



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA
HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE
ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS**

Erick Orlando Bautista Sánchez
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA
HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE
ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK ORLANDO BAUTISTA SÁNCHEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Miltón de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

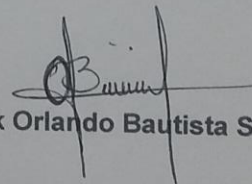
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha noviembre de 2014.



Erick Orlando Bautista Sánchez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 23 de marzo de 2017
REF.EPS.DOC.246.03.17

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Erick Orlando Bautista Sánchez**, Registro Académico 200818930 y CUI 1924 33911 1202, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.**

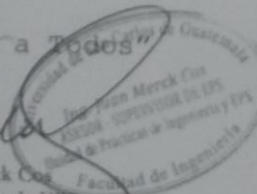
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
JMC/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509



Guatemala,
19 de abril de 2017

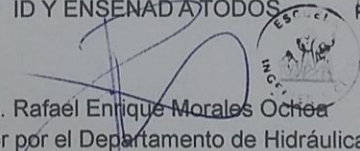
Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Erick Orlando Bautista Sánchez, con Carnet No.200818930, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

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

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, REF.EPS.DOC.119.05.17
03 de mayo de 2017

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

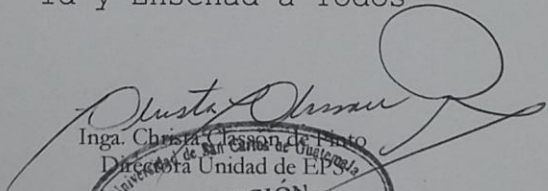
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

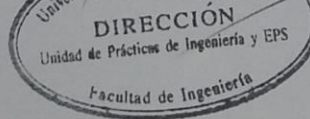
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Erick Orlando Bautista Sánchez, Registro Académico 200818930 y CUI 1924 33911 1202**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Juan Merck Cos.**

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

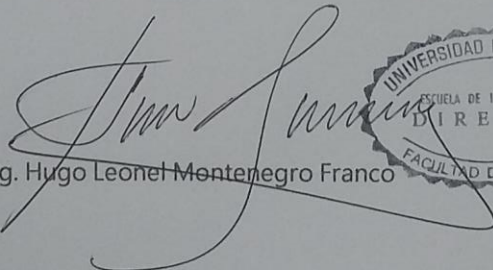

Inga. Christa Clason de Pinto
Directora Unidad de EPS




CCdP/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Erick Orlando Bautista Sánchez titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto
/mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

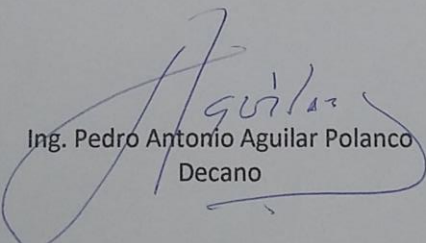


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 354.2017

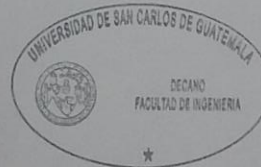
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Orlando Bautista Sánchez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, agosto de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser omnipresente del cual devengamos la sabiduría y entendimiento para ser aplicado en el sistema educativo.
Mis padres	Lic. César Orlando Bautista y Lily Rosmery Sánchez, a quienes nunca existirán palabras para expresar mi infinito agradecimiento, ya que sin su ejemplo y sacrificio no hubiese sido posible alcanzar esta meta.
Mis hermanos	Julio César y María Isabel Bautista Sánchez, por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.
Mis abuelos	Por estar al pendiente de mi etapa estudiantil y siempre regalarme la bendición y la palabra ideal.
Mis tíos	Por brindarme las palabras necesarias en cada etapa estudiantil.
Mis primos	Por el apoyo brindado en la etapa estudiantil.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi alma mater y cobijarme en las aulas, honor y grandeza para la casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Porque en cada rincón físico encontré un espacio para desarrollarme intelectualmente.
Mis padres	Lic. César Orlando Bautista y Lily Rosmery Sánchez, por el esfuerzo y sacrificio que hoy se observan los frutos.
Mis hermanos	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mecapal Papalote I	Por demostrar que existe el espíritu de solidaridad, sátira y sobre todo responsabilidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del caserío Vista Hermosa y del municipio de Esquipulas Palo Gordo.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	2
1.1.2. Clima.....	4
1.1.3. Aspectos de infraestructura.....	5
1.1.3.1. Vías de acceso.....	5
1.1.3.2. Servicios públicos.....	5
1.1.4. Aspectos socioeconómicos.....	7
1.1.4.1. Etnia, religión y costumbres.....	7
1.1.4.2. Alfabetismo.....	8
1.1.4.3. Organización comunitaria.....	9
1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez.....	10
1.2.1. Descripción de necesidades.....	10
1.2.2. Análisis y priorización de necesidades.....	10

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez	13
2.1.1.	Descripción del proyecto	13
2.1.2.	Levantamiento topográfico	13
2.1.3.	Altimetría	14
2.1.3.1.	Planimetría	14
2.1.4.	Diseño del sistema	15
2.1.4.1.	Descripción del sistema a utilizar	15
2.1.4.2.	Periodo de diseño	15
2.1.4.3.	Población de diseño	16
2.1.4.4.	Dotación de agua potable	17
2.1.4.5.	Factor de retorno	18
2.1.4.6.	Factor de Harmond	18
2.1.4.7.	Caudal sanitario	19
2.1.4.7.1.	Caudal domiciliar	19
2.1.4.7.2.	Caudal de infiltración	20
2.1.4.7.3.	Caudal de conexiones ilícitas	20
2.1.4.7.4.	Caudal comercial	21
2.1.4.7.5.	Factor de caudal medio	21
2.1.4.7.6.	Caudal de diseño	22
2.1.4.8.	Sección del tipo de tubería	23
2.1.4.9.	Diseño de sección y pendientes	23
2.1.4.9.1.	Velocidades máximas ...	24
2.1.4.9.2.	Cota Invert	24
2.1.4.10.	Pozos de visita	25
2.1.4.11.	Conexiones domiciliarias	27

2.1.4.12.	Profundidad de tubería	27
2.1.4.13.	Principios hidráulicos.....	27
2.1.4.14.	Relaciones hidráulicas	29
2.1.4.15.	Calculo hidráulico.....	32
2.1.4.15.1.	Especificación técnica ...	32
2.1.4.15.2.	Ejemplo de diseño de un tramo	33
2.1.4.16.	Estudio de impacto ambiental inicial.....	36
2.1.5.	Propuesta de tratamiento	38
2.1.5.1.	Diseño de fosa séptica	39
2.1.5.2.	Dimensionamiento de los pozo de absorción	39
2.1.6.	Elaboración de planos del alcantarillado	39
2.1.7.	Presupuesto.....	40
2.1.7.1.	Valor presente neto	42
2.1.7.2.	Tasa interna de retorno	42
2.2.	Sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	43
2.2.1.	Situación actual de los desechos sólidos de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	43
2.2.1.1.	Generación de los desechos sólidos	43
2.2.1.2.	Definición de los desechos sólidos.....	44
2.2.1.3.	Tipos de desechos y fuentes de desechos sólidos municipales	44
2.2.1.4.	Generación de los desechos sólidos	45
2.2.1.5.	Aspectos teóricos y básicos sobre desechos sólidos.....	46

2.3.	Recomendaciones para el almacenamiento de los desechos sólidos en los hogares	46
2.3.1.	Generalidades	47
2.3.2.	Almacenamiento domiciliar	47
2.3.3.	Almacenamiento en el comercio y mercado	47
2.3.4.	Almacenamiento en hospitales	48
2.3.5.	Almacenamiento domiciliar	50
2.3.5.1.	Recolección y transporte de los desechos sólidos	51
2.3.5.1.1.	Aspectos de salud	51
2.3.5.1.2.	Aspectos de costos.....	52
2.3.5.2.	Bases para la planeación de un servicio de recolección.....	53
2.3.5.2.1.	Datos básicos	53
2.3.5.2.2.	Información complementaria	53
2.3.5.2.3.	Cobertura del servicio ...	54
2.3.5.2.4.	Residuos a recoger.....	54
2.3.5.2.5.	Agencias de recolección	54
2.3.5.2.6.	Puntos de recolección...	55
2.3.5.2.7.	Frecuencia de recolección	55
2.3.5.2.8.	Horario de recolección ..	56
2.3.5.2.9.	Equipo de recolección...	56
2.3.5.2.10.	Tamaño de cuadrilla	56
2.3.5.3.	Diseño de rutas.....	56
2.3.5.4.	Control de la recolección	57
2.3.5.5.	Seguridad en el trabajo	58

2.4.	Disposición final de los desechos sólidos	59
2.4.1.	Generalidades.....	59
2.4.2.	Procedimientos aplicables a la basura	59
2.4.2.1.	Procedimientos mecánicos.....	60
2.4.2.2.	Procedimientos térmicos	61
2.4.2.3.	Procedimiento biológico	62
2.4.3.	Planta de tratamiento	67
2.4.3.1.	Tipos de plantas de tratamientos de desechos sólidos.....	68
2.5.	Diseño del sistema propuesto para la disposición de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	69
2.5.1.	Análisis de los desechos sólidos	69
2.5.1.1.	Caracterización de los desechos sólidos.....	69
2.5.1.2.	Producción per cápita (P.P.C)	70
2.5.1.3.	Peso específico.....	72
2.5.1.4.	Humedad	73
2.5.2.	Diseño del sistema de recolección y transporte de los desechos sólidos	73
2.5.2.1.	Cobertura del servicio	74
2.5.2.2.	Instituciones a encargarse de la recolección	74
2.5.2.3.	Desechos a recolectar.....	74
2.5.2.4.	Puntos de recolección	75
2.5.2.5.	Frecuencia de recolección.....	76
2.5.2.6.	Horario de recolección	76
2.5.2.7.	Tamaño de cuadrilla.....	76
2.5.2.8.	Equipo para trabajadores	77

2.5.2.9.	Tipo, tamaño y unidades a utilizar	78
2.5.2.10.	Recorrido	79
2.5.2.11.	Recolección en los mercados	84
2.5.2.12.	Limpieza de calles y parque	84
2.5.2.13.	Recolección en las instituciones	84
2.5.3.	Disposición final de los desechos sólidos	84
2.5.3.1.	Ubicación ideal del lugar para la planta de tratamiento	84
2.5.3.2.	Diseño de la planta de tratamiento	86
2.5.3.3.	Construcción y operación	103
2.5.3.4.	Equipo a utilizar	105
2.5.3.5.	Mano de obras.....	107
2.5.4.	Costo estimado del sistema.....	107
2.5.4.1.	Costo del equipo y los materiales	108
2.5.4.2.	Gastos de operación y mantenimiento	108
2.5.5.	Estudio de impacto ambiental inicial	108
2.5.6.	Evaluación socioeconómica	111
2.5.6.1.	Valor presente neto	111
2.5.6.2.	Tasa interna de retorno.....	111
CONCLUSIONES		113
RECOMENDACIONES		115
BIBLIOGRAFÍA		117
APÉNDICES		119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa caserío Vista Hermosa	3
2.	Forma de medir la cota invert.....	25
3.	Simbología de identificación de desechos	50
4.	Composición de residuos y desechos orgánicos en Guatemala.....	63
5.	Distribución porcentual de 9 tipos de basura, muestreados en 345 viviendas	71
6.	Camión separativo y recolector de residuos sólidos	78
7.	Ruta general del municipio	79
8.	Ruta colonia Bethania (Esquipulas Palo Gordo).....	80
9.	Ruta Esquipulas Palo Gordo (cabecera)	81
10.	Ruta cantón Ojo de Agua	82
11.	Ruta aldea Esmeralda.....	83
12.	Ruta aldea Pojopón.....	83
13.	Ubicación de planta de tratamiento	85
14.	Esquema de marco rígido	93
15.	Caso I	97
16.	Caso IV	98
17.	Carro para transportar residuos	106
18.	Mesa separativa.....	106

TABLAS

I.	Dotaciones indicadas en las normas de diseño	17
II.	Velocidades máximas y mínimas.....	24
III.	Relación hidráulica para sección circular	30
IV.	Base general de diseño proyecto alcantarillado	33
V.	Matriz de Leopold	38
VI.	Presupuesto general drenaje sanitario.....	41
VII.	Generación de los desechos sólidos	46
VIII.	Vectores y formas de transmisión de enfermedades	52
IX.	Peso específico de los residuos sólidos urbanos	72
X.	Equipo para trabajadores.....	77
XI.	Carga unificadas.....	87
XII.	Propiedades de las costaneras.....	87
XIII.	Registros de vientos promedios máximos para Guatemala	88
XIV.	Descripción de los datos iniciales	94
XV.	Combinación de cargas	99
XVI.	Áreas de la planta de tratamiento	104
XVII.	Presupuesto general.....	107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
d	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
Q	Caudal a sección llena
Qdis	Caudal de diseño
qinf	Caudal de infiltración
q	Caudal real a sección parcialmente llena
P.V.C.	Cloruro de polivinilo
n	Coefficiente de rugosidad
D	Diámetro de la tubería
F.H.	Factor de Harmond
Fqm	Factor de caudal medio
l/hab/día	Litros por habitante por día
m	Metro
m/seg	Metros por segundo
S	Pendiente
P	Población
PV	Pozo de visita
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
v	Velocidad de flujo dentro de la alcantarilla
V	Velocidad de flujo a sección llena

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como: codos, niples, coplas, tees, y válvulas.
Aguas negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin, puede ser doméstica, comercial o industrial.
Bacteria	Organismos unicelulares microscópicos. No necesitan de luz para el proceso de vida.
Caudal	Cantidad de agua que circula por un curso de agua de modo natural o artificial.
Cemento	Aglomerante hidráulico, es decir, que reacciona y fragua con agua, utilizada en el concreto y su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
Cocode	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Contaminación	Efecto nocivo sobre el medio que afecta a todos los seres vivos.
Desechos orgánicos	Son los que provienen de la materia viva e incluyen restos de alimentos, papel, cartón y estiércol.

Dotación de agua	Cantidad de agua asignada a cada habitante por día, la cual debe satisfacer sus necesidades, afectadas por factores como clima, condiciones socioeconómicas, tipo de abastecimiento, entre otros.
Levantamiento topográfico	Trabajos de campo para definir la ubicación, tamaño y forma de un área determinada.
Mancuerna	Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo.
Sólidos	Cuerpos cuyas moléculas tienen entre sí mayor cohesión que la de los líquidos.
Usuario	Cada uno de los beneficiarios de la municipalidad que cuentan con el servicio de recolección de residuos sólidos.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Vista Hermosa del municipio de San Antonio Sacatepéquez y de un sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, ambos del departamento de San Marcos. Este documento consta de dos capítulos compuestos de la siguiente manera:

Capítulo 1: se desarrolla la fase de investigación, conteniendo la monografía de los municipios de San Antonio Sacatepéquez y de Esquipulas Palo Gordo, sus aspectos históricos, localización geográfica, clima, división política, entre otros, así también un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de los lugares en estudio.

Capítulo 2: contiene la fase del servicio técnico profesional, está conformado en dos secciones, en la primera está el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y en la segunda el diseño de un sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la comunidad del casco urbano del municipio de Esquipulas Palo Gordo, dichas secciones cuentan con una memoria descriptiva y de cálculo, métodos y normas de diseño.

También se describen los aspectos técnicos que intervienen en el diseño, los criterios utilizados para el cálculo, la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos y en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones y los anexos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez y el sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Específicos

1. Contribuir con los municipios brindándoles soluciones favorables, a la vez, proyectar los servicios de investigación y apoyo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).
2. Realizar una investigación de tipo monográfico y un diagnóstico de necesidades de servicio básicos e infraestructura del caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez.
3. Capacitar a miembros del Cocode del caserío Vista Hermosa, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

El caserío de Vista Hermosa se encuentra ubicado a tres kilómetros de la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez, contando con similitudes socioeconómicas y culturales con dicho municipio. Esquipulas Palo Gordo por su cercanía con la cabecera departamental de San Marcos comparten muchos de los servicios básicos y vías de acceso, que ha ayudado al desarrollo económico en general.

El presente trabajo consta de dos fases: la primera contiene una monografía y diagnóstico sobre necesidades de los servicios básicos e infraestructura del caserío Vista Hermosa de San Antonio Sacatepéquez, con el fin de priorizar necesidades que afectan a la población.

La segunda se refiere a la fase de servicio técnico profesional, en esta se desarrolla todo lo concerniente a la propuesta de solución para los proyectos, los cuales son: diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez y un sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, departamento de San Marcos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del caserío Vista Hermosa y del municipio de Esquipulas Palo Gordo

El municipio de San Antonio Sacatepéquez fue fundado en 1543 en el cantón San Antonio Chiquito. Ubicándose posteriormente la cabecera municipal en la Ciénega de los Rivera, lugar donde se encuentra actualmente. Se atribuye a 19 familias con un número total de 30 habitantes, siendo sus principales apellidos López, Cardona y Estrada.

El caserío Vista Hermosa perteneciente al municipio de San Antonio Sacatepéquez, dio origen a su nombre porque al observar desde la cumbre del Coyote, se divisa un hermoso panorama de los municipios de San Cristóbal Cucho y Esquipulas Palo Gordo, así también las ciudades de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez. Su fundación fue el 1 de enero de 1989. Anteriormente se le conocía con el nombre de Tuiquinique que quiere decir mujer con cabeza amarrada. En este año llegó el primer profesor a impartir clases a la escuela, el señor Aroldo Zaldaña. En 1992 se gestionó el proyecto para la introducción de energía eléctrica y el 12 de septiembre de 2006 se inauguró el salón de usos múltiples de la comunidad.

El municipio de Esquipulas Palo Gordo es uno de los municipios más antiguos del departamento de San Marcos, fue fundado el 24 de diciembre de 1826. Su fundador fue el jefe político quetzalteco, don Manuel Montúfar. En 1936 siendo Presidente de la República Jorge Ubico por considerar muy

pequeño el municipio, lo volvió aldea del departamento de San Marcos, en 1948, siendo Presidente de la República de Guatemala el Doctor Juan José Arévalo Bermejo, le dio nuevamente la categoría de municipio.

El nombre de Esquipulas Palo Gordo proviene de una pequeña historia, la cual relata que en un lugar del poblado se encontraba un gran árbol de encino, siendo tan grande que los viajeros que se dirigían a la zona costera del departamento de San Marcos pasaban acampando, ya que sus enormes ramas servían de sombra a los caminantes, se dice que en este árbol, se encontraba una tienda siendo propietaria doña Leandra, vendiendo víveres para los viajeros.

1.1.1. Ubicación y localización

El caserío Vista Hermosa de la aldea de San Isidro Ixcolochil del municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos, Guatemala, Centro América. Se ubica en las coordenadas: latitud 14° 56' 53" N y longitud 91° 43' 46", altitud 2 351 m. sobre el nivel del mar. El caserío dista de la cabecera municipal a 2 kilómetros. Este municipio se encuentra a una distancia de 8 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y 239 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. El caserío Vista Hermosa tiene una extensión superficial de 3 kilómetros cuadrados.

El municipio de Esquipulas Palo Gordo, departamento de San Marcos, cuenta con una extensión territorial de 21 kilómetros cuadrados, a una altitud de 2 474,56 metros sobre el nivel del mar, por lo que su clima es generalmente frío.

Se localiza en la latitud norte 14° 56' 27" y longitud oeste 91° 49' 36". Este municipio se ubica a una distancia de 7 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos 254 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Limita al norte con las aldeas El Rincón y La Federación del municipio de San Marcos, al sur con Ixtagel de San Marcos y Sacuchúm Dolores de San Pedro Sacatepéquez; al este con las aldeas San José Las Islas y El Recreo de San Marcos; al oeste El Tablero San Pedro Sacatepéquez, con el municipio de El Tumbador y aldea La Feria, San Rafael Pie de la Cuesta. El acceso a las comunidades rurales de este municipio son caminos empedrados y de terracería transitable todo el año.

Figura 1. **Mapa caserío Vista Hermosa**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

1.1.2. Clima

El clima tanto para el caserío Vista Hermosa como del municipio de Esquipulas Palo Gordo es frío, de tierras húmedas, la temperatura mínima es de 5 °C y una máxima de 24 °C durante el año, teniendo una temperatura media de 15°C. Según lo indica la estación meteorológica EFA-SAN MARCOS del departamento de San Marcos.

El municipio se encuentra rodeado de montañas y cerros los cuales meteorológicamente son asistidos por el Insivumeh, generando datos de humedad promedio al año de según su variable de humedad relativa es de 90 % en el 2016, indicador de lluvia promedio según días es de 140 en mm es de 1 280,2, en cuestión de nubosidad el dato es 6 octas octava parte de la bóveda celeste, el viento en promedio se estimó la cantidad de 1,7 km/hora.

Todos los datos son estimados en el 2016, para obtener datos actualizados sin mayor cambio drástico en el 2014 para la región meteorológica que brinda esta información.

El mes más cálido se da antes del solsticio de verano y de la época de lluvias. Los valores de temperatura 13 son de una mínima de 17 °C, temperatura media de 20 °C y una temperatura máxima de 24 °C. Aunque debe considerarse que estos valores se han alterado debido a los cambios de clima, especialmente debido al calentamiento global que afecta Centroamérica y que ha incidido en el régimen de lluvias. La precipitación en el municipio de San Antonio puede alcanzar los 600 a 2 000 milímetros al año, siendo mayor en los meses de junio y de agosto a octubre. El promedio de lluvia es de 1 170 milímetros anuales 14. Tomando en cuenta los datos de Estación Meteorológica del Insivumeh, ciudad de Guatemala y SIG-MAGA 2002

1.1.3. Aspectos de infraestructura

El caserío de Vista Hermosa cuenta con sistemas de riego, agua entubada, silos, centro de acopio, vías de acceso, energía eléctrica, telecomunicaciones y transporte, entre los edificios con que cuenta la comunidad se tiene un salón comunal y una escuela de educación primaria y básicos.

El municipio de Esquipulas Palo Gordo por su cercanía a la cabecera departamental, posee un sistema de agua potable, vías de acceso, energía eléctrica, telecomunicaciones y transporte, entre los edificios se tienen la municipalidad, salón comunal, iglesia y escuelas de educación primaria y básicos.

1.1.3.1. Vías de acceso

El caserío Vista Hermosa se localiza a un kilómetro de la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez, las calles están empedradas, pero no están en buenas condiciones (2,5 Kms. aproximadamente).

El municipio de Esquipulas Palo Gordo, cuenta con dos vías de acceso asfaltadas, una que conduce a la costa marquense a 7 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y otra de 5 kilómetros por la vía del Hospital Nacional de San Marcos.

1.1.3.2. Servicios públicos

El caserío Vista Hermosa tiene un sistema de agua potable con conexiones tipo predial, sin embargo, presenta varios problemas, para iniciar se

puede mencionar que el proyecto tiene más de 20 años de haberse construido, esto implica que el periodo de diseño ya venció, las unidades (captaciones, línea de conducción y red de distribución) se encuentran en malas condiciones por lo que tiene que realizar reparaciones constantes para que siga funcionando, no abastece a toda la comunidad, en épocas de verano llega a cada dos días y para el invierno el sistema funciona dos horas al día, como de un centro de salud, las personas deben trasladarse a la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez para recibir atención médica.

Posee una escuela pública fundada en 1,998 la que brinda educación a niñas y niños, en horario matutino con niveles: parvulario y primario.

Cuentan con el servicio de energía eléctrica el cual es proporcionado por Deocsa.

La comunidad tiene varios medios para transportarse, utiliza buses colectivos, taxis, moto taxis, fleteros.

Para comunicarse utilizan teléfonos móviles, además tienen servicio de internet, en el caserío Vista Hermosa se puede observar que los lodos están a flor de tierra tomando en cuenta que es necesario el saneamiento por los vectores de contaminación visual, de olores y sobre todo de problemas gastrointestinales.

En la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo los servicios públicos con los que cuentan están: agua potable, sistema de alcantarillado sanitario y alumbrado público, la prestación del servicio es de uso exclusivo y compartido, la mayor parte de la población recibe agua entubada que representa aproximadamente el 80 %, la municipalidad presenta el servicio exclusivo a 535

hogares, que cubren parte de la Cabecera Municipal, aldea Ojo de Agua, Esmeralda y cantón Bethanía, el resto es proporcionado por comités, que han ejecutado proyectos para el suministro de 935 viviendas. El servicio de energía eléctrica es proporcionado por la Distribución de Energía de Occidente, S.A. (DEOCSA).

1.1.4. Aspectos socioeconómicos

La economía es impulsada principalmente por el sector agrícola, como el cultivo de: maíz, frijol y verduras, los productos obtenidos por esta actividad son empleados en su mayoría para el consumo familiar, a excepción de las verduras, ya que es el producto que llega al mercado. Existe también un porcentaje que se dedica a actividades artesanales, otro porcentaje emigra a otros lugares en busca de mejores ingresos económicos, los ingresos familiares se complementan con otras actividades, obtenidos por la crianza de animales domésticos.

1.1.4.1. Etnia, religión y costumbres

La fiesta patronal del caserío Vista Hermosa se celebra el domingo de Resurrección, en el cual se realizan actividades deportivas, culturales y religiosas que son organizadas por la auxiliatura y Cocode.

Antiguamente en este caserío el idioma que se hablaba era el Mam, quedándose en la primera generación y en las siguientes se fue perdiendo totalmente, porque los descendientes de los pobladores ya no quisieron seguir hablando la lengua materna Mam. El idioma que se habla actualmente en la comunidad es el castellano.

La fiesta cívica de mayor auge es el 15 de septiembre día de la Independencia que se celebra a nivel nacional, también se celebran otras actividades, tales como: día de los difuntos, día de la madre, navidad, año nuevo.

En el municipio de Esquipulas Palo Gordo, dentro de las actividades culturales, se destaca la elección de la belleza representativa del municipio, existen campeonatos de fútbol, organizado por la Junta Municipal de Fútbol (JMF), en donde participan equipos de todas las comunidades del municipio; también existe una cancha polideportiva sintética en donde se organizan pequeños campeonatos de fútbol sala, la fiesta titular del lugar se realiza con la celebración del Cristo Negro, la cual se lleva a cabo del 11 al 18 de enero, celebrando el principal día el 15 de enero de cada año.

El 1 de enero se elegirá a los nuevos integrantes de la auxiliatura y del alcalde auxiliar, semana santa, 10 de mayo día de las madres, 15 de septiembre celebración de las fiestas patrias, 1 de noviembre día de los Santos, 15 de diciembre, las tradicionales posadas, 24 y el 25 Navidad, 31 diciembre año nuevo.

1.1.4.2. Alfabetismo

La población del caserío Vista Hermosa afronta el problema de bajo nivel de escolaridad, debido al nivel de ausentismo escolar existente. Según datos del puesto de salud, en el 2002 había una población en edad escolar de 245 alumnos y únicamente se inscribieron 166, lo que significa que el 32 % no se inscribió. A lo anterior se suma el hecho de que muy pocos llegan al nivel básico y diversificado. La universidad es un nivel que no pueden darse el lujo de estudiarlo. El rendimiento escolar es otro de los problemas que enfrentan los

niños y jóvenes del caserío, ya que según datos proporcionados por los docentes de la escuelas, el porcentaje de aprobación en el 2002 fue del 93 %, lo que significa que el 7 % en el 2003 tuvieron que repetir el grado. En estos casos se dan dos fenómenos: algunos repiten el grado, pero muchos deciden no seguir estudiando; de ahí una de las razones del porqué el 98 % de la población mayor de 15 años tiene una primaria incompleta.

En el sector educación el municipio de Esquipulas Palo Gordo solo cuenta con las primeras tres etapas educativas, párvulos, primaria y básico, es importante destacar que en el 2009, llegó a muchos más niños y niñas en etapa escolar, teniendo un mayor incremento en el nivel preprimario en donde la afluencia de niños a la escuela fue significativa.

El problema principal del municipio es la poca capacidad de desarrollo educativo, ya que como se mencionó anteriormente, no cuenta con la profesionalización a nivel diversificado, por ende aunque muchos pueden comunicarse por escrito, su nivel académico es muy bajo.

1.1.4.3. Organización comunitaria

En el caserío de Vista Hermosa se cuenta con COCODE, alcaldía auxiliar, escuela y la Iglesia católica. Por lo general se conforman grupo de mujeres artesanas organizadas, pequeños grupos de agricultores que forman parte de la Mancomunidad de la Cuenca del río Naranjo (Mancuerna).

Por lo general las organizaciones comunitarias antes mencionadas organizan las diferentes actividades socioculturales de la comunidad, en el caso del municipio de Esquipulas Palo Gordo si tienen los siguientes: un concejo

municipal, Cocodes, alcaldía auxiliar, Comudes, organizaciones de pequeños agricultores, organizaciones eclesiales y sindicatos de trabajo.

1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez

1.2.1. Descripción de necesidades

El Caserío de Vista Hermosa tiene una serie de necesidades de servicios básicos, sanitarios y de infraestructura, entre las principales se pueden mencionar las siguientes:

- Alcantarillado sanitario: por la falta de un servicio de alcantarillado sanitario, las aguas residuales corren a flor de tierra, lo que genera enfermedades y malos olores en la vía pública.
- Edificación escolar: actualmente la escuela cuenta con elementos estructurales que colapsaron debido a los sismos del 2014, creando ambientes inseguros.

1.2.2. Análisis y priorización de necesidades

De acuerdo al criterio de las autoridades municipales, Cocode y la Mancomunidad de la Cuenca del Rio Naranjo, se priorizaron las necesidades de la siguiente forma:

- Sistema de alcantarillado sanitario.

- Construcción de edificio escolar para el nivel básico y reconstrucción del de educación primaria.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez

2.1.1. Descripción del proyecto

Este proyecto comprende el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío de Vista Hermosa, municipio de San Antonio Sacatepéquez, el cual está conformado por una red de 10 575 000 metros y 200 pozos de visita; la tubería a utilizar será de PVC, un diámetro mínimo de 6 pulgadas para el colector principal y de 4 pulgadas para la conexión domiciliar, las cuales deben cumplir con las Normas ASTM D3034. En cuanto al sistema de tratamiento, la municipalidad de San Antonio Sacatepéquez tiene planificado a corto plazo la construcción de una planta de tratamiento, para recibir todas las aguas residuales que se generan en el caserío, el servicio tendrá una cobertura de 1 410 habitantes actuales y 3 324 habitantes a futuro.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Se refiere al conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planimetría como en altimetría, los cálculos matemáticos correspondientes y la representación de un plano (trabajo de campo y de gabinete); el levantamiento topográfico se realizó para localizar la línea central del alcantarillado, pozos de visita, conexiones domiciliarias y en general para ubicar los puntos de importancia.

Se realizó un levantamiento planimétrico y altimétrico, utilizando para este trabajo equipo de medición o precisión.

2.1.3. Altimetría

Se ocupa de la determinación de las cotas (altura de un punto) con referencia al nivel medio del mar o a otro punto del plano. El levantamiento altimétrico del sistema de alcantarillado se realizó utilizando estación total:

- Estación total trimble M3
- Prismas
- Cinta métrica de 60 metros
- Estacas, pintura y clavos

2.1.3.1. Planimetría

Se utiliza para conseguir la presentación a escala de todos los detalles interesantes de un terreno sobre una superficie plana. Para la planimetría de este proyecto se utilizó una estación total:

- Estación total trimble M3
- Prismas
- Cinta métrica de 60 metros de longitud
- Plomada
- Estacas, pintura y clavos

2.1.4. Diseño del sistema

2.1.4.1. Descripción del sistema a utilizar

Existen 3 tipos básicos de alcantarillado, la selección de cada uno de estos dependerán de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos, funcionales, pero quizá el más importante es el económico. Los tipos de alcantarillado son los siguientes:

- Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, baños, cocinas y servicios; residuos comerciales como restaurantes y garajes; aguas negras producidas por industrias e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia que concurren al sistema.
- Alcantarillado combinado: este tipo de alcantarillado consta de un único colector, a través del cual fluyen tanto las aguas residuales de uso doméstico o industrial como las de lluvia.

Para el efecto, el caserío Vista Hermosa, San Antonio Sacatepéquez no cuenta con un sistema de evacuación de aguas servidas o residuales; por lo que se decidió realizar un sistema de alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de la calle, techos y otras superficies.

2.1.4.2. Periodo de diseño

Es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema, luego de este es necesario rehabilitar el sistema, para determinarlo es necesario tomar en cuenta

factores tales como: población beneficiada, crecimiento poblacional, calidad de materiales a utilizar, futuras ampliaciones de las obras planeadas y mantenimiento del sistema. Instituciones como el Instituto de Fomento Municipal, (Infom) recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un periodo de 30 años. Para este proyecto se consideró un periodo de diseño de 30 años.

2.1.4.3. Población de diseño

La población de diseño se determina con la cantidad de pobladores al que se va a servir en un período de tiempo establecido, tomando como base los habitantes actuales, que se encuentran en el sector donde se desarrollará el proyecto.

Se calculará la población futura por medio del método de incremento geométrico, por ser el más apto y el que se apega a la realidad del crecimiento poblacional del medio. Se utilizará una tasa de crecimiento poblacional de 2,9 %, dato proporcionado por la municipalidad de San Antonio Sacatepéquez. La población actual a servir es de 1 410 habitantes.

Método de incremento geométrico

$$Pf = Po(1+R)^n$$

Donde

Pf = población a futuro = 3 324 hab

Po= población actual = 1 410 hab

R = tasa de crecimiento = 2,9 %

n = años proyectados = 30 años

$$Pf = 1\ 410 (1+0,029)^{30}$$

$$Pf = 3\ 324 \text{ habitantes}$$

2.1.4.4. Dotación de agua potable

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, condiciones socioeconómicas, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo, la tabla I, especifica las dotaciones indicadas en las normas de diseño.

Tabla I. **Dotaciones indicadas en las normas de diseño**

Descripción	Dotación (l/hab./día.)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria* 1. p. 78.

En este diseño por tratarse de un sistema en funcionamiento, se tomó una dotación que la municipalidad tiene asignada que es de 90 litros por habitante por día, según información de la municipalidad, ya que este servicio lo maneja la misma comunidad por medio de sistemas comunales instalados por la población del lugar.

2.1.4.5. Factor de retorno

El factor de retorno es el porcentaje de agua, que después de ser usada vuelve al drenaje, en este caso se considera un 85 % de factor como retorno debido a las costumbres y condiciones de vida.

2.1.4.6. Factor de Harmond

Es el valor estadístico que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso simultáneo del servicio; está dado de la siguiente manera.

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

$$FH = \frac{18 + \sqrt{3,324}}{4 + \sqrt{3,324}}$$

$$FH = 3,40$$

Donde

FH = factor de *Harmond*

P = población futura acumulada en miles

2.1.4.7. Caudal sanitario

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería, por norma se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión. El tirante máximo de flujo se obtiene de la relación d/D , donde d es la profundidad o altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería, esta relación debe ser mayor de 0,10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0,75 para que funcione como un canal abierto.

2.1.4.7.1. Caudal domiciliar

El agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado, el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de esta no será llevada al alcantarillado, como la que se usa en el riego de los jardines y en el lavado de vehículos; de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectada por el factor de retorno el cual dice 85 % que se definió en el inciso 2.1.4.5.

$$Q_{Dom.} = \frac{Dot. * \text{Núm hab.} * \text{Fac. retorno}}{86\ 400}$$

$$Q_{Dom.} = \frac{90 * 3324 * 0,85}{86\ 400} = 2,94 \text{ l/s}$$

Donde

Dot = dotación (lts/hab/día)

Núm. hab = número de habitantes

Qdom = caudal domiciliar (lts/seg)

2.1.4.7.2. Caudal de infiltración

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

Según Infom indica que se calcula si la tubería queda sobre el nivel freático o bajo este nivel, como un porcentaje del diámetro, la longitud de la red, incluyendo la conexión domiciliar. En este caso la tubería queda sobre el nivel freático.

$$Q_{inf} = 0,01 * \varnothing * longitud = 0,63 \text{ l/seg}$$

2.1.4.7.3. Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario, sin ninguna autorización.

Según Infom se determina como un porcentaje del caudal domiciliar, siendo el mínimo el 10 %, para este caso se aplicó el 50 %, debido a que existen factores que implican el mismo como la cantidad de usuarios y artefactos que serán empleados.

$$Q \text{ Conexiones ilícitas} = Q \text{ dom.} * 0,5$$

$$Q \text{ conexiones ilícitas} = 2,94 * 0,5 = 1,47 \text{ l/s}$$

2.1.4.7.4. Caudal comercial

Es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, entre otros, por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3 000 litros por comercio por día, en este caso no se incorporó al diseño, ya que este caudal por factores de desarrollo socioeconómico no aplica para dicha comunidad.

$$Q_{\text{Com.}} = \frac{\text{Núm. Comercio} \cdot \text{Dot.}}{86\,400}$$

Donde

Qcom = caudal comercial

No = número de comercios

Dot = dotación

2.1.4.7.5. Factor de caudal medio

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio (Qmedio) del área a drenar, que al ser distribuido entre el número de habitantes se obtiene un factor de caudal medio (fqm), el cual varía entre el rango de 0,002 a 0,005.

Si el cálculo del factor se encuentra entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$Q_{\text{ medio}} = Q_{\text{Dom}} + Q_{\text{Com}} + Q_{\text{Inf.}} + Q_{\text{Conexiones.ilícitas}}$$

$$Q \text{ medio} = 2,94 + 0 + 0,63 + 1,47$$

$$Q \text{ medio} = 5,04$$

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\# \text{ Habit.}}$$

$$f_{qm} = \frac{5,04}{3\ 324} = 0,001516$$

$$0,002 < f_{qm} < 0,005$$

Ya que el resultado es menor al límite inferior, se toma el valor más próximo el cual es 0,002

2.1.4.7.6. Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua servida que correrá en cada ramal del alcantarillado, se calcula el caudal aplicándola siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Dis}} = \text{Núm. Habit.} * FH * F_{qm}$$

$$Q_{\text{Dis}} = 3\ 324 * 3,40 * 0,002 = 22,60 \text{ l/s}$$

Donde

Núm. habit. = número de habitantes futuros acumulados

FH = factor de *Harmond*

F_{qm} = factor de caudal medio

2.1.4.8. Sección del tipo de tubería

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y 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 tablas, utilizando la ecuación de *Manning*.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q), dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), 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 obtiene los demás valores de chequeo.

2.1.4.9. Diseño de sección y pendientes

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de *Manning* transformada sistema métrico para secciones circulares así:

$$V = \frac{0,003429 \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde

V = velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = diámetro de la sección circular (pulg.)

S = pendiente del gradiente hidráulico (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

n = 0,014 para tubos de concreto

n = 0.010 para tubos de PVC

2.1.4.9.1. Velocidades máximas

Las velocidades máximas causan erosión en las tuberías, ya que los materiales abrasivos como la arena desgastan las partes interiores de las mismas a menos que se mantengan las velocidades.

De igual manera la velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, el tipo y diámetro de la tubería que se utilice. La velocidad del flujo debe estar comprendida entre el siguiente rango, para evitar problemas de taponamiento y desgaste en la tubería que se utilice.

Tabla II. Velocidades máximas y mínimas

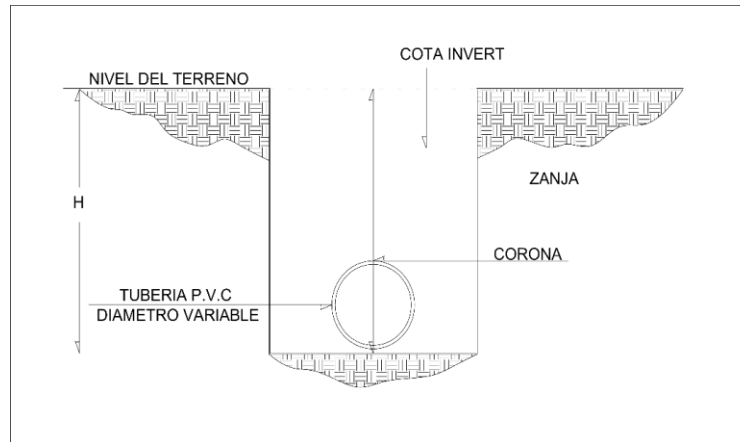
Tipo de tubería	Velocidades mínimas	Velocidades máximas
Concreto	0,60 m/s	3,00 m/s
PVC	0,40 m/s	4,00 m/s

Fuente: datos generados por fabricante de tubería. Guatemala 2016.

2.1.4.9.2. Cota Invert

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

Figura 2. **Forma de medir la cota invert**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD2014.

2.1.4.10. Pozos de visita

Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado se emplean 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 pendiente
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros

La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura neta de 0,50 a 0,60 metros. El marco descansa sobre las paredes, que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro de 1,20 a 1,50 metros de la boca del pozo, continuando con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla. La profundidad es variable y las paredes suelen ser construidas de ladrillo de barro cocido, cuando son pequeños y de concreto cuando son muy grandes y profundos.

El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de concreto, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o hacia los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Los canales se recubren a veces con tubos partidos o seccionados por su diámetro. Los cambios de dirección se hacen en los canales. Hay que hacer notar que el pozo de visita tiene un fondo plano solamente en los casos en que todos los tramos arranquen de él y que cuando el pozo sea usado a la vez para tuberías que pasan a través y otras de arranque, la diferencia de cotas invert entre el tubo de arranque y el que pasa tiene que ser, como mínimo, el diámetro de la tubería mayor.

En los pozos de visita profundos se disponen escalones para que se pueda bajar para inspeccionar y limpiar. Estos escalones suelen ser de varillas de hierro, empotrados en las juntas de los ladrillos. Para este caso particular se usarán pozos fundidos, ya que la municipalidad de San Antonio Sacatepéquez cuenta con los moldes respectivos.

2.1.4.11. Conexiones domiciliarias

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

Las cajas domiciliarias generalmente se construyen con tubería de concreto de diámetro mínimo de 12 pulgadas o de mampostería de lado menor de 45 centímetros, ambos a una altura mínima de 1 metro del nivel del suelo.

2.1.4.12. Profundidad de tubería

La determinación de la profundidad de la tubería se hace mediante el cálculo de las cotas *invert*, en todo caso debe chequearse que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para no dañarse con el paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado. El recubrimiento mínimo es 1,20 metros para áreas de circulación de vehículos, en algunos casos, puede utilizarse un recubrimiento menor, pero se debe estar seguro sobre el tipo de circulación que habrá en el futuro en esa área.

2.1.4.13. Principios hidráulicos

En general se usarán en el diseño secciones circulares de tuberías PVC, por las condiciones del terreno donde se ubica la red de drenaje y por las ventajas que presenta.

La ecuación de *Manning* está basada en las condiciones antes mencionadas o sea flujos constantes y canales abiertos. La ecuación de *Manning* es la siguiente:

$$V = 1/n (R^{2/3} \times S^{1/2})$$

Para el sistema métrico la ecuación de *Manning* adopta la siguiente forma:

$$V = \frac{1.486 \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Donde

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

R = radio hidráulico = área / perímetro mojado

D = diámetro de la sección circular (metros)

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

N = coeficiente de rugosidad de Manning

N = 0,010 para diseño de sistemas de alcantarillado sanitarios por gravedad usando tubería de PVC Norma ASTM 3034.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios es tubería de PVC de 6 pulgadas, el cual podrá aumentar cuando a criterio del diseñador sea necesario. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4 pulgadas.

2.1.4.14. Relaciones hidráulicas

La utilización de las tablas se realizó determinando primero la relación (q/Q), dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), y obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. Estas relaciones son necesarias para asegurar que el sistema funcionará adecuadamente y sus parámetros son los siguientes:

Relaciones de caudales:

$$\frac{Q \text{ dis}}{Q \text{ sección llena}}$$

Donde

$Q \text{ dis}$ = caudal de diseño

$Q \text{ sección llena}$ = caudal de la tubería a sección llena

Relación de velocidades:

$$\frac{V \text{ dis}}{V \text{ sección llena}}$$

Donde

$V \text{ dis}$ = velocidad de diseño

$V \text{ sección llena}$ = velocidad de la tubería a sección llena

Relación de tirantes:

$$\frac{D \text{ dis}}{D \text{ sección llena}}$$

Donde

D dis = diametro de diseño

D sección llena = diametro de la tubería a sección llena

Tabla III. **Relación hidráulica para sección circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474

Continuación de la tabla III.

0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663
0,2200	0,1631	0,6510	0,10619	0,5900	0,6140	1,0700	0,65488
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,5262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045

Continuación de la tabla III.

0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647	0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303	0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000	0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719	0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870	0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060	0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685	0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215	0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

Fuente: INFOM-UNEPAR, *Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001.*

2.1.4.15. Cálculo hidráulico

A continuación se describe el cálculo hidráulico, conteniendo las especificaciones técnicas basado en las normas ASTM.

2.1.4.15.1. Especificación técnica

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo con las Normas ASTM 3034 y las normas que establece el Instituto de Fomento Municipal (INFOM). En este proyecto se beneficiará el 100 % de las viviendas actuales. En el diseño se asumió velocidades mínimas de 0,4 metros por segundo ya que las normas del fabricante de PVC establecen el parámetro de 0,4 a 4,00 metros por segundo.

Tabla IV. **Base general de diseño proyecto alcantarillado**

Periodo de diseño	30 años
Viviendas actuales	235 viviendas
Viviendas futuras	554 viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes por vivienda
Población actual	1 410 habitantes
Tasa decrecimiento	2.9 %
Población futura	3 324
Dotación	90 l/hab./día
Factor de retorno	0,85
Velocidades máximas y mínimas	0,40 < V ≤ 4 m/s.(T.P.V.C.)
Tipo y diámetro de tubería mínimo	PVC de 6 pulgadas n = 0,010
Fqm	0,002
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4pulgadas
Candela	Tubo de concreto 12 pulgadas de Ø
Altura de cono	0,90 m
Diámetro superior mínimo	0,75 m
Diámetro inferior mínimo	1,20 m

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.15.2. Ejemplo de diseño de un tramo

Se analizó del tramo 5 al 6 en el cual se verifica si cumple con todos las normas de diseño requeridas por el Infom o por las normas del fabricante, con velocidades máximas y mínimas tirante mínimo y máximo dentro de la tubería.

- Cota terreno inicio: 966,292 metros
- Cota terreno final: 955,933 metros
- Distancia: 52,71 metros
- Viviendas del tramo: 2 unidades

- Viviendas del acumuladas: 10 unidades
- Población actual: 60 habitantes
- Población futura: 141 habitantes

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{\text{Cota final} - \text{cota inicial}}{\text{Distancia horizontal}} * 100$$

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{966,292 - 955,933}{52,71} * 100 = 19,65\%$$

Se tomaron igual las poblaciones actuales y futuras, ya que es un sector que no crecerá para tener los lotes ocupados.

Factor de caudal medio Fqm: 0,002

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = \text{Población } f * F_{qm} * FH$$

$$Q_{dis} = 141 * 4,20 * 0,002 = 1,18 \text{ l/s}$$

Utilizando un diámetro de 6 pulgadas.

$$Vel = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde

V = velocidad a sección llena (m/s)

D = diámetro de tubo (m)

S = pendiente del terreno (%/100)

n = coeficiente de rugosidad, propiedad del tubo

$$Vel = \frac{6^{\frac{2}{3}} \times 19,65^{\frac{1}{2}}}{0,1} * 0,03429 = 5,01$$

Aplicando la ecuación de *Manning*, se calcula la velocidad y el caudal a sección llena del tubo.

$$\frac{Vel \text{ sec. llena} * \pi}{4} * \frac{Diam. tubería * 2,54}{100} * 1000 = l/s$$

$$\frac{5,0193 * \pi}{4} * \frac{6 * 2,54}{100} * 1000 = 91,56 \text{ l/s}$$

$$Q/q = \frac{Q \text{ de diseño}}{Q \text{ sección llena}}$$

$$\frac{Q}{q} = \frac{0,9588}{91,5605} = 0,0104$$

Donde

Q dis = Caudal de diseño

Q sección llena = Caudal de la tubería a sección llena

Relación hidráulica

$$q/Q= 0,0104718$$

$$v/V= 0,32525 \quad ; \quad \frac{v}{V} = \frac{V}{5,01} = 0,32525 , v = 1,63 \text{ Si cumple}$$

$$d /D= 0,072 \quad ; \quad \frac{d}{D} = \text{no cumple con el 10 \% minimo, pero}$$

se acepta por ser un ramal inicial.

Donde

Q = caudal a sección llena (l/s)

D = diámetro de la tubería

V = velocidad a sección llena (m/s)

2.1.4.16. Estudio de impacto ambiental inicial

En primer lugar se señalan a las comunidades que son las más afectadas cuando hay un proyecto de carácter ambiental, ya que implica una serie de cambios. Actualmente se ha visto afectada tanto la salud de los pobladores del lugar, porque las aguas residuales son descargadas sobre la superficie del suelo, provocando la formación de lodo, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades; por lo que la población tiene una participación negativa en el ambiente

La base del sistema es una matriz en la cual las entradas de las columnas son las acciones del hombre que pueden alterar el medio y las entradas de las

filas son los factores ambientales susceptibles de alterarse, con estas entradas en columnas y filas se pueden definir las interacciones existentes.

Para este proyecto se procedió a dar valores en el rango de -5 a 5 al resultado de cada acción sobre cada factor ambiental, los valores muestran si el impacto será positivo o negativo, el color rojo representa el impacto negativo el color amarillo representa el impacto positivo y el color blanco representa impacto neutro.

Según la matriz de Leopold 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. 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 capa freática y además la eliminación de fuentes de proliferación de enfermedades.

Tabla V. **Matriz de Leopold**

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS											
			Modificación del régimen			Transformación del territorio				Operación y mantenimiento				
			Alteración cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Excavación de zanjas	Drenaje pluvial	Tratamiento de aguas negras	Operación de conducción en tuberías	Eliminación de aguas residual	Impacto en ambiente	Importancia de impacto			
FACTORES AMBIENTALES	Físico químico	Tierra	Suelos	0	0	-1	2	3	1	3	8			
				5	4	3	5	5	5	5		32		
		Agua	Calidad	1	0	2	5	5	5	5	23			
				3	2	3	5	5	4	5		27		
		Atmosfera	Calidad	1	-1	0	4	4	4	4				
				2	2	3	2	4	3	5				
		Inundaciones	0	0	2	5	3	4	3	33				
			5	2	1	5	3	5	3		45			
	Condiciones biológicas	Procesos	Compactación	1	0	-2	3	3	2	2	9			
				3	2	4	4	2	3	3		21		
		Flora	Árboles	0	0	0	-1	2	0	2				
				5	3	2	2	2	2	2				
			Cosecha	-1	0	-1	3	3	3	3	13			
				4	4	2	5	5	4	5		47		
		Fauna	Macro fauna	0	-1	0	1	2	2	3	7			
				3	3	3	4	3	4	3		23		
		Factores culturales	Uso del territorio	Agrícola	2	2	0	5	5	4	5			
					3	1	2	5	4	4	5			
			Zona residencial	2	-3	-2	5	5	5	5	40			
				5	4	4	5	5	5	5		57		
Nivel cultural	Culturas o forma de vida		-2	-2	-2	4	4	4	4					
			3	3	3	5	5	4	4					
	Salud y seguridad		1	0	0	4	4	4	4					
			3	4	5	5	5	5	5					
	Empleo		0	0	0	0	0	0	0	27				
			3	2	3	5	4	4	4		84			
Servicio e infraestructura	Red de transporte	-2	-2	0	2	0	1	1						
		5	3	5	3	3	2	2						
	Servicios	-2	-1	-2	3	3	3	4	8					
		4	3	4	5	4	4	4		51				

Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Propuesta de tratamiento

A continuación se presenta una propuesta para el tratamiento primario de aguas residuales doméstica, para el proyecto del caserío Vista Hermosa ubicado en el municipio de San Antonio Sacatepéquez.

2.1.5.1. Diseño de fosa séptica

Una fosa séptica es una obra para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, en ella se realiza la separación y transformación fisicoquímica de la materia orgánica contenida en esas aguas.

Se trata de una forma sencilla y barata de tratar las aguas residuales y está indicada (preferentemente) para zonas rurales o residencias situadas en parajes aislados y lugares donde usa letrinas de pozo. Para el proyecto del caserío Vista Hermosa del municipio de San Antonio Sacatepéquez, la municipalidad tiene planificada la construcción de una planta de tratamiento, la cual se encuentra en proceso de contratación, es por ello que no se incorporó el diseño en este trabajo de graduación.

2.1.5.2. Dimensionamiento de los pozo de absorción

Para este proyecto no se incorporaran pozos de absorción porque la municipalidad tiene planificado un sistema de tratamiento.

2.1.6. Elaboración de planos del alcantarillado

Los planos elaborados para el sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el apéndice 1, están conformados por:

- Planta de densidad de vivienda
- Planta general de la red de alcantarillado sanitario
- Plantas y perfiles de ramales y colector musical

- Detalle de pozo de visita
- Conexión domiciliar

2.1.7. Presupuesto

En la integración del presupuesto se consideraron como costos directos: la mano de obra calificada, no calificada, las prestaciones laborales, los materiales de construcción y transporte. Como costos indirectos se consideraron: la supervisión técnica, costos de administración y la utilidad, asumiendo un costo de 40 %. Los salarios de la mano de obra se estimaron con base en el salario mínimo establecido por la ley. En cuanto al precio de los materiales se tomaron los que se manejan en la región.

Tabla VI. Presupuesto general drenaje sanitario

INTEGRACION DEL PROYECTO.						
PROYECTO:		DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERIO VISTA HERMOSA.				
LUGAR:		SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.				
PROPIETARIO:		MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.				
FECHA:		FEBRERO DE 2017.				
No.	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	SUB/TOT.Q	TOTAL/Q
GENERAL						
RAMALES COMPLETOS.						
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	KM	11.00	Q 670.00	Q 7,370.00	
2	TUBERIA PRINCIPAL					
2.1	EXCAVACIÓN ZANJA P/TUB PRINCIPAL PVC 6"	M3	8028.97	Q 76.00	Q 610,201.72	
2.2	RELLENO ZANJAS P/TUB. PRINCIPAL	M3	5334.65	Q 68.00	Q 362,756.20	
3	POZOS DE VISITA					
3.1	POZOS DE VISITA ALT. PROM. 1.00-2.00 MTS	U	159.00	Q 1,799.00	Q 286,041.00	
3.2	POZOS DE VISITA ALT. PROM. 2.00-3.00 MTS	U	17.00	Q 2,400.00	Q 40,800.00	
3.3	POZOS DE VISITA ALT. PROM. 3.00-4.00 MTS	U	5.00	Q 3,245.00	Q 16,225.00	
3.4	POZOS DE VISITA ALT. PROM. 4.00-5.00 MTS	U	2.00	Q 3,678.00	Q 7,356.00	
3.5	POZOS DE VISITA ALT. PROM. 6.00-7 MTS	U	1.00	Q 13,785.00	Q 13,785.00	
4	TUBERIA LINEA					
4.1	TUBOS PRINCIPAL PVC 6"	U	2016.00	Q 167.00	Q 336,672.00	
5	CANDELAS DOMICILIARES					
5.1	CANDELAS DOMICILIARES	U	1410.00	Q 205.00	Q 289,050.00	
6	LIMPIEZA FINAL					
6.1	LIMPIEZA Y PRUEBA DE TUBERIA	ML	10575.00	Q 25.00	Q 264,375.00	
TOTAL						Q 2,234,631.92
MONTO PROYECTO						Q2,234,631.92

EL SIGUIENTE PRESUPUESTE ASCIENDE A LA CANTIDAD DE
DOS MILLONES, DOSCIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y UNO CON 92/100

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.1. Valor presente neto

Se utiliza para evaluar alternativas mutuamente excluyentes, consiste en trasladar todo el flujo de efectivo a un presente y evaluar si se recupera la inversión o no, desde el punto de vista rentable.

$$\text{VPN} = \text{VP beneficios} - \text{VP costos}$$

Para la anterior fórmula se tienen tres resultados posibles:

$$\text{VPN} > 0$$

$$\text{VPN} = 0$$

$$\text{VPN} < 0$$

- Cuando es mayor que cero se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad, además de una ganancia que es igual al valor presente.
- Cuando es igual a cero se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada.
- Cuando es menor que cero se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Debido a que el proyecto es de carácter social y es un beneficio para la comunidad, no se contempla algún tipo de utilidad, los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

2.1.7.2. Tasa interna de retorno

Se conoce como tasa de rendimientos y es el interés donde la persona que va a invertir tiene un equilibrio entre el flujo de ingresos y egresos.

En este caso, el proyecto no es de utilidad económica, ya que es de función social, por lo que no se puede calcular mediante ninguna fórmula.

2.2. Sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

2.2.1. Situación actual de los desechos sólidos de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

La municipalidad de Esquipulas Palo Gordo no cuenta con ningún servicio de recolección, transporte y tratamiento de residuos. Únicamente se barren algunas áreas públicas y se recogen residuos de los edificios municipales, los cuales son quemados o se trasladan a un botadero cercano al parque central. Los vecinos suelen quemar sus residuos inorgánicos o arrojarlos en botaderos no autorizados, mientras que los residuos orgánicos son aprovechados como abono en sus propias parcelas. En la aldea Pojopón la cual se localiza a 3 kilómetros de la cabecera municipal se encuentra un vertedero no autorizado, en una zona de alto valor ecológico y este es usado por los municipios cercanos a Esquipulas Palo Gordo y supone un foco de contaminación sin ningún control.

2.2.1.1. Generación de los desechos sólidos

La generación de los desechos sólidos se da en diferentes proporciones, relacionándose con el consumo humano y la cantidad de habitantes, existen diferentes tipos de desechos, por lo que existen diferentes formas de clasificarlos para un adecuado manejo. En Esquipulas Palo Gordo se produce en mercados y pobladores, tomando en cuenta que el comercio y las instituciones también generan desechos.

2.2.1.2. Definición de los desechos sólidos

Son todos aquellos que se originan de la fracción de los materiales de actividades domésticas, comerciales, institucionales, industriales, mercados y los resultantes de la limpieza de calles y de vías públicas. El origen de estos desechos puede ser agrario, pero en la mayoría se presentan en las ciudades. Algunos son el resultado de actividades industriales, pero estos tienen un poco más de peligro para la salud del ser humano, ya que las sustancias que se emplean en estas actividades, en la mayoría suelen ser dañinas para la salud del ser humano.

Los residuos sólidos industriales no presentan algún valor económico o el aprovechamiento es muy costoso en factor económico, debido a esto la actividad de reciclaje se deprecia, además que es complicado de almacenarse, ya que pueden llegar a producir contaminación en el subsuelo, generación de malos olores o producción de plagas.

2.2.1.3. Tipos de desechos y fuentes de desechos sólidos municipales

Los desechos sólidos se pueden clasificar por: origen, composición, peligrosidad y residuos sólidos especiales:

Origen: los residuos sólidos clasificados por origen son aquellos cuya proveniencia es por generación residencial, comercial, agrícolas, institucional, industrial (pequeña industria y artesanías) y a los residuos que se generan por la limpieza pública.

Composición: este tipo de clasificación se da básicamente por, como lo indica el nombre, la composición, que puede ser de materia orgánica, inorgánica, evidenciando el vidrio, metal, papel, plásticos, cenizas, polvos y materia inerte.

Peligrosidad: por el grado de peligrosidad de los desechos sólidos estos pueden ser tóxicos, reactivos, corrosivos, radioactivos, inflamables e infecciosos.

Residuos sólidos especiales: algunos de los residuos especiales por la cantidad o manejo pueden presentar algún tipo de riesgo a la salud, como por ejemplo, los residuos que provienen de establecimientos de salud, productos químicos y fármacos, alimentos de consumo expirados, baterías, lodos, escombros, animales muertos, neumáticos, autos abandonados o residuos de festivales.

2.2.1.4. Generación de los desechos sólidos

Los desechos sólidos se generan en todas aquellas actividades en las cuales los materiales se consideran como desechos sin ningún valor, y que pueden ser desechados para la disposición final.

Tabla VII. **Generación de los desechos sólidos**

No.	año	población	Número de viviendas	PPC total Kg/hab/día	Domiciliar [ton/día]	Domiciliar [ton/año]	Edificios de instituciones [ton/año]	Comercios [ton/año]	Producción [ton/día]	Producción [ton/mes]	Producción [Ton/año]
1	2008	1,749	350	0.259	0.45	165.20	2.15	3.03	0.47	14.00	170.37
2	2009	1,791	358	0.261	0.47	170.89	2.17	3.06	0.48	14.48	176.11
3	2010	1,834	367	0.264	0.48	176.77	2.19	3.09	0.50	14.96	182.05
4	2011	1,879	376	0.267	0.50	182.86	2.22	3.12	0.52	15.47	188.19
5	2012	1,924	385	0.269	0.52	189.16	2.24	3.15	0.53	15.99	194.55
6	2013	1,971	394	0.272	0.54	195.68	2.26	3.18	0.55	16.53	201.11
7	2014	2,018	404	0.275	0.55	202.41	2.28	3.21	0.57	17.09	207.91
8	2015	2,067	413	0.278	0.57	209.39	2.31	3.24	0.59	17.67	214.93
9	2016	2,117	423	0.280	0.59	216.60	2.33	3.28	0.61	18.26	222.20
10	2017	2,168	434	0.283	0.61	224.06	2.35	3.31	0.63	18.88	229.72
11	2018	2,221	444	0.286	0.63	231.77	2.37	3.34	0.65	19.52	237.49
12	2019	2,275	455	0.289	0.66	239.76	2.40	3.37	0.67	20.18	245.53
13	2020	2,330	466	0.292	0.68	248.02	2.42	3.41	0.70	20.86	253.85
14	2021	2,386	477	0.295	0.70	256.56	2.45	3.44	0.72	21.57	262.45
15	2022	2,444	489	0.298	0.73	265.39	2.47	3.48	0.74	22.30	271.34
16	2023	2,503	501	0.301	0.75	274.53	2.50	3.51	0.77	23.06	280.54
17	2024	2,563	513	0.304	0.78	283.99	2.52	3.55	0.79	23.84	290.06
18	2025	2,626	525	0.307	0.80	293.77	2.55	3.58	0.82	24.65	299.90

Fuente: MANCUERNA Esquipulas, Palo Gordo.

2.2.1.5. Aspectos teóricos y básicos sobre desechos sólidos

Los desechos sólidos son los que ocupan un mayor porcentaje en el total de desechos o residuos que el ser humano genera, debido a que gran parte de lo que se consume o se utiliza en la vida cotidiana, deja desechos de este tipo, además los desechos sólidos son también los que ocupan mayor espacio al no asimilarse al resto de la naturaleza y al permanecer muchos de ellos por años en el terreno.

2.3. Recomendaciones para el almacenamiento de los desechos sólidos en los hogares

El almacenamiento de los desechos sólidos se debe realizar basado en el principio de asegurar las condiciones de protección ambiental y de la salud humana.

2.3.1. Generalidades

El almacenamiento así como el acondicionamiento de los desechos sólidos es responsabilidad de cada persona que será beneficiada con este servicio, el objetivo de esta responsabilidad es mantener el buen funcionamiento y limpieza, tanto en los hogares como en el municipio.

La selección de los recipientes a utilizar está dado por distintos colores, según sea los desechos que se depositarán en los mismos, así como los diversos lugares en donde se aplicará este sistema.

2.3.2. Almacenamiento domiciliario

Con el fin de mantener un adecuado control de malos olores, el almacenamiento deberá realizarse en recipientes adecuados. Es de vital importancia el tipo de recipiente en el cual se almacenarán, debido a los líquidos que expulsan los desechos y evitar enfermedades o una plaga de roedores y moscas. Es importante el uso de recipientes de plástico o de polietileno para evitar derrames de desechos.

2.3.3. Almacenamiento en el comercio y mercado

El depósito general del basurero de los mercados será de vital importancia que tenga una entrada para personal de supervisión y para las personas que llegaran a depositar los desechos sólidos originarios de ese lugar, para esto es importante que sea un lugar adecuado y un constante control.

Para los lugares públicos es necesario ver los focos de contaminación en el ornato del municipio y así ubicar los recipientes, en los cuales se estará almacenando la basura, para el buen funcionamiento es de vital importancia la cultura y la concientización que tenga la comunidad en general.

En las escuelas y colegios es importante que cada salón y baño contenga el contenedor de basura en los patios y áreas de recreación, el contenedor general deberá estar bien identificado y en una ubicación ideal para que la extracción sea de mayor eficacia.

2.3.4. Almacenamiento en hospitales

Debido al alto riesgo que presentan los desechos sólidos provenientes de hospitales, clínicas y centros de salud, es importante que estos no se recolecten con los de otros tipos, para prevenir accidentes, tanto de las personas que lo recolectan así como de la disposición final.

Según el capítulo 2, artículo 13, del Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, indica "las etapas de gestión, la cual debe ser adecuada para toda organización hospitalaria, centro de salud, público o privado, y en general, todo ente generador, de conformidad con el presente Reglamento, deberá incluir en el plan de manejo de desechos hospitalarios, las siguientes etapas:

- Separación y embalaje
- Almacenamiento en cada unidad de generación
- Recolección y transporte intrahospitalario
- Almacenamiento intrahospitalario
- Transporte extra hospitalario

- Tratamiento
- Disposición final”

Según el capítulo 3, artículo 14 sobre la separación; indica que “todo ente generador deberá capacitar a todo el personal, en función de la correcta separación de los desechos, atendiendo a la clasificación contenida en recipientes debidamente identificados y embalados de fácil manejo, cuyo material no sea susceptible de rotura para evitar cualquier tipo de derramamiento”. Los desechos se deberán de almacenar según la siguiente clasificación:

- Desechos infecciosos: deberán almacenarse en recipientes o bolsas color rojo con el símbolo de bioinfecciosos, las jeringas y agujas deberán ser destruidas o embalsarse en caja de cartón o recipientes plásticos debidamente sellados y deberán presentar una etiqueta impresa, en donde se anotará la siguiente información:
 - Nombre de la institución generador
 - Fecha y hora de recolección
 - Procedencia interna del hospital
 - Operador responsable
 - Hora de recepción en el lugar
 - Fecha y hora de salida
- Desechos especiales: deberán almacenarse en recipientes o bolsas color blanco con el símbolo de químicos, la cristalería entera o rota, deberá embalsarse en caja de cartón parafinada o recipiente plástico apropiado y debidamente sellada.

- Desechos radiactivos: particularmente los considerados como de nivel medio o alto, deben depositarse en contenedores de plomo adecuados al nivel de radiación que les corresponda, debidamente identificados con la simbología de radiactivos y son separados del resto de los desechos.
- Desechos comunes: deberán depositarse en bolsas o recipientes de color negro.

En la siguiente imagen se presenta la simbología que se utilizará para identificar el tipo de desecho.

Figura 3. **Simbología de identificación de desechos**



Fuente: Banco Pichincha. *Manual de desechos peligrosos, para el desarrollo sostenible del país.* p. 12.

2.3.5. Almacenamiento domiciliar

Con el fin de mantener un adecuado control de malos olores, el almacenamiento deberá realizarse en recipientes adecuados. Es de vital importancia el tipo de recipiente en el cual se almacenarán, debido a los

líquidos que expulsan los desechos y evitar enfermedades o una plaga de roedores y moscas. Recomendable el uso de recipientes de plástico o de polietileno para evitar derrames de desechos.

2.3.5.1. Recolección y transporte de los desechos sólidos

La recolección y transferencia de los desechos sólidos son etapas importantes, debido a los riesgos de salud por la manipulación y exposición a diferentes tipos de desechos, los riesgos de contaminación por derrames o disposición final.

2.3.5.1.1. Aspectos de salud

La importancia en el manejo de los desechos sólidos municipales se debe a que es fuente sólida directa de enfermedades a nivel mundial, ya sea por contacto directo o indirecto a vectores, que se originan del mal manejo de desechos. Para explicar mejor se desglosará en 2 términos los riesgos, directos e indirectos:

- **Riesgos directos:** son los riesgos que presenta el ser humano al contacto directo con la basura, ya que en ella puede haber residuos de excretas humano o de animales, las personas que están más vulnerables a esta situación son los recolectores que no utilicen el equipo adecuado para realizar este trabajo, en la misma situación está el personal de segregación.

Riesgos indirectos: uno de los riesgos mayores es la proliferación de vectores sanitarios que causan riesgo por el manejo inadecuado de la basura,

que afecta a la comunidad en general y se generan en la proliferación de vectores de enfermedades. Ver tabla VIII

Tabla VIII. **Vectores y formas de transmisión de enfermedades**

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
· Ratas	· Mordisco, orina y heces · Pulgas	· Peste bubónica · Tifus murino · Leptospirosis
· Moscas	· Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	· Fiebre tifoidea · Salmonellosis · Cólera · Amibiasis · Disentería · Giardiasis
· Mosquitos	· Picadura del mosquito hembra	· Malaria · Leishmaniasis · Fiebre amarilla · Dengue · Filariasis
· Cucarachas	· Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	· Fiebre tifoidea · Heces · Cólera · Giardiasis
· Cerdos	· Ingestión de carne contaminada	· Cisticercosis · Toxoplasmosis · Triquinosis · Teniasis
· Aves	· Heces	· Toxoplasmosis

Fuente: JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, Universidad de Antioquia, Colombia. p. 26.

2.3.5.1.2. Aspectos de costos

Las autoridades frecuentemente se lamentan ante el compromiso que tiene la comunidad con la falta de disciplina social y cívica, por la capacidad de cumplir con el papel de colaborar con el ornato de la ciudad. Los costos que le

representa a la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo el corregir esta mala práctica de la población se verá incrementado, debido a que la cobertura es engañosa, ya que al momento de presentar mora en la prestación del servicio, los vecinos van en búsqueda de sitios y se da la creación de botaderos a cielo abierto clandestinos. Tomando en cuenta que no se cuenta con un servicio directo de recolección, se tendrán que implementar medidas de sensibilización para hacer efectivo el costo de operación.

2.3.5.2. Bases para la planeación de un servicio de recolección

Estos son datos y características de la recolección para diseñar y planificar el servicio a la comunidad.

2.3.5.2.1. Datos básicos

Los datos básicos son importantes para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento, como: demográfica, aspectos generales de los desechos sólidos municipales, volumen de residuos sólidos, tipo de planta de tratamiento, cálculo de vida útil, área de compostaje.

2.3.5.2.2. Información complementaria

La información complementaria para la planificación de un buen sistema de manejo de desechos sólidos son: ubicación del terreno en el cual se construirá la planta de tratamiento, área disponible para la clasificación final de la materia orgánica, cantidad y composición de los residuos sólidos tratados en el relleno sanitario, tipo de planta de tratamiento y vías de circulación, sistema de monitoreo y control.

2.3.5.2.3. Cobertura del servicio

La cobertura del servicio es básicamente hacia qué sectores de la población va dirigido el programa y el manejo de desechos sólidos, el que se encuentra delimitado según la capacidad y los recursos con que cuenta la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo y su población, ya que será un servicio autosostenible, tomando en consideración el aspecto geográfico de las comunidades cercanas y accesibles por objeto de traslado separativo.

2.3.5.2.4. Residuos a recoger

Entre los parámetros más importantes para el diseño y planificación de un buen sistema de recolección, se deben conocer los tipos de desechos sólidos que se producen en una población, como la cantidad y composición. En las ciudades en desarrollo se identifican por tener baja cobertura en la recolección de los desechos sólidos, lo ideal es alcanzar una cobertura del 90 al 100 % para obtener un mejor saneamiento y de esta manera el periodo de recolección para no generar vectores que alteren la salud humana.

2.3.5.2.5. Agencias de recolección

Estas a nivel municipal son la base fundamental para emprender cualquier acción y ponerla en práctica, ya que por ellas pasan las mejoras de la calidad del servicio, este aspecto, de darle una buena disposición sanitaria final a la basura, debe considerarse como una de las principales preocupaciones de cualquier administración, no solo por razón sanitaria, sino también por la estética.

2.3.5.2.6. Puntos de recolección

El lugar donde es colocado el recipiente es de gran importancia en el rendimiento del sistema, por el servicio que se prestará el vehículo recolector lo realizará de puerta en puerta para los beneficiarios del sistema.

Es de vital importancia que la basura municipal esté alejada del alcance de los animales, contando con recolectores metálicos o de otro material, para evitar que sean esparcidos los desechos sólidos por roedores o animales, que detectan la descomposición de algunos residuos y así afectar en la eficiencia del servicio.

2.3.5.2.7. Frecuencia de recolección

La frecuencia de la recolección debe de ser periódica, debido a que muchos de los desechos que se recogerán son putrescibles, por esto mismo hay que evitar que se descompongan, evitando así malos olores y generación de vectores.

La frecuencia depende de la capacidad y condiciones municipales en lugares públicos, como: mercados, centros comerciales e instituciones, el servicio por acuerdos municipales y estudios de caracterización se podrán efectuar una vez por semana por el volumen de desechos sólidos generados y el costo que implica.

2.3.5.2.8. Horario de recolección

Esto dependerá de acuerdo a cada sistema de recolección, así como los tipos de desechos que se recolectarán, el horario será entre las 6:00 y las 9:00 horas AM, por ser el más adecuado.

2.3.5.2.9. Equipo de recolección

El equipo es básicamente un camión con el sistema separativo orgánico e inorgánico para el transporte de residuos, herramienta manual, palas, azadón, costales, escobas y rastrillos.

2.3.5.2.10. Tamaño de cuadrilla

Para determinar el tamaño de la cuadrilla es de vital importancia conocer los sectores a los cuales serán designadas cada una de ellas, ya que en algunas actividades serán más las tareas a cumplir y el volumen de desechos sólidos a recoger. Recomendando sea conformado por un piloto, dos ayudantes recolectores y un separador que irá internamente en el camión.

2.3.5.3. Diseño de rutas

Las rutas en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, se trazaron mediante las vías del municipio, tomando en cuenta el casco municipal y sus cantones. Se estipularon líneas que cubren las necesidades, esperando que la mayoría de habitantes puedan hacer uso del proyecto para cubrir a cabalidad con la planificación y diseño. Se tomaron en cuenta factores importantes como:

- Núm. de usuarios
- Capacidad del camión recolector
- Accesibilidad
- Tiempo de ruta para cada núcleo de población que resulta de sumar:
 - Tiempo que se tarda en hacer todo el recorrido sin paradas.
 - Tiempo de recolección de residuos de cada usuario X núm. total de usuarios.
 - Tiempo desde el último punto de recolección a la planta de tratamiento.
 - Tiempo de vaciado en la planta de tratamiento.
 - Tiempo desde la planta de tratamiento al garaje o al punto de inicio de la siguiente ruta.

2.3.5.4. Control de la recolección

Entre estos controles los más comunes y los que son de vital importancia son:

- Control de carga: es básicamente hacer las anotaciones de las cargas de desechos sólidos que ingresan a la planta de tratamiento, utilizando

datos existentes del peso específico, volumen promedio de carga y de ser posible el peso de cada carga.

Con estos datos se puede estimar la cantidad de desechos sólidos que ingresan en la planta de tratamiento, pero existe un problema que este dato no es general, es decir, no representa la cantidad de desechos sólidos que produce la ciudad, sino que solamente la cantidad que son recolectados.

- Control de tiempo: la duración de cada recorrido de recolección es de vital importancia, ya que ayudará a verificar la efectividad de la ruta de recolección, el tiempo se puede llegar a reducir verificando la cantidad de desechos que se extrae y ubicación de cada unidad de transporte.

2.3.5.5. Seguridad en el trabajo

Por el tipo de trabajo que se realizará es de vital importancia el buen manejo de desechos, que en algún momento puedan llegar a afectar la salud del personal encargado de la recolección de desechos, ya que estos pueden provocar de forma directa enfermedades.

Es importante evitar el contacto directo con la piel y con los ojos, para realizar este trabajo es recomendable el uso de equipo de seguridad industrial para protección de las personas que recolectan, separan y toman muestras para análisis.

Los guantes que se utilicen tienen que permitir la sensibilidad de la mano, no tiene que afectar la movilidad de los recolectores, asegurando la visibilidad

del personal con el uso del buen manejo de la iluminación, por esto es importante el horario de recolección.

2.4. Disposición final de los desechos sólidos

Luego de realizada la recolección separativa en la ruta, el camión recolector, ingresará a la planta de tratamiento, donde se efectuará la separación manual de los residuos inorgánicos y el tratamiento correspondiente.

2.4.1. Generalidades

La eliminación de las basuras producidas por una comunidad resulta uno de los problemas más complejos y de más cuidado, ya que las autoridades toman muy poca importancia al manejo de estos, con el correcto manejo de los desechos sólidos, se elimina la contaminación visual, focos de contaminación atmosférica, entre otras. Para que este no tenga efectos secundarios en la población.

2.4.2. Procedimientos aplicables a la basura

Según lo planificado la basura tendrá preclasificación desde el hogar, trabajo de sensibilización para el cual se trabajará con el equipo municipal, la disposición final se realizará en planta, con la preclasificación es más fácil determinar los dos grupos, orgánico e inorgánico, trabajando cada uno por separado, clasificando y vertiendo en las áreas comprendidas.

Se deberá tener un estricto control de los residuos comercializados que son enviados, por medio de boletas de envío de residuos sólidos

aprovechables para la venta y reciclaje, con el propósito de devolver el costo monetario de la comercialización a la administración de la planta de Esquipulas Palo Gordo, logrando transparencia en el manejo de fondos.

Para la disposición final de los residuos sólidos no aprovechables no reciclables, se manejan dos alternativas, proceso alternativo para Cementos Progreso y la segunda utilización de trincheras controladas.

2.4.2.1. Procedimientos mecánicos

- Trituración

Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte. Forma parte del método de tratamiento por microondas de los residuos infectocontagiosos. Se utiliza en las plantas productoras de composta. En países desarrollados existe la práctica de utilizar un sistema de trituración en los rellenos sanitarios, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia en la compactación de los residuos sólidos para ampliar la vida útil de los sitios.

- Compactación

Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos. La compactación se hace con maquinaria pesada en rellenos que disponen más de 40 toneladas por día. El grado de compactación óptima en un relleno sanitario es de 700-800 Kg/m³. Para ciudades de menos de 50 000 habitantes, se puede emplear equipo más sencillo o inclusive puede hacerse la compactación en forma manual. La

compactación también se utiliza en los sistemas de recolección y transferencia de residuos sólidos, con el objetivo de bajar los costos en el transporte.

2.4.2.2. Procedimientos térmicos

- **Incineración**

Es una tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos (urbanos). La incineración exige que los residuos tengan un poder calorífico superior a 1 200 Kcal/Kg y las plantas incineradoras incluyen los sistemas de recuperación de energía en forma de vapor y electricidad. Este método genera gases contaminantes, por lo que además del costo del sistema, deberá considerarse una inversión adicional para cumplir con los estándares de emisión a la atmósfera. Los países que más emplean esta tecnología son Japón, Suiza, Suecia, Alemania, Francia y Estados Unidos de Norteamérica. También hay plantas incineradoras en Italia, España, Canadá y Gran Bretaña. En el caso de América Latina, la incineración se ha orientado principalmente al control de los residuos biológico infecciosos.

- **Pirolisis**

Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como son llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, entre otros. El nombre científico es termólisis y consiste en la descomposición térmica de la materia en ausencia de aire, transformándola en hidrocarburos limpios o carbón. El proceso no genera gases contaminantes.

- **Microondas**

La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infectocontagiosos provenientes de hospitales y clínicas. Los residuos son triturados y se les inyecta vapor, después son triturados y expuestos continuamente a microondas. La desinfección se hace al aumentar la temperatura hasta 95 °C durante 30 minutos.

- **Esterilización**

Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o bien vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infectocontagiosos.

2.4.2.3. Procedimiento biológico

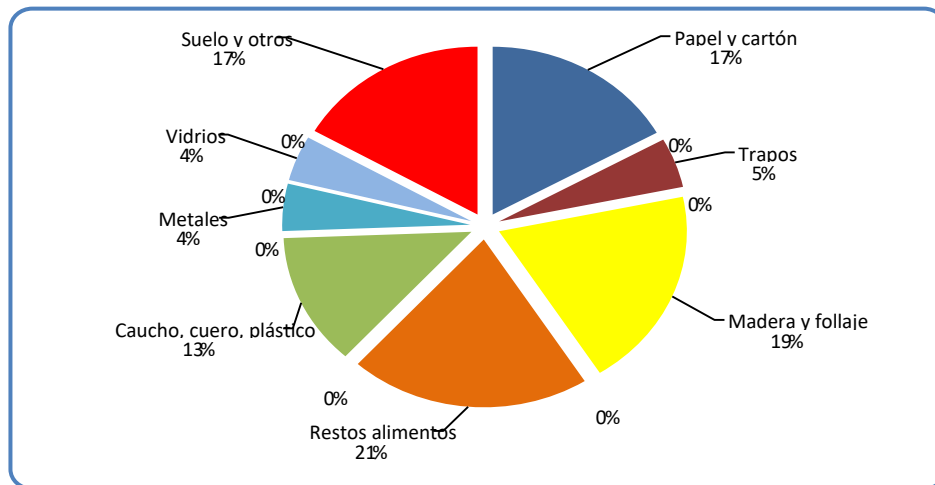
De la composición de residuos y desechos orgánicos, el mayor porcentaje fue del 21 % que corresponde a restos alimenticios, esto lo indicó el Instituto Nacional de Estadística, INE en el 2009 (ver figura 4).

Dadas las características de humedad y la rápida biodegradabilidad, este tipo de residuos desprenden gases como el metano, involucrado en el cambio climático global, así como malos olores, atraen moscas, cucarachas, ratas y otras especies de fauna nociva transmisora de enfermedades, provocan la formación de lixiviados que arrastran contaminantes hacia los cuerpos de agua superficiales o se infiltran hacia los acuíferos, deteriorando las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano e irrigación de campos agrícolas, amenazando además los ecosistemas acuáticos.

Aunado a lo anterior, la mezcla de los residuos, orgánicos putrescibles y húmedos con el resto de los residuos, provoca su contaminación y dificulta la recuperación de los materiales valorizables contenidos en ellos, lo cual se lleva a cabo actualmente en muchos rellenos sanitarios y sitios no controlados de basura por grupos de personas que se dedican a la pepena y que trabajan en condiciones riesgosas e insalubres.

Lo paradójico es que los residuos de alimentos pueden ser empleados como fuente de alimento animal y junto con los residuos de jardinería pueden convertirse en mejoradores de suelo o se pueden emplear como fuente de biogas y utilizarse para generar electricidad, lo cual ya están haciendo los países más ricos del mundo como Estados Unidos y Japón.

Figura 4. **Composición de residuos y desechos orgánicos en Guatemala**



Fuente: INE. *Sección de estadísticas ambientales con información de diversas fuentes oficiales*. p. 18.

- Compostaje

Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos que generalmente representa el 40-60 % del volumen total. Consiste en la descomposición o fermentación natural de la porción orgánica de los residuos, es decir por la acción biológica de los microorganismos presentes, dando origen a un producto denominado composta: este es un producto orgánico estabilizado, cuyas propiedades la hacen particularmente útil como mejorador de la estructura y textura de los suelos y en menor grado como fertilizante vegetal.

Las primeras plantas de composta producida a partir de residuos sólidos datan de 1925 a 1930 en la India y Holanda. Los países que más usan esta tecnología actualmente son España, Francia y Suecia. En Guatemala se realiza esta técnica, según el Instituto Nacional de Estadística en el 2009 de un 100 % (144 830 toneladas) de residuos y desechos sólidos que ingresa al relleno sanitario de Bárcenas y Villa Nueva, el 1,4 % (2 038 toneladas) se recicla y el 10,1 % (14 672 toneladas) es de compostaje.

La aplicación de este proceso para el tratamiento de los residuos orgánicos ha sido muy utilizada en el mundo, se aplica principalmente a residuos fácilmente degradables como el estiércol y residuos vegetales; además se aplica a la fracción orgánica de los residuos de origen urbano. Las aplicaciones pueden ser tanto a escala doméstica como en el ámbito industrial a mediano y largo plazo.

Los diversos métodos de compostaje utilizados actualmente en varios países, generan un porcentaje en peso de composta orgánica que varía entre

35 y 45 % de los residuos totales iniciales. Los materiales orgánicos que no se aprovechan o no se descomponen fácilmente son: trapo, cartón y papel. Estos residuos urbanos deben ser tratados en forma diferente, de preferencia mediante el reciclaje (recuperación directa).

Estos factores son los que determinan la composición correcta del material de compostaje así como su calidad.

Temperatura: una considerable cantidad de calor se genera en la fermentación aeróbica de los residuos y es retenida por una propiedad aislante, consecuentemente hay un aumento apreciable de la temperatura en la masa orgánica. Generalmente en las primeras 24 horas de digestión se alcanzan temperaturas entre 45 y 50 °C, Lo que representa el límite superior para los organismos menos finos y una temperatura de 60 a 70 °C, se obtiene después de dos a cinco días. La declinación final de la temperatura es lenta e indica que el material ha sido digerido. Una caída de la temperatura antes de la estabilización de la materia orgánica puede reflejar que empieza la evolución hacia una digestión anaerobia.

Las temperaturas altas son necesarias para la destrucción de los organismos patógenos y las semillas de diversas plantas, con lo cual se obtiene una composta de mejor calidad. La temperatura óptima para la digestión aeróbica varía entre 50 a 70 %, siendo probablemente los 60 °C, la temperatura más satisfactoria.

No es conveniente sobrepasar los 70 °C por un período prolongado, debido a que se reduce el número de organismos termófilos que activamente actúan en el proceso de descomposición.

- **Humedad:** es uno de los factores más importantes en el proceso de digestión, ya que si es muy baja, los microorganismos no se desarrollan y si es excesiva, el agua desplaza el aire al llenar los intersticios, presentándose circunstancias propicias para el desarrollo de condiciones anaerobias. Las investigaciones científicas han concluido que el rango de humedad más favorable es de 40 a 55 % para lograr condiciones aeróbicas. Sin embargo, si los materiales a digerir contienen una cantidad importante de paja y materiales fibrosos resistentes, el contenido de humedad puede ser mayor, llegando a soportar hasta un 70 a 75 % sin afectar el proceso de descomposición aeróbica.
- **Aireación:** la aireación es básica para la descomposición termofílica de los residuos, con el propósito de lograr una rápida transformación sin malos olores. Se han desarrollado varias técnicas para airear los residuos en transformación, pero parece que el método más eficaz para el método de pilas, es el volteo periódico del material. En este proceso de volteo debe tenerse especial cuidado de que las capas exteriores pasen a ocupar el interior de la unidad siguiente, y para ello se utilizan equipos mecanizados. La frecuencia de la aireación o número total de vueltas de la pila de basura en transformación, depende principalmente del contenido de humedad y del tipo de material.

Uso de siembras o inoculación: ha sido ampliamente discutida la necesidad de usar inóculos o siembras, que contengan cepas bacterianas cultivadas en laboratorio para la descomposición de la materia orgánica y la fijación del nitrógeno. Se han empleado diversos inoculantes como son enzimas, hormonas, factores de activación, biocatalíticos, entre otros. Sin embargo, la mayor parte de los estudios coinciden que no son necesarios.

- pH: los estudios y experiencias indican que este factor no tiene gran influencia en el proceso. El pH inicial de materiales digeribles, basura, estiércol, entre otros, varía normalmente de 5 a 7, a menos que contengan sustancias alcalinas en exceso.
- Condiciones climáticas: que influyen en el proceso de compostaje son: la temperatura, el viento y la lluvia, fundamentalmente cuando se realiza a la intemperie. El viento fuerte tiene doble efecto sobre el proceso; baja la temperatura y aumenta la evaporación, y consecuentemente el secado del material, en especial en el frente de la pila que azota el viento.

La lluvia no tiene un efecto importante en el proceso siempre y cuando las pilas o camellones sean redondeados para permitir que el agua escurra por la superficie y el terreno tenga un drenaje apropiado. Si las lluvias son muy densas acompañadas de fuertes vientos logran penetrar de 30 a 40 cm en el material, pero este efecto adverso se vence por medio de las vueltas sucesivas. Sin embargo, no se considera conveniente efectuar el volteo en un momento de lluvia por que el material se humedecerá demasiado y afectará la aireación.

2.4.3. Planta de tratamiento

En el marco socio cultural uno de los problemas más acuciantes que sufre hoy nuestro medio ambiente, resultado directo de la propia evolución de la actual sociedad de consumo, es la producción de residuos. Las actividades que el hombre realiza son de muy diversa índole y naturaleza, y en función de las mismas, se generan distintos tipos de residuos de diferente composición,

estado o peligrosidad. De acuerdo con estas características, el tratamiento, gestión y almacenamiento de los distintos residuos varían dando lugar a la necesidad de crear toda una serie de infraestructuras y mecanismos de gestión con el fin de evitar cualquier deterioro ambiental.

2.4.3.1. Tipos de plantas de tratamientos de desechos sólidos

Las plantas de tratamiento de residuos sólidos se dividen en dos grandes grupos de acuerdo con los tipos de instalaciones, estas son:

- Aquellas que han de situarse en lugares muy especiales que cumplan determinadas condiciones de impermeabilidad del sustrato y que se encuentren lejos de cualquier lugar habitado por el hombre: vertederos de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y depósitos de seguridad para Residuos Tóxicos y Peligrosos (RTP).
- Instalaciones que, aunque molestas y peligrosas en alguna medida, no necesiten condiciones especiales de impermeabilidad ni de distancia a los lugares habitados, de hecho podrían situarse en polígonos industriales. En este grupo consideramos a las estaciones de transferencia de RSU y las plantas de tratamiento fisicoquímico o de tratamiento biológico de RTP. Más aún, las dos últimas necesidades disponen en las proximidades de una depuradora de aguas que reciba sus emisiones líquidas para ser tratadas y vertidas, finalmente, a un río, lo que quiere decir que, en estos dos casos, la distancia a los ríos supone un factor de localización añadido.

2.5. Diseño del sistema propuesto para la disposición de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

Para sistematizar la recolección de desechos sólidos, se debe contar con un diseño que permita optimizar el trabajo y con esto garantiza la eficacia del proceso.

2.5.1. Análisis de los desechos sólidos

Es necesario realizar el análisis a los desechos sólidos, debido a que con estos se determinan los sistemas de recolección y tratamiento adecuado a utilizar, así también, permite clasificar de mejor manera los desechos.

2.5.1.1. Caracterización de los desechos sólidos

Los desechos son el producto de la relación del hombre con el ambiente, por lo que su definición se concreta en todo material descartado por la acción humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable.

El manejo indiscriminado de los desechos sólidos se basa en la oferta de los servicios de recolección y transporte de los mismos, desde la fuente de generación hacia un sitio de disposición final. Estos servicios se caracterizan por ser deficitarias en cuanto a cobertura irregular y cumplimiento. La fase de disposición y tratamiento final se caracteriza por la ausencia de criterios técnicos mínimos como la impermeabilización de los suelos y vertido controlado de los desechos.

Dentro de este marco existen en la región tres modelos de gestión de los servicios de recolección, transporte, tratamiento y disposición final. El modelo predominante es el municipal, son estas entidades las encargadas de controlar y operar dichos servicios, con el apoyo de la entidad Mancuerna, como ocurre en algunas cabeceras municipales de San Marcos, que se caracteriza por ser deficientes e irregulares en su cobertura, aproximadamente un 60 % de la población a servir.

2.5.1.2. Producción percapita (P.P.C)

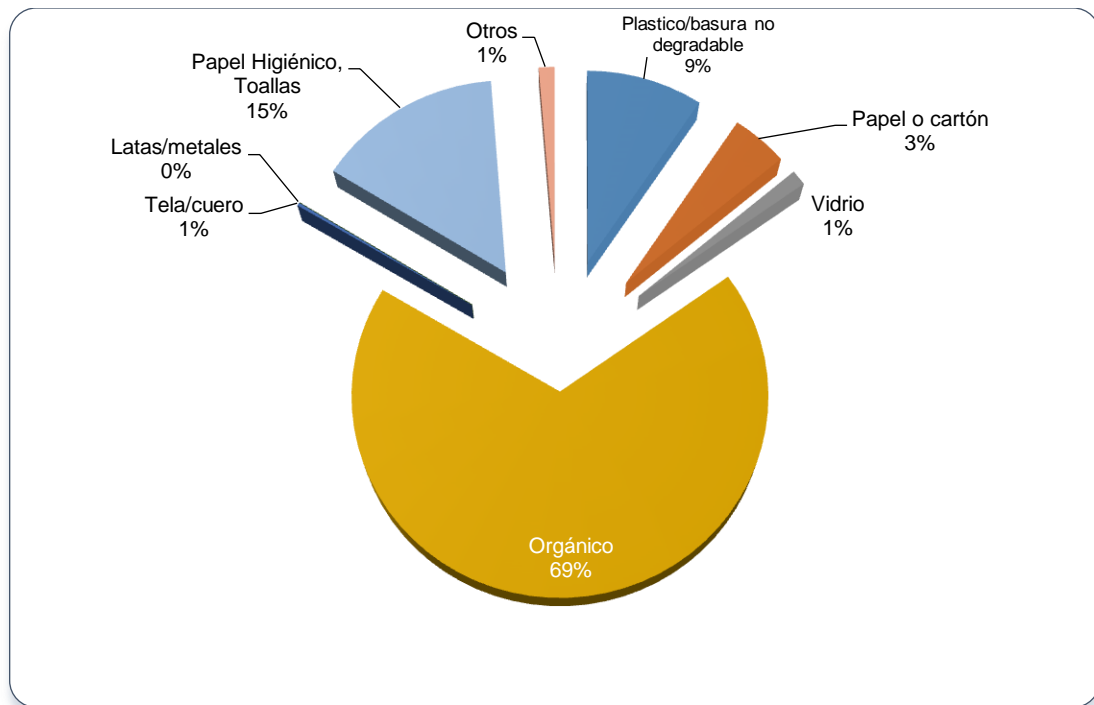
La metodología utilizada fue a través de un muestreo de basura en las viviendas de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, se definieron 3 estratos socioeconómicos, por las características de viviendas, el nivel educativo, facilidad de transporte, posesiones, trabajo asalariado. El procedimiento fue clasificar en:

- Lata, metal
- Telas, cuero
- Papel higiénico, toallas
- Platico o material no degradable
- Papel, cartón
- Vidrio
- Vidrios
- Orgánico
- Otros

Luego de la recolección se realiza el peso en libras y onzas, los datos son recopilados cuantitativa y cualitativamente.

De acuerdo a la metodología empleada para el muestreo de la producción de basura de las viviendas de Esquipulas Palo Gordo, en 345 viviendas se implementó la recolección experimental, quienes produjeron en total 29,4 metros cúbicos en 10 días.

Figura 5. **Distribución porcentual de 9 tipos de basura, muestreados en 345 viviendas**



Fuente: elaboración propia.

Según la figura 4 el papel higiénico y toallas, ocupan un 15 % del peso total de la basura de las casas muestreadas. Restos de orgánico contienen una cantidad alta en la misma con un 69 %, en cuanto a vidrio y metales, son los porcentajes más bajos.

2.5.1.3. Peso específico

Es una característica necesaria para la gestión adecuada de residuos sólidos. Esta característica determina los sistemas de prerecepción, recepción y de tratamiento.

En la tabla IX se muestran los rangos y valores típicos de peso específico de cada una de las fracciones de los residuos sólidos urbanos.

Tabla IX. **Peso específico de los residuos sólidos urbanos**

Componente	Variación Kg/m³	Típico en kg/m³
En hogares	131 – 481	291
En mercados	475 - 950	540
Residuos de jardinería	59 – 225	101
Madera	131 - 320	237
Papel y cartón	42 – 131	50
Plásticos	42 – 131	65
Textiles	42 – 101	65
Vidrio	160 – 481	196
Latas de hojalata	50 – 160	89
Otros metales	65 – 1151	280

Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 22.

2.5.1.4. Humedad

La humedad se puede clasificar por tipos de basura, el diferente porcentaje de humedad en cada una de ellas:

- Tipo I. Contenido de humedad 25 %: basura combustible, cartón, viruta de madera aserrín y barridos domésticos, comerciales e industriales.
- Tipo II. Contenido de humedad 50 %: basura residencial, departamental, clínicas, entre otros.
- Tipo III. Contenido de humedad 70 %: desperdicios de animales y vegetales de restaurantes, hoteles, mercados, supermercados, cafeterías, hospitales y clubes.
- Tipo IV. Contenido de humedad 100 %: partes humanas y animales, huesos, amputaciones, desechos de laboratorios y hospitales.

Se sabe que en el caso del municipio de Esquipulas Palo Gordo, los parámetros son próximos, la bibliografía se toma como referencia según la tabla IX, se tienen variaciones de humedad dependiendo la fecha en que se recolectan.

2.5.2. Diseño del sistema de recolección y transporte de los desechos sólidos

Para llevar un control y minimizar errores durante la recolección y transporte de los desechos sólidos, es importante contar con un diseño que permita que los procesos sean sistematizados y eficaces. Asimismo se tendrá una supervisión constante de rutas, tiempos y volumen recolectado.

2.5.2.1. Cobertura del servicio

Se pretende que el sistema de recolección de desechos sólidos de Esquipulas Palo Gordo, cubra en lo posible a todo el casco urbano y las cinco comunidades que serán beneficiadas con el servicio, siempre y cuando sea accesible al sector y que la producción de desechos amerite la recolección de la misma, ya que en varios sectores la basura se deposita en los basureros municipales o bien la queman sobre todo la que está compuesta por plásticos, papel, entre otros.

2.5.2.2. Instituciones a encargarse de la recolección

Este es un punto importante para el buen desempeño de la recolección de residuos, que debe de tomar la municipalidad, de acuerdo a sus políticas y plan de trabajo. Se debe de evaluar con las ventajas y desventajas de cada una de las instituciones para que esta decisión sea la mejor.

El vínculo entre Mancuerna y la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, permitió formar una alianza estratégica para que esta, quien sea la encargada del manejo integral de residuos sólidos, desde la recolección hasta la disposición final, cumpliendo con los ejes que el proceso requiera, por lo que institucionalmente es Mancuerna, el único ente regulador de tratamiento de los residuos.

2.5.2.3. Desechos a recolectar

El municipio de Esquipulas Palo Gordo, no cuenta con un sistema de recolección de residuos sólidos y de igual manera está limitado a un

tratamiento, el objetivo es cubrir un 90 % del servicio, la propuesta es hacer una recolección clasificada de basura, por lo que se proponen los siguientes tipos de desechos sólidos a recoger:

- Residuos domésticos y comerciales consiste en la recolección efectiva de las viviendas y comercios. Se pueden dividir en dos partes orgánicas e inorgánicas. La fracción orgánica está compuesta por residuos de alimentos, todo tipo de papel, textiles, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está cubierta por cerámica, vidrio, latas, metales y plásticos.
- Residuos institucionales, consiste en la recolección de centros educativos, administrativos, estaciones policiales y de carácter público., excluyendo los residuos producto de la industria agrícola y de las fábricas industriales.
- Residuos de servicios municipales, consisten en la recolección, producto de las actividades propias de las instituciones, actividades como la recolección de residuos en calles y residuos de jardinería.

2.5.2.4. Puntos de recolección

La recolección de desechos domiciliarios se deberá realizar en la acera de cada vivienda, lo mismo para todos los establecimientos públicos y municipales, ya que los recipientes de estos son fijos para cada edificación.

Son lugares establecidos para colocar la basura siendo de gran influencia en el buen proceso de recolección. Como el proceso es recoger desechos

previamente seleccionados, es importante que los residuos domésticos estén fuera del alcance de animales para evitar derramamientos.

2.5.2.5. Frecuencia de recolección

El sistema de recolección será una vez por semana, la cantidad de usuarios del sistema y la cantidad de residuos que son depositados y puedan ser tratados adecuadamente, y no se generen o produzcan vectores como moscas o roedores.

2.5.2.6. Horario de recolección

Para establecer el horario de recolección se determina el sector y la afluencia vehicular, para evitar molestias a los usuarios y tránsito lento, el recorrido de ruta se realizará en el horario de 6:00 a 9:00 horas am.

2.5.2.7. Tamaño de cuadrilla

Estará conformado por cuatro personas; piloto del camión, dos personas que recolectarán los residuos y uno que ira en el camión, clasificando los residuos orgánicos e inorgánicos. Los recursos humanos a realizar el trabajo por unidad de transporte depende mucho del sector y el tipo de residuos a recoger.

Es importante que a todo el personal se proporcione capacitación, en donde se les explique los parámetros, normas de recolección y las medidas de seguridad, que se deberán de tomar dependiendo del tipo de desechos.

2.5.2.8. Equipo para trabajadores

El contar con un equipo de seguridad para los trabajadores, es indispensable para evitar cualquier tipo de accidente en el área de trabajo, tanto de recolección, traslado y disposición final. En la tabla X se presenta el equipo de trabajo y las especificaciones:

Tabla X. **Equipo para trabajadores**

Guantes de PVC	Especialmente en los trabajos donde se tiene un contacto con los desechos causantes de cortes, abrasivos, químicos, entre otros.	Los guantes deben ser de protección mecánica, la mayoría de estos son de cuero o PVC.
Casco seguridad	Sera vital el uso de este cuando el elemento esté expuesto a golpes en la cabeza, sea por condiciones de la zona de trabajo o en zonas industriales.	Se recomienda el uso cuando la zona lo exija.
Chaleco reflectante	El trabajo de recolección es en vía pública por lo tanto es vital el uso del mismo, de igual manera cuando la calidad de luz no es buena.	Se recomienda que se use en el horario laboral de forma obligatoria.
Camisa	Para la recolección.	Es necesaria que esta sea manga larga.
Pantalón	Para la recolección.	Importante que sea de lona.
Protector facial	Donde se esté expuesto a la proyección de partículas, salpicaduras u objetos.	Especialmente indicado para el trabajo de mantenimiento o labores especiales de terreno.

Fuente: elaboración propia, con base en el manual de medidas de seguridad industrial.

2.5.2.9. Tipo, tamaño y unidades a utilizar

La municipalidad de Esquipulas Palo Gordo cuenta con una unidad móvil la cual se utiliza actualmente para el transporte de residuos domiciliars, mercado y calles. Como se está proyectando que el servicio sea proporcionado por Mancuerna con intervención municipal, deberán tener compartimientos según producción percapita, los cuales se darán abasto a la cantidad de residuos recolectados. Esquipulas Palo Gordo iniciará con la clasificación en dos grupos, orgánica e inorgánica, siendo distribuido de la misma forma el camión recolector.

Figura 6. Camión separativo y recolector de residuos sólidos



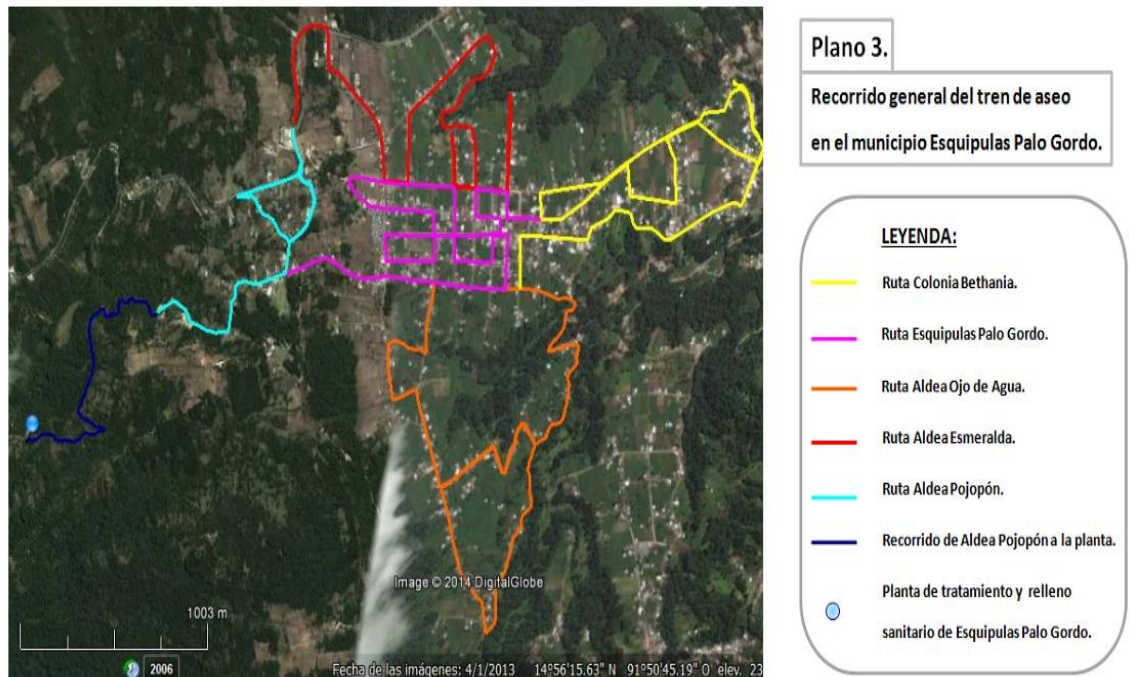
Fuente: Municipalidad de Esquipulas.

2.5.2.10. Recorrido

Según la sectorización realizada en el punto 2.3.5.3, el recorrido se respetará según lo propuesto. Para que los recorridos sean eficientes, es importante cumplir con lo siguiente:

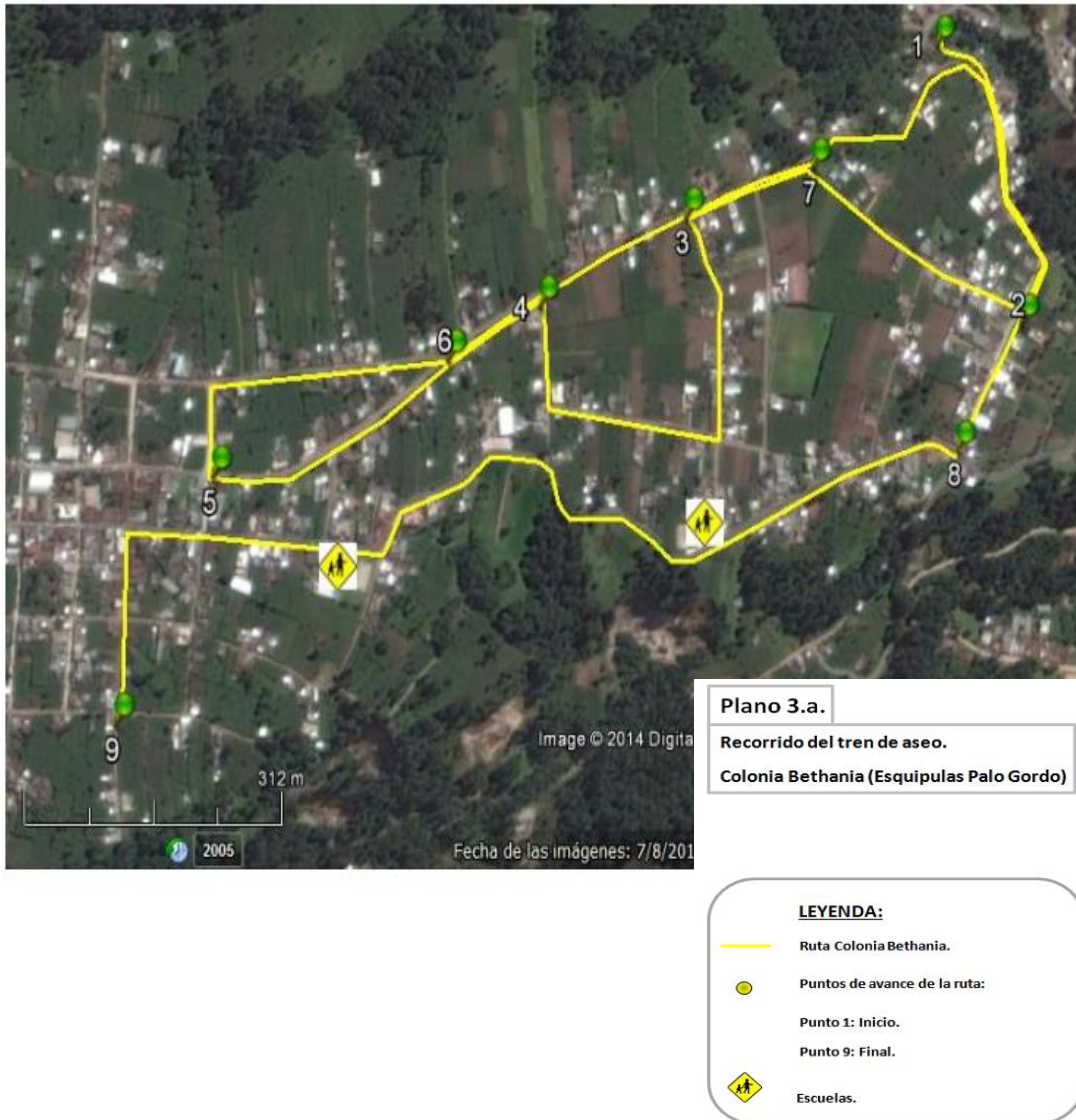
- Evitar que un recorrido se repita en diferente sectorización o una intervención entre sectorizaciones.
- Evitar los horarios donde el flujo vehicular es grande.
- Las calles cuyas pendientes sean muy pronunciadas, inicia el recorrido aguas abajo, realizando la recolección en ambos lados de las vías.

Figura 7. Ruta general del municipio



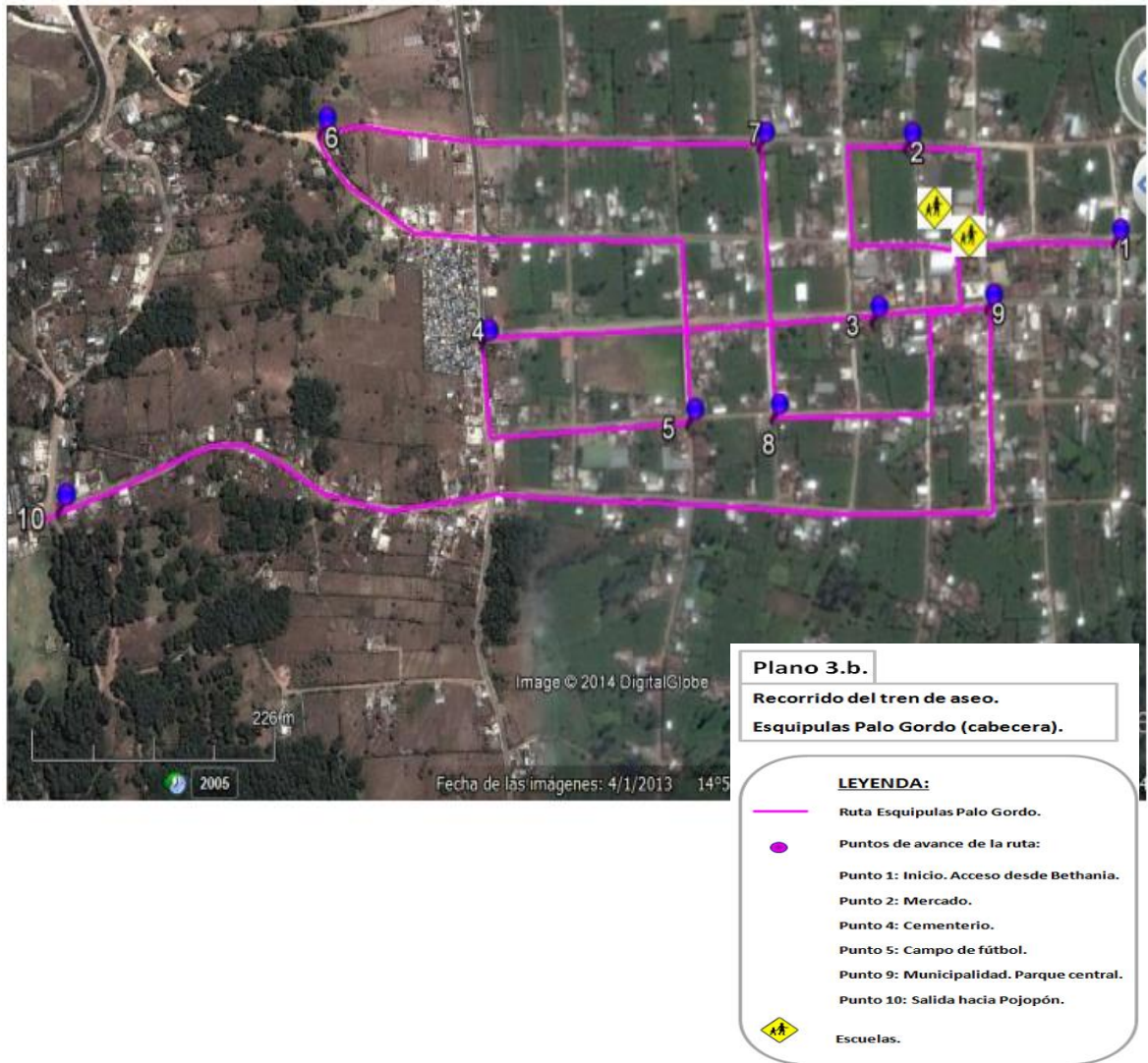
Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 16.

Figura 8. Ruta colonia Bethania (Esquipulas Palo Gordo)



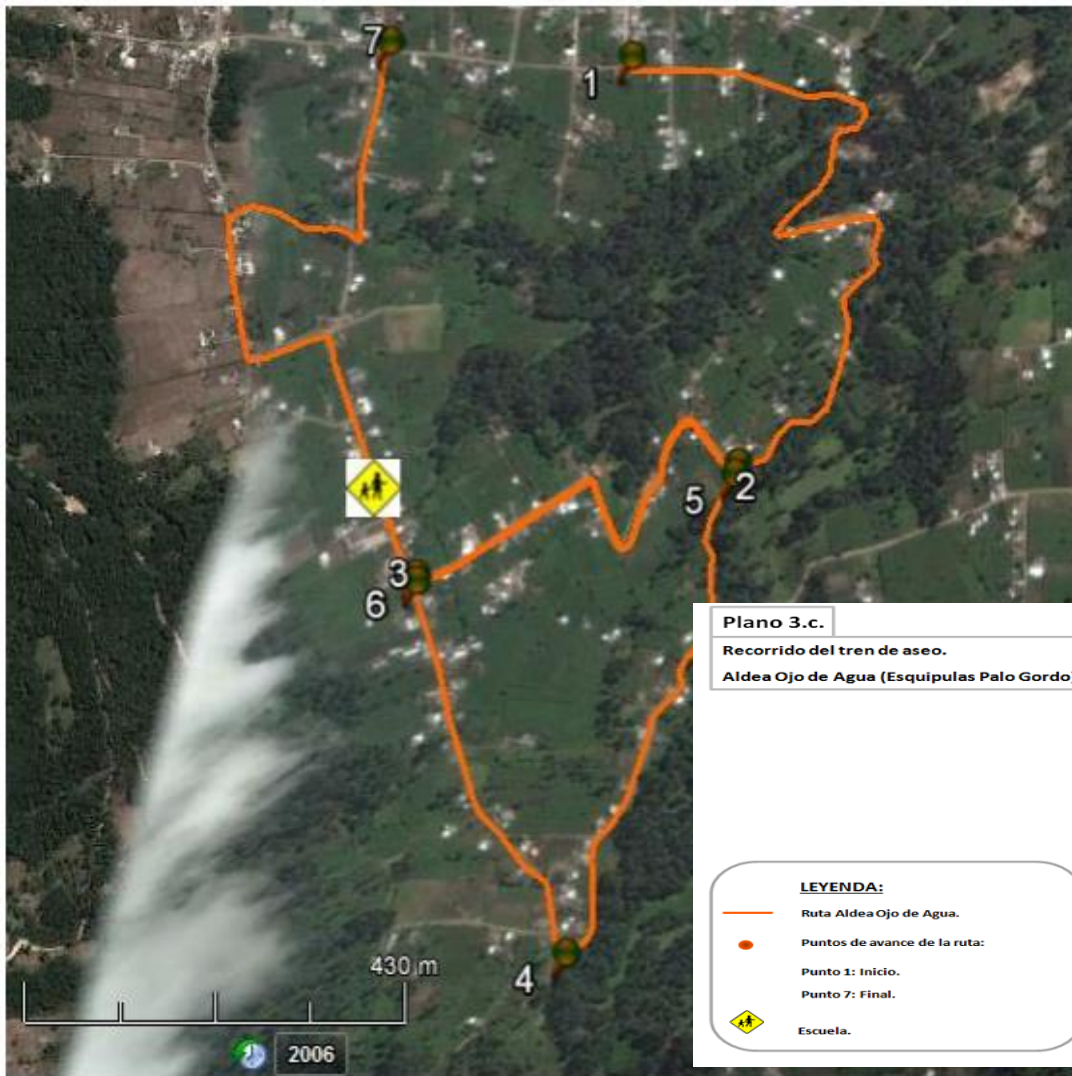
Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 17.

Figura 9. Ruta Esquipulas Palo Gordo (cabecera)



Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 16.

Figura 10. Ruta cantón Ojo de Agua



Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 18.

Figura 11. Ruta aldea Esmeralda



Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 19.

Figura 12. Ruta aldea Pojopón



Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 19.

2.5.2.11. Recolección en los mercados

La recolección se realizará una vez por semana, los residuos se depositarán en el hogar en dos contenedores según clasificación, se acumularán durante la semana, el día de recolección se abren las compuertas para disponer de los mismos y ser transportados a la planta de tratamiento.

2.5.2.12. Limpieza de calles y parque

La limpieza de calles y parque le corresponde a la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, depositando los residuos en los contenedores de parques y puntos estratégicos para ser trasladados el día de recolección.

2.5.2.13. Recolección en las instituciones

Todas las instituciones debe tener los recipientes de clasificación de residuos, los cuales semanalmente se realizará la recolección, los encargados de dichas instituciones deberán tener mucho control en el manejo y resguardo de los mismos.

2.5.3. Disposición final de los desechos sólidos

2.5.3.1. Ubicación ideal del lugar para la planta de tratamiento

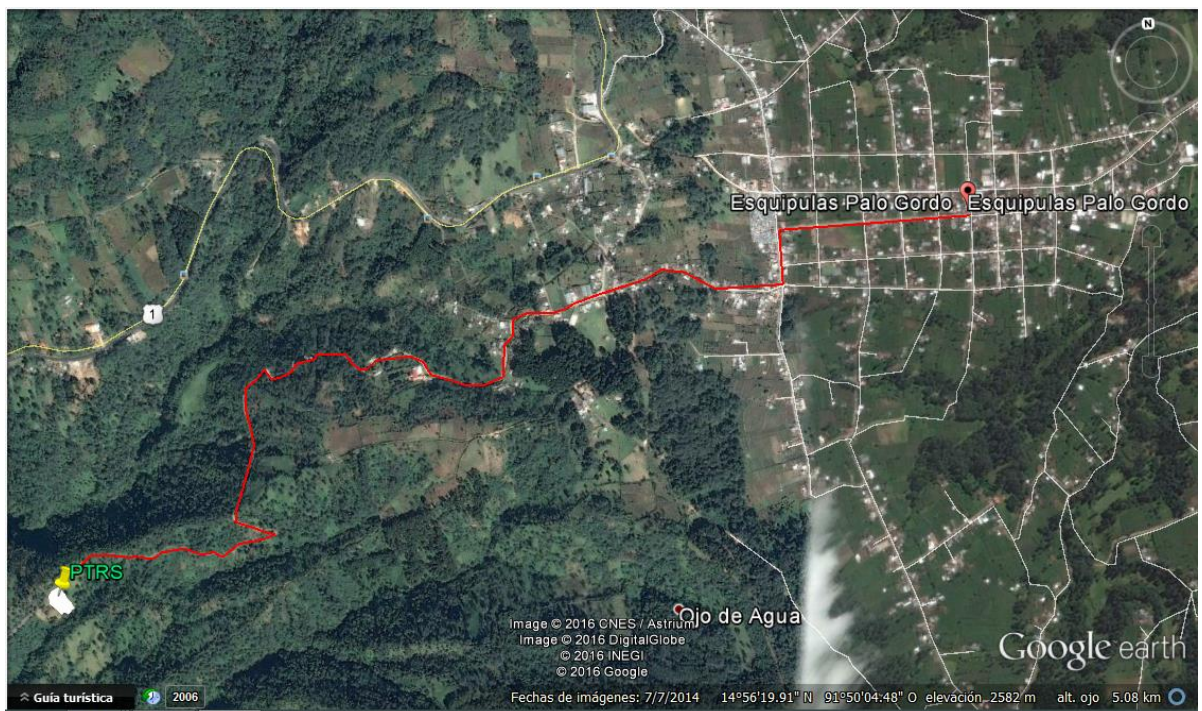
La ubicación del terreno juega un papel muy importante en la explotación del sistema, por cuanto la distancia y aún más, el tiempo al centro urbano, repercuten en el costo del transporte de los desechos sólidos.

Por tanto se recomienda que la ubicación del terreno en donde se construya la planta, no esté a más de 30 minutos del inicio. Además, se tendrá una reducción en costos y una mejor supervisión y vigilancia.

El terreno que está a disposición para la planta de tratamientos de residuos sólidos se encuentra ubicada en la aldea Pojopón del municipio de Esquipulas Palo Gordo.

El área a intervenir se encuentra ubicada a 2,35 kilómetros del municipio de Esquipulas Palo Gordo.

Figura 13. **Ubicación de planta de tratamiento**



Fuente: elaboración propia.

2.5.3.2. Diseño de la planta de tratamiento

Realizar la recolección con los componentes reciclables separados, beneficia la disposición final, ya que la hace más eficiente, el diseño de la planta de tratamiento se divide en diferentes puntos, dependiendo de las áreas en las cuales se trabajarán dentro de la misma, en este caso el tipo de planta de tratamiento será de tipo recuperación y tratamiento.

Está conformada por las zonas de separación de desechos orgánicos e inorgánicos, así como la elaboración de compost. También funcionará una zona de prensado y almacenamiento de material inorgánico reciclable.

- Selección de cubierta

Para este proyecto se seleccionó una cubierta de estructura metálica y cubierta con lámina galvanizada, ya que es resistente a los factores climáticos y de un material de fácil instalación y de bajo costo económico.

La lámina a utilizar será de 10 pies de largo y 3 pies de ancho, con un peso de 1,32 lb / pie². Para la modulación de costaneras la separación será tomada un valor de 1,20 m el tipo de lámina será galvanizada calibre 26.

Costanera tipo c

Las cargas que soportará la costanera serán las siguientes:

Tabla XI. **Carga unificadas**

<i>Tipo de carga</i>	<i>Lb / pie²</i>
<i>carga muerta</i>	1,32
<i>carga viva</i>	8
<i>peso total</i>	9,32

Fuente: elaboración propia

Para realizar el análisis de la costanera, se tomará como base la tabla XII.

Tabla XII. **Propiedades de las costaneras**

TABLA PARA COSTANERAS								
A Plg	B Plg	C Plg	t Plg	Área Plg ²	I_x Plg ⁴	I_y Plg ⁴	S_x Plg ³	S_y Plg ³
4	2	½	1/16	0.44	1.79	11.72	0.51	0.00
5	2	½	1/16	0.50	2.67	15.68	0.67	0.01
6	2	½	1/16	0.56	3.80	19.99	0.84	0.01
7	2	½	1/16	0.63	5.21	24.63	1.04	0.01
8	2	½	1/16	0.69	6.93	29.62	1.26	0.01
9	2	½	1/16	0.75	9.00	35.22	1.50	0.01
10	2	½	1/16	0.81	11.44	40.94	1.76	0.01

Fuente: Manual de Productos de Aceros de Guatemala.

Donde

C = peralte de la costanera en pulgadas

A = ancho de costanera en pulgadas

B = distancia del labio en pulgadas

t = espesor de costanera en pulgadas

Tabla XIII. **Registros de vientos promedios máximos para Guatemala**

ZONA	MÁXIMAS RÁFAGAS	PROMEDIO ANUAL Km./h
NORTE	31 n/h - 57 Km./h	9.70
CAPITAL	32 n/h - 59.31 Km./h	9.10
SUR	35 n/h - 64.87 Km./h	17.40
ORIENTE	29 n/h - 53.75 Km./h	10.20
OCCIDENTE	31 n/h - 57.46 Km./h	19.00
Donde n/h = Nudos/Hora Conversiones: 1 nudo = 1.152 millas Km./h = Kilómetros/Hora 1 mi = 1.609 Km.		

Fuente: Insivumeh. *Vientos promedio en Guatemala*. p. 18.

Para realizar el análisis de viento, se tomaron los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología (Insivumeh), donde dice que para la zona occidente del país. La velocidad estimada para la región de trabajo es: 19,39 m/s.

Para obtener la carga por viento, se utiliza la siguiente ecuación:

$$q_v = \frac{2,558 \times 10^{-3} * v_e^2}{25}$$

$$q_v = \frac{2,558 \times 10^{-3} * 33,40^2}{25}$$

$$q_v = 0,11$$

La separación entre costaneras será de 1,20 m.

La pendiente será de 25 %

- Flexión

La flexión en las costaneras es notoria cuando se aplica una carga y el eje neutro se deforma hasta adquirir una forma curva, la fórmula para determinar la flexión es:

$$S_x = \frac{M}{f}$$

Dónde

S_x = módulo de sección en plg^3 de la costanera

M = momento generado por la carga en lb-pie

$$M = 9,36 \times 25^2 / 8 = 731,25 \text{ lb/ pie}$$

$$S_x = (731,25 \times 12) / (0,6 \times 36\ 000) = 0,4062 \text{ plg}^3$$

- Corte

Datos tomados de la tesis del Ingeniero Iván Alejandro Cotí Díaz. P. 12, describe que existe la condición de que el cortante promedio, no debe exceder a 14 500 lb / plg^2 para acero A36. Entonces se tiene de la ecuación:

$$R_1 = R_2 = R = WL/2$$

- Cálculo

Se tomó la carga que ejerce la lámina a la costanera, quedando de la siguiente manera:

$$R = 1,32 \times 25 / 2 = 16,5 \text{ lb}$$

$A = 4" \times 2" \times 1/16" = 0,4375 \text{ plg}^2$ (área de sección que en donde se aplica la fuerza)

$F = R/A = 16,5/0,4375 = 37,71 \text{ lb/plg}^2 < 14\ 500 \text{ lb/plg}^2$. Chequea con la condición inicial.

- Deflexión

El chequeo se realiza al comparar los valores de la deflexión real contra la deflexión permisible, en donde debe ser menor la deflexión real, se obtiene por medio de las siguientes ecuaciones:

$$D_r = \frac{5}{384} \left(\frac{WL^3}{EI} \right) (\text{deflexión real})$$

Donde

D_r = deflexión real

W = carga uniforme sobre la costanera en lb/pie.

L = longitud de la costanera en pie (6m = 20 pie)

E = módulo de elasticidad de acero

I = inercia de la costanera de 7" ($5,21 \text{ plg}^4$)

De la ecuación:

$$D_p = L / 360 \text{ (deflexión permisible)}$$

Donde

D_p = deflexión permisible en plg.

L = longitud de la costanera en pie (6 m = 20 pie).

- deflexión permisible:

$$D_p = 25 \times 12 / 360 = 0,83 \text{ plg}$$

- deflexión real:

$$D_r = \frac{5WL^2}{384 EI}$$

$$D_r = \frac{5}{384} \left(\frac{(1,32 \times 12)(25 \times 12)^3}{(29 \times 10^6)(5,21)} \right) = 0,036 \text{ plg.}$$

Los chequeos correspondientes a la costanera son satisfactorios, no habiendo problema en utilizar el elemento con las siguientes medidas:

$$A = 7", B = 2", C = 1/2", t = 1/16"$$

- Diseño de marcos

Las ecuaciones en las cuales se basó el diseño son las establecidas por AISC, con las que se puede estimar los valores H y calcular por estática los momentos aproximados, en varios puntos del marco.

- Determinación de datos

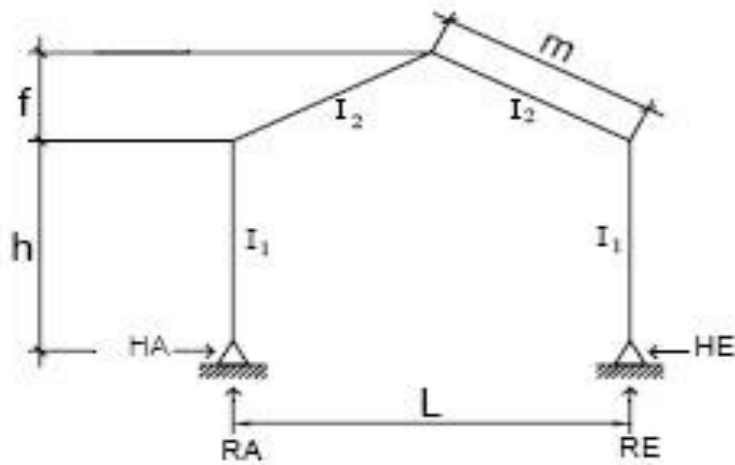
Para el inicio del análisis se deben encontrar los siguientes datos:

- Luz del marco (L)
- Longitud de la nave (L_n)
- Espaciamiento entre marcos (E)
- Altura columna-rodilla (h)
- Altura de rodilla-cumbrera (f)
- Pendiente a partir de la horizontal (%)
- Longitud de la viga (m)
- Altura total (h + f) (H_t)

- Análisis de carga

Este procedimiento consiste en estudiar cada una de las fuerzas a la que está sometida la estructura en un área determinada, transformándose en cargas distribuidas uniformemente (lb / pie). Si es el caso de una carga puntual, será entonces en libras fuerza únicamente.

Figura 14. Esquema de marco rígido



Fuente: CABRERA, Walter José. *Basado en la American Institute of Steel Construction (AISC)*.
p. 48.

- Selección de los casos

En la figura 13 se muestran los distintos tipos de casos para realizar el análisis, sin embargo, para este estudio se utilizarán solamente los casos I, IV-A y VI.

- Combinación de cargas

Los datos se agrupan en una tabla resumen, luego se eligen los valores críticos, con base a estos se diseña el marco estructural.

- Diseño para marcos

El diseño se realizará con las verificaciones que sugiere el código AISC.

- Datos iniciales

Tabla XIV. **Descripción de los datos iniciales**

Descripción de los datos iniciales	Metros	Pies
Luz de marco (L)	25	82
Longitud de nave (Ln)	25	82
Espaciamiento entre marcos (E)	6	19,68
Altura de la columna-rodilla (h)	5,19	17,0232
Distancia entre rodilla cumbrera (f)	2,4	7,872
Distancia viga inclinada (m)	25,43	83,4104
Altura total suelo cumbrera (h+f) (Ht)	7,59	24,8952
Pendiente de cubierta (%)	25%	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Integración de cargas.

Carga muerta:

Estructura = 3,10 lb/pie²

Lámina = 1,32 lb/ pie²

Cargas = 4,60 lb/pie²

Carga Muerta total = 9,00 lb/ pie²

Wmuerta = 9,00 lb/ pie² x 19,68 pie = 177 lb / pie

Carga viva:

Viva = 8 lb/ pie²

Sobrecarga = (5 % Cv): 0,40 lb/ pie²

Carga viva = (Cv): 8,40 lb/ pie²

Wviva = 8,40 lb/ pie² x 19,68 pie = 165,31 lb/ pie

Carga última:

W = 1,4 cm + 1,7 cv

W = 1,4 (9,00) + 1,7 (8,40), W = 26,88lb/ pie²

Wu = 26,88 lb/ pie² x 19,68 pie = 529,00 lb/ pie

Carga de viento:

Viento máximo = 53,75 km / h

Carga = 2,83 lb/ pie²

Carga viento (Ww) = 2,83 lb/ pie²

Ww = 2,83 lb/ pie² x 19,68

pie = 55,69 lb/ pie

Carga de sismo:

Csismo = 25% (Cv) + Cm;

Csismo = 0,25 (8,40) + 9,00;

Csismo = 11,10 lb/ pie²

Wsismo = 11,10 lb/ pie² x 19,68

pie = 218,45 lb / pie

Se tomará el más crítico entre sismo y viento por lo tanto en este caso se utilizará la carga de sismo.

Simbología, condiciones y factores importantes

$$\text{Rigidez} = K_{\text{col}} = K_{\text{viga}} = K = \frac{L_2 h}{L_1 m}$$

Se supone que $L_1 = L_2$ y $E_1 = E_2$

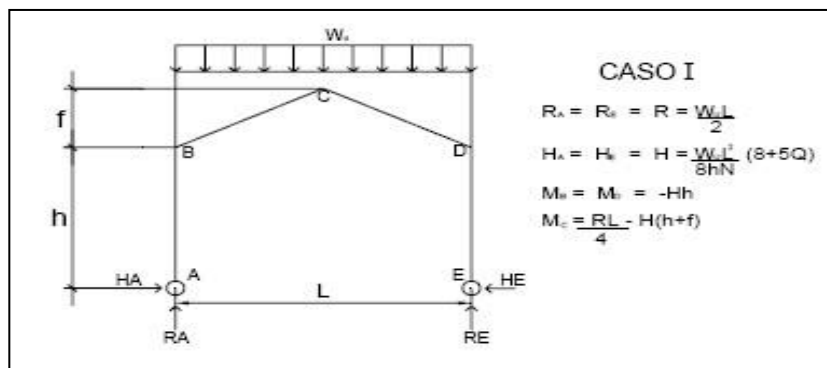
Se tienen los siguientes factores:

$$K = \frac{h}{m} = \frac{17,02}{83,41} = 0,20$$

$$Q = \frac{f}{h} = \frac{7,872}{17,02} = 0,46$$

$$N = 4 (Q^2 + 3Q + k + 3) = 4(0,46^2 + 3 \cdot 0,46 + 0,20 + 3) = 19,26$$

Figura 15. **Caso I**



Fuente: CABRERA, Walter José. *Basado en la American Institute of Steel Construction (AISC).*

Usando los datos de la tabla XII, se calculan las siguientes ecuaciones:

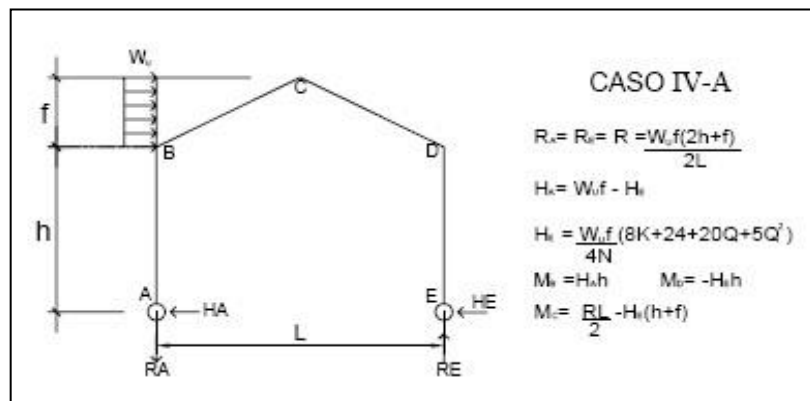
$$R_a = R_e = R = \frac{W_u L}{2} = \frac{532,54 \cdot 82}{2} = 21,83 \text{ kip}$$

$$H_a = H_e = H = \frac{W_u L^2}{8hN} (8 + 5Q) = \frac{(532,54)(82)^2}{8(17,02)(19,26)} (8 + 5 \cdot 0,46) = 14,06 \text{ Kip}$$

$$M_b = M_d = -Hh = - (14,06)(17,02) = -239,37 \text{ Kip - pie}$$

$$M_c = \frac{RL}{4} - H(h + f) = \frac{21,83 \cdot 82}{4} - 14,06(17,02 + 7,87) = 97,56 \text{ Kip - pie}$$

Figura 16. **Caso IV-A**



Fuente: CABRERA, Walter José. *Basado en la American Institute of Steel Construction (AISC).*
p. 48.

Usando los datos de la tabla XVII se calculan las siguientes ecuaciones:

$$R_a = R_e = R = \frac{W_u f (2h + f)}{2L} = \frac{(55,59)(7,87)(2(17,02) + 7,87)}{2(82)} = 0,11 \text{ kip}$$

$$H_e = \frac{W_u f}{4N} (8k + 24 + 20Q + 5Q^2) = \frac{55,59 \cdot 7,89}{4(19,26)} (8(0,20) + 24 + 20(0,46) + 5(0,46)^2) = 0,20 \text{ Kip}$$

$$H_a = W_{uf} - H_e = (55,59)(7,87) - (203,63) = 0,23 \text{ kip}$$

$$M_b = H_a \cdot h = (0,23) (17,02) = 3,91 \text{ kip - pie}$$

$$M_d = -H_b \cdot h = (0,20) (17,02) = - 3,404 \text{ kip - pie}$$

$$M_c = RL/2 - H_e (h+f) = (0,11)(82)/2 - (0,20)(17,02+7,87) = - 0,47 \text{ kip - pie}$$

Caso IV

Condición solo si b menor o igual que h.

Donde

b = posición en pies de la carga, a partir del punto A.

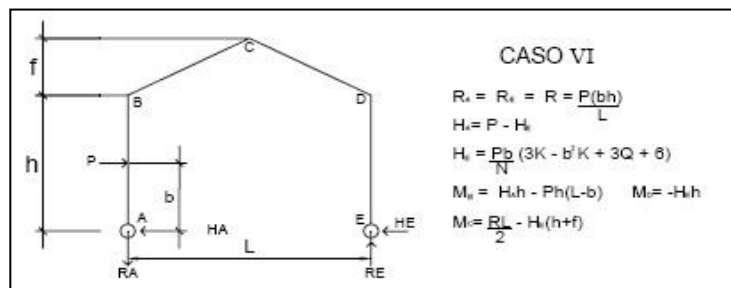
P = área x

$$W = (ExL)(27,06 \text{ lb / pie}^2) = (19,68 \times 82 \times 27,06) 43,67 \text{ kip}$$

Y como b no debe exceder de h, se tiene:

$b = [0 - 1] \Rightarrow$ se toma un valor de 0,75, ya que cabe mencionar que 1 es un valor muy crítico.

Figura 17. **Caso IV**



Fuente: CABRERA, Walter José. *Basado en la American Institute of Steel Construction (AISC).*

Usando los datos de la tabla XII, se calculan las siguientes ecuaciones:

$$R_a = R_e = R = \frac{P(bh)}{L} = \frac{(27,95)(0,75 \cdot 17,02)}{82} = 4,35 \text{ kips}$$

$$H_e = \frac{pb}{N} (3k - b^2k + 3Q + 6) = \frac{27,98 \cdot 0,75}{19,26} (3 \cdot 0,20 - 0,75^2 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,46 + 6) = 8,56 \text{ kip}$$

$$H_a = P - H_e = (27,95) - (8,56) = 19,39 \text{ kip}$$

$$M_b = H_a \cdot h - P \cdot h(L - b) = 19,39 \cdot 17,02 - 27,97 \cdot 17,02(82 - 0,75) = -38,45 \text{ kip}$$

$$M_d = -H_e h = -8,56 \cdot 17,02 = -145,69 \text{ kip}$$

$$M_c = RL/2 - H_e (h+f) = 4,35 \cdot 82 / 2 - (8,56 (17,02 + 7,87)) = -34,70 \text{ kip}$$

Combinación de cargas

Tabla XV. **Combinación de cargas**

COMBINACIÓN DE CARGAS EN KIP				
Localización	CASO I	CASO IV-A	VASO VI	CARGAS MAX.
Ra	21,83	0,11	4,35	21,83
Re	21,83	0,11	4,35	21,83
Ha	14,06	0,23	19,39	19,39
He	14,06	0,2	8,56	14,06
Mb	-239,37	2,91	-38,45	239,37
Md	-239,37	-3,404	-145,69	-239,37
Mc	97,56	-0,47	-34,7	97,56

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Diseño de columna y espaciamiento de costaneras

Se usarán las ecuaciones estipuladas para cada caso, para el diseño de la columna del marco rígido, según las fórmulas AISC 1,5-1, 1,5-7 y 1,6-2.

La separación entre costaneras será de 3,94'.

Perfil propuesto

W24 x 94

Propiedades según AISC pp.1-30:

$$A = 27,7 \text{ pulg}^2$$

$$d/A_f = 3,07 \quad S_x = 221$$

$$R = 1,98$$

$$f_a = R_a/A = 21,83/27,7 = 0,78 \text{ ksi}$$

$$K \times L_c / r = (1) (12) (12,49)/1,98 = 78,70$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{78,70^2}{2(126,1)^2}\right] \times 36}{\frac{5}{3} + \frac{3(78,70)}{8(126,1)} - \frac{78,70}{8(126,1)^3}} = 7,79 \text{ ksi (fuerza actuante)}$$

$$f_a/F_a = 0,78/7,79 = 0,10 < 0,15, \text{ usar ecuación del AISC 1,6-2}$$

$$f_b = 12 \times 19,39 \times 12,49 / 221 = 13,15$$

$$fb = \frac{(12 \times 10^3)(1)}{12 \times 12,49 \times 3,07} = 26,08$$

$$\frac{0,78}{7,79} + \frac{13,15}{26,08} = 0,60 < 1,00$$

Por lo tanto el perfil propuesto cumple con las condiciones del AISC.

- Diseño de columna y espaciamiento de costaneras

$M_{max} = -(H_a)(h) + (R_e)(\text{distancia unión}) - (\text{distancia unión})(W_u)(\text{distancia unión}/2)$

$$M_{max} = -(19,39)(17,02) + (21,83)(4,41) - (4,41)(0,53254 \text{Klb/pie})(4,41/2) =$$

$$M_{max} = -238,92 \text{ kip-pie}$$

$$T_{\text{máximo}} = (H_a)(\text{sen } 76^\circ 30') + (R_e - (\text{distancia unión} \times W_u)(\text{cos } 76^\circ 30')$$

$$T_{\text{máximo}} = (19,39)(\text{sen } 76^\circ 30') + (21,83 - (4,41 \times 0,53254 \text{Klb/pie})(\text{cos } 76^\circ 30') = T_{\text{máximo}} = 40,07 \text{ kip}$$

Sección a utilizar

W 14x119

Propiedades según AISC pp.1-36:

$$f_a = R_a/A = 21,83/35 = 0,62 \text{ ksi}$$

$K \times L_c / r = (1)(12)(3,94)/3,75 = 12,60$ (3,94 es el espaciamiento de costaneras)

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{19,68^2}{2(126,1)^2}\right] \times 36}{\frac{5}{3} + \frac{3(19,68)}{8(126,1)} - \frac{19,68}{8(126,1)^3}} = 20,61 \text{ ksi}$$

$$f_a/F_a = 0,62 / 20,61 = 0,03 < 0,15, \text{ usar ecuación AISC 1,6-2}$$

$$f_b = 12 * 238,92 / 189 = 15,17$$

$$F_b = 0,6 F_y = 0,6 * 36 = 21,6$$

$$\frac{0,62}{20,61} + \frac{15,17}{21,6} = 0,73 < 1,00$$

Por lo tanto el perfil propuesto cumple con las condiciones del AISC.

- Cálculo de muro de mampostería

Los muros se construirán de block pómez de 0,40 x 0,20 x 0,20 ligados con mortero 1:3, el espesor de las juntas será de 1 cm, los muros están reforzados por elementos horizontales (soleras) y elementos verticales (columnas) de concreto reforzado.

Especificaciones y recomendaciones para los muros de mampostería

El espesor mínimo para muros será de 14 cm (AGIES 6.2). Las soleras y las columnas tendrán el mismo espesor y la altura no será menor de 15 cms (AGIES 6.5.2.1).

El ancho mínimo de solera y columnas será igual al espesor del muro (AGIES 6.5.1.2). La resistencia mínima del concreto debe ser al menos de 140 Kg /cm² (AGIES 6.5.1.1).

La separación máxima entre soleras será de 2,50 m y la separación máxima entre columnas será de 3,00 m (AGIES 6.3).

El diámetro mínimo de acero de refuerzo será Núm. 3 debido a que es el acero de menor diámetro corrugado. (AGIES 6.5.1.3 y 6.5.2.3).

Acero FHA:

$$A_{sminv} = 0,0008t * L$$

$$A_{sminv} = 0,0008(15) * (2500)$$

$$A_{sminv} = 30$$

$$A_s = 35,65 / 5 \text{ col} = 6 \text{ cm}^2$$

5 varillas Núm. 4 con estribo Núm. 2 a cada 15 cm por columna

$$A_{sminh} = 0,0015t * L$$

$$A_{sminh} = 0,0015(15) * (675)$$

$$A_{sminh} = 15,19$$

$$A_s = 15,19 / 4 \text{ soleras} = 3,80 \text{ cm}^2 \text{ por solera}$$

4 varillas Núm. 4 con estribo Núm. 2 a cada 15 cm

2.5.3.3. Construcción y operación

La construcción de la planta se llevará a cabo en el terreno ubicado en aldea Pojopón del municipio de Esquipulas Palo Gordo, tomando como parámetro inicial 1 842 metros cuadrados de los cuales se destinarán las siguientes áreas:

Tabla XVI. **Áreas de la planta de tratamiento**

Construcción de planta de tratamiento	
Áreas	Descripción
Circulación	La circulación es propuesta debido al equipo y para evitar molestias con los terrenos aledaños, el área será circulada con una barda prefabricada para evitar el ingreso de personas extrañas o animales domésticos.
Área de administración	Zona destinada para el personal administrativo y el baño para el personal operativo, en esta se encontrará el área para guardianía.
Área de separación de inorgánicos y orgánicos	Zona en la cual se realizará la separación de los desechos, será una galera de estructura metálica con mampostería.
Área de compostaje	El compostaje que se practica en la actualidad es un proceso aerobio que combina fases mesófilas (15 a 45 °C) y termófilas (45 a 70 °C). Para conseguir la reducción de los desechos orgánicos y la transformación en un producto estable y válido para la agricultura y la jardinería.

Fuente: elaboración propia, con base en: *Guía de Manejo de Residuos Sólidos de MANCUERNA.*

La operación será la siguiente:

- Los residuos sólidos ingresan a la planta de tratamiento con los camiones recolectores o en bolsas, debidamente separadas e identificados (orgánicos e inorgánicos), se realiza la descarga en el sector correspondiente.

- En el sector inorgánico, en la rampa transportadora se efectúa la separación manual de los distintos materiales secos en la mesa separativa, pasan luego al área de selección por color/calidad/tipo y se envía al área de pesado/armado de fardos. Los fardos se almacenan hasta la comercialización a empresas de reciclado.
- En el sector orgánico se selecciona sobre la rampa transportadora las bolsas, retirando material inorgánico/no degradable. El material a granel es enviado al área de composta donde se realizan las pilas de residuos. Estas se rotan diariamente (controlando temperatura y humedad), produciendo la biodegradación. El producto final es embolsado y almacenado para la comercialización.
- Los residuos no recuperados son enviados al relleno sanitario municipal, el cual, si el proceso es correcto, será muy poca la cantidad de desechos que se envíen a este lugar.

2.5.3.4. Equipo a utilizar

Para un adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento, se debe contar con la maquinaria y equipo necesario, los cuales llegarán a facilitar y mejorar la funcionalidad del sistema.

Carros de transporte: son contenedores en los cuales se almacenarán temporalmente los desechos previamente seleccionados para ser transportados al destino final.

Figura 18. **Carro para transportar residuos**



Fuente: Manual Planta de Recuperación / Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos.

Separación de residuos

Mesa separativa: La cual tendrá como finalidad el resguardo de los residuos provenientes de la recolección.

Figura 19. **Mesa separativa**



Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo.

2.5.3.5. Mano de obras

Necesidades mínimas de personal: debido que la planta de tratamiento por su inicio será manual en operaciones, será necesario contratar:

- 1 piloto para realizar la recolección
- 3 recolectores/separadores
- 1 guardián

2.5.4. Costo estimado del sistema

Los costos del sistema del tren de aseo y mejoramiento en el tratamiento de desechos sólidos, se basa en los gastos a realizar para la introducción, mantenimiento y operación del equipo.

Tabla XVII. Presupuesto general

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	P/unitario	Total
1	Preliminares	477	m3	Q36.57	Q17,444.65
2	Cimentacion	105	ml	Q928.00	Q97,475.35
3	Levantado a 3 hiladas de Block	54.43	ml	Q277.37	Q15,097.74
4	Levantado de block en Bodegas	95	m2	Q1,317.37	Q125,149.14
5	Levantado de block en Guardiania + Garita	22.45	m2	Q3,703.53	Q83,144.28
6	Estructuras de concreto	11.73	ml	Q2,936.56	Q34,445.87
7	Estructura metalica Nave 1 y Nave 2	2	U	Q81,785.45	Q163,570.87
8	Piso	309.9	m2	Q200.17	Q62,033.20
9	Instalacion de Puertas y Ventanas	1	Global	Q31,650.00	Q31,650.00
10	Drenaje pluvial	36.2	ml	Q950.93	Q34,424.02
11	Instalacion hidraulica	1	Global	Q2,414.40	Q2,414.40
12	Limpieza final	1	Global	Q1,000.00	Q1,000.00
TOTAL					Q667,849.51

Fuente: Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. p. 22.

2.5.4.1. Costo del equipo y los materiales

Según el manual de operación de la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Esquipulas Palo Gordo, contará con herramienta manual, la cual será proporcionada por la municipalidad de dicho municipio, los materiales y equipo de seguridad será sufragado con los ingresos monetarios de venta de subproductos, tales como el plástico, la chatarra, cartón.

2.5.4.2. Gastos de operación y mantenimiento

Los gastos de operación serán solventados mediante convenios entre municipalidad de Esquipulas Palo Gordo y Mancuerna, cubriendo con la planilla de trabajadores y los gastos de energía, agua y mantenimiento de la planta de tratamiento de residuos sólidos, que en mínima cantidad se consume.

2.5.5. Estudio de impacto ambiental inicial

Las diferentes fases que se necesitan para implementar el proyecto son las siguientes:

- Fase de construcción:

Movimiento de tierra, construcción de edificios (bodega, guardianías), vías de acceso.

- Fase de operación:

Separación de desechos, disposición final de los desechos reciclados, compostaje.

- Fase de abandono:

Levantamiento de las instalaciones, reacondicionamiento del terreno.

- Control ambiental:

Debido a la naturaleza del proyecto posee impacto en los siguientes puntos, de los cuales se busca minimizar y proponer un modelo para el uso racional de los recursos humanos:

- Residuos contaminantes generados

Estos serán trabajados de mejor manera, debido a que se tendrán resultados del manejo de desechos en el municipio.

- Emisiones a la atmosfera

Por el proceso de combustión de los vehículos, resultarán emisiones a la atmosfera tanto en el lugar de disposición final y en la recolección.

- Descarga de aguas residuales

El personal administrativo y operativo puede llegar a generar aguas residuales, es importante verificar la correcta evacuación de las mismas.

- Ruidos

Se generará ruido por medio de la maquinaria que comprime a los desechos y los vehículos que los transportan.

- Contaminación visual

Es importante tener un lugar donde no se afecte a la comunidad.

- Impactos positivos del sistema

Incorporación de un nuevo sistema de tratamientos de residuos sólidos, mejorando condiciones sanitarias de la población.

Eliminación de basureros clandestinos, concientización a la población de la importancia del reciclaje, mejoramiento significativo de la calidad ambiental al contar con un lugar de disposición final, mejora en salud por la reducción de plagas.

- Impactos negativos

Emisiones atmosféricas por la operación de la maquinaria, generación de polvo en algunas partes del proyecto.

Emisión de olores, originados por los procesos de descomposición orgánica natural, emisión de gases, originados por los procesos de descomposición orgánica natural, contaminación del suelo, por las filtraciones de los lixiviados, pérdida de estabilidad de suelo.

- Plan de mitigación

Se debe realizar un plan de mitigación de los impactos negativos para tener la mejor aceptación de parte de la comunidad que se beneficiará del mismo.

2.5.6. Evaluación socioeconómica

Esta es una alternativa para la toma de decisión de la inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión es viable o no.

2.5.6.1. Valor presente neto

El valor actual neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$VAN < 0$

$VAN = 0$

$VAN > 0$

Cuando el $VAN < 0$ y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable.

Cuando el $VAN = 0$, indica que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el $VAN > 0$, indica que la opción es rentable y que inclusive podrían incrementarse el porcentaje de utilidad. En este caso no se trabajó debido a que el mantenimiento y factor económico variará dependiendo la venta de productos a recolectar útiles para realizar transacciones comerciales, beneficiando a la comunidad y el medio ambiente.

2.5.6.2. Tasa interna de retorno

Es el método más utilizado para comparar alternativas de inversión bajo cualquier denominación que se aplique el concepto de TIR, proporciona una

cifra de porcentaje que indica la ganancia relativa lograda con diferentes empleos de capital. Algunas de las características de la TIR son:

- Es uno de los criterios usados para evaluar la viabilidad financiera y económica de los proyectos.
- Se calcula del valor presente.
- Es una medida de eficiencia que refleja los beneficios del proyecto en términos del rendimiento porcentual de los desembolsos.
- Es la tasa de actualización que hace que el valor presente de los beneficios incrementales netos sea exactamente 0.
- También se le conoce como tasa interna de rendimiento.
- Evita la necesidad de conocer una tasa de interés requerida o mínima, antes de llevar a cabo los cálculos.

Conceptualmente se puede decir que la Tasa Interna de Retorno, es la tasa máxima de utilidad que puede pagar u obtener en la evaluación de una alternativa.

$$\text{TIR} = \text{VAB beneficios} - \text{VAN gastos} = 0$$

El retorno tendrá variantes según subproducción de subproductos y aportes municipales y de Mancuerna.

CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Vista Hermosa del municipio de San Antonio Sacatepéquez y del sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para el municipio de Esquipulas Palo Gordo; son producto de la investigación diagnóstica realizada en cada lugar, la cual se practicó conjuntamente con la mancomunidad Mancuerna. Entregando planos, presupuesto y planificación para los proyectos antes mencionados. Por lo que tanto, las municipalidades como Mancuerna deberán gestionar el financiamiento para llevar a la realidad en el menor tiempo posible para los beneficios que aportará a la población.
2. Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado se brindó aporte técnico al caserío Vista Hermosa del municipio de San Antonio Sacatepéquez, desarrollando el proyecto alcantarillado sanitario y al municipio de Esquipulas Palo Gordo el diseño de sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos, generando desarrollo para estas comunidades. Por cuanto pobladores como autoridades municipales, tendrán la oportunidad de mejorar la calidad de vida.
3. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado brinda la oportunidad al estudiante, de aplicar los conocimientos adquiridos en la facultad, también desarrollar la experiencia de dar soluciones a las necesidades prioritarias que se presentan en el campo de la ingeniería, por lo que considero muy importante que las autoridades facultativas

promuevan e impulsen el EPS como vía de graduación, por los beneficios tanto académicos como sociales que posee.

RECOMENDACIONES

1. Una vez construido el sistema de alcantarillado sanitario implementar un plan de mantenimiento, principalmente después de la época de lluvia; puesto que conforme el tiempo transcurra, se irán acumulando sólidos o basura en el fondo de la tubería, colectores y pozos de visita.
2. Garantizar la supervisión técnica y control de calidad de los materiales durante la ejecución de los proyectos, a través de un profesional de la ingeniería civil.
3. Al momento de dar inicio al proyecto de mejora del sistema de drenaje de aseo, es de vital importancia la concientización de la población, debido a que este proyecto dependerá en un 100 % de la colaboración y participación de la comunidad.
4. Concientizar a los usuarios del sistema de recolección de residuos sólidos, iniciando en escuelas, a través de medios de comunicación, volantes y de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), que son estructuras comunitarias que impulsan la participación de la población en el desarrollo local, apoyándolos con capacitaciones periódicas y manuales de usos de los sistemas antes presentados.

BIBLIOGRAFÍA

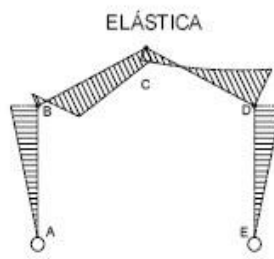
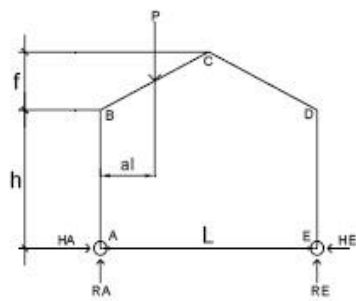
1. ACURIO, Guido; ROSSIN, Antonio. *Diagnóstico de la situación de manejo de residuos sólidos municipales de América Latina y el Caribe*. México. 2000. 148 p.
2. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria* 2. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 135 p.
3. JARAMILLO, Jorge, *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Universidad de Antioquia, Colombia, Organización Mundial de la Salud. 85 p.
4. JÚAREZ RODRÍGUEZ, Bardillo Rico, *Mecánica de suelos, fundamentos de mecánica de suelos*. Clasificación de suelos. 3ª edición. 123 p.
5. Mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo. *Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos MANCUERNA*. San Marcos, Guatemala. 2010. 25 p.
6. RODRÍGUEZ FLORES, Juan Manuel. *Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario de la cabecera municipal, municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de

Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 207 p.

7. ROMÁN CUTZÁL, Monica *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Brito y las colonias Santa Fe, El Tamarindo y Las Flores en la cabecera municipal de Guanagazapa, departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 131 p.
8. ZABALA, Marcia, *Manual para el manejo de desechos en establecimientos de salud*. Comité Interinstitucional para el Manejo de Desechos, OPS/OMS.

APÉNDICES

Apendice 1. DIAGRAMA DE ELÁSTICAS



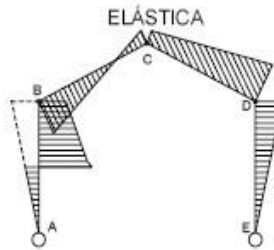
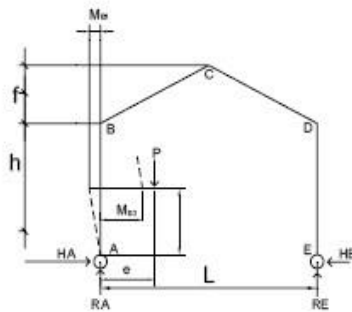
CASO II

$$R_v = P - Pa \quad R_v = Pa$$

$$H_v = H_c = H = \frac{PLa}{hN} (6 - 6a + 3Q - 4Qa^2)$$

$$M_v = M_c = Hh$$

$$M_c = \frac{PaL}{2} - H(h+f)$$



CASO III

$$R_v = P - \frac{Pe}{L} \quad R_v = \frac{Pe}{L}$$

$$H_v = H_c = H = \frac{-3Pe}{hN} (K - b^2K + 2 + Q)$$

$$M_v = Pe - Hh \quad M_c = Hh$$

$$M_c = \frac{Pe}{2} - H(h+f)$$

$$M_v = -Hbh \quad M_c = Pe - Hbh$$

Continuación del apéndice 1.

FORMULAS PARA EL DISEÑO DE COLUMNAS DE ACERO ESTRUCTURAL

$$f_a = \frac{R}{A}$$
$$\frac{K \times L_e}{r} \text{ (Rigidez)}$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(K/r)^2}{2Cc^2} \right] \times F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(K/r)}{8Cc} - \frac{(K/r)}{8Cc^3}}$$

Formula AISC 1.5-1

$\frac{f_a}{F_a} < 0.15$, si se da esta condición usar fórmula AISC 1.6-2, si no, usar fórmulas
AISC 1.6-1a y 1.6-1b

$$f_b = \frac{M_{max}}{S_x}$$
$$F_b = \frac{(12 \times 10^3)(C_b)}{(l_d)(d/A_f)}$$

Formula AISC 1.5-7

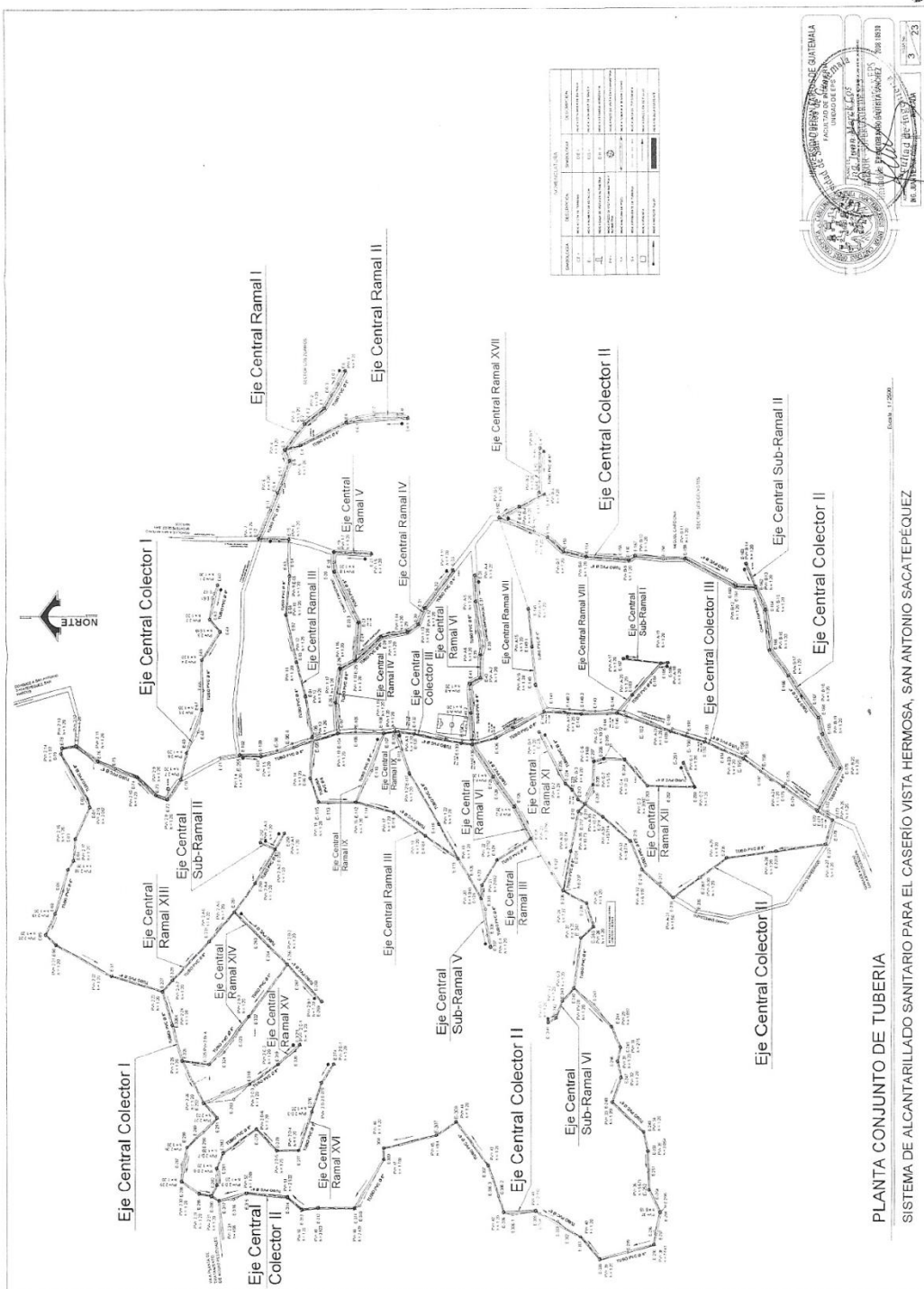
$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} < 1.00$$

Formula AISC 1.6-2

Fuente: elaboración propia

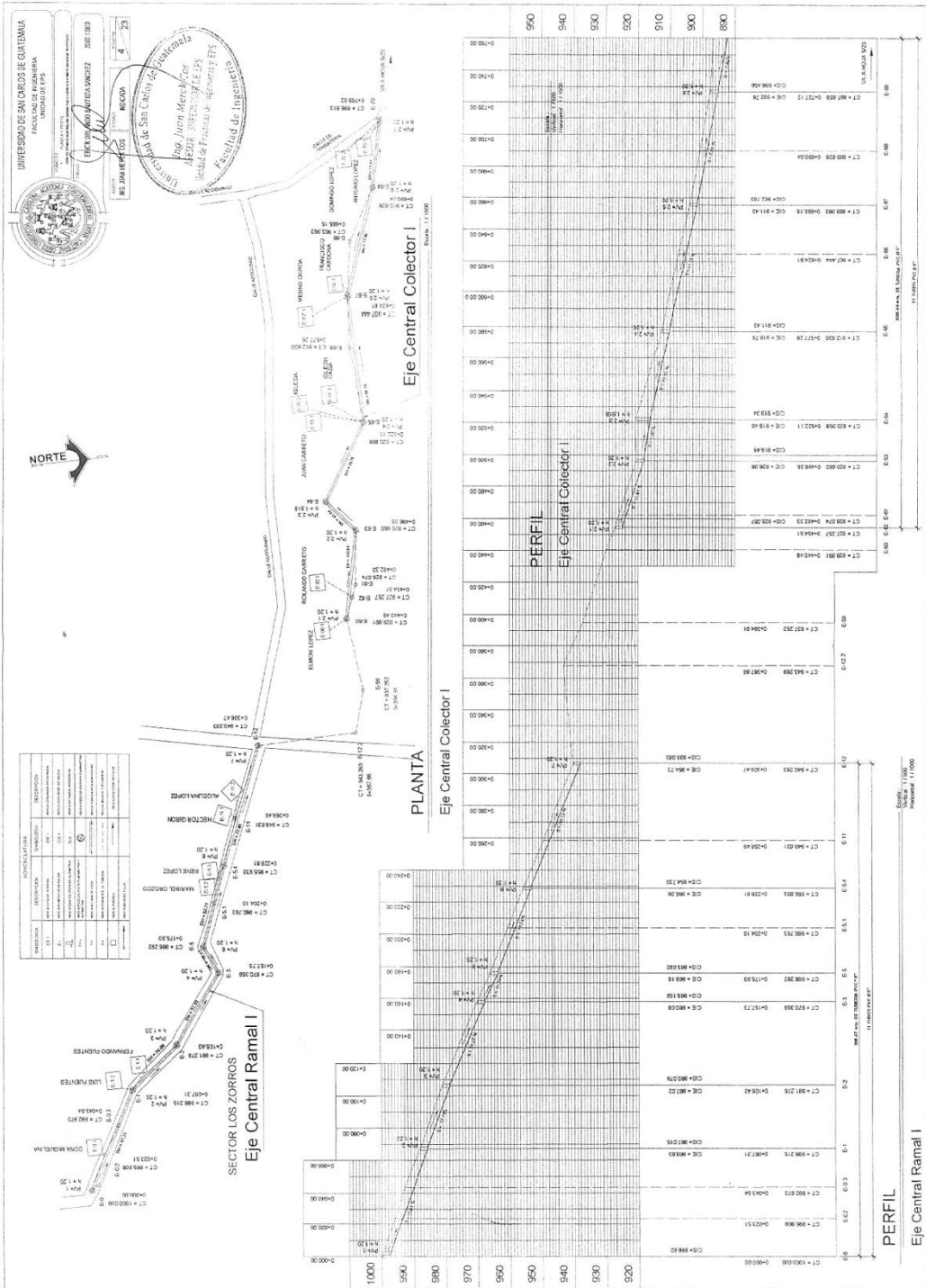
ANOS
 90 LITS/MAR/DIA
 35 % ANUAL
 TOR DE RETORNO
 2,5 ANUAL
 A DE CRECIMIENTO
 0,6 POC
 FUENTE DE INFLACION
 0,01

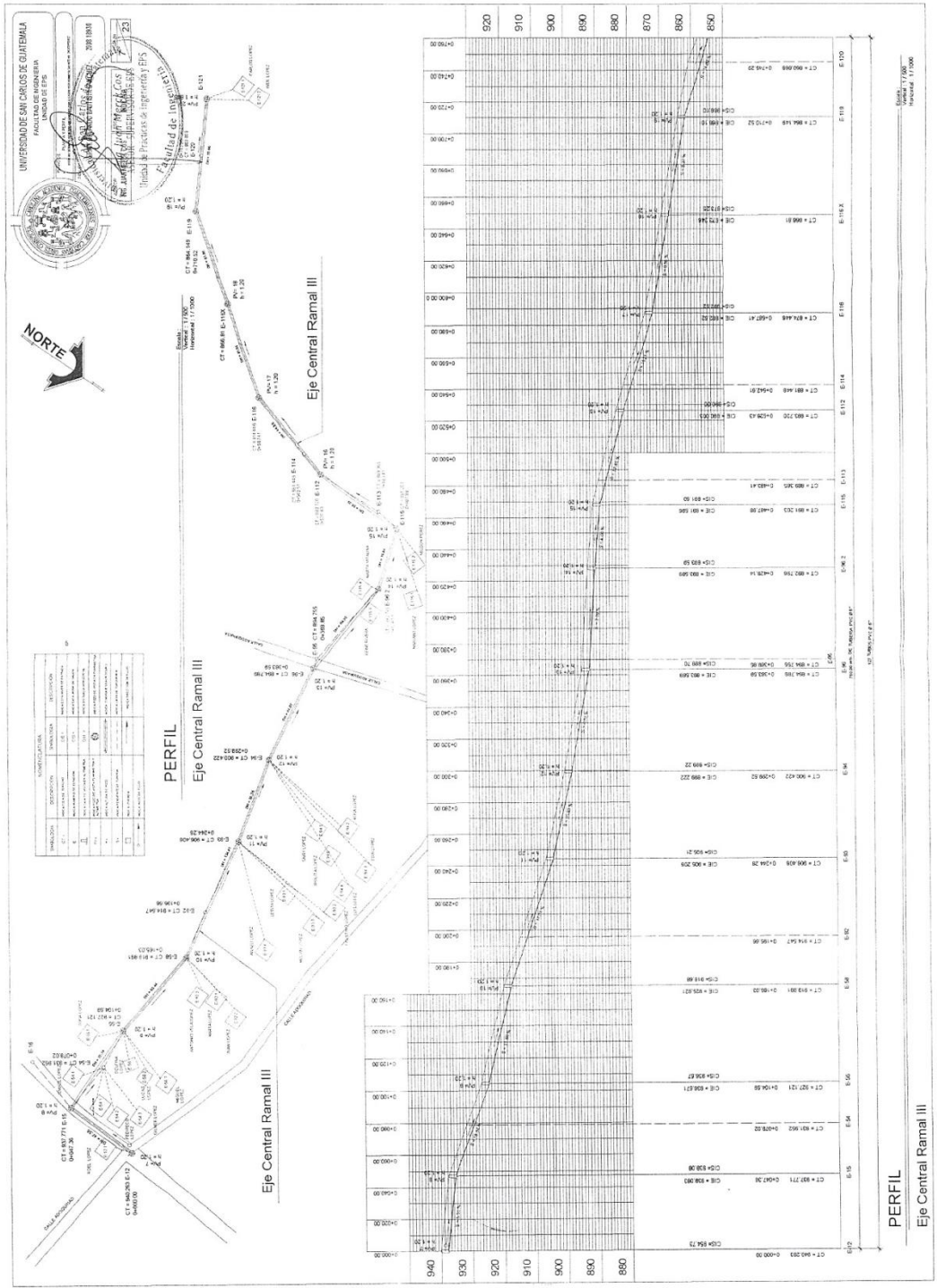
N.º	P.V. INICIAL	COPIA DE TERRENO INICIAL	COPIA DE TERRENO FINAL	LONGITUD DE TERRENO	PENDIENTE DE TERRENO	VIVERENDAS ACOMODADAS	POBLACION ACTUAL	POBLACION FUTURA	RAZON DE CADA MEDIO C/ UNHAB.	FACTOR DE HERMANO	BASEN O DE TUBERIA	SNR O TUBERIA	CLASE DE TUBERIA	VELOCIDAD DE CAIDA	VELOCIDAD DE CAIDA	RELD	REL D/D	REL V/V	VELOCIDAD DE CAIDA	CON INVERT DE AYUDA	CON INVERT DE AYUDA	ALTURA DE PISO FINAL	ALTURA DE PISO INICIAL
1	2	1000	888.215	97.312	17,53	2	12	12	0,1854	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,035	0,23033	0,84311076	998.8	987.033	1,2	1,2	
2	3	888.215	881.179	91.717	17,53	0	18	18	0,2854	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,042	0,23295	1,09338273	987.033	986.079	1,191	1,191	
3	881.179	874.143	86.972	17,53	0	24	24	0,3876	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,051	0,23623	1,33932123	986.079	985.125	1,181	1,181		
4	874.143	860.286	86.857	17,53	0	30	30	0,4900	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,060	0,24030	1,60000000	985.125	984.171	1,171	1,171		
5	860.286	846.429	86.863	17,53	0	36	36	0,5924	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,070	0,24510	1,87500000	984.171	983.217	1,161	1,161		
6	846.429	822.572	86.869	17,53	0	42	42	0,6948	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,080	0,25070	2,16000000	983.217	982.263	1,151	1,151		
7	822.572	800.715	86.875	17,53	0	48	48	0,7972	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,090	0,25710	2,45000000	982.263	981.309	1,141	1,141		
8	800.715	778.858	86.881	17,53	0	54	54	0,8996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,100	0,26430	2,75000000	981.309	980.355	1,131	1,131		
9	778.858	757.001	86.887	17,53	0	60	60	0,9996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,110	0,27240	3,06000000	980.355	979.401	1,121	1,121		
10	757.001	735.144	86.893	17,53	0	66	66	1,0996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,120	0,28150	3,38000000	979.401	978.447	1,111	1,111		
11	735.144	713.287	86.899	17,53	0	72	72	1,1996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,130	0,29160	3,71000000	978.447	977.493	1,101	1,101		
12	713.287	691.430	86.905	17,53	0	78	78	1,2996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,140	0,30270	4,05000000	977.493	976.539	1,091	1,091		
13	691.430	669.573	86.911	17,53	0	84	84	1,3996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,150	0,31480	4,40000000	976.539	975.585	1,081	1,081		
14	669.573	647.716	86.917	17,53	0	90	90	1,4996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,160	0,32790	4,76000000	975.585	974.631	1,071	1,071		
15	647.716	625.859	86.923	17,53	0	96	96	1,5996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,170	0,34200	5,13000000	974.631	973.677	1,061	1,061		
16	625.859	604.002	86.929	17,53	0	102	102	1,6996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,180	0,35710	5,51000000	973.677	972.723	1,051	1,051		
17	604.002	582.145	86.935	17,53	0	108	108	1,7996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,190	0,37320	5,90000000	972.723	971.769	1,041	1,041		
18	582.145	560.288	86.941	17,53	0	114	114	1,8996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,200	0,39030	6,30000000	971.769	970.815	1,031	1,031		
19	560.288	538.431	86.947	17,53	0	120	120	1,9996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,210	0,40840	6,71000000	970.815	969.861	1,021	1,021		
20	538.431	516.574	86.953	17,53	0	126	126	2,0996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,220	0,42750	7,13000000	969.861	968.907	1,011	1,011		
21	516.574	494.717	86.959	17,53	0	132	132	2,1996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,230	0,44760	7,56000000	968.907	967.953	1,001	1,001		
22	494.717	472.860	86.965	17,53	0	138	138	2,2996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,240	0,46870	8,00000000	967.953	967.000	0,991	0,991		
23	472.860	451.003	86.971	17,53	0	144	144	2,3996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,250	0,49080	8,45000000	967.000	966.046	0,981	0,981		
24	451.003	429.146	86.977	17,53	0	150	150	2,4996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,260	0,51390	8,91000000	966.046	965.092	0,971	0,971		
25	429.146	407.289	86.983	17,53	0	156	156	2,5996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,270	0,53800	9,38000000	965.092	964.138	0,961	0,961		
26	407.289	385.432	86.989	17,53	0	162	162	2,6996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,280	0,56310	9,86000000	964.138	963.184	0,951	0,951		
27	385.432	363.575	86.995	17,53	0	168	168	2,7996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,290	0,58920	10,35000000	963.184	962.230	0,941	0,941		
28	363.575	341.718	86.999	17,53	0	174	174	2,8996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,300	0,61630	10,85000000	962.230	961.276	0,931	0,931		
29	341.718	320.861	87.005	17,53	0	180	180	2,9996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,310	0,64440	11,36000000	961.276	960.322	0,921	0,921		
30	320.861	299.004	87.011	17,53	0	186	186	3,0996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,320	0,67350	11,88000000	960.322	959.368	0,911	0,911		
31	299.004	277.147	87.017	17,53	0	192	192	3,1996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,330	0,70360	12,41000000	959.368	958.414	0,901	0,901		
32	277.147	255.290	87.023	17,53	0	198	198	3,2996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,340	0,73470	12,95000000	958.414	957.460	0,891	0,891		
33	255.290	233.433	87.029	17,53	0	204	204	3,3996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,350	0,76680	13,50000000	957.460	956.506	0,881	0,881		
34	233.433	211.576	87.035	17,53	0	210	210	3,4996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,360	0,79990	14,06000000	956.506	955.552	0,871	0,871		
35	211.576	189.719	87.041	17,53	0	216	216	3,5996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,370	0,83400	14,63000000	955.552	954.598	0,861	0,861		
36	189.719	167.862	87.047	17,53	0	222	222	3,6996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,380	0,86910	15,21000000	954.598	953.644	0,851	0,851		
37	167.862	146.005	87.053	17,53	0	228	228	3,7996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,390	0,90520	15,80000000	953.644	952.690	0,841	0,841		
38	146.005	124.148	87.059	17,53	0	234	234	3,8996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,400	0,94230	16,40000000	952.690	951.736	0,831	0,831		
39	124.148	102.291	87.065	17,53	0	240	240	3,9996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,410	0,98040	17,01000000	951.736	950.782	0,821	0,821		
40	102.291	80.434	87.071	17,53	0	246	246	4,0996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,420	1,01950	17,63000000	950.782	949.828	0,811	0,811		
41	80.434	58.577	87.077	17,53	0	252	252	4,1996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,430	1,05960	18,26000000	949.828	948.874	0,801	0,801		
42	58.577	36.720	87.083	17,53	0	258	258	4,2996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,440	1,10070	18,90000000	948.874	947.920	0,791	0,791		
43	36.720	14.863	87.089	17,53	0	264	264	4,3996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,450	1,14280	19,55000000	947.920	946.966	0,781	0,781		
44	14.863	2.996	87.095	17,53	0	270	270	4,4996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,460	1,18590	20,21000000	946.966	946.012	0,771	0,771		
45	2.996	1.039	87.101	17,53	0	276	276	4,5996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,470	1,23000	20,88000000	946.012	945.058	0,761	0,761		
46	1.039	0.082	87.107	17,53	0	282	282	4,6996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,480	1,27510	21,56000000	945.058	944.104	0,751	0,751		
47	0.082	0.000	87.113	17,53	0	288	288	4,7996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,490	1,32120	22,25000000	944.104	943.150	0,741	0,741		
48	0.000	0.000	87.119	17,53	0	294	294	4,8996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,500	1,36830	22,95000000	943.150	942.196	0,731	0,731		
49	0.000	0.000	87.125	17,53	0	300	300	4,9996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,510	1,41640	23,66000000	942.196	941.242	0,721	0,721		
50	0.000	0.000	87.131	17,53	0	306	306	5,0996	4.320	6	17.736	46.030331	4.737.615	0,0021838	0,520	1,46550	24,38000000	941.242</					

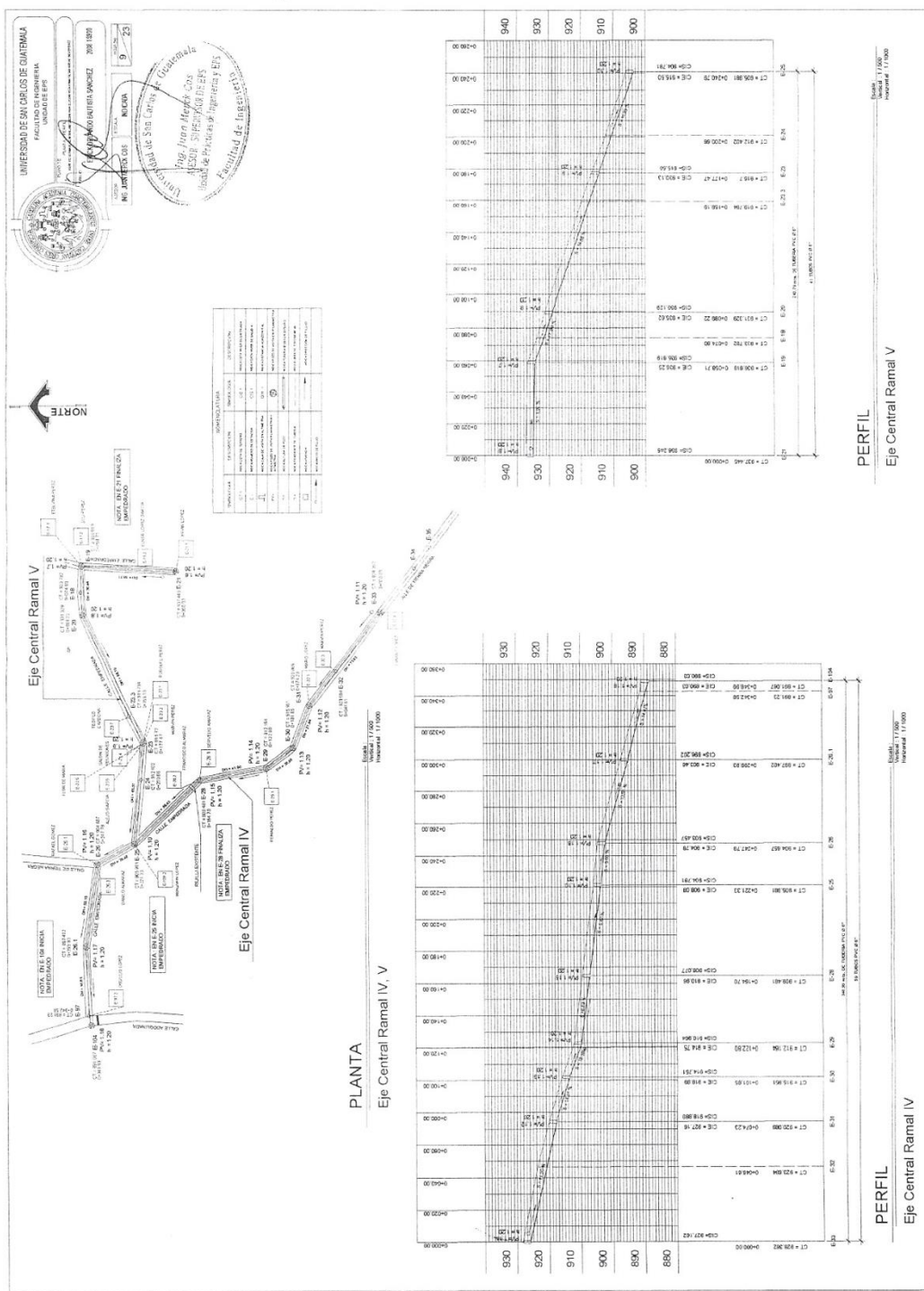


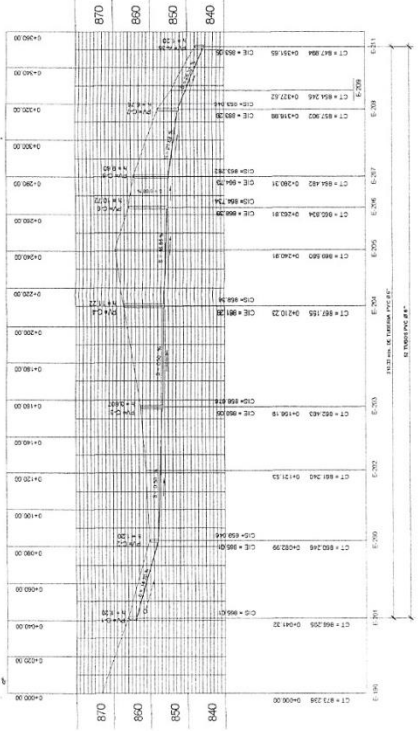
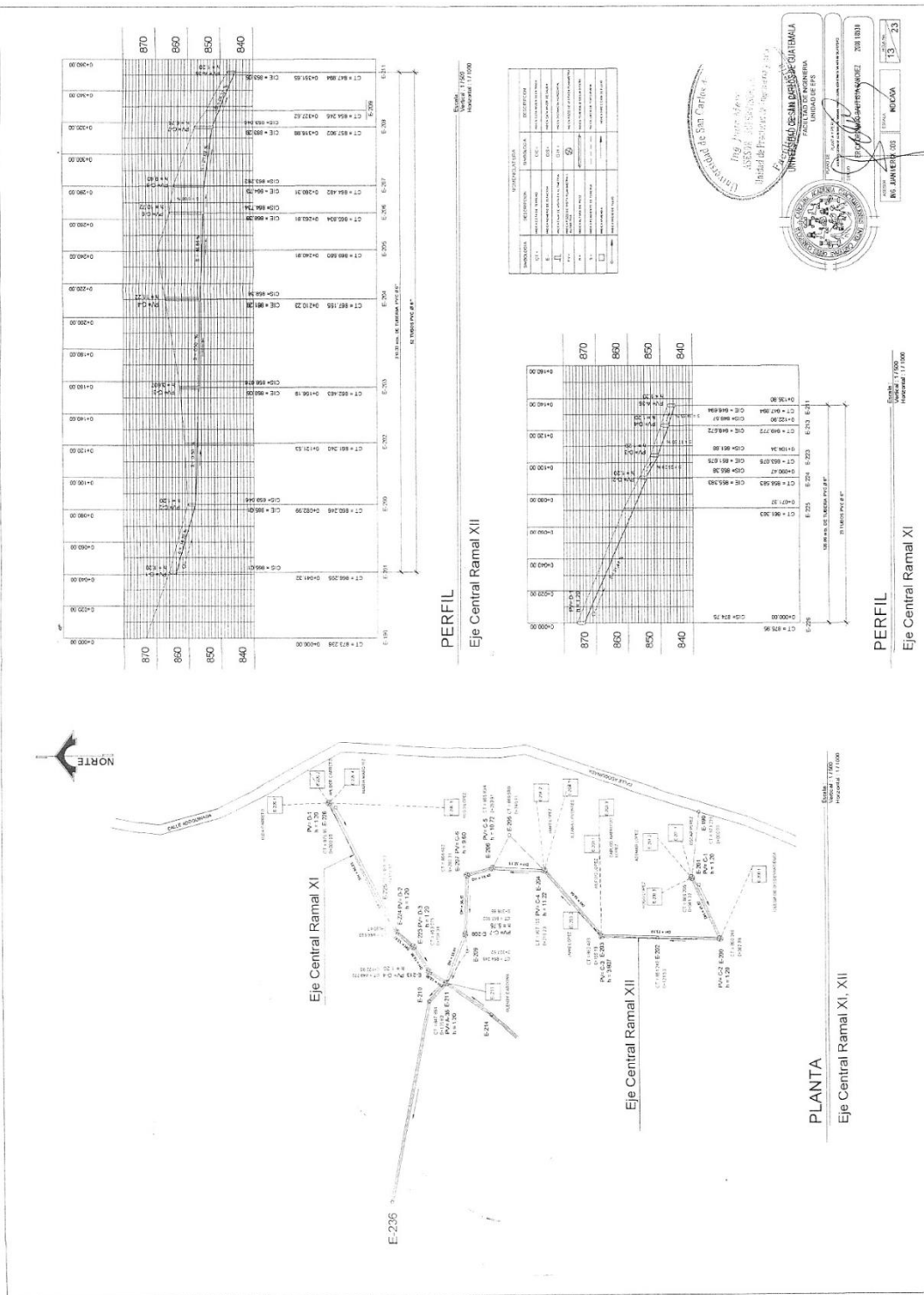
PLANTA CONJUNTO DE TUBERIA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERIO VISTA HERMOSA, SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ

Hoja: 1/256





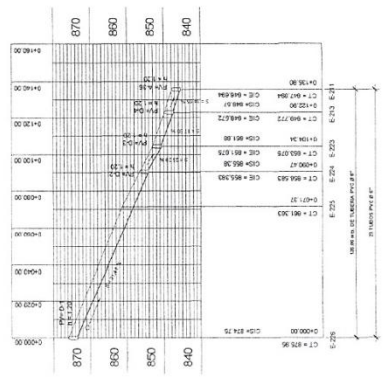




PERFIL
Eje Central Ramal XI

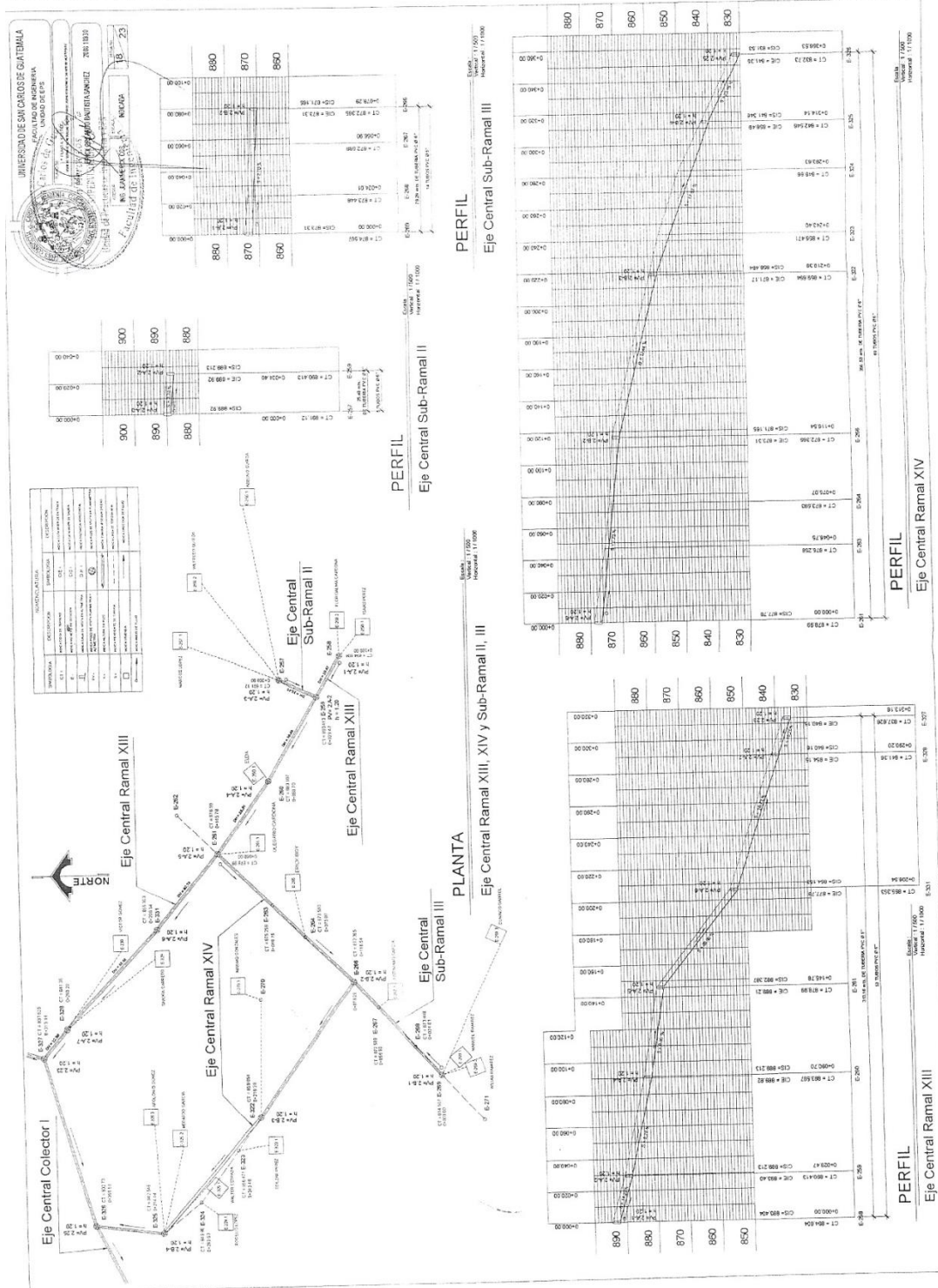
INDICACION	REVISION	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR
1	1	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
2	2	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
3	3	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
4	4	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
5	5	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
6	6	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
7	7	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
8	8	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
9	9	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ
10	10	15/05/2018	ING. JAVIER B. GONZALEZ	ING. JAVIER B. GONZALEZ

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Javier B. González
 ASISTENTE DE INVESTIGACION
 Unidad de Ingeniería de Infraestructura y Obras
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Unidad de Ingeniería de Infraestructura y Obras
 Ing. JAVIER B. GONZALEZ
 13-23

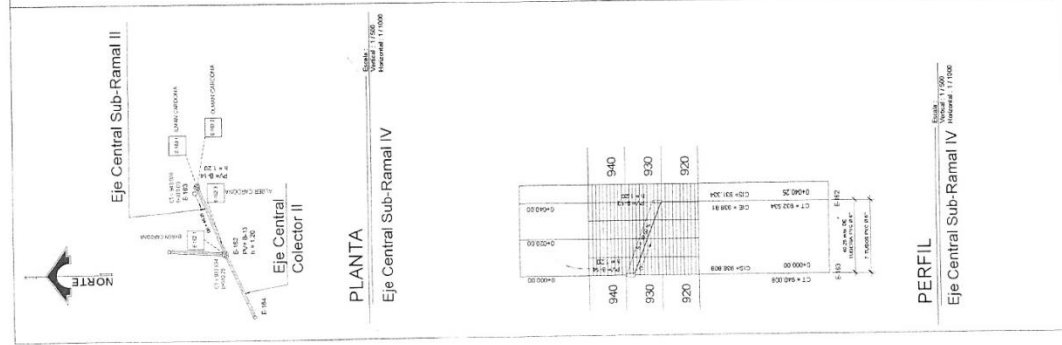
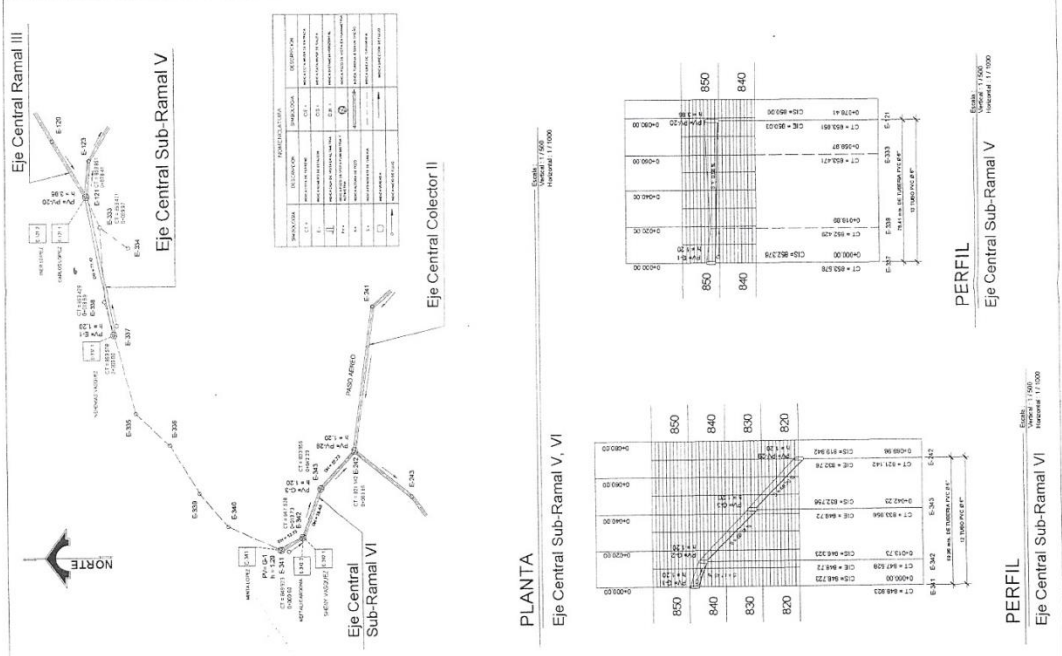
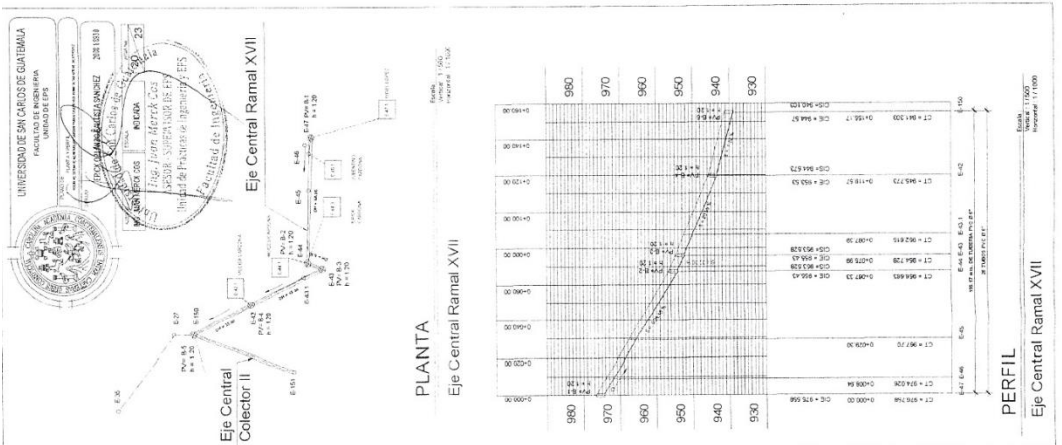


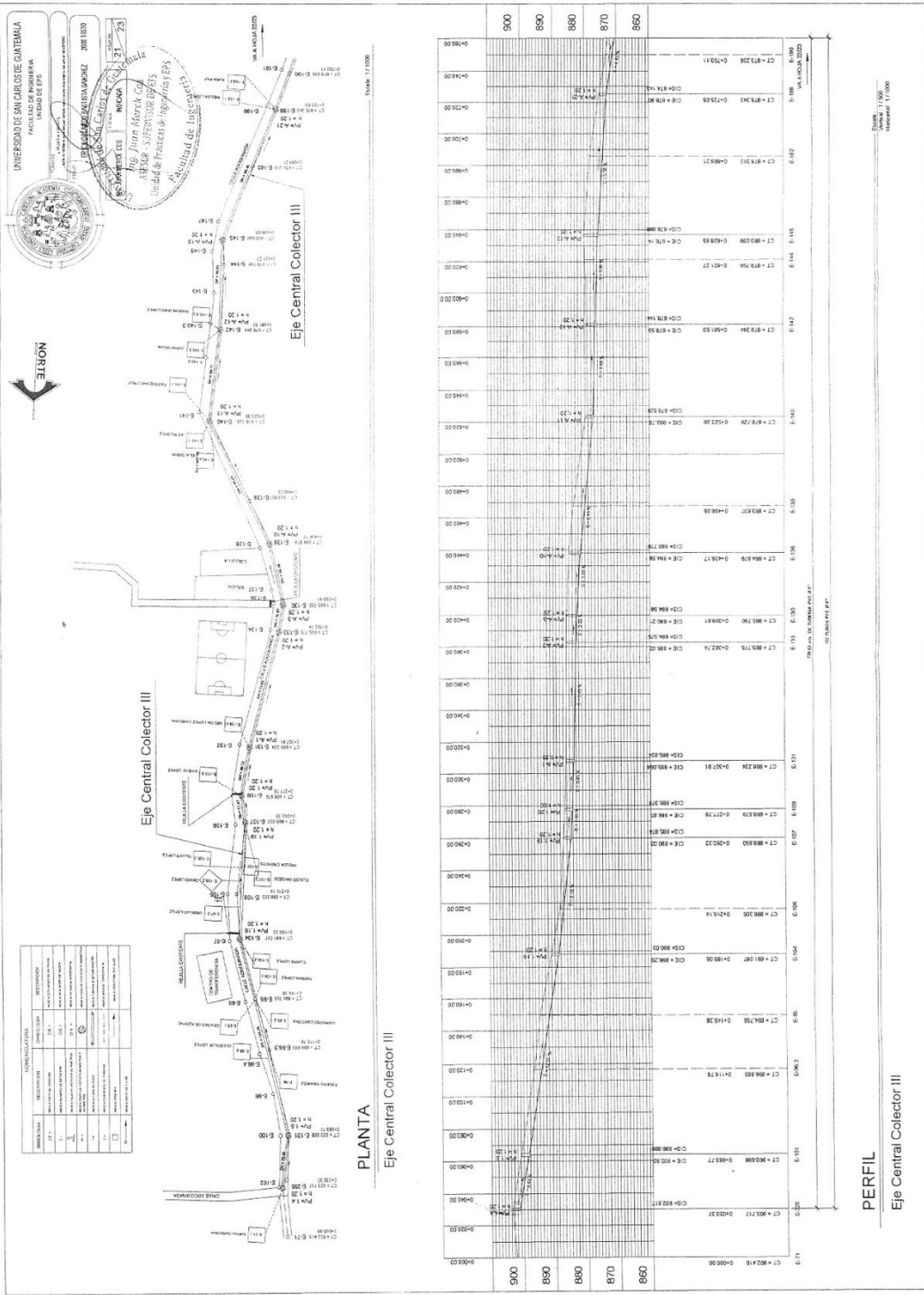
PERFIL
Eje Central Ramal XII

PLANTA
Eje Central Ramal XI, XII



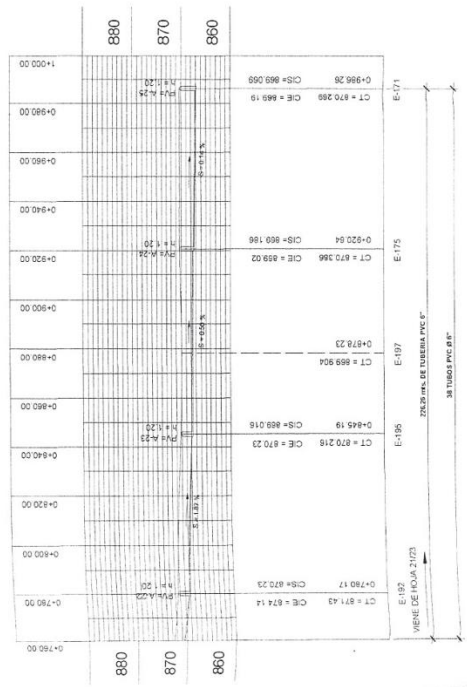
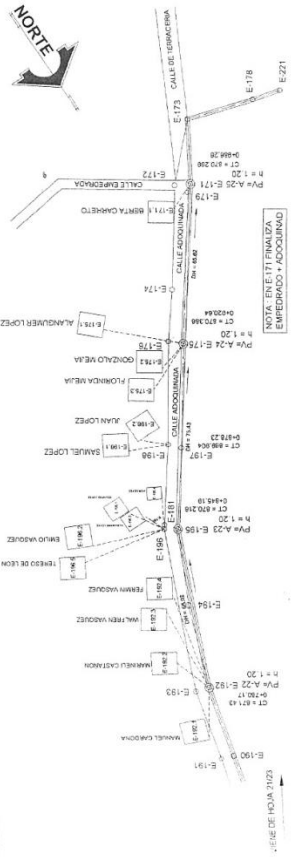
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA EN OBRAS DE SANEAMIENTO
 TEMA: 131313
 NOMBRE: [Redacted]
 GRUPO: B-25

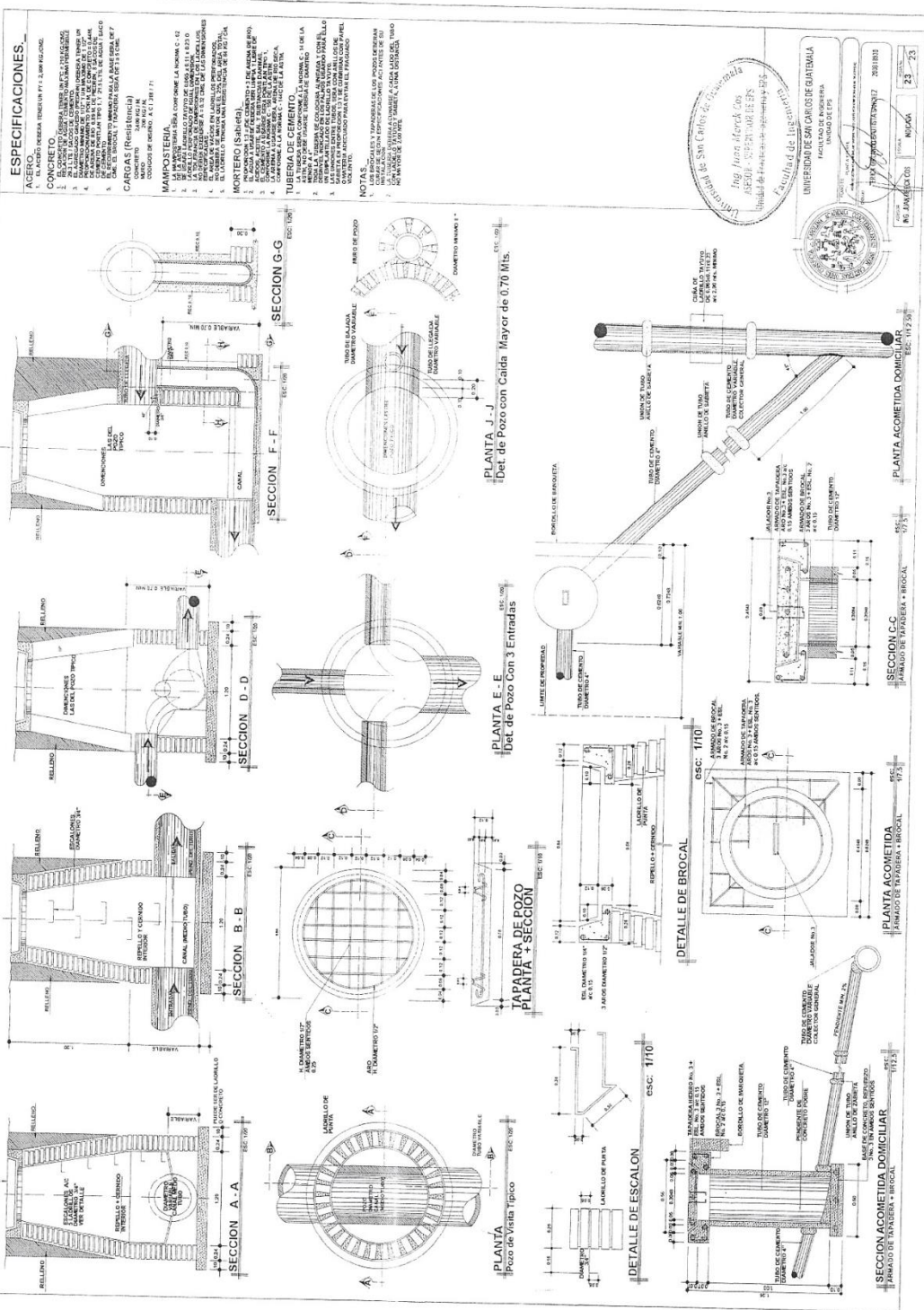






ABRIGACION	DESCRIPCION	UNIDAD	DESCRIPCION
CT	CONCRETO	CM 15	CONCRETO COMERCIAL
E	ACEROS	CS 40	ACEROS COMERCIALES
PP	PLASTICOS	PP 100	PLASTICO POLIPROPILENO
PA	PAVIMENTOS	PA 100	PAVIMENTO DE CEMENTO
OT	OTROS	OT 100	OTROS MATERIALES





ESPECIFICACIONES.

ACERO. 1. ACEROS REFORZANTES PT 1.200 (R-200).

CONCRETO. 2. CLASIFICACION DE ACEROS REFORZANTES EN CLASIFICACION 200.

3. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

4. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

5. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

6. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

7. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

8. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

9. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

10. LA MORTERA DE CEMENTO DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

CANAL (REINFORCADO). 11. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

12. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

13. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

14. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

15. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

16. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

17. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

18. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

19. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

20. CANAL REINFORCADO DE CEMENTO.

MAESTRERIA. 21. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

22. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

23. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

24. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

25. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

26. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

27. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

28. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

29. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

30. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

MORTERO (SIN FIBRA). 31. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

32. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

33. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

34. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

35. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

36. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

37. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

38. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

39. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

40. LA MORTERA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

TUBERIA DE CEMENTO. 41. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

42. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

43. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

44. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

45. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

46. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

47. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

48. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

49. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

50. LA TUBERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

NOTAS.

1. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

2. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

3. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

4. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

5. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

6. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

7. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

8. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

9. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

10. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

11. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

12. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

13. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

14. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

15. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

16. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

17. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

18. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

19. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

20. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

21. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

22. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

23. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

24. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

25. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

26. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

27. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

28. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

29. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

30. LA MAESTRERIA DEBE SER DE CLASIFICACION 200.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Ing. Juan Manuel de los Angeles

ASESOR EN INGENIERIA

Unidad de Estudios de Ingeniería y Arquitectura

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE ESTUDIOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Ing. Juan Manuel de los Angeles

ASESOR EN INGENIERIA

Unidad de Estudios de Ingeniería y Arquitectura

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

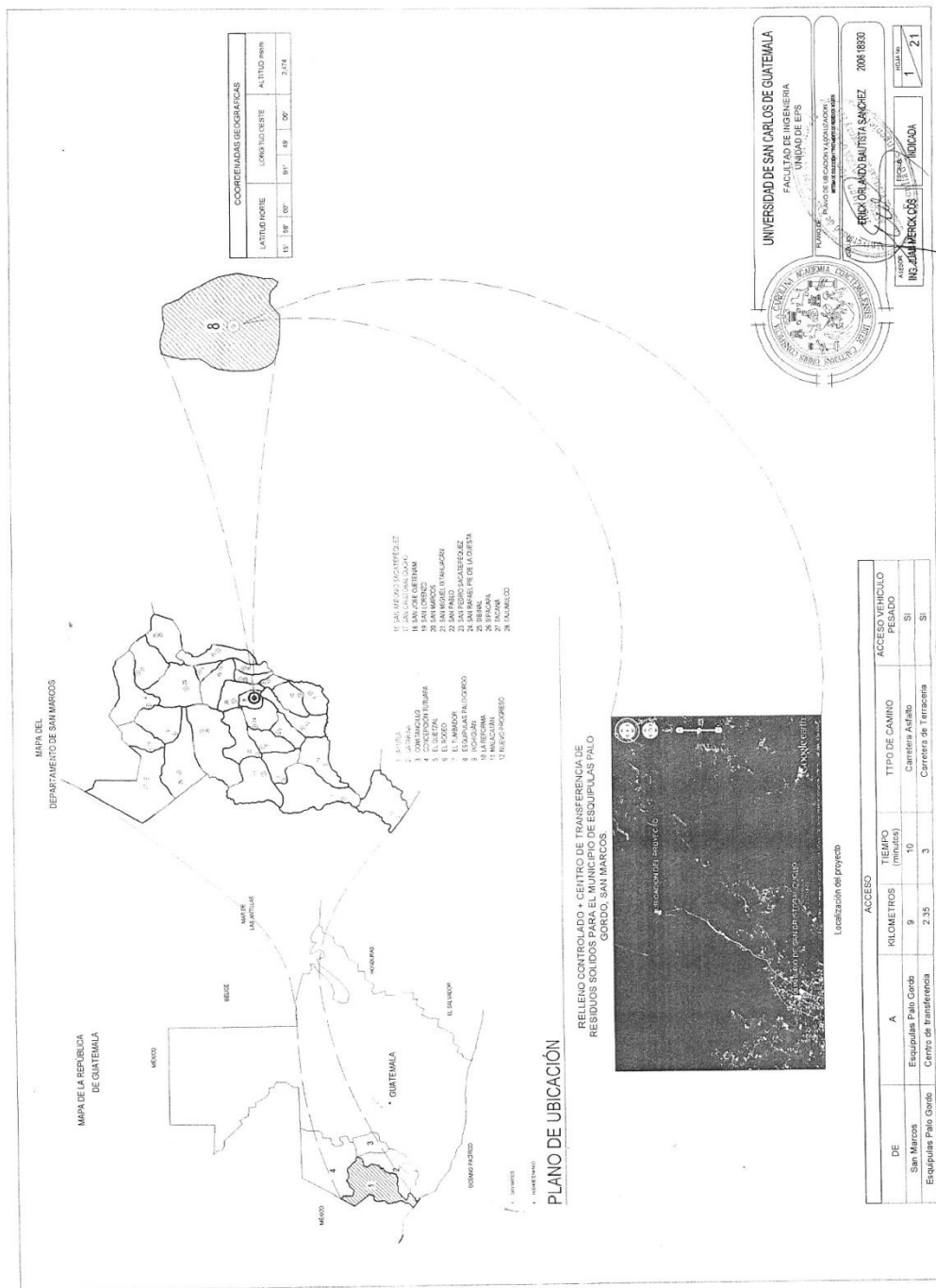
FACULTAD DE INGENIERIA

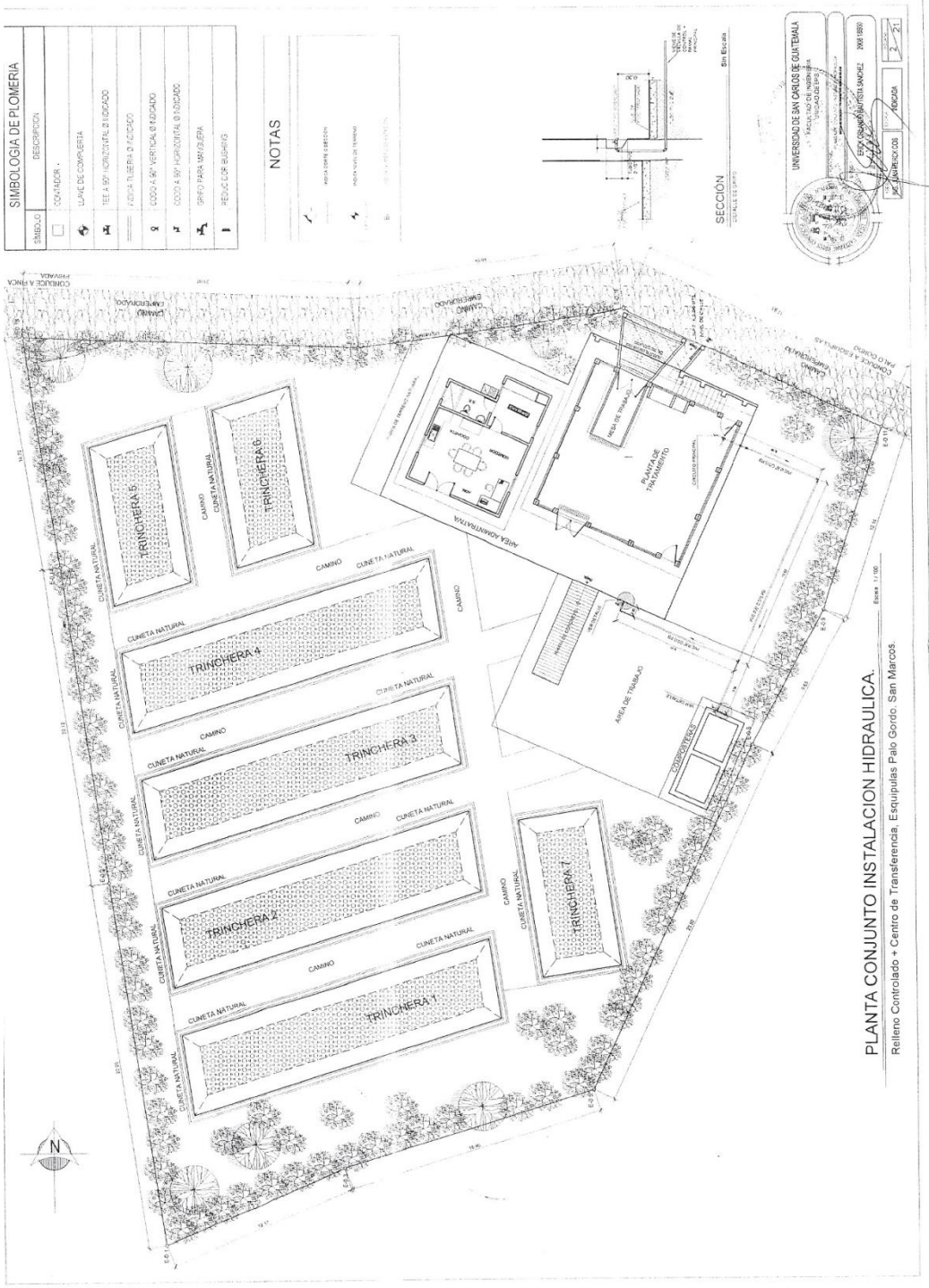
UNIDAD DE ESTUDIOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Ing. Juan Manuel de los Angeles

ASESOR EN INGENIERIA

Unidad de Estudios de Ingeniería y Arquitectura





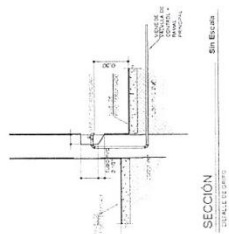
SIMBOLOGIA DE PLUMERIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	COORDINADA
	UNION DE COMPLETAS
	TEE A 90° HORIZONTAL B RIGIDO
	TEE A 90° VERTICAL B RIGIDO
	TEE A 45° HORIZONTAL B RIGIDO
	TEE A 45° VERTICAL B RIGIDO
	90°
	45°
	30°
	15°
	7.5°

NOTAS

1. AREA CONSERVADA

2. RECONSTRUCCION DE TUBERIA

3. RECONSTRUCCION DE TUBERIA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA EN HIDRAULICA

ESTUDIOS DE INGENIERIA
 TITULACION EN INGENIERIA EN HIDRAULICA

INTEGRANTES:
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]

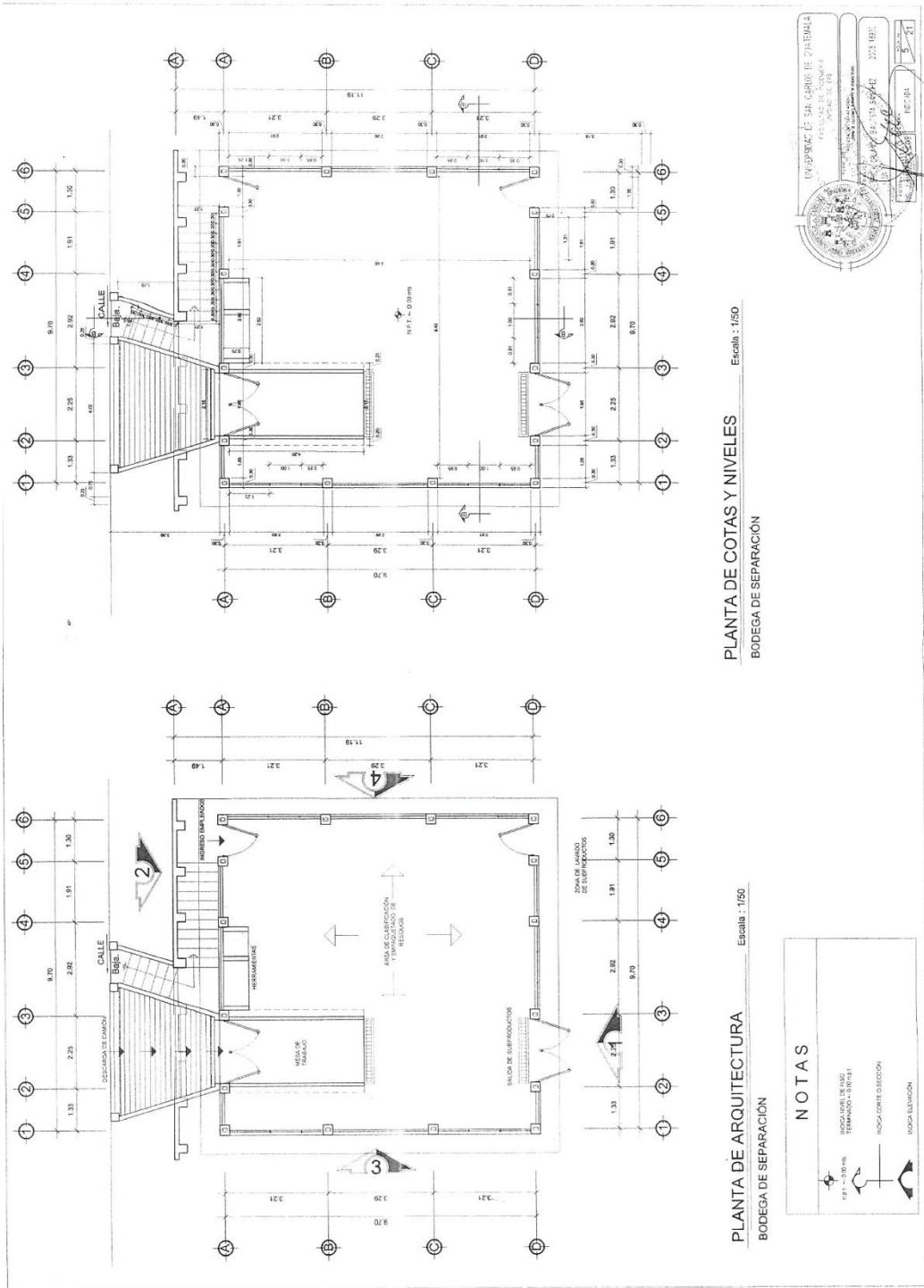
FECHA: [Redacted]

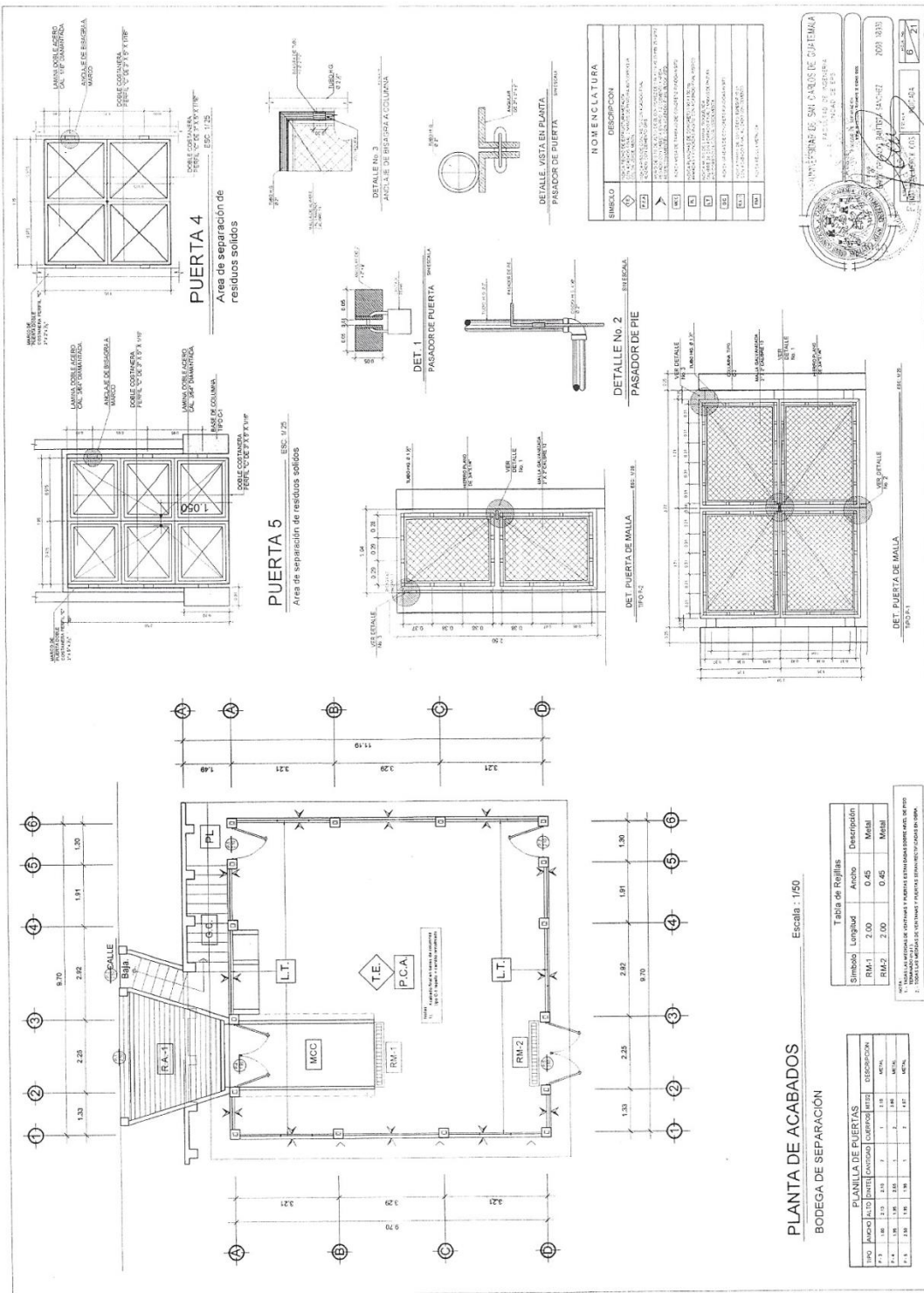
ENCARGADO:
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]

FECHA: [Redacted]

ENCARGADO:
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]
 NOMBRE Y APELLIDO: [Redacted]

PLANTA CONJUNTO INSTALACION HIDRAULICA.
 Relleno Controlado + Centro de Transferencia, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.





SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
RM-1	REJILLA DE ALUMINIO, 2,00 X 2,00 X 0,45
RM-2	REJILLA DE ALUMINIO, 2,00 X 2,00 X 0,45
LT	LAMPARAS DE TUBO FLUORESCENTE, 1,20 X 0,60
PL	PLACA DE ALUMINIO, 1,20 X 0,60
TE	TUBO DE CEMENTO, Ø 100
PCA	PLACA DE CEMENTO, 1,20 X 0,60

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil

Nombre: []

Matrícula: []

Fecha: []

Hoja: [] de []

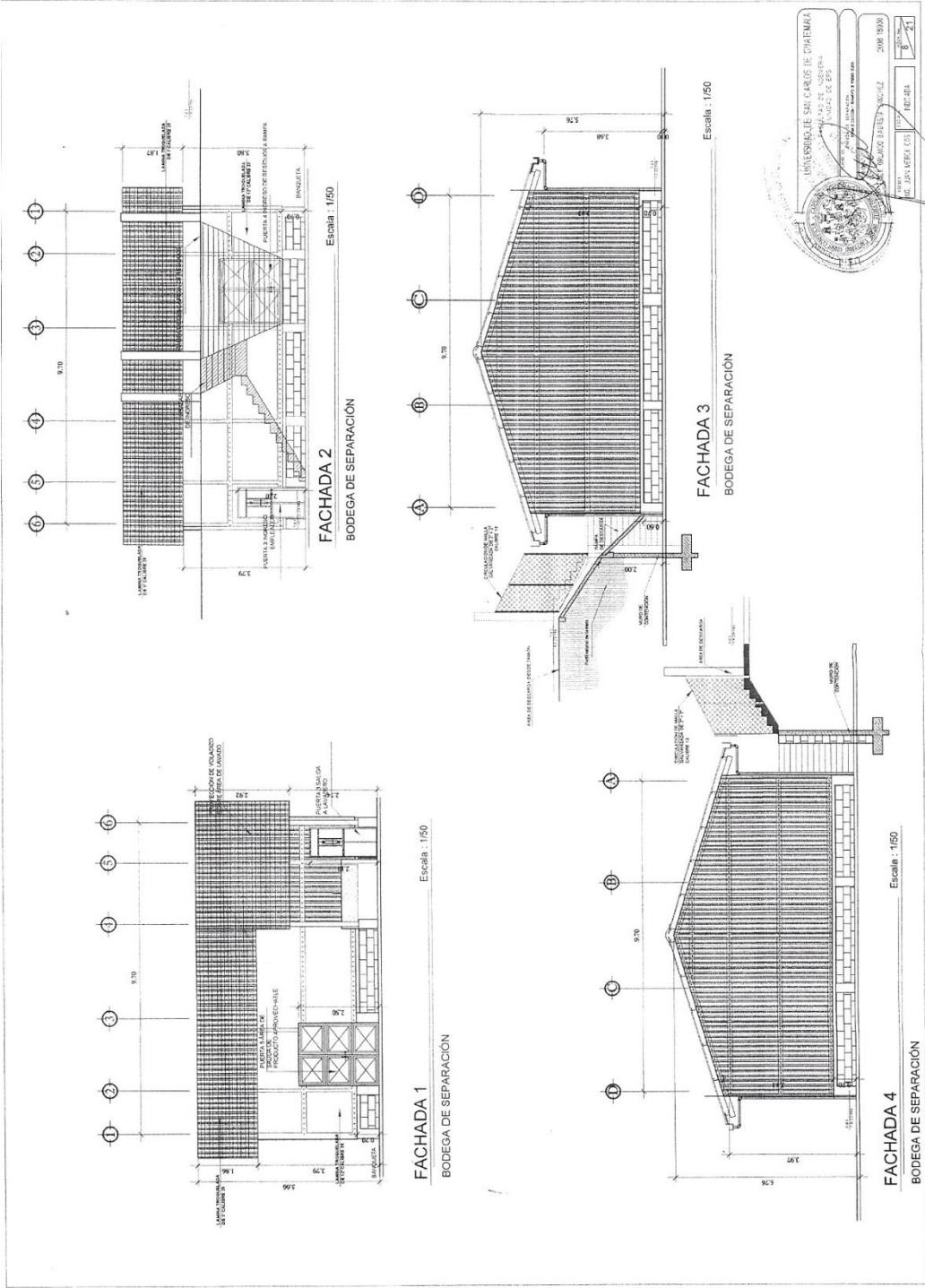
PLANTA DE ACABADOS
BODEGA DE SEPARACION

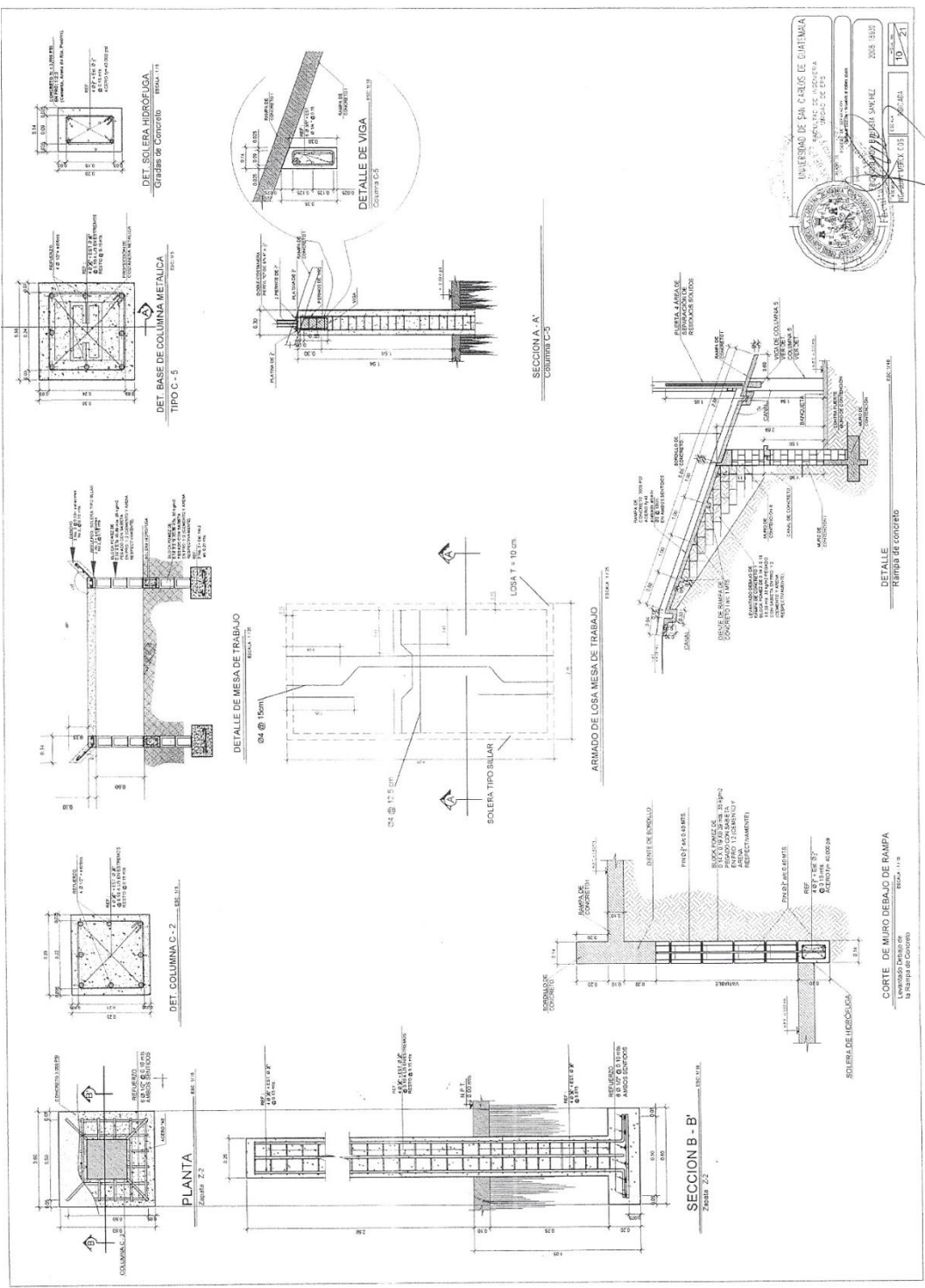
Escala: 1/50

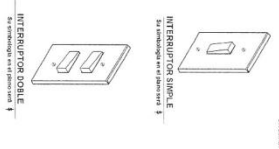
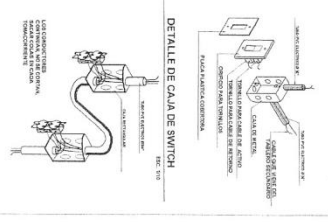
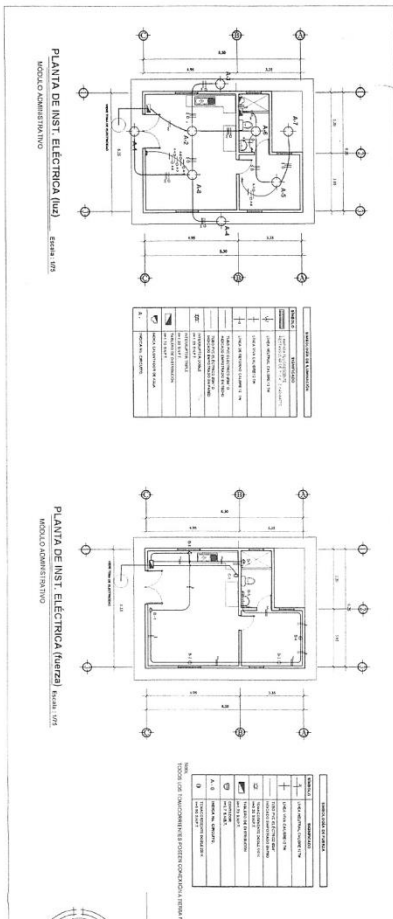
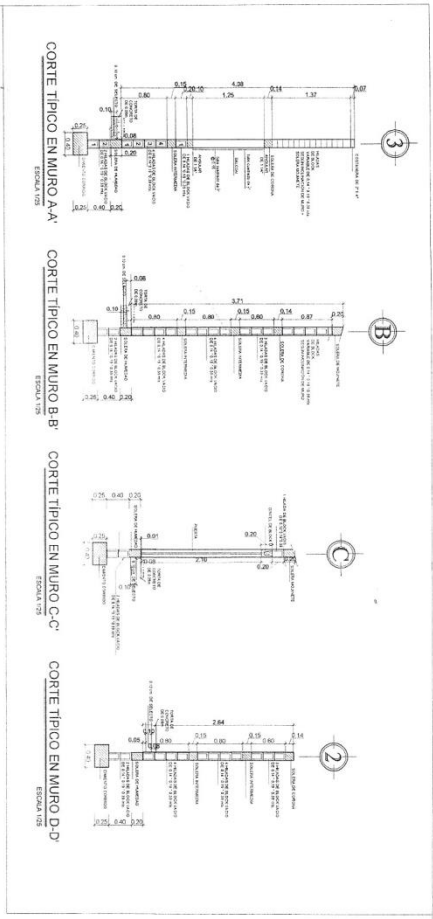
Tabla de Rejillas			
Símbolo	Longitud	Ancho	Descripción
RM-1	2,00	0,45	Metal
RM-2	2,00	0,45	Metal

PLANILLA DE PUERTAS			
TIPO	MATERIAL	ANCHO	DESCRIPCIÓN
P-1	METAL	2,00	1,10
P-2	METAL	2,00	1,10
P-3	METAL	2,00	1,10
P-4	METAL	2,00	1,10

NOTA: 1. DIMENSIONES EN METROS ESTADOUNIDENSES DE PROYECTO.
2. TODAS LAS PUERTAS DEBEN TENER UN PESO MÁXIMO DE 100 KG.







COMERCIALIZADORA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CALLE 100 # 100-100
BOGOTÁ, COLOMBIA
TEL: (01) 261 1000
FAX: (01) 261 1001
WWW.COMERCIALIZADORA.COM

PROYECTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
MÓDULO ADMINISTRATIVO
ESCALA 1/20
FECHA: 2008-10-21

