30 años.

2.1.8. Población futura

Es la población para la cual se diseña el sistema de alcantarillado; esta es una proyección; la misma se hizo por el método geométrico utilizando la población actual y la tasa de crecimiento del lugar. La tasa de crecimiento que se tomó es 3.92% aplicable al municipio de Amatlán, según la municipalidad. La fórmula de crecimiento geométrico se expresa de la siguiente forma:

$$P_f = P_o * (1 + r / 100)^n$$

Donde:

Pf= población futura

P_0 = población inicial

r= factor de crecimiento (tasa)

n= período de diseño (años)

Actualmente, la aldea Los Humitos cuenta con 1,210 habitantes y la población futura se puede calcular con la fórmula de crecimiento geométrico para 30 años.

$$P_f = 1210 * (1 + 3.92/100)^{30} = 3,835 \text{ habitantes.}$$

2.1.9. Determinación de caudales

Para que un sistema de alcantarillado sanitario funcione de una manera eficiente, se deben considerar varios factores que son necesarios para poder determinar el caudal de una población.

2.1.9.1. Población tributaria

Es la población que aporta caudal en cada tramo del colector principal. De acuerdo con la tasa de natalidad de esta población, el caudal recolectado irá en crecimiento proporcional al número de habitantes.

2.1.9.2. Dotación

Se le llama así a la cantidad de agua asignada a la unidad consumidora. Para este proyecto se utilizó 150 lts/hab/día, según información de la municipalidad.

2.1.9.3. Factor de retorno

Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada regresa al drenaje. Este porcentaje oscila entre el 70% al 90%; al no poseer datos estadísticos que indiquen qué valor utilizar, se adoptará un promedio de estos valores, en este caso el 80%, que es el valor adoptado para este proyecto.

2.1.9.4. Caudal sanitario

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por el diámetro, la pendiente y la velocidad. Estos factores determinan el flujo dentro de la tubería. El principio fundamental para el diseño de alcantarillados es que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir que, la tubería no funciona a presión. El principio anterior se aplica únicamente para tuberías de concreto, las tuberías de PVC tienen la capacidad de soportar.

2.1.9.4.1. Caudal domiciliar

El agua potable tiene distintos usos en una vivienda como lavado de utensilios de cocina, lavado de ropa, ducha, inodoros, etc. Los desechos provenientes de este tipo de usos son los que reciben el nombre de “caudal domiciliar”, valor necesario para el diseño del alcantarillado sanitario; la cantidad de agua de desecho está relacionada directamente con la dotación, esta debe ser afectada por el factor de retorno. Este caudal se calcula de la siguiente forma:

$$q_{dom} = \frac{dot. * No.hab}{86400} * F.R.$$

Donde:

q_{dom} = caudal domiciliar (lts./seg)

$dot.$ = dotación (lts./hab/día)

No. hab = número de habitantes por tramo

F.R. = factor de retorno

Como ejemplo se diseñará el tramo entre los pozos de visita P.V. 1.7 a P.V. 1.8.

$$q_{dom} = \frac{dot. * No.hab}{86400} * F.R.$$

Donde:

$dot.$ = 150 lt/hab/día

No.hab = 38 habitantes

F.R. = 0.80

$$q_{dom} = \frac{150 * 38}{86400} * 0.8 = 0.053l / s$$

2.1.9.4.2. Caudal comercial

El caudal comercial es el que proviene de comercios tales como comedores, restaurantes, hoteles, etc. La dotación varía de acuerdo con el establecimiento que se haya seleccionado. Para este proyecto no se tomó en cuenta este caudal, debido a que no existe ningún comercio de este tipo a lo largo de todo el alcantarillado.

2.1.9.4.3. Caudal industrial

El caudal industrial es el que proviene de industrias, tales como procesadoras de alimentos, fabricas de textiles, licoreras, etc. La dotación varía de acuerdo con el establecimiento que se esté tomando en cuenta. Para este proyecto tampoco se tomó en cuenta este caudal, debido a que no existe ninguna industria a lo largo de todo el alcantarillado.

2.1.9.4.4. Caudal por conexiones ilícitas

Este es el caudal de agua pluvial, que se conecta ilícitamente al sistema de alcantarillado sanitario. De acuerdo con las normas del INFOM, este se puede calcular como el 10% mínimo del caudal domiciliar, que es el que se tomó para este proyecto, debido que se observó que las personas vierten las aguas pluviales a los patios de las casas. Este caudal se expresa de la siguiente forma:

$$q_{ilicito} = 0.10 * q_{dom}$$

El caudal por conexiones ilícitas en el ejemplo dado será:

$$q_{ilicito} = 0.10 * 0.053 = 0.0053 \text{ l/s}$$

2.1.9.4.5. Caudal de infiltración

Es considerado como la cantidad de agua que se infiltra o penetra a través de las paredes de la tubería, depende de: la permeabilidad del suelo, longitud de la tubería y de la profundidad a la que se coloca. Como depende de

muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo; generalmente, se expresa en litros por kilómetro por día; su valor puede variar entre 12,000 y 18,000 Lt/km/día, a pesar de que la tubería de PVC teóricamente no presenta infiltración, el INFOM recomienda el cálculo de este caudal de la siguiente forma:

$$Q_{inf} = (F_{inf}(L_{tubería} + \text{num.Casas} \times 6m)) / 86,400$$

Donde:

F_{inf} = Factor de infiltración ($12000 < F_{inf} < 18000 \text{ Lt/km/día}$)

$L_{tubería}$ = Longitud total de la tubería

El caudal de infiltración del P.V. 1.7 a P.V. 1.8 será:

$$Q_{inf} = (1500(2.806 + 122 \times 6 / 1000)) / 86,400 = 0.061 \text{ l/s}$$

2.1.9.5. Caudal medio

Es la suma del caudal domiciliario, caudal comercial, caudal industrial, caudal por conexiones ilícitas y caudal de infiltración.

$$Q_{medio} = q_{dom} + q_{com} + q_{ind} + q_{ilicito} + q_{inf}$$

La aldea Los Humitos no cuenta con comercios ni industrias, por lo que los caudales comerciales e industriales no se tomarán en cuenta; únicamente los caudales domiciliarios, por conexiones ilícitas y los de infiltración. Para el tramo en observación el caudal medio será:

$$Q_{medio} = 0.053 + 0.0053 + 0.061 = 0.12 \text{ l/s}$$

2.1.9.6. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Se considera como la suma de los caudales doméstico, de infiltración, por conexión ilícita, comercial e industrial, dividido entre el número de habitantes a servir por tramo.

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; si fuera mayor, se tomará 0.005. Se calcula de la siguiente forma:

$$F_{qm} = Q_{\text{medio}} / \text{No. de habitantes}$$

Para el tramo P.V. 1.7 a P.V. 1.8 el factor de caudal medio será:

$$F_{qm} = 0.12/38 = 0.0031$$

2.1.9.7. Factor de *Harmond*

Es un factor llamado también factor de flujo instantáneo, que ayuda a determinar el caudal máximo, que puede fluir por las tuberías; su valor varía de 1.5 a 4.5, es adimensional. La fórmula del factor de *Harmond*, es el resultado de pruebas estadísticas, que determinan la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas, se estén utilizando simultáneamente en un determinado tramo, se calcula de la siguiente forma:

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

Donde:

F.H.= factor de Harmond

P= población acumulada del tramo (unidades de millar)

En el ejemplo observado del P.V. 1.7 a P.V. 1.8, el factor de Harmond sea:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt[2]{\frac{38}{1000}}}{4 + \sqrt[2]{\frac{38}{1000}}} = 4.337$$

2.1.9.8. Caudal de diseño

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

$$Q_{\text{diseño}} = F_{\text{qm}} * F.H. * \text{No. Hab.}$$

El caudal de diseño en el ejemplo del tramo de P.V. 1.7 a P.V. 1.8 será:

$$Q_{\text{diseño}} = 0.0031 * 4.337 * 38 = 0.518 \text{ l/s}$$

2.1.10. Fundamentos hidráulicos

El principio para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, es que el medio de transporte funcione como canal abierto, por gravedad y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material y la pendiente del canal.

Particularmente, para sistemas de alcantarillado sanitarios se emplean canales circulares cerrados, estando la superficie del agua afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de la materia en descomposición, que dichos caudales transportan.

2.1.10.1. Ecuación de *Manning* para flujo de canales

La ecuación de *Manning* se basa en condiciones de flujo constante, a pesar de que la mayoría de sistemas de drenaje funcionan con caudales variables; también se diseña asumiendo que el flujo se conduce a través de canales abiertos, y si esta última condición no se cumple, se dice que la tubería trabaja bajo presión interna. La ecuación de *Manning* para conductos circulares es:

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

Donde:

V= velocidad (m/s)

R_h= radio hidráulico

S= pendiente del canal (m/m)

n= coeficiente de rugosidad de *Manning*

2.1.10.2. Relaciones de diámetro y caudales

Las relaciones de diámetros y caudales, que se deben considerar en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son: la relación d/D debe de ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75, y el caudal de diseño tiene que ser menor al caudal a sección llena en el colector, tomando en cuenta que estas relaciones se aplicarán solo para sistemas de alcantarillado sanitario. Esto es:

Relación de caudal: $q_{dis} < Q_{sección\ llena}$

Según el tramo de P.V. 1.7 a P.V. 1.8, el $q_{dis} = 0.518\text{ l/s}$ y el $Q_{sección\ llena} = 44.6\text{ l/s}$ y se cumple que el $q_{dis} < Q_{sección\ llena}$.

Relación de diámetro: $0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.75$

Para el tramo P.V. 1.7 a P.V. 1.8 la relación de diámetros es:

$$0.10 \leq 0.08 \leq 0.75$$

2.1.10.3. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena. De los resultados obtenidos, se construyeron las tablas, utilizando la fórmula de Manning.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q). Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado.

En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena, se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente, se obtienen los demás valores de chequeo.

2.1.11. Parámetros de diseño hidráulico

Los parámetros de diseño son los que determinan el diseño que va tener el sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.11.1. Coeficiente de rugosidad

Este coeficiente depende del material de que esté hecha la tubería; es determinado por medio de pruebas hechas por los fabricantes; este factor describe qué tan lisa o tan rugosa es la superficie interna de la tubería. Es proveído por el fabricante.

A continuación se presenta una tabla con coeficientes de rugosidad de los materiales más utilizados en nuestro medio.

Tabla II. **Coefficiente de rugosidad “n” de diversos materiales**

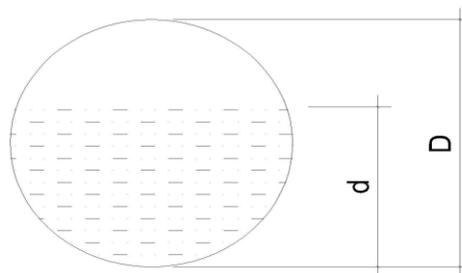
MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “n”
Superficie de mortero de cemento	0.011 – 0.013
Mampostería	0.017 – 0.030
Tubo de concreto, diámetro < 24”	0.011 – 0.016
Tubo de concreto, diámetro > 24”	0.013 – 0.018
Tubo de asbesto cemento	0.009 – 0.011
Tubería de PVC	0.006 – 0.011
Tubería HG	0.013 – 0.015

Fuente: elaboración propia

2.1.11.2. **Sección llena y parcialmente llena**

El principio fundamental de diseño de alcantarillados sanitarios se resume en que debe funcionar como canal abierto; por lo que el caudal de diseño nunca debe ser mayor que el caudal a sección llena. La relación se debe encontrar en el siguiente rango: $0.10 \leq d/D \leq 0.75$

Figura 2. **Sección parcialmente llena**



Fuente: elaboración propia

2.1.11.3. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo se determina con factores como el diámetro, la pendiente del terreno y el tipo de tubería que se utilizará. Se define por la fórmula 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 normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, las velocidades deben ser mayores de 0.60 m/seg. para evitar sedimentación dentro de la tubería y taponamiento; y máximo de 3.00 m/seg. para evitar erosión por fricción de la tubería; los fabricantes sugieren valores entre 0.40 m/seg. y 4.00 m/seg., para tuberías de PVC.

Para el cálculo de la velocidad se emplea la fórmula de *Manning*. Pero haciendo algunos arreglos algebraicos y para minimizar trabajo, se creó la fórmula siguiente, en sistema internacional, la cual se aplica en este diseño:

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

Donde:

V= velocidad de flujo a sección llena (m/seg.)

D= diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n= coeficiente de rugosidad de *Manning* (0.010 para tubos de PVC)

Para el tramo P.V. 1.7 a P.V. 1.8, la velocidad máxima será:

$$d=6''$$

$$s=6.25\%$$

$$n= 0.01$$

$$V = \frac{0.03429 * (6 * 0.0254)^{\frac{2}{3}} * (6.25)^{\frac{1}{2}}}{0.01} = 2.45m/s$$

2.1.11.4. Diámetro del colector

Las normas del INFOM, indican que el diámetro mínimo que se debe 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 puede utilizar 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. Para este sistema de alcantarillado sanitario se utilizará tubería de PVC y los diámetros que se utilizarán serán de 6" para el colector general y 4" para las conexiones domiciliarias.

2.1.11.5. Profundidad del colector

La profundidad del colector principal, debe ser tal que evite rupturas por el tránsito que circulará sobre el mismo, que permita el cien por ciento de conexiones domiciliarias, que ofrezca protección de climas extremos y que no ofrezca dificultades constructivas.

2.1.11.6. Profundidad mínima del colector

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma, en cualquier punto, será determinada en la siguiente tabla que tabula los valores de la profundidad mínima para distintos diámetros de tubos de concreto y PVC.

Tabla III. **Profundidad mínima a la cota invert (tubería de concreto)**

Diámetro (pulg.)	6 y 8	10	12	16	18	20	24	30	36	42	48	60
Tránsito normal o liviano	1.22	1.28	1.33	1.41	1.5	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
Tránsito pesado	1.42	1.48	1.53	1.51	1.7	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

Fuente: elaboración propia

La profundidad mínima para tubería de PVC en cualquier condición de tránsito es de 1.40 m.

2.1.11.6.1. Ancho de zanja

El ancho de la zanja está condicionado por el diámetro de la tubería y la profundidad a la que se debe colocar la misma, esto va en relación directa, es decir, a mayor diámetro, mayor ancho de zanja y a mayor profundidad, también mayor ancho de zanja.

A continuación se presenta una tabla con anchos de zanja recomendables para distintos diámetros de tubería y profundidades de excavación.

Tabla IV. **Ancho de zanja**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2 m.	Para profundidades hasta 2 m.	Para profundidades hasta 2 m.
4	0.50	0.60	0.70
6	0.55	0.65	0.75
8	0.60	0.70	0.80
10	0.70	0.80	0.80
12	0.80	0.80	0.80
15	0.90	0.90	0.90
18	1.00	1.00	1.10
24	1.10	1.10	1.35

Fuente: elaboración propia

2.1.11.6.2. **Volumen de excavación**

El volumen de suelo que se debe remover para colocar la tubería, se calcula a partir de la profundidad de los pozos de visita; el ancho de la zanja, que a la vez depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos, se calcula con la siguiente expresión:

$$Vol = \left[\frac{(H_1 + H_2)}{2} * d * Az \right]$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m^3)

H_1 = profundidad del primer pozo de visita (m)

H_2 = profundidad del segundo pozo de visita (m)

d = distancia entre pozos (m)

Az = ancho de zanja (m)

Para el tramo en observación del P.V. 1.7 a P.V. 1.8, el volumen de excavación será:

$$Vol = \left[\frac{(1.05 + 1.12)}{2} * 24.01 * 0.75 \right] = 18.18 \text{ } m^3$$

2.1.11.6.3. Cotas invert

Es la cota que determina el nivel de colocación de la parte inferior interna de una tubería, que conecta dos pozos de visita. Las cotas del terreno, al igual que las cotas invert de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado, y las alturas de los pozos de visita, se calculan de la siguiente forma:

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

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

$$CIS_{\text{inicial}} = NT_i - (H_{\text{tráfico}} + E_{\text{tubo}} + \phi)$$

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

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

$$H_{\text{pozoinicial}} = CT_i - CIS - 0.15 \text{ } m.$$

$$H_{\text{pozofinal}} = CT_f - CIE - 0.15 \text{ m.}$$

Donde:

NT_f = nivel o cota del terreno final

NT_i = nivel o cota del terreno inicial

$D.H.$ = distancia horizontal entre pozos de visita

$S\%$ = pendiente

CIS_{inicial} = cota invert de salida de tramo inicial

CIS_{tramo} = cota invert de salida de tramo de continuidad

CIE = cota invert de entrada

$H_{\text{pozoinicial}}$ = altura de pozo de visita inicial

$H_{\text{pozofinal}}$ = altura de pozo de visita final

Para el tramo observado del P.V. 1.7 a P.V. 1.8, las cotas invert de los pozos de visita son:

$$S_{\text{terreno}} \% = \frac{110.30 - 108.97}{24.01} * 100 = 5.54\%$$

$$CIS_{\text{tramo}} = 109.28 - 0.03m. = 109.25$$

$$CIE = 109.25 - 24.01 * 5.54 = 107.85$$

$$H_{\text{pozoinicial}} = 110.30 - 109.25 = 1.05$$

$$H_{\text{pozofinal}} = 108.97 - 107.85 = 1.12$$

2.1.12. Ubicación de los pozos de visita

Según las normas del INFOM, se deben diseñar pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

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

2.1.13. Profundidad de los pozos de visita

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

$$HP.V = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota Invert de salida del tramo} - 0.15 \text{ de base}$$

- Cuando a un pozo de visita llega una tubería y sale otra de igual diámetro, la cota invert como mínimo va a estar 3 cm por debajo de la cota invert de entrada.

$$\emptyset 1 = \emptyset 2 \text{ CIS} = \text{CIE} - 0.03 \text{ m.}$$

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra de distinto diámetro, la cota invert va a ser, como mínimo, la diferencia entre ambos diámetros, por debajo de la cota invert de entrada:

$$\emptyset 1 - \emptyset 2 \text{ CIS} = \text{CIE} - \text{dif.}\phi$$

- Cuando a un pozo de visita entra más de una tubería y sale una tubería todas de igual diámetro, la cota invert va a ser como mínimo, 3 cm por debajo de la cota invert de entrada más profunda:

$$\emptyset 1 = \emptyset 2 = \emptyset 3 \quad CIE1 > CIE2$$

$$CIS = CIE1 - 0.03 \text{ m.}$$

- Cuando a un pozo de visita llegan dos o más tuberías y sale una y son de distinto diámetro: 3 cm por debajo de las tuberías que son del mismo diámetro, y hay diferencia de diámetros en las tuberías, se toma la que dé mayor profundidad.
- Cuando a un pozo de visita llega más de una tubería y sale más de una tubería:
 - Una tubería es de continuidad.
 - La cota invert de las tuberías de ramales iniciales debe ser como mínimo la que considere la Hmin.
 - La cota invert de salida del ramal de seguimiento, se calcula de acuerdo con los incisos anteriores.

2.1.14. Características de 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" x 3" como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión en la candela de registro domiciliario, la cual será un diámetro mínimo de 12".

Para este proyecto se utilizó tubería PVC de 4" de diámetro norma ASTM 3034, así como silleta "Y" o "T" 6" x 4" ASTM 3034; para la candela se utilizó tubo de concreto de 12" de diámetro.

2.1.15. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario, se realizó de acuerdo con las normas del INFOM. El proyecto beneficiará al 100% de la población actual de la aldea.

El diseño se realizó utilizando el programa Autocad® Civil 3D *Land Desktop Companion*® 2009; a dicho programa se le ingresaron los parámetros de diseño que se presentan en la tabla incluida en la siguiente página.

Tabla V. **Parámetros de diseño proyecto de alcantarillado sanitario aldea Los Humitos, Amatitlán, Guatemala**

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Período de diseño	30 años
Viviendas actuales	122
Viviendas futuras	639
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes/vivienda
Población actual	1,210
Tasa de crecimiento	3.92%
Población futura	3,835
Dotación	150 lt/hab/día
Factor de retorno	80%
Velocidad de diseño	$0.6\text{m/s} \leq V \leq 3.00\text{m/s}$
Evacuación	Por gravedad
Colector principal	
Tipo y tamaño de tubería	PVC ϕ 6" n=0.010
Pendiente	Según diseño por tramos
Conexión domiciliar	
Tipo y tamaño de tubería	PVC ϕ 4"
Pendiente	2% a 6%
Candela	Concreto ϕ 12"
Pozo de visita	
Altura de cono	Variable
Diámetro superior mínimo	0.75 m.
Material	Ladrillo tayuyo 6.5*11*23 cm.

Fuente: elaboración propia

2.1.16. Desfogue

Es necesario ubicar el lugar idóneo para el desfogue de las aguas tratadas, esto respetando las normas del Ministerio de Medio Ambiente, para lograr mitigar daños a la naturaleza. Todas las descargas deben tener un tratamiento adecuado a las condiciones del cuerpo receptor de la descarga.

2.1.16.1. Ubicación

Por la topografía del terreno, fue necesario diseñar dos ramales principales; como consecuencia de esto se tiene dos descargas, de las cuales una se ubicará en la parte sur y la otra en la parte norte de la aldea.

2.1.16.2. Propuesta de tratamiento

Según las normas del INFOM, debe establecerse como mínimo un tratamiento primario; a menos que existan normas o regulaciones que exijan un mayor nivel de tratamiento, se debe atender esa exigencia.

Por lo que para este proyecto se recomienda un tratamiento primario por medio de fosa séptica, ya que el objetivo de estas unidades es la remoción de sólidos en suspensión por medio de procesos físicos como la sedimentación, en los que se logra eliminar de 40% a 60% de sólidos.

Las unidades empleadas tratan de disminuir la velocidad de las aguas residuales por períodos de 12 a 24 horas, a esto se le llama período de retención, para que se sedimenten los sólidos; a la salida de la fosa séptica se debe disponer de pozos de absorción para terminar con el proceso de depuración de las aguas residuales y luego que regresen a la napa freática con una mejor calidad.

2.1.17. Elaboración de planos

Para este proyecto se elaboró un total de seis planos, como se describen a continuación:

- Planta general
- Perfil eje 1
- Perfil eje 2
- Perfiles eje3, eje 4
- Perfil eje4, eje 5, eje 6, eje 7, eje 8, eje 9 y eje 10
- Detalles de pozos de visita y acometida domiciliar

2.1.18. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se trabajó con base en precios unitarios, a los cuales se les aplicó un factor de indirectos del 35%.

Tabla VI. **Presupuesto de alcantarillado sanitario de la aldea Los Humitos, Amatitlán, Guatemala**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS



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

EPESISTA: DAVID ESTUARDO MAYORGA VALLADARES

MUNICIPALIDAD DE AMATITLÁN, GUATEMALA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA LOS HUMITOS, AMATITLÁN,
 DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Fecha: noviembre de 2011

NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL RENGLÓN
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	MI	2806.2	Q 26,61	Q 74 672,98	
1.02	EXCAVACIÓN	m ³	3648.06	Q 52,51	Q 91 559,63	
1.03	RELLENO	m ³	3507.75	Q 46,02	Q 61 426,66	Q 427 659,27
2.00	INSTALACIÓN DE TUBERÍA					
2.01	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	MI	2806.2	Q 181,54	Q509 437,55	
2.02	CONEXIONES DOMICILIARES	Unidad	122	Q 1 411,41	Q172 192,02	Q 681 629,57
3.00	POZOS DE VISITA					
3.01	POZO DE VISITA DE 1.00 - 1.10 m. de profundidad	Unidad	38	Q 4 053,81	Q154 044,67	
3.02	POZO DE VISITA DE 1.10 - 1.20 m. de profundidad	Unidad	15	Q 4 422,34	Q 66 335,03	
3.03	POZO DE VISITA DE 1.20 - 1.30 m. de profundidad	Unidad	6	Q 4 790,86	Q 28 745,18	
3.04	POZO DE VISITA DE 1.30 - 1.40 m. de profundidad	Unidad	4	Q 5 159,39	Q 20 637,56	

Continuación de la tabla VI.

3.05	POZO DE VISITA DE 1.40 - 1.50 m. de profundidad	Unidad	3	Q 5 527,92	Q 16 583,76	
3.06	POZO DE VISITA DE 1.50 - 1.60 m. de profundidad	Unidad	3	Q 5 896,45	Q 17 689,34	
3.07	POZO DE VISITA DE 1.60 - 1.70 m. de profundidad	Unidad	1	Q 6 264,97	Q 6 264,97	
3.08	POZO DE VISITA DE 1.70 - 1.80 m. de profundidad	Unidad	1	Q 6 633,50	Q 6 633,50	
3.09	POZO DE VISITA DE 1.80 - 1.90 m. de profundidad	Unidad	3	Q 7 002,03	Q 21 006,09	
3.10	POZO DE VISITA DE 1.90 - 2.00 m. de profundidad	Unidad	1	Q 7 370,56	Q 7 370,56	
3.11	POZO DE VISITA DE 2.00 - 2.10 m. de profundidad	Unidad	1	Q 7 739,09	Q 7 739,09	
3.12	POZO DE VISITA DE 2.10 - 2.20 m. de profundidad	Unidad	2	Q 8 107,61	Q 16 215,23	
3.13	POZO DE VISITA DE 2.20 - 2.30 m. de profundidad	Unidad	1	Q 8 476,14	Q 8 476,14	
3.14	POZO DE VISITA DE 2.40 - 2.50 m. de profundidad	Unidad	1	Q 9 213,20	Q 9 213,20	
3.15	POZO DE VISITA DE 2.50 - 2.60 m. de profundidad	Unidad	1	Q 9 581,73	Q 9 581,73	
3.16	POZO DE VISITA DE 2.70 - 2.80 m. de profundidad	Unidad	1	Q 10 318,78	Q 10 318,78	
3.17	POZO DE VISITA DE 2.80 - 2.90 m. de profundidad	Unidad	1	Q 10 687,31	Q 10 687,31	
3.18	POZO DE VISITA DE 3.00 - 3.10 m. de profundidad	Unidad	1	Q 11 424,37	Q 11 424,37	
3.19	POZO DE VISITA DE 3.10 - 3.20 m. de profundidad	Unidad	1	Q 11 792,89	Q 11 792,89	
3.20	POZO DE VISITA DE 3.70 - 3.80 m. de profundidad	Unidad	1	Q 14 004,06	Q 14 004,06	
3.21	POZO DE VISITA DE 4.20 - 4.30 m. de profundidad	Unidad	1	Q 15 846,70	Q 15 846,70	Q 470 610,15
					TOTAL	Q 1 579 898,99

Continuación de la tabla VI.

TOTAL EN LETRAS: UN MILLÓN QUINIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y OCHO, CON 99/100

Fuente: elaboración propia

2.1.19. Evaluación socioeconómica

La evaluación de un proyecto de esta naturaleza consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad.

2.1.19.1. Valor presente neto (VPN)

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Es una forma fácil de visualizar si los ingresos son mayores que los egresos.

$$\text{VPN} = \text{VPbeneficios} - \text{VPcostos}$$

Para la anterior fórmula se tienen tres resultados posibles:

- Cuando el VPN es mayor que cero ($\text{VPN} > 0$), se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad, además de una ganancia que es igual al valor presente.
- Cuando el VPN es igual a cero ($\text{VPN} = 0$), se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada.
- Cuando el VPN es menor que cero ($\text{VPN} < 0$), se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia. Debido a que el proyecto de alcantarillado sanitario es un beneficio para la comunidad, que cumple con

su objetivo de carácter social, no se contempla algún tipo de utilidad (no hay beneficio), los egresos se establecen como el costo total del proyecto:

$$VPN= 0 - 1\,579\,898,99$$

$$VPN= - 1\,579\,898,99$$

2.1.19.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión. Si se usa con valor presente es la tasa donde el valor presente es igual a cero $VP= 0$.

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

Lo que procede para este caso, es tomar el valor de la TIR igual a 4.5%, la cual representa el costo que el Estado debe desembolsar para la ejecución de dicho proyecto. Esta tasa fue calculada, tomando en cuenta la tasa libre de riesgo de Guatemala, que corresponde a la inversión en títulos públicos y que actualmente 137 pagan esa cantidad y, es lo que le cuesta al Estado, captar esos fondos para invertirlos en obra pública.

2.1.20. Evaluación de impacto ambiental

Una definición de impacto ambiental podría definirse como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes, con

cierta magnitud y complejidad, originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana.

Es importante aclarar que el término impacto, no implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo.

La evaluación de impacto ambiental, es el análisis de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales, que estos están en condiciones de proporcionar.

Actualmente, se ha visto afectada tanto la salud de los pobladores, como el paisaje del lugar, porque las aguas residuales son descargadas sobre la superficie del suelo, provocando la formación de lodo y con el agua estancada, en algunos puntos, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades; por lo que la población está teniendo una participación negativa en el ambiente.

Este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente; este solo sucederá durante el periodo de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, provocando dificultades en el tránsito y posibles problemas de polvo debido al viento.

Como impacto ambiental positivo, se tiene la eliminación de aguas residuales, que fluyen sobre la superficie del suelo, eliminando con esto la posibilidad de contaminación de la napa freática. Además, la eliminación de fuentes de proliferación de enfermedades, mosquitos y zancudos, y con ello la eliminación de enfermedades que estos puedan transmitir a los habitantes del lugar.

Todo esto conlleva una notable mejora en la calidad de vida, para los pobladores de la aldea.

CONCLUSIONES

1. La construcción del sistema de alcantarillado sanitario, vendrá a resolver la problemática de los focos de contaminación y malos olores en la aldea Los Humitos, por cuanto las aguas servidas ya no serán vertidas sobre la superficie del terreno; este proyecto beneficiará a 1 210 habitantes y el costo asciende a Q. 1 579 898,99
2. El proyecto de alcantarillado sanitario para la aldea Los Humitos, es un proyecto ambientalmente viable, siempre y cuando se cumpla con las medidas de mitigación que exige el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. La contaminación que esta área genera actualmente es muy alta (contaminación ambiental y visual), los cambios que se proponen modificarán sustancialmente el paisaje de ambos lugares, mejorando el nivel de vida de los pobladores.
3. El Ejercicio Profesional Supervisado complementa la formación profesional del estudiante, ya que proporciona la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica, adquiriendo confianza y criterio para el desempeño de la profesión.

RECOMENDACIONES

Para la Municipalidad de Amatitlán:

1. No realizar ningún cambio a los planos y especificaciones del proyecto, sin previa consulta y aprobación del diseñador.
2. Garantizar la supervisión técnica y control de calidad de los materiales, durante la ejecución del proyecto, a través de un profesional de la Ingeniería Civil.
3. Actualizar el presupuesto del proyecto antes de su licitación, ya que, tanto materiales y salarios, están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía.
4. Implementar un plan de mantenimiento para preservar en buenas condiciones el proyecto, y así garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

1. BERDÚO, Julio Enrique. *Diseño de la red de alcantarillado combinado de la población de la Villa de Mixco*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1987. 131p.
2. INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL (INFOM). *Normas generales para diseño de Alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 30 p.
3. PAZ CHACÓN, Sindy Anabella. *Diseño del edificio escolar de dos niveles, para la aldea El Manzanillo y sistema de alcantarillado sanitario, para el sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez, Departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 166 p.
4. VALIENTE LEIVA, Samuel Eduardo. *Diseño de la edificación de dos niveles para el mercado Municipal No. 1 y sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Llano de Ánimas, municipio de Amatitlán, Guatemala*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 276 p.

APÉNDICES

1. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario

DE	A	COTAS DE TERRENO		D.H. (MT)	S% TERRENO	VIVIENDAS		NO. HABITANTES		F.H		qmedio
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	
1,6	1,7	111,02	110,3	14,02	5,14	1	1	6	19	4,434	4,383	0,090
1,7	1,8	110,3	108,97	24,01	5,54	1	2	12	38	4,407	4,337	0,120
1,8	1,9	108,97	106,94	37,3	5,44	1	3	24	76	4,369	4,274	0,178
1,9	1,1	106,94	106,62	21,09	1,52	1	4	30	95	4,355	4,250	0,207
5,1	5,2	138,95	138,14	20,98	3,86	2	2	12	38	4,407	4,337	0,120
5,2	5,3	138,14	136,63	25,77	5,86	0	2	12	38	4,407	4,337	0,120
5,3	5,4	136,63	130,24	55,3	11,56	3	5	30	95	4,355	4,250	0,207
5,4	5,5	130,24	129,5	10,87	6,81	2	7	42	133	4,329	4,207	0,265
5,5	2,11	129,5	126,13	39,89	8,45	1	8	48	152	4,318	4,189	0,294
5,1	5,9	130	127,43	37,6	6,84	3	3	18	57	4,386	4,303	0,149
5,9	5,8	127,43	126,39	18,56	5,60	3	6	36	114	4,341	4,227	0,236
5,8	5,7	126,39	126	19,19	2,03	1	7	42	133	4,329	4,207	0,265
5,7	5,6	126	126	18,68	0,00	0	7	42	133	4,329	4,303	0,149
5,6	2,11	126	126,13	4,23	-3,07	0	7	42	133	4,329	4,207	0,265
2,11	2,12	126,13	121,54	4,16	10,16	2	17	102	323	4,241	4,064	0,555
2,12	2,13	121,54	121,06	30,13	1,59	3	20	120	380	4,221	4,032	0,642
2,13	2,14	121,06	120,58	78,92	0,61	3	23	138	437	4,203	4,003	0,730
7,1	7,2	167,82	163,88	23,94	16,46	3	3	18	57	4,386	4,303	0,149
7,2	2,26	163,88	161,59	23,94	9,57	0	3	18	57	4,386	4,303	0,149
2,27	2,26	160,99	161,59	14,34	-4,18	1	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,26	2,25	161,59	162	18,2	-2,25	2	6	36	114	4,341	4,227	0,236
2,25	2,24	162	161,78	16,35	1,35	2	8	48	152	4,318	4,189	0,294
2,24	2,23	161,78	159,17	26,14	9,98	4	12	72	228	4,280	4,127	0,410
2,23	2,22	159,17	157,77	11,45	12,23	3	15	90	285	4,256	4,088	0,497
2,22	2,21	157,77	155,41	22,19	10,64	2	17	102	323	4,241	4,064	0,555
2,21	2,2	155,41	150,97	49,87	8,90	2	19	114	361	4,228	4,043	0,613
2,2	2,19	150,97	145,57	37,1	14,56	1	20	120	380	4,221	4,032	0,642
2,19	2,18	145,57	139,66	45,94	12,86	0	20	120	380	4,221	4,032	0,642
2,18	2,17	139,66	132,69	46,08	15,13	0	20	120	380	4,221	4,032	2,591
2,17	2,16	132,69	126,44	52,24	11,96	4	24	144	456	4,197	3,994	0,759
2,16	2,15	126,44	122,96	41,65	8,36	2	26	156	494	4,185	3,977	0,817
2,15	2,14	122,96	120,58	70,89	3,36	0	26	156	494	4,185	3,977	0,817
2,14	4,1	120,58	119,09	14,17	10,52	0	49	294	932	4,082	3,820	1,485
4,1	4,2	119,09	115,45	9,26	39,31	0	49	294	932	4,082	3,820	1,485
4,2	4,3	115,45	109,49	25,5	23,37	0	49	294	932	4,082	3,820	1,485

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1.

DE	A	COTAS DE TERRENO		D.H. (MT)	S% TERRENO	VIVIENDAS		NO. HABITANTES		F.H		qmedio
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	
4,3	4,4	109,49	103,67	25,5	22,82	0	49	294	932	4,082	3,820	1,485
4,4	4,5	103,67	100,65	25,96	11,63	0	49	294	932	4,082	3,820	1,485
6,1	6,2	102,52	101,47	49,06	2,14	3	3	18	57	4,386	4,303	0,149
6,2	4,5	101,47	100,65	96,6	0,85	6	9	54	171	4,308	4,172	0,323
4,5	4,6	100,65	98,65	35,63	5,61	0	58	348	1103	4,050	3,772	1,746
4,6	4,7	98,65	97,58	22,13	4,84	0	58	348	1103	4,050	3,772	1,746
4,7	4,8	97,58	97	11,91	4,87	0	58	348	1103	4,050	3,772	1,746
4,8	4,9	97	96,66	17,58	1,93	0	58	348	1103	4,050	3,772	1,746
4,9	4,1	96,66	96,78	14,58	-0,82	0	58	348	1103	4,050	3,772	1,746
4,1	4,11	96,78	96,9	47,5	-0,25	0	58	348	1103	4,050	3,772	1,746
4,11	1,19	96,9	92,45	68,42	6,50	4	62	372	1179	4,037	3,753	1,863
2,12	3,1	121,54	119,82	21,81	7,89	1	1	6	19	4,434	4,383	0,090
3,1	3,2	119,82	119,31	47,19	1,08	1	2	12	38	4,407	4,337	0,120
3,2	3,3	119,31	119,41	52,62	-0,19	0	2	12	38	4,407	4,337	0,120
3,3	3,4	119,41	120,02	10,88	-5,61	0	2	12	38	4,407	4,337	0,120
3,4	3,5	120,02	121,43	39,29	-3,59	9	11	66	209	4,289	4,141	0,381
3,5	3,6	121,43	119,27	55,02	3,93	5	16	96	304	4,248	4,076	0,526
3,6	3,7	119,27	116,19	34,16	9,02	2	18	108	342	4,234	4,053	0,584
3,7	3,8	116,19	113,35	27,16	10,46	2	20	120	380	4,221	4,032	0,642
3,8	3,9	113,35	110,72	18,21	14,44	1	21	126	399	4,215	4,022	0,672
3,9	1,1	110,72	106,62	31,74	12,92	2	23	138	437	4,203	4,003	0,730
1,1	1,11	106,62	106,56	18,89	0,32	1	29	174	551	4,169	3,952	0,904
1,11	1,12	106,56	107	23,55	-1,87	3	32	192	609	4,154	3,929	0,991
1,12	1,13	107	106,02	33,77	2,90	6	38	228	723	4,127	3,887	1,165
9,1	1,13	104,07	106,02	43,97	-4,43	1	1	6	19	4,434	4,383	0,090
1,13	1,14	106,02	103,82	16,33	13,47	1	40	240	761	4,118	3,873	1,224
1,14	1,15	103,82	101	22,44	12,57	2	43	258	818	4,106	3,855	1,311
1,15	1,16	101	98,67	29,03	8,03	4	87	522	1654	3,965	3,648	2,589
10,1	10,2	97	98,35	30,68	-4,40	3	3	18	57	4,386	4,303	0,149
10,2	1,16	98,35	98,67	20,51	-1,56	1	4	24	76	4,369	4,274	0,178
1,16	1,17	98,67	97,43	16,27	7,62	1	92	552	1749	3,952	3,630	2,734
1,17	1,18	97,43	96,04	21,21	6,55	1	93	558	1769	3,949	3,627	2,763
1,18	1,19	96,04	92,45	27,43	13,09	1	94	564	1788	3,947	3,623	2,792
1,19	1,2	92,45	90,02	23,71	10,25	1	157	942	2986	3,817	3,444	4,623
1,2	1,21	90,02	87,85	17,42	12,46	0	157	942	2986	3,817	3,444	4,623
1,21	1,22	87,85	82,46	48,2	11,18	1	158	948	3005	3,815	3,442	4,652
1,22	1,23	82,46	78,14	36,9	11,71	0	158	948	3005	3,815	3,442	4,652
1,23	1,24	78,14	77	11,14	10,23	0	158	948	3005	3,815	3,442	4,652
2,11	2,1	126,13	122,15	58,81	6,77	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1.

DE	A	COTAS DE TERRENO		D.H. (MT)	S% TERRENO	VIVIENDAS		NO. HABITANTES		F.H		Qmedio
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	
2,1	2,9	122,15	117,75	41	10,73	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,9	2,8	117,75	111,7	93,22	6,49	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,8	2,7	111,7	108,83	42,82	6,70	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,7	2,6	108,83	105,98	55,09	5,17	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,6	2,5	105,98	101,88	58,47	7,01	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,5	2,4	101,88	101,07	10,67	7,59	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090
2,4	2,3	101,07	100,19	32,34	2,72	2	3	18	57	4,386	4,303	0,149
1,6	1,5	111,02	109,98	23,58	4,41	1	1	6	19	4,434	4,383	0,090
1,5	1,4	109,98	107,77	18,66	11,84	1	2	12	38	4,407	4,337	0,120
1,4	1,3	107,77	103,88	24,42	15,93	3	5	30	95	4,355	4,250	0,207
1,3	1,2	103,88	101,32	27,8	9,21	2	7	42	133	4,329	4,207	0,265
1,2	2,3	101,32	100,19	27,94	4,04	1	8	48	152	4,318	4,189	0,294
2,3	2,2	100,19	100	10,36	1,83	0	11	66	209	4,289	4,141	0,381
8,1	2,2	98,01	100	40,6	-4,90	0	1	6	19	4,434	4,383	0,090

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1.

Fqm		qdiseño	Diámetro (in)	S% TUBO	SECCION LLENA		REL. q/Q	REL. v/V	REL. d/D	Vdiseño	Cotas Invert		Altura de Pozos	
Actual	Futuro				VEL.	Q					Inicio	Final	Inicio	Final
0,731	0,090	0,397	6	6,00	2,40	43,71	0,009	0,621	0,203	1,49	110,02	109,28	1,00	1,02
0,010	0,003	0,518	6	6,25	2,45	44,61	0,012	0,337	0,076	0,82	109,25	107,85	1,05	1,12
0,007	0,002	0,759	6	5,44	2,28	41,63	0,018	0,386	0,094	0,88	107,82	105,88	1,15	1,06
0,007	0,002	0,878	6	1,52	1,21	21,98	0,040	0,486	0,137	0,59	105,85	105,56	1,09	1,06
0,010	0,003	0,518	6	5,50	2,29	41,85	0,012	0,345	0,079	0,79	138,06	137,00	1,00	1,14
0,010	0,003	0,518	6	5,86	2,37	43,20	0,012	0,340	0,077	0,80	136,97	135,55	1,17	1,08
0,007	0,002	0,878	6	11,92	3,38	61,61	0,014	0,359	0,084	1,21	135,52	129,13	1,11	1,11
0,006	0,002	1,114	6	6,81	2,55	46,56	0,024	0,419	0,107	1,07	129,10	128,48	1,14	1,02
0,006	0,002	1,231	6	8,70	2,89	52,64	0,023	0,416	0,106	1,20	128,45	125,12	1,05	1,01
0,008	0,003	0,639	6	7,30	2,64	48,22	0,013	0,351	0,081	0,93	128,95	126,33	1,05	1,10
0,007	0,002	0,997	6	5,60	2,32	42,25	0,024	0,416	0,106	0,96	126,30	125,35	1,13	1,04
0,006	0,002	1,114	6	2,03	1,39	25,44	0,044	0,515	0,149	0,72	125,32	124,96	1,07	1,04
0,004	0,003	0,639	6	7,30	2,64	48,22	0,013	0,351	0,081	0,93	128,95	126,33	1,07	1,52
0,006	0,002	1,114	6	5,44	2,28	41,61	0,027	0,433	0,113	0,99	124,45	124,31	1,55	1,82
0,005	0,002	2,257	6	9,00	2,94	53,54	0,042	0,495	0,140	1,45	124,28	120,36	1,85	1,18
0,005	0,002	2,591	6	1,59	1,59	22,53	0,115	0,666	0,229	0,82	120,33	119,88	1,21	1,18
0,005	0,002	2,921	6	0,61	0,76	13,92	0,210	0,792	0,311	0,60	119,85	119,38	1,21	1,20
0,008	0,003	0,639	6	9,00	2,94	53,54	0,012	0,340	0,077	1,00	164,82	162,81	3,00	1,07
0,008	0,003	0,639	6	10,00	3,09	56,44	0,011	0,337	0,076	1,04	162,78	160,56	1,10	1,03
0,015	0,005	0,397	6	3,49	1,83	33,32	0,012	0,340	0,077	0,62	159,99	159,55	1,00	2,04
0,007	0,002	0,997	6	1,76	1,30	23,66	0,042	0,495	0,140	0,64	159,52	159,23	2,07	2,77
0,006	0,002	1,231	6	1,90	1,03	8,33	0,148	0,717	0,260	0,74	159,20	158,92	2,80	2,86
0,006	0,002	1,692	6	4,25	2,02	36,78	0,046	0,510	0,147	1,03	158,89	157,85	2,89	1,32
0,006	0,002	2,032	6	11,00	3,24	59,19	0,034	0,466	0,127	1,51	157,82	156,74	1,35	1,03
0,005	0,002	2,257	6	12,00	3,39	61,82	0,037	0,475	0,131	1,61	156,71	154,25	1,06	1,16
0,005	0,002	2,480	6	11,51	3,32	60,55	0,041	0,491	0,138	1,63	154,22	148,67	1,19	2,30
0,005	0,002	2,591	6	13,21	3,56	64,86	0,040	0,486	0,137	1,73	148,64	143,96	2,33	1,61
0,005	0,002	2,591	6	13,52	3,60	65,61	0,039	0,488	0,136	1,76	143,93	137,94	1,64	1,72
0,022	0,002	2,591	6	15,13	3,80	69,41	0,037	0,478	0,132	1,82	137,91	131,19	1,75	1,50
0,005	0,002	3,030	6	11,96	3,38	61,73	0,049	0,519	0,151	1,76	131,16	125,11	1,53	1,33
0,005	0,002	3,248	6	8,50	2,85	52,03	0,062	0,556	0,169	1,59	125,08	121,68	1,36	1,28
0,005	0,002	3,248	6	3,36	1,79	32,70	0,099	0,638	0,213	1,14	121,65	119,33	1,31	1,25
0,005	0,002	5,672	6	10,00	3,09	56,44	0,101	0,640	0,214	1,98	119,30	118,05	1,28	1,04
0,005	0,002	5,672	6	2,00	1,38	25,24	0,225	0,807	0,323	1,12	118,02	113,87	1,07	1,58
0,005	0,002	5,672	6	6,00	2,40	43,71	0,130	0,613	0,199	1,47	113,84	108,41	1,61	1,08

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1.

Fqm		qdiseño	Diámetro (in)	S% TUBO	Sección llena		REL. q/Q	REL. v/V	REL. d/D	Vdiseño	Cotas Invert		Altura de Pozos	
Actual	Futuro				VEL.	Q					Inicio	Final	Inicio	Final
0,005	0,002	5,672	6	7,50	2,68	48,87	0,116	0,668	0,230	1,79	107,91	102,12	1,58	1,55
0,005	0,002	5,672	6	9,00	2,94	53,54	0,106	0,649	0,219	1,90	101,82	99,63	1,85	1,02
0,008	0,003	0,639	6	2,14	1,43	26,11	0,024	0,421	0,108	0,60	101,27	100,26	1,25	1,21
0,006	0,002	1,347	6	1,16	1,05	19,22	0,070	0,577	0,180	0,61	100,23	99,12	1,24	1,53
0,005	0,002	6,588	6	5,05	2,20	40,11	0,164	0,740	0,275	1,63	99,09	97,38	1,56	1,27
0,005	0,002	6,588	6	4,84	2,15	39,24	0,168	0,737	0,273	1,58	97,35	96,36	1,30	1,22
0,005	0,002	6,588	6	4,87	2,16	39,38	0,167	0,737	0,273	1,59	96,33	95,83	1,25	1,17
0,005	0,002	6,588	6	3,07	1,71	31,28	0,211	0,793	0,312	1,36	95,80	95,31	1,20	1,35
0,005	0,002	6,588	6	4,87	2,16	39,38	0,167	0,737	0,273	1,59	95,28	94,94	1,38	1,84
0,005	0,002	6,588	6	1,22	1,08	19,72	0,334	0,901	0,000	0,97	94,91	94,35	1,87	2,55
0,005	0,002	6,990	6	5,04	2,20	40,07	0,174	0,752	0,283	1,65	94,32	90,96	2,58	1,49
0,015	0,005	0,397	6	9,00	2,94	53,54	0,007	0,295	0,062	0,87	120,54	118,73	1,00	1,09
0,010	0,003	0,518	6	1,00	0,98	17,85	0,029	0,443	0,117	0,43	118,70	118,24	1,12	1,07
0,010	0,003	0,518	6	0,50	0,69	12,62	0,041	0,493	0,139	0,34	118,21	117,96	1,10	1,45
0,010	0,003	0,518	6	0,50	0,69	12,62	0,041	0,493	0,139	0,34	117,93	117,88	1,48	2,14
0,006	0,002	1,578	6	0,50	0,69	12,62	0,125	0,683	0,239	0,47	117,85	117,66	2,17	3,77
0,005	0,002	2,145	6	1,00	0,98	17,85	0,120	0,674	0,234	0,66	117,63	117,10	3,80	2,17
0,005	0,002	2,369	6	6,00	2,40	43,71	0,054	0,630	0,208	1,51	117,07	115,12	2,20	1,07
0,005	0,002	2,591	6	6,59	2,51	45,82	0,057	0,542	0,162	1,36	114,02	112,34	2,17	1,01
0,005	0,002	2,701	6	7,00	2,59	47,22	0,057	0,544	0,163	1,41	110,84	109,68	2,51	1,04
0,005	0,002	2,921	6	8,60	2,87	52,34	0,056	0,540	0,161	1,55	108,18	105,59	2,54	1,03
0,005	0,002	3,572	6	1,00	0,98	17,85	0,200	0,782	0,304	0,76	105,53	105,36	1,09	1,20
0,005	0,002	3,929	6	0,70	0,82	14,93	0,261	0,840	0,348	0,69	105,33	105,18	1,23	1,82
0,005	0,002	4,529	6	1,50	1,20	21,86	0,207	0,789	0,309	0,95	105,15	104,67	1,85	1,35
0,015	0,005	0,397	6	0,30	0,54	9,77	0,041	0,459	0,077	0,12	103,07	102,94	1,00	3,08
0,005	0,002	4,739	6	1,20	1,07	19,55	0,242	0,825	0,336	0,88	102,91	102,64	3,11	1,18
0,005	0,002	5,052	6	7,00	2,59	47,22	0,107	0,651	0,220	1,68	101,44	99,98	2,38	1,02
0,005	0,002	9,446	6	4,58	2,09	38,20	0,247	0,829	0,339	1,74	98,88	97,63	2,12	1,04
0,008	0,003	0,639	6	0,50	0,69	12,62	0,051	0,523	0,153	0,36	96,00	95,85	1,00	2,50
0,007	0,002	0,759	6	1,00	0,98	17,85	0,043	0,497	0,141	0,49	95,82	95,64	2,53	3,03
0,005	0,002	9,926	6	1,00	0,98	17,85	0,556	1,027	0,533	1,00	95,61	95,46	3,06	1,97
0,005	0,002	10,022	6	6,55	2,50	45,69	0,219	0,802	0,319	2,01	95,43	94,15	2,00	1,89
0,005	0,002	10,117	6	6,00	2,40	43,71	0,231	0,819	0,331	1,96	92,95	91,40	3,09	1,05
0,005	0,002	15,921	6	6,03	2,40	43,83	0,363	0,921	0,417	2,21	90,26	88,93	2,19	1,09
0,005	0,002	15,921	6	6,72	2,54	46,25	0,344	0,908	0,405	2,30	87,83	86,77	2,19	1,08
0,005	0,002	16,011	6	7,03	2,59	47,33	0,338	0,903	0,401	2,34	84,72	81,45	3,13	1,01
0,005	0,002	16,011	6	6,29	2,45	44,75	0,358	0,917	0,414	2,25	79,30	77,08	3,16	1,06
0,005	0,002	16,011	6	3,05	1,71	31,18	0,514	1,007	0,508	1,72	76,18	75,89	1,96	1,11
0,015	0,005	0,397	6	6,00	2,40	43,71	0,009	0,308	0,066	0,74	124,50	121,07	1,63	1,08
0,015	0,005	0,397	6	8,29	2,82	51,39	0,008	0,301	0,064	0,85	119,97	116,71	2,18	1,04
0,015	0,005	0,397	6	6,50	2,49	45,50	0,009	0,311	0,067	0,77	116,61	110,66	1,14	1,04

Fuente: elaboración propia

Continuación del apéndice 1.

Fqm		Qdiseño	Diámetro (in)	S% TUBO	Sección llena		REL. q/Q	REL. v/V	REL. d/D	Vdiseño	Cotas Invert		Altura de Pozos	
Actual	Futuro				VEL.	Q					Inicio	Final	Inicio	Final
0,015	0,005	0,397	6	6,70	2,53	46,20	0,009	0,308	0,066	0,78	110,56	107,80	1,14	1,03
0,015	0,005	0,397	6	5,17	2,23	40,59	0,010	0,319	0,070	0,71	107,60	104,83	1,23	1,15
0,015	0,005	0,397	6	5,30	2,25	41,09	0,010	0,319	0,070	0,72	103,83	100,82	2,15	1,06
0,015	0,005	0,397	6	4,78	2,14	39,02	0,010	0,322	0,071	0,69	100,42	99,99	1,46	1,08
0,008	0,003	0,639	6	2,72	1,61	29,44	0,022	0,406	0,102	0,66	99,96	99,13	1,11	1,06
0,015	0,005	0,397	6	4,00	1,96	35,69	0,011	0,334	0,075	0,65	109,80	108,92	1,22	1,06
0,010	0,003	0,518	6	9,16	2,96	54,02	0,010	0,319	0,070	0,95	108,32	106,77	1,66	1,00
0,007	0,002	0,878	6	6,10	2,42	44,08	0,020	0,396	0,098	0,96	104,26	102,87	3,51	1,01
0,006	0,002	1,114	6	5,61	2,32	42,28	0,026	0,431	0,112	1,00	101,77	100,30	2,11	1,02
0,006	0,002	1,231	6	4,04	1,97	35,89	0,034	0,466	0,127	0,92	100,24	99,18	1,08	1,01
0,006	0,002	1,578	6	3,76	1,90	34,63	0,046	0,506	0,145	0,96	99,10	98,77	1,09	1,23
0,015	0,005	0,397	6	3,23	1,76	32,06	0,012	0,345	0,079	0,61	97,01	95,75	1,00	4,25

Fuente: elaboración propia

2. Planos Constructivos

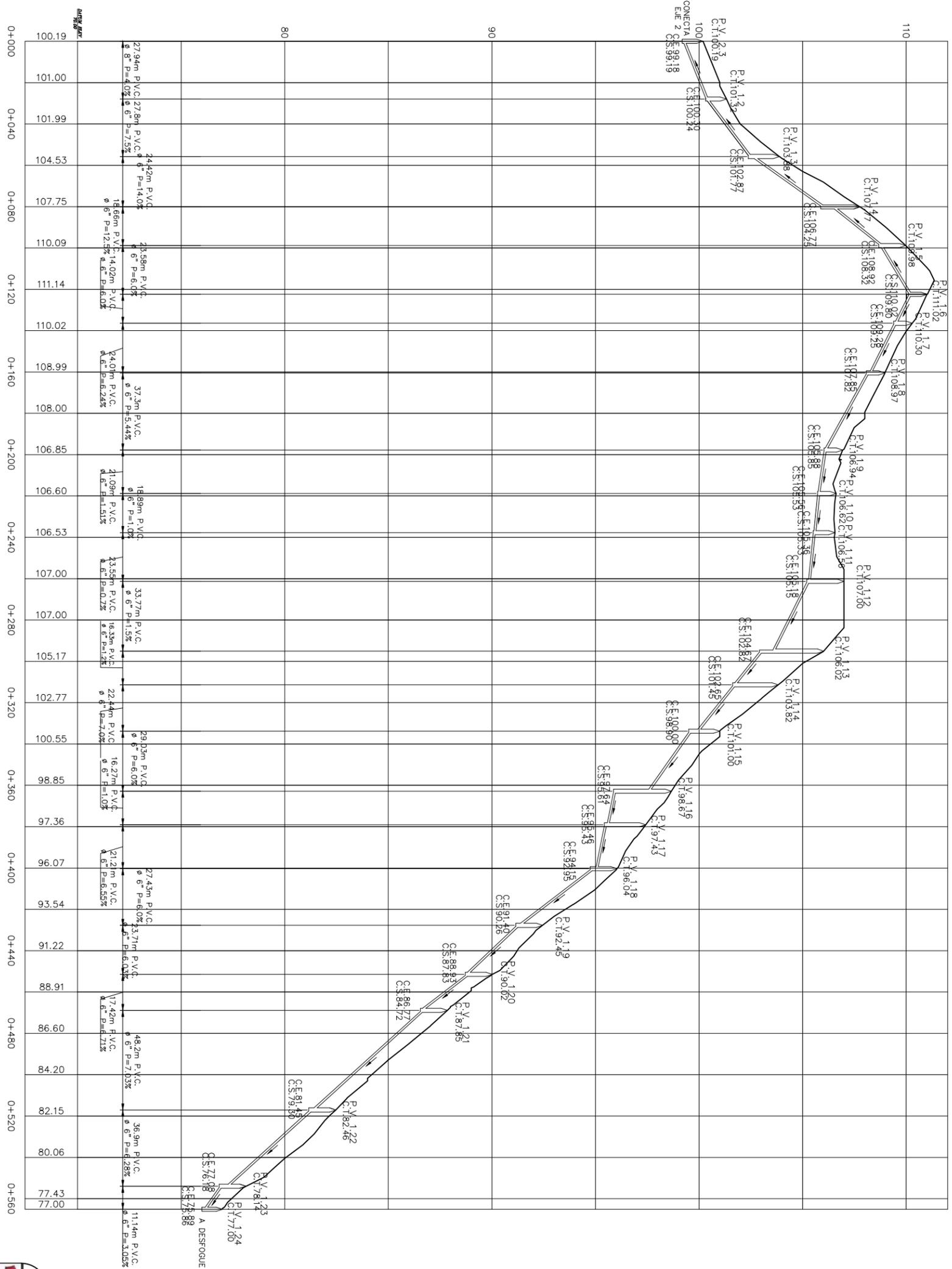
La escala indicada en los planos son originales para un formato A-1, por lo que los dibujos dentro de los planos, no corresponden a la escala indicada. Se ha tenido que reducir para incorporarlos en el trabajo de graduación.



PLANTA GENERAL

ESCALA 1:1,250

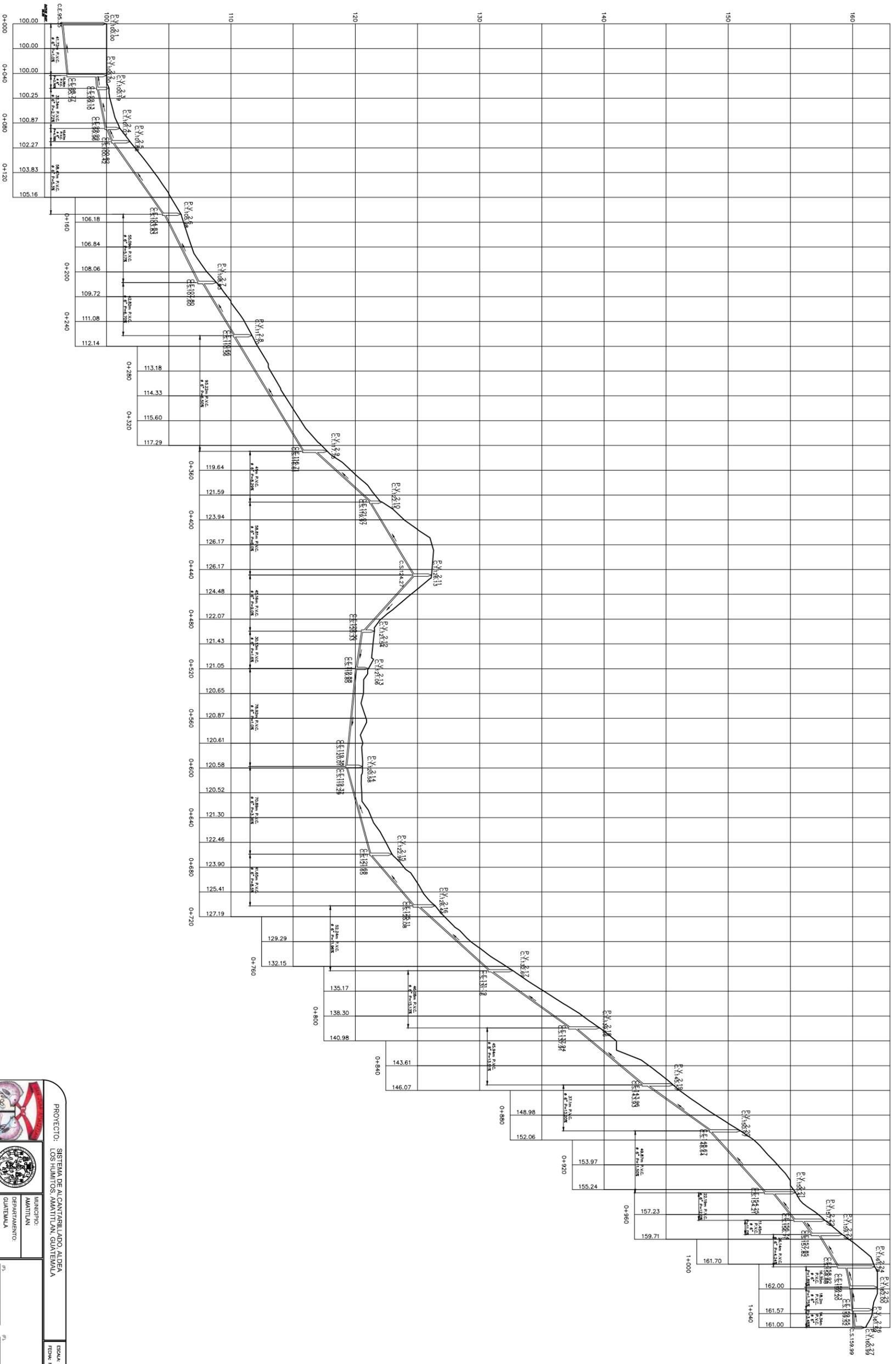
	PROYECTO: SISTEMA DE ALICANTARRILLADO ADEFA LOS HIMITOS, AMATITLÁN, GUATEMALA	ESCALA: 1:1,250 FECHA: FEBRERO 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA	INGENIERO EN JEFE: DAVID E. MAYORCA INGENIERO EN SECONDA: DAVID E. MAYORCA INGENIERO EN TERCERA: DAVID E. MAYORCA
EPS - USAC: DAVID E. MAYORCA INGENIERIA: DAVID E. MAYORCA	INGENIERO EN JEFE: DAVID E. MAYORCA INGENIERO EN SECONDA: DAVID E. MAYORCA INGENIERO EN TERCERA: DAVID E. MAYORCA	INGENIERO EN JEFE: DAVID E. MAYORCA INGENIERO EN SECONDA: DAVID E. MAYORCA INGENIERO EN TERCERA: DAVID E. MAYORCA



PERFIL EJE 1

ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000

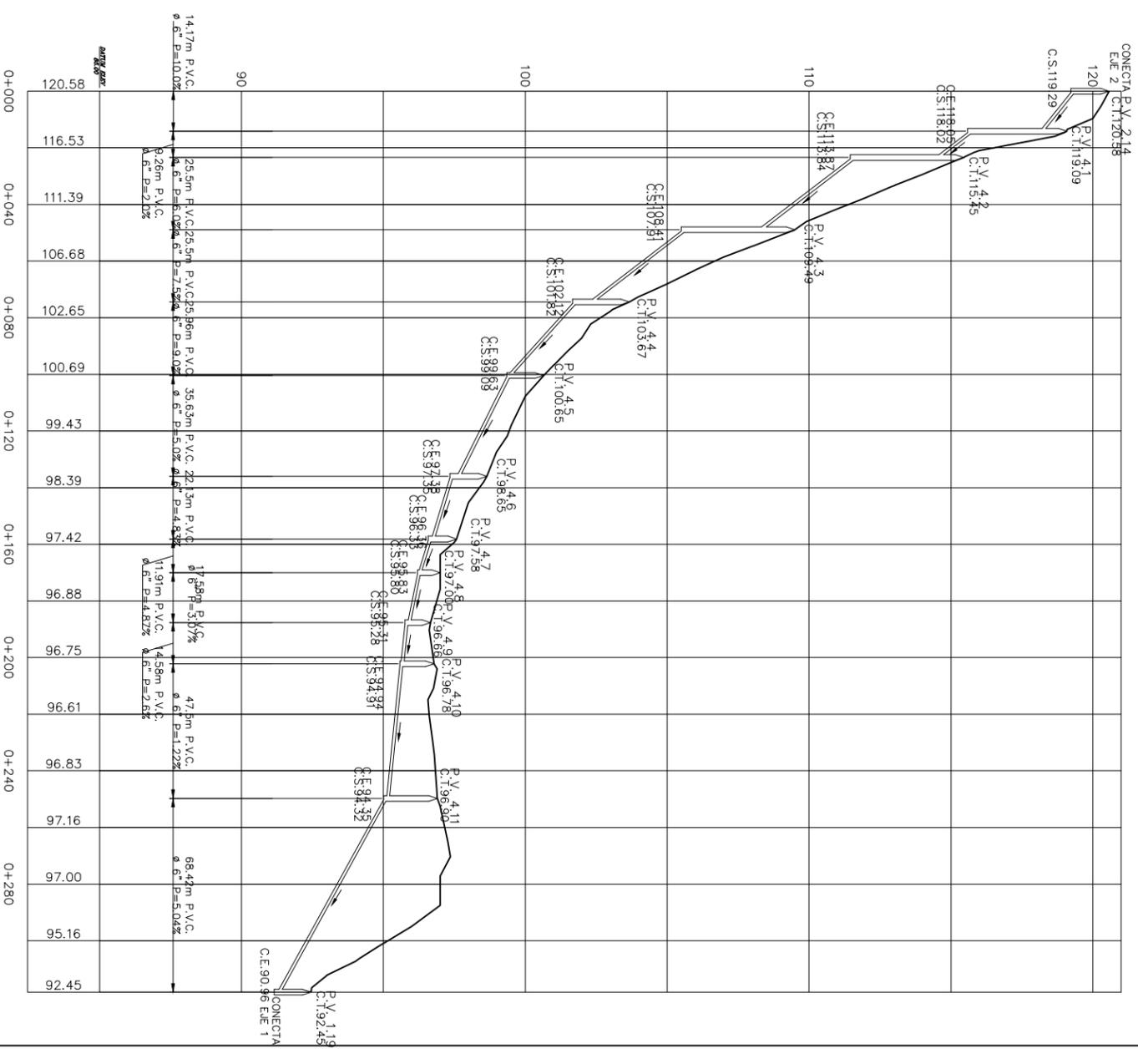
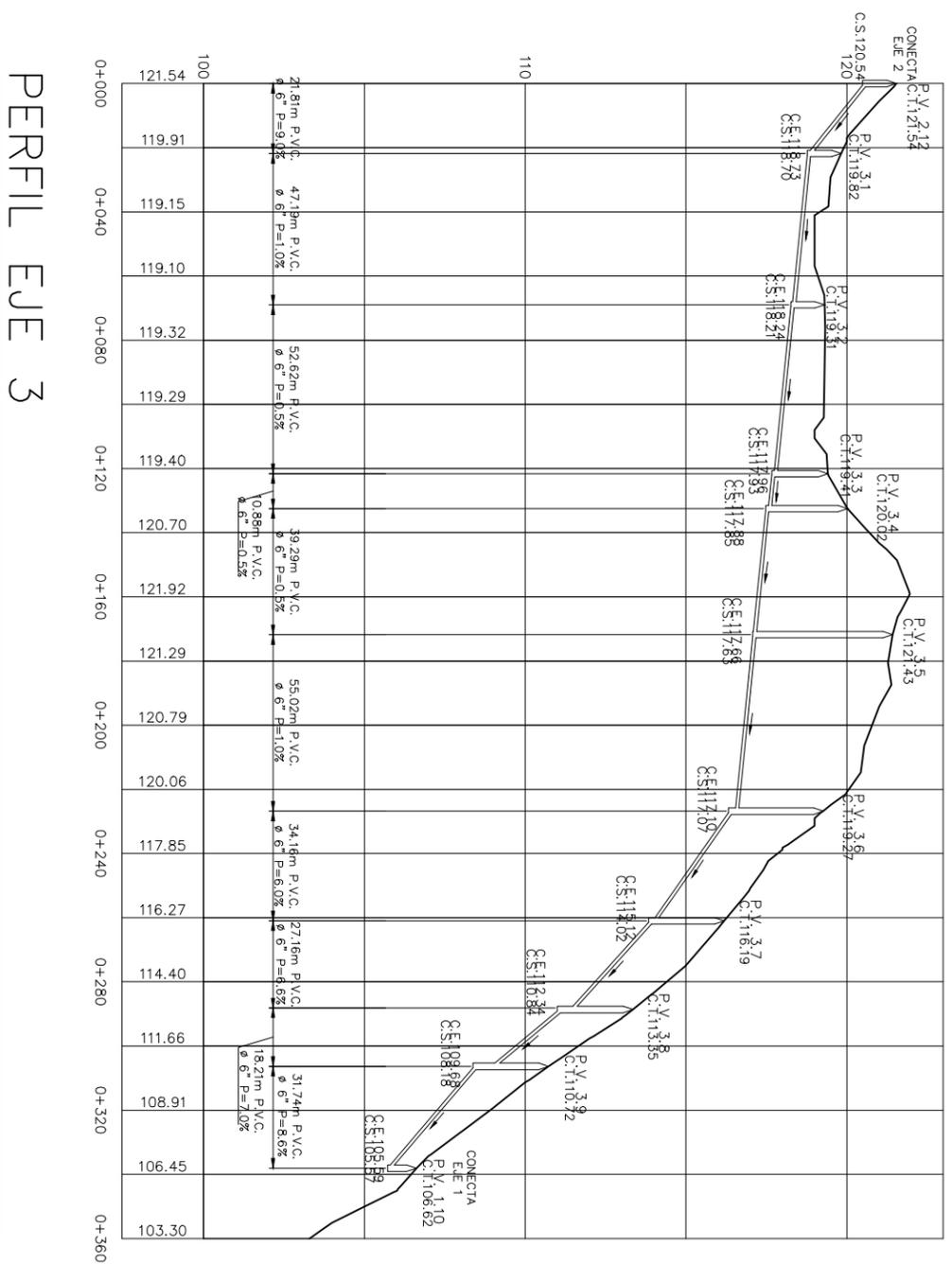
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO, ALDEA LOS HUMITOS, AMATITLÁN, GUATEMALA		DEPARTAMENTO: AMATITLÁN		DISEÑO: DAVID E. MANORGA	
MUNICIPALIDAD: AMATITLÁN		DISEÑO: DAVID E. MANORGA		DIBUJO: DAVID E. MANORGA	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		DISEÑO: DAVID E. MANORGA		CÁLCULO: DAVID E. MANORGA	
EPS - USAC INGENIERIA		DISEÑO: DAVID E. MANORGA		CÁLCULO: DAVID E. MANORGA	
ESCALA: INICIAL FECHA: FEBRERO 2011		RESPONSABLE: ARGENTIN TORRES ARGÜETA HERNÁNDEZ		RESPONSABLE: MANUEL GUILLERMO OBELLANA MAZARELOS	
PLANO: PERFIL EJE 1		EMPRESA: INGENIERIA		EMPRESA: INGENIERIA	



PERFIL EJE 2

ESCALA V 1:150
ESCALA H 1:1500

		PROYECTO: SISTEMA DE ACANTARRILLADO, ALDEA LOS HUMITOS, AMANTLAN, GUATEMALA		ESCALA: 1:500 V, 1:1500 H FECHA: FEBRERO 2011	
		MUNICIPIO: AMANTLAN DEPARTAMENTO: GUATEMALA		DISEÑO: DAVID E. MAYORCA DIBUJO: DAVID E. MAYORCA CALCULO: DAVID E. MAYORCA	
EPS - USAC INGENIERIA		DISEÑO: DAVID E. MAYORCA DIBUJO: DAVID E. MAYORCA CALCULO: DAVID E. MAYORCA		DISEÑO: OSCAR ARBUELA HERNANDEZ INGENIERIA DISEÑO: OSCAR ARBUELA HERNANDEZ INGENIERIA	

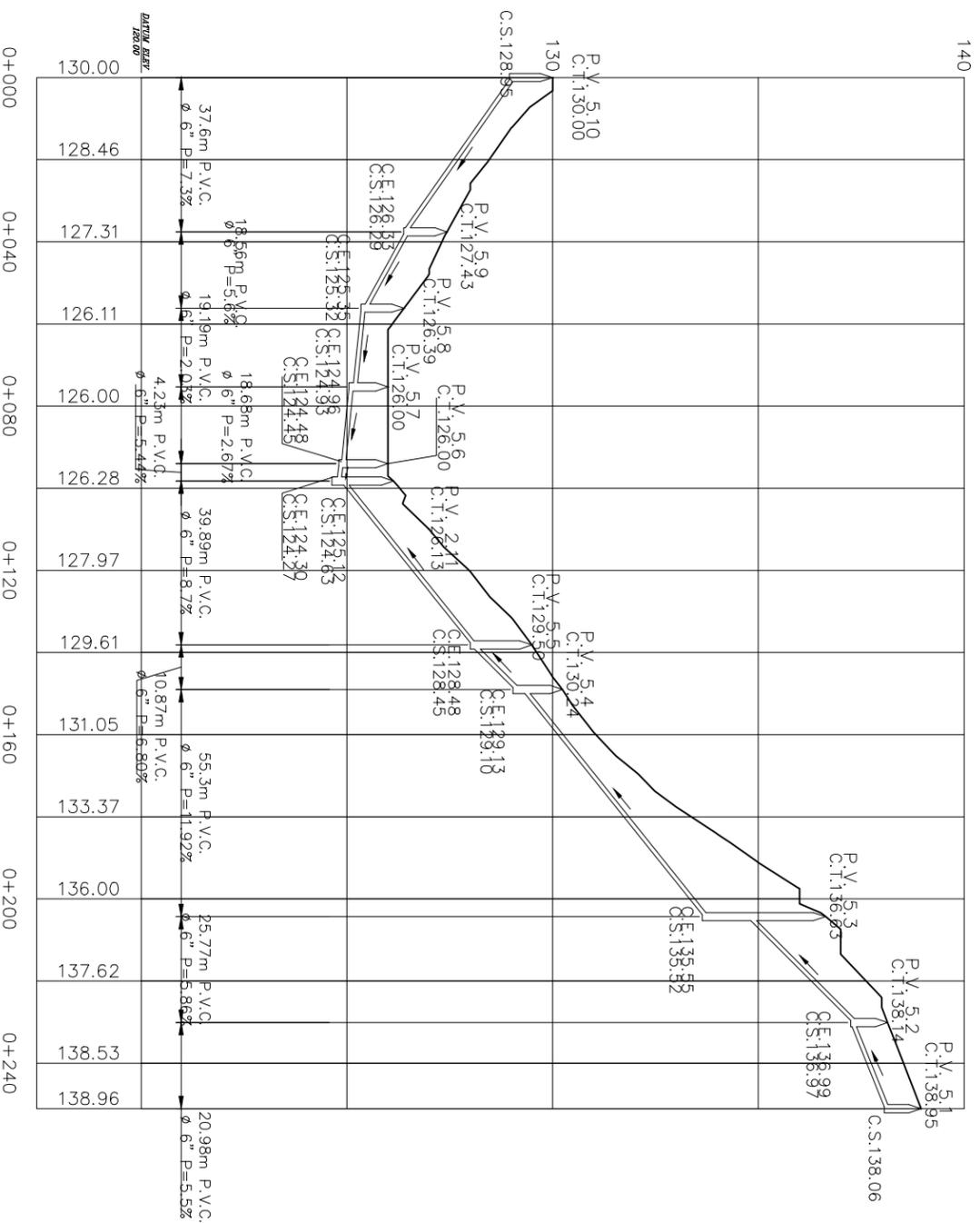


	MUNICIPIO: AMATITLAN	ESCALA: INCOCA FECHA: FEBRERO 2011
	DEPARTAMENTO: GUATEMALA	DISEÑO: DAVID E. MANORGA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DIBUJO: DAVID E. MANORGA	DISEÑO: ANGELINA HERNANDEZ ORILLANA MARQUEZ AMATITLAN
EPS - USAC INGENIERIA	CALCULO: DAVID E. MANORGA	DISEÑO: DAVID ESTUARRO MARQUEZ EFERRERA M.G. OHL

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO, ALDEA LOS HUMITOS, AMATITLAN, GUATEMALA

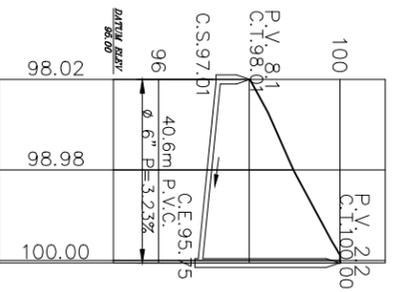
PLANO: PERFILES EJE 3, EJE 4

4 / 6



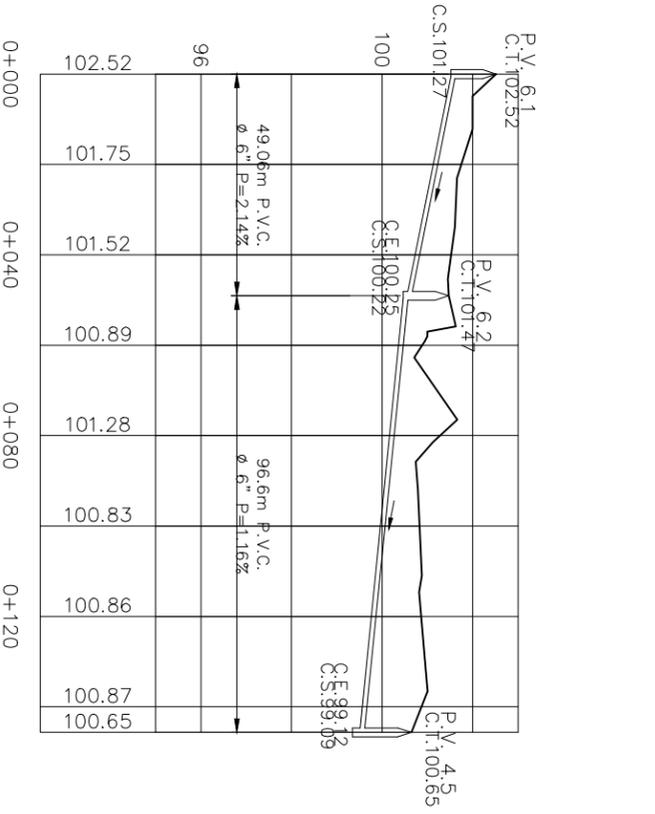
PERFIL EJE 5

ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000



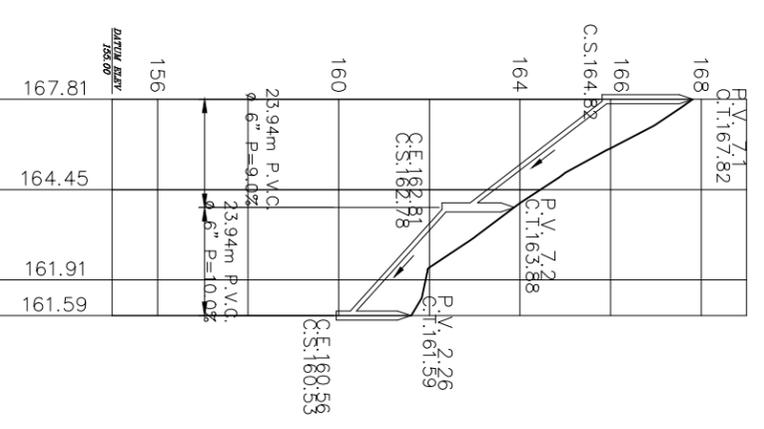
PERFIL EJE 8

ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000



PERFIL EJE 6

ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000



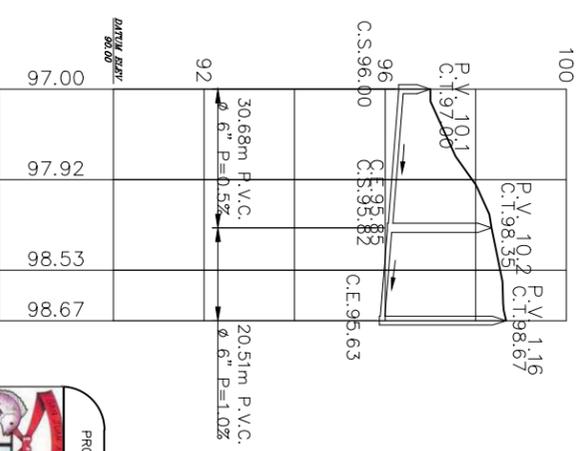
PERFIL EJE 7

ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000



PERFIL EJE 9

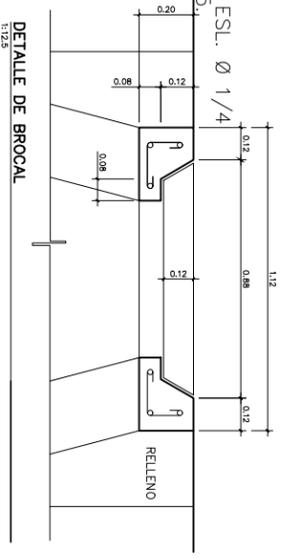
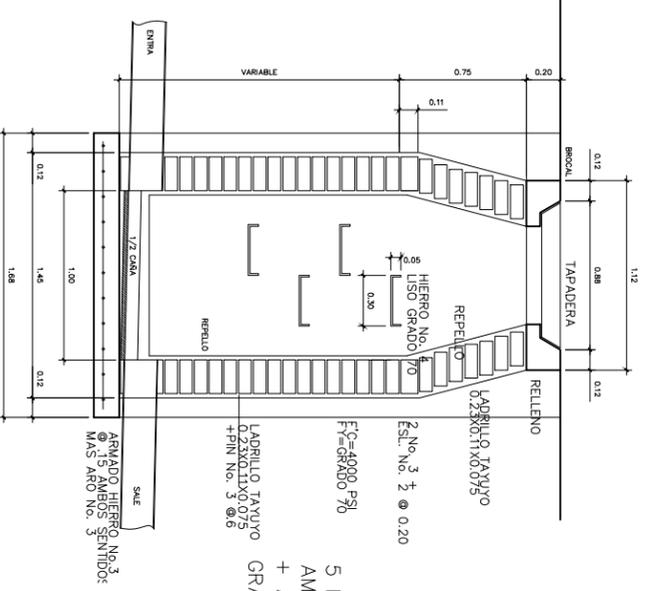
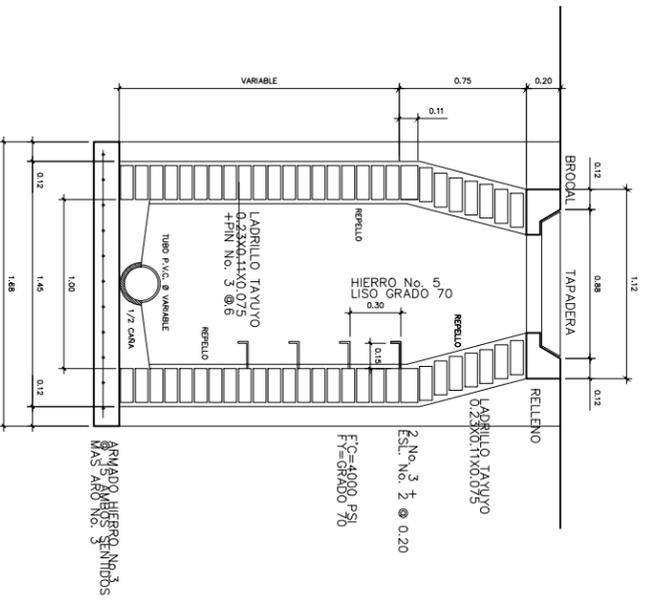
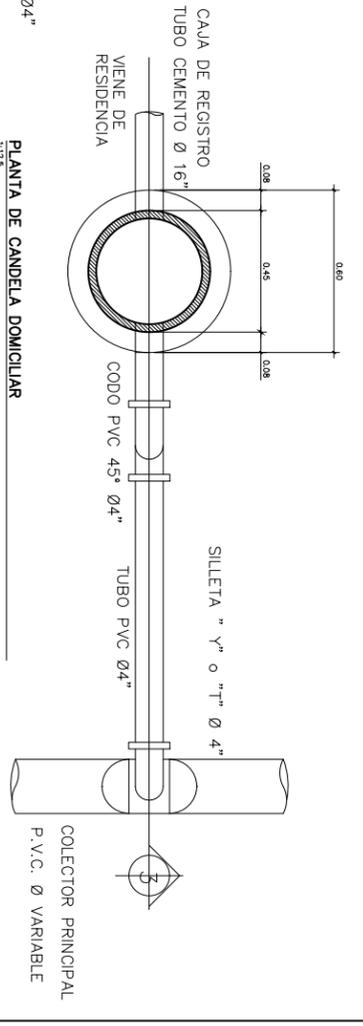
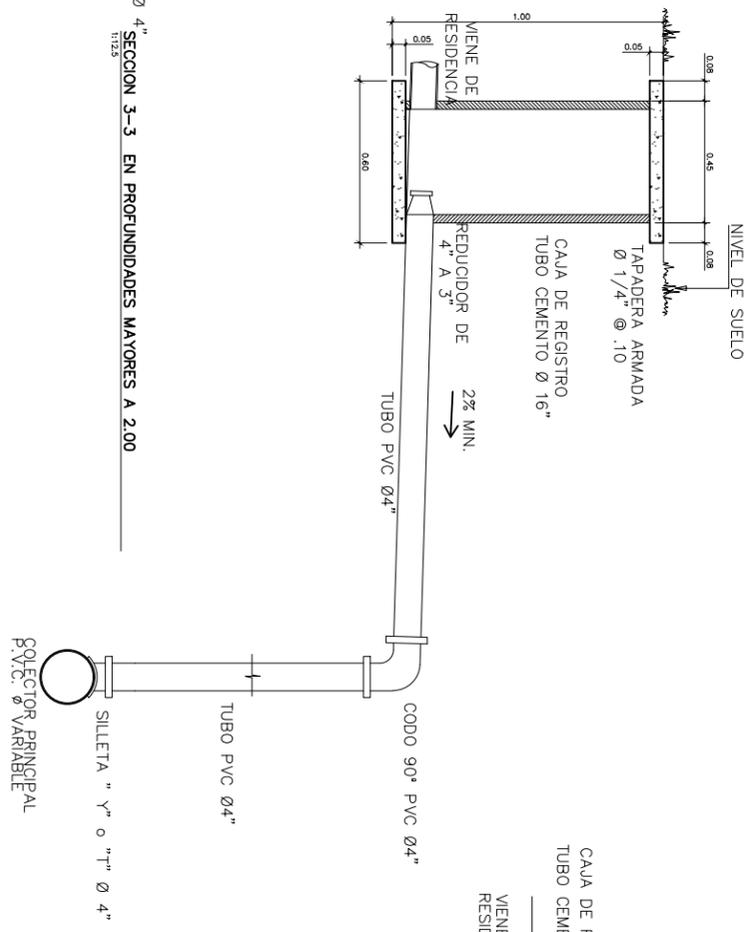
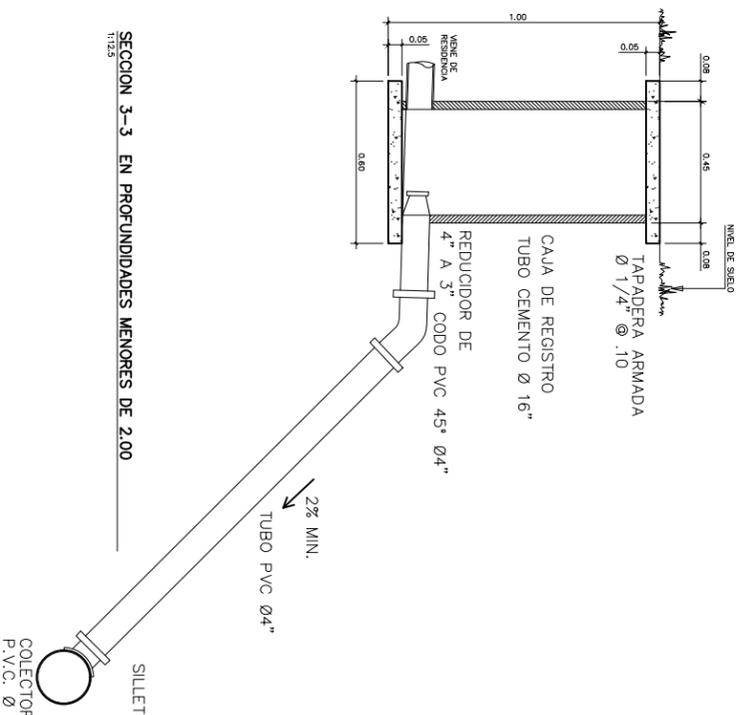
ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000



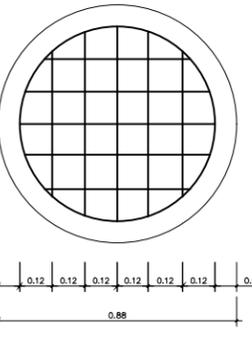
PERFIL EJE 10

ESCALA V 1:100
ESCALA H 1:1,000

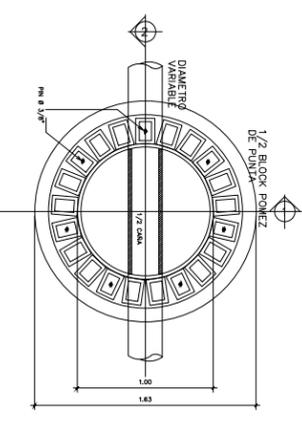
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO ADEDA LOS HUANITOS, AMATITLÁN, GUATEMALA		ESCALA: NEQUA FECHA: FEBRERO 2011	
MUNICIPIO: AMATITLÁN	DEPARTAMENTO: GUATEMALA	PRESIDENTE: ARQUELTA HERNÁNDEZ VICERRECTOR: ALICIA SUAREZ	
UNIVERSIDAD DE GUATEMALA	DISEÑO: DAVID E. MANOJCA	DECANO: DANIEL GUTIÉRREZ VICEDECANO: ALICIA SUAREZ	
EPS - USAC INGENIERIA	CÁLCULO: DAVID E. MANOJCA	DIRECTOR GENERAL: DAVID ESTEBAN MANOJCA	
PLANO: PERFIL EJES, EJE 6, EJE 7, EJE 8, EJE 9, Y EJE 10		5 / 6	



ROS DE 1/2" ESL. Ø 1/4 @ 0.15



PLANTA DE TAPADERA



PLANTA POZO DE VISITA

SECCION 1-1

SECCION 2-2

SECCION DE TAPADERA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO ALDEA LOS HUUNTOS, AMATITLAN, GUATEMALA

MUNICIPIO: AMATITLAN	DEPARTAMENTO: GUATEMALA	INGENIERO: DAVID E. MANORCA	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO ALDEA LOS HUUNTOS, AMATITLAN, GUATEMALA
DISEÑO: DAVID E. MANORCA	DIBUJO: DAVID E. MANORCA	CALCULO: DAVID E. MANORCA	ESCALA: INICIAL
INGENIERIA DE GUATEMALA	INGENIERIA DE GUATEMALA	INGENIERIA DE GUATEMALA	FECHA: FEBRERO 2011