



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

**ANÁLISIS DE COSTO EN TUBERÍA PVC Y TUBERÍA POLIETILENO PARA
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CHARCAS ZONA 11,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Angel de Jesús López Luna

Asesorado por el Ing. Jorge Luis Briones Tello

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE COSTO EN TUBERÍA PVC Y TUBERÍA POLIETILENO PARA
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CHARCAS ZONA 11,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANGEL DE JESÚS LÓPEZ LUNA
ASESORADO POR EL ING. JORGE LUIS BRIONES TELLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Judith Pérez Loarca
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ANÁLISIS DE COSTO EN TUBERÍA PVC Y TUBERÍA POLIETILENO PARA
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CHARCAS ZONA 11,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de noviembre de 2016.

Angel de Jesús López Luna

Guatemala, 01 de Septiembre del 2020

Ingeniero
Juan Carlos Linares Cruz
Director de Área de Planeamiento
Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado **ANALISIS DE COSTO EN TUBERIA PVC Y TUBERIA POLIETILENO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CARCHAS ZONA 11, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, elaborado por el estudiante Angel de Jesús López Luna , que se identifica con carne 201020340, previo a obtener el título de ingeniero civil.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería y reconociendo la importancia del tema. Por lo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBARLO, agregando que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente



JORGE LUIS BRIONES TELLO
Ingeniero Civil
Colegiado No. 4312



Guatemala, 16 de septiembre de 2020
EIC-JP-010-2020/jcl

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

Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS DE COSTO EN TUBERÍA PVC Y TUBERÍA POLIETILENO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CARCHAS ZONA 11, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ángel de Jesús López Luna, quien contó con la asesoría del Ingeniero Jorge Luis Briones Tello.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz
Jefe Del Departamento de Planeamiento

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Cc: Estudiante Ángel de Jesús López Luna
Archivo





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Luis Briones Tello y del Coordinador del Área de Planeamiento Ing. Juan Carlos Linares Cruz al trabajo de graduación del estudiante Ángel de Jesús López Luna **ANÁLISIS DE COSTO EN TUBERÍA PVC Y TUBERÍA POLIETILENO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CHARCAS ZONA 11, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil

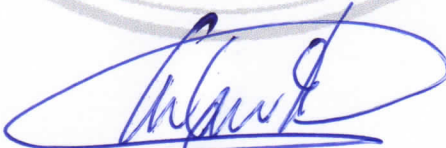
Guatemala, octubre 2021
/mrrm.



DTG.555.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE COSTO EN TUBERÍA PVC Y TUBERÍA POLIETILENO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA ANEXO LAS CHARCAS ZONA 11, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Angel de Jesús López Luna**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta en mi vida.
- Mis padres** Leonardo López Yoc, Flora Aida Luna Aquil. Por ser la luz que guía mi camino; nunca existirán palabras para expresar mi infinita gratitud.
- Mi hermana** Ana Aida López Luna. Por el apoyo incondicional brindado.
- Mis tíos** Cástulo, Adriana, María Leonor, Amadeo y Berta López Yoc, Miriam Concepción, Mirna Elizabeth y Oscar Estuardo Luna Aquil. Por ser una importante influencia en mi carrera.
- Mis primos** Selvin Eduardo Barrera Luna, Karen Lisbeth, Oswaldo Antonio y Brayan Ricardo Luna Franco, Ely Gregory Renee y Mirna Sloanía Bolos Luna. Por su cariño y por su confianza depositada en mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	La cual me brindo nuevos conocimientos durante el transcurso de la carrera.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera.
Mis amigos de la Facultad	Por el apoyo que me han brindado
Dios	Por todas las bendiciones derramadas en mi vida; por su inmenso amor al permitirme tener a mi familia
Ing. Jorge Luis Briones Tello	Por su guía, su asesoría y su colaboración como asesor y supervisor del trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
1.1. Aspectos generales	1
1.2. Antecedentes históricos.....	3
1.3. Localización.....	3
1.4. Límites y extensiones	4
1.5. Situación demográfica	5
1.6. Clima	6
1.7. Vías de acceso	8
2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	9
2.1. Topografía	9
2.1.1. Levantamiento geodésico y plano	10
2.1.2. Exactitud y precisión.....	12
2.2. Importancia de la nivelación	12
2.2.1. Levantamientos de primer, segundo y tercer orden	13
2.3. Ángulos, rumbos y azimuts.....	14
2.3.1. Azimuts	14
2.3.2. Rumbos	15

2.4.	Poligonales.....	15
2.4.1.	Poligonales cerradas.....	15
2.4.2.	Poligonales abiertas	16
2.5.	Periodo de diseño	16
2.5.1.	Cálculo de población de diseño.....	16
2.5.2.	Método geométrico.....	17
2.6.	Velocidad de flujo.....	17
2.7.	Tirante o profundidad	18
2.8.	Cálculo de caudales	18
2.8.1.	Caudal domiciliar	19
2.8.1.1.	Factor de retorno	19
2.8.1.2	Dotación	19
2.8.2.	Caudal de conexiones ilícitas	19
2.8.3.	Caudal comercial.....	20
2.8.4.	Caudal industrial.....	20
2.8.5.	Factor de caudal medio	21
3.	MEMORIA TÉCNICA DEL SISTEMA SANITARIO	23
3.1.	Cálculo hidráulico del sistema sanitario con PVC	25
3.2.	Cálculo hidráulico del sistema sanitario con polietileno.....	28
3.3.	Memoria técnica.....	31
4.	ANÁLISIS DE COSTO	35
4.1.	Presupuesto de mano de obra	35
4.2.	Presupuesto de materiales.....	38
4.3.	Memoria descriptiva	40
4.4.	Disposición final de los desechos y fluidos contaminados	42

CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIÓN.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47
APENDICE.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Límites de zona 11, limita con Mixco, zona 12 y zona 7.	1
2.	Límites de Las Charcas 1883.....	5
3.	Temperatura máxima y mínima promedio registrada durante el año	7
4.	Probabilidad diaria de precipitación.....	7
5.	Ingresos principales a la colonia Las Charcas	8

TABLAS

I.	Colonias que se registran en la zona 11	2
II.	Cálculo hidráulico del alcantarillado sanitario (PVC)	26
III.	Cálculo hidráulico de alcantarillado (polietileno)	28
IV.	Coeficiente de absorción del terreno para pozo de absorción.	31
V.	Presupuesto de mano de obra para tubería PVC	36
VI.	Presupuesto de mano de obra para tubería de polietileno.....	37
VII.	Presupuesto para tubería de PVC.	38
VIII.	Presupuesto para tubería de polietileno.....	39

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
PVC	Cloruro de polivinilo
°	Grados
l	Litros
m	Metro
m³	Metro cúbico
%	Porcentaje

GLOSARIO

ASTM	American Society of Testing Materials.
Bulevar	Calle ancha o avenida que generalmente posee un arriate central con árboles.
Caballería	Medida de superficie que fue utilizada por los españoles y sus colonias entre los siglos XV y XVI.
Convenio	Acuerdo entre ambas o más partes con base en una resolución premeditada de una o más personas.
Espesor	Se denomina así al grosor del elemento.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Límite	Es una línea q que divide dos terrenos, la cual puede ser imaginaria.
Precipitación	Caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.
PSI	Libras por pulgada cuadrada.
Quebrada	Paso abrupto y estrecho entre montañas.

Terreno Extensión de la tierra cuando está delimitada.

Tratamiento secundario Se utiliza para eliminar los contaminantes que provienen del tratamiento primario; estos contaminantes no son posibles removerlos en el primario.

UGC User generated Content.

RESUMEN

Anexo Las Charcas es una colonia que pertenece a la zona 11 de la Ciudad Capital. Es una de las 34 colonias registradas en dicha zona. La colonia reúne todas las características de climatología del departamento de Guatemala. Su historia trasciende desde el año 1873. En el gobierno de Jacobo Árbenz Guzmán, se establecieron los límites en las distintas zonas de la capital incluyendo la zona 11. La colonia está localizada en la parte surponiente de la ciudad. Las vías de acceso en los distintos puntos cardinales están limitadas por el Bulevar Principal de la colonia de San Cristóbal y la CA-9 (Calz. Raúl Aguilar Batres).

Actualmente, la colonia Anexo las Charcas cuenta con 40 viviendas, las cuales tienen un sistema de fosa séptica, la cual, durante años, le ha funcionado adecuadamente. Algunas fosas las han vaciado en algún momento, mientras otras no han llegado a su total capacidad.

Para poder mejorar la calidad de vida de los integrantes de la colonia, surge la idea de realizar el diseño de alcantarillado sanitario. Se analiza con dos tipos de tuberías y a través de mantener los parámetros de diseño. Por tanto, se realizó una comparación de costos de materiales y mano de obra.

La topografía será el medio utilizado para realizar las mediciones en distancias, direcciones y elevaciones (libreta topográfica). Para este diseño, se utilizó una topografía plana. Se realizó un levantamiento de primer orden, con una poligonal abierta. Pero también se consideraron otros aspectos como el periodo de diseño, población de diseño, la cual se realizó a futuro con el método geométrico; además, se mantuvieron las velocidades mínimas y máximas del flujo.

OBJETIVOS

General

Analizar los costos en la construcción de drenaje sanitario para la colonia Anexo Las Charcas zona 11, ciudad de Guatemala, con base en el diseño tradicional de PVC, en el análisis de tubería de polietileno, así realizar la presentación de la construcción del proyecto.

Específicos

1. Analizar en forma comparativa los costos de mano de obra del proyecto de drenaje sanitario para la colonia Anexo Las Charcas zona 11, ciudad de Guatemala, al usar tubería de PVC y polietileno.
2. Hacer un análisis comparativo de los costos de materiales del proyecto de drenaje sanitario para la colonia Anexo Las Charcas zona 11, ciudad de Guatemala.
3. Evaluar las opciones propuestas para el proyecto de drenaje, para luego proponer la mejor y la más factible económicamente, para la colonia Anexo Las Charcas zona 11, ciudad de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Todo ser humano debe tener una vida saludable. Para que esto sea posible, las personas deben estar mental y físicamente bien. La salud mental está en función de las emociones de las que se está rodeado; mientras que la salud físicamente, se relaciona con las condiciones adecuadas de vida.

Para poder alcanzar una salud físicamente estable, se debe contar con todos los servicios posibles. Uno de estos servicios, que es indispensable, es el alcantarillado sanitario; este consiste en una serie de redes de tuberías y obras complementarias que brindarán una recolección, conducción y evacuación de las aguas residuales que se producen en una vivienda, industria, comercio, entre otras.

Para este tipo de sistemas, se requieren estudios previos para poder efectuar el diseño de red. Es necesario conocer la topografía del terreno como también las viviendas actuales; por lo cual se realizó una proyección a futuro, pues se debe considerar que la población crece, esto conlleva un aumento de desperdicios considerable. Es evidente que el diseño varía en situaciones técnicas, como lo es el diseño hidráulico, profundidades de colocación de tubería, velocidades, especificaciones de construcción y otros.

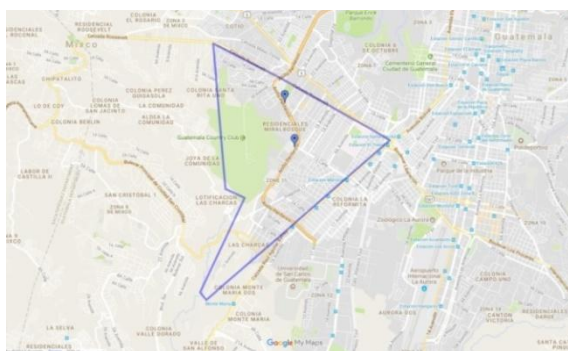
En el transcurso de los años, los diseños son más eficientes, ya que se han descubierto nuevas propiedades en los materiales, los cuales ofrecen menos resistencia a la conducción de las aguas servidas, lo que permite reducir el presupuesto en mano de obra y en materiales; además, siempre cumple con las velocidades de diseño para tener un arrastre de sólidos y evitar la abrasión del material.

1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

1.1. Aspectos generales

“Hace 65 años se realizó la distribución de zonas de la ciudad de Guatemala, incluida entre estas la zona 11. Es una de las 25 zonas en las que está dividida la Ciudad, esto, de acuerdo a lo establecido durante el periodo de Jacobo Árbenz en 1952. Dicha zona se ubica desde la calzada Roosevelt a la colonia Castañas, y de la calzada Raúl Aguilar Batres a la colonia Santa Rita.”¹ En la figura 1, se observa los límites de zona 11, la cual limita con Mixco, zona 12 y zona 7.

Figura 1. Límites de zona 11.



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

¹ VARGAS, Elmer, *La zona 11 tiene 65 años de estar instituida*. <http://guatenews.com/majadas-news/la-zona-11-65-anos-estar-instituida/>. Consulta: junio del 2020.

Aproximadamente, anexo Las Charcas tiene una extensión de 11 kilómetros cuadrados. Dentro de sus límites, tiene como puntos de referencias el centro del puente del Trébol hacia el occidente, por la calzada Roosevelt hasta la quebrada que se encuentra entre la 39 avenida y la colonia González. Hacia el sur, colinda con el río Pansalic; continúa la ruta del río hacia el suroriente, que se ubica entre la 36 y 37 calle, Hacia el oriente colinda con el centro de la calzada Raúl Aguilar Batres y llega al punto de partida. Dentro de los límites mencionados de dicha zona, se encuentran distintos usos de suelo, de los cuales se pueden mencionar usos industriales y comercios encontrados a lo largo de la calzada Roosevelt y Raúl Aguilar Batres.

La zona 11 es una de las más populares, pues en ella se encuentra: el Museo Miraflores, el centro comercial y el Hotel Tikal Futura, el Hospital Roosevelt, el Hospital Rodolfo Robles, el Sanatorio Hermano Pedro, varios centros comerciales y diferentes colonias (ver tabla I donde se mencionan las 34 colonias de la zona 11).

Tabla I. Colonias que se registran en la zona 11

No	Nombre	No	Nombre
1	Progreso	18	Angelândia
2	Las Charcas	19	Crédito Hipotecario
3	Granai y Townson I	20	Buenos Aires
4	Granai y Townson II	21	Toledo
5	Granai y Townson III	22	El Tesoro
6	El Mirador I	23	Arenales
7	El Mirador II	24	Sierra
8	Loma Linda I	25	Mariscal
9	Loma Linda II	26	Roosevelt
10	La Joya I	27	Vista Bella
11	La Joya II	28	Jardines de Utatlán II
12	Miraflores	29	San Antonio
13	Carabanchel	30	Inguansa
14	González	31	Ziguán Tinamit
15	Alvarado	32	Ballarini
16	Hugo Bendfeldt	33	Primavera
17	Del Periodista	34	Granai y Townson IV

Fuente: FLORES, Roció, *Evaluación del consumo de agua potable en la zona 11*. p. 17.

1.2. Antecedentes históricos

“Al inicio del siglo XIX, el único propietario de la finca era el señor Tadeo Piñol y Batres”². “Sus límites estaban de norte a sur desde el Trébol hasta el río Villalobos, (actualmente conocida como colonia Castañas); de oriente a occidente, desde la calle Real de Amatitlán (conocida en la actualidad como calzada Raúl Aguilar Batres) hasta Majadas, sobre el Anillo Periférico”³.

Después de su fallecimiento, dicho propietario heredó su territorio a sus dos hijos, Rafael y Manuel y a hija, Luz, quienes, al tomar la parte que les correspondía, decidieron darles distintos usos. La parte de Rafael, que rodea de la 13 calle hacia los límites del río Villalobos, fue heredada a sus tres hijos. Rafael decidió vender parte de su herencia a la compañía de Agua Mariscal y otra parte a Otto Dorion; la que corresponde a la colonia Mariscal. A Carmen, le corresponde la parte de Hidrocarburos y Novicentro. Federico y Manuel Piñol Ramírez realizaron lotificaciones conjuntamente con el Banco Granai Townson. De esa lotificación, surgen las colonias Granai I, II, III y IV. Los terrenos donde se ubican los Hospitales Rodolfo Robles y Hermano Pedro fueron donados por ellos. En la actualidad, lo que se conserva es la mínima fracción de Las Charcas que ocupa los terrenos de la Parroquia El Espíritu Santo, del parque ecológico Eco Aventura hasta colindar con el puente de San Cristóbal.

1.3. Localización

“Las Charcas está localizada en la parte surponiente de la ciudad de Guatemala. Colinda de la siguiente manera: hacia el norte limita con la 32 calle

² CEFOL. *Tradición y devoción guadalupana en la colonia Las Charcas, ciudad de Guatemala*. p. 157-191.

³ CHAJÓN FLORES, Aníbal. *Crónicas de asunción: datos para la historia de la ciudad de Guatemala*. p. 216.

zona 11; al sur, con la 37 calle zona 11; al este, con la calzada Raúl Águila Batres y al oeste, con la ciudad de San Cristóbal y el río plátanos”⁴.

1.4. Límites y extensiones

Con base en los datos del Archivo General de Centro América⁵, en el año 1873, el terreno llamado Las Charcas o sitio de Gastañaza, (Castañaza), presentado por el infrascrito agrimensor conforme a la medida practicada por él mismo, en virtud de comisión dada por el Juzgado Segundo de Primera Instancia, el terreno contenía un área de 26 caballerías, cinco manzanas y mil ochocientas noventa y seis varas cuadradas, con exclusión del Rincón del Espino. En 1883 Las Charcas comprendía los siguientes lindero: al sur con el Guarda Viejo, al tomar la ladera que separaba los terrenos de Emilio Gálvez y Pamplona hasta la puerta del Portillo; al oeste, desde la ladera que divide los terrenos del Portillo; al oeste desde la ladera que divide los terrenos del Portillo y el potrero del Espino hasta el camino Real que conduce a Amatitlán y al norte, desde el mismo Guarda Viejo, hacia el camino Real de Amatitlán. En la figura 2, se observan los límites.

⁴ CEFOL. *Tradición y devoción guadalupana en la colonia Las Charcas, ciudad de Guatemala*. p. 157-191.

⁵ Archivo General de Centro América, en lo sucesivo AGCA. *Fondo de Tierras, departamento de Guatemala*, paquete 4 expediente 3, título del documento: Susana Batres de Piñol “Las Charcas”, Guarda Viejo, Guatemala 1886, folio 12.

Figura 2. Límites de Las Charcas 1883



Fuente: Fondo de Tierras, *límites de las Charcas 1883*, Guatemala, paquete 35 expediente 6, título del documento: Rafael Piñol “Las Charcas” y anexos.

1.5. Situación demográfica

“Las Charcas fue habitada por campesinos llamados rancheros, mozos o jornaleros, quienes vivieron en casas donde podían tener ganado o realizar alguna siembra de trigo, maíz y otras legumbres, pues tenían la cercanía con pueblos poqomames como Mixco y Petapa”⁶.

En el siglo XIX, las características topográficas, donde predominaba la vegetación, también la formaban algunas lagunillas secas, que fueron desapareciendo conforme el paso de los años. Actualmente, Las Charcas es una colonia sobresaliente de clase media y alta, ya que tiene espacios para casas, apartamentos con amplio movimiento mercantil (centros comerciales, oficinas, hospitales, clínicas médicas, empresas), centros educativos (colegios,

⁶ CEFOL. *Tradición y devoción guadalupana en la colonia Las Charcas, ciudad de Guatemala*. p. 157-191.

institutos, academias y centro de capacitación técnica) y espacios religiosos (iglesias y centros de formación).

1.6. Clima

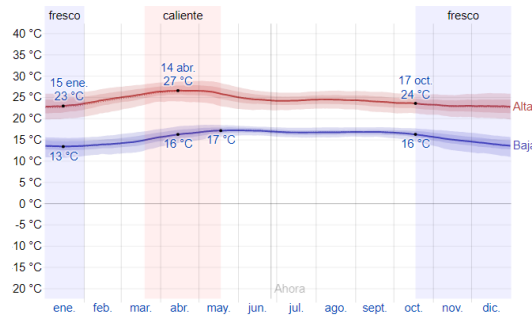
“El clima de la zona 11 mantienen los mismos valores que se registran en la ciudad de Guatemala”⁷, es decir que prevalecen dos temporadas, las cuales son: temporada lluviosa y seca. La temporada lluviosa se presenta a finales del mes de mayo hasta los primeros días del mes de noviembre. Por lo general, en estos meses, se presenta nubosidad. Mientras que la temporada seca ocurre en el mes de noviembre hasta principios del de mayo; en esta temporada se presentan cielos despejados. “Por lo general, la temperatura oscila entre 13 °C a 27 °C durante el año”⁸.

Existe una temporada templada que dura alrededor de dos meses; está comprendida entre el 19 de Marzo al 18 de Mayo. En este periodo, se tiene una temperatura máxima promedio diaria de 26 °C. El 14 de Abril es el día más caluroso del año; registra una temperatura promedio, máxima y mínima, de 27 °C y 16 °C. También se registra una temporada fresca, la cual tiene una duración de 3.4 meses y está comprendida entre el 17 de octubre al 1 de febrero. En esta temporada, se tiene valores de temperatura promedio, máxima y mínima, de 23 °C y 13 °C. En la figura 3, se muestra el comportamiento de la temperatura durante el año.

⁷ AJA FLORES, Rocío Ivette. *Evaluación del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010*. p. 18.

⁸WEATHER Spark. *El clima promedio en Ciudad de Guatemala*. <https://es.weatherspark.com/y/11693/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Guatemala-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>. Consulta: Junio 2020

Figura 3. **Temperatura promedio, máxima y mínima, registrada durante el año**

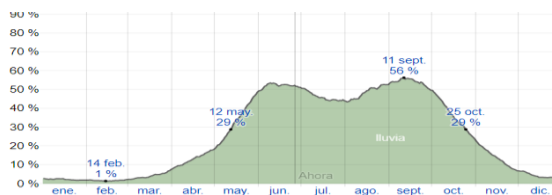


Fuente: Weather Spark. *Temperatura promedio, máxima y mínima.*

<https://es.weatherspark.com/y/11693/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Guatemala-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>. Consulta: Junio 2020.

Respecto a la precipitación, se registra que un día mojado tiene como mínimo un milímetro de precipitación. En Guatemala, la probabilidad varía bastante durante el año que se den días mojados. Se tienen análisis de que la temporada mojada se da entre el 12 de mayo al 25 de octubre, que equivale a 5,4 meses; se tiene la probabilidad de más de 29 % de serlo. Se obtiene la máxima el 11 de septiembre con un 56 % de probabilidad. La temporada seca, se registra entre el 25 de octubre al 12 de mayo, lo cual tiene una duración de 6,6 meses; esta genera una mínima probabilidad el 14 de febrero de 1 %. La observación de la figura 4 muestra la probabilidad diaria de precipitación.

Figura 4. **Probabilidad diaria de precipitación**



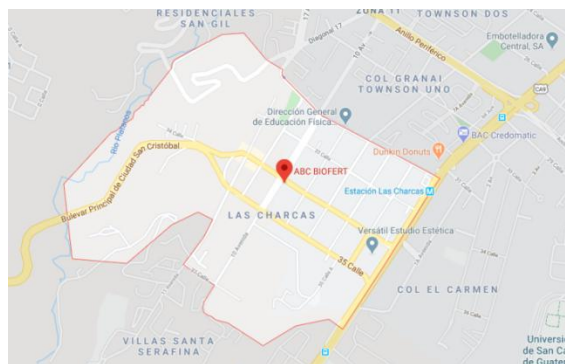
Fuente: Weather Spark, *probabilidad diaria de precipitación.*

<https://es.weatherspark.com/y/11693/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Guatemala-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>. Consulta: Junio 2020.

1.7. Vías de acceso

“Entre las vías principales de acceso a la colonia Las Charcas se puede mencionar que: del oeste hacia el este, se encuentra el Bulevar Principal de la Ciudad de San Cristóbal, Mixco. Mientras que de norte a sur, se puede ingresar por CA-9, conocida como la calzada Raúl Aguilar Batres”⁹. Una ruta alterna, de norte a sur, es la Diagonal 17 de la zona 11. En la figura 3, se pueden observar las principales vías de acceso.

Figura 5. Ingresos principales a la colonia Las Charcas



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

⁹ AJA FLORES, Rocío Ivette. *Evaluación del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010*. 203. p. 17.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Topografía

“Es la encargada de definir la posición de distintos puntos sobre la tierra o mostrar la representación física en un plano de una determinada porción de la superficie terrestre. Históricamente, se ha definido como ciencia aplicada. Pero generalmente, es definida como la disciplina que puede abarcar distintos métodos para poder reunir información de partes físicas de la tierra, que son de importancia para poder identificar los relieves, litorales y cauces de corrientes hídricas.”¹⁰

El término topografía proviene del griego topo (*topos*) que significa ‘lugar, región, sitio’ y grafía (*graphie*) que significa ‘descripción’. En ingeniería, es la técnica que se utiliza para establecer las dimensiones de la superficie terrestre. Se realizan mediciones de distancias, direcciones y elevaciones. Se obtienen también las líneas y niveles que se necesitan para la elaboración de la construcción en edificios, caminos, presas y otras estructuras. La topografía no solo se basa en mediciones en campo, también incluye cálculos de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, a la vez, se pueden realizar diagramas y planos necesarios.

Durante tiempos remotos, se ha utilizado la topografía; al principio se aplicó en las mediciones y en marcar límites de los derechos de propiedad. Con

¹⁰ RINCÓN VILLALBA, Mario Arturo; VARGAS VARGAS Wilson Ernesto; GONZÁLEZ VERGARA Carlos Javier. *Topografía conceptos y aplicaciones*. p. 1.

el transcurso del tiempo, se ha convertido en vital importancia, por la demanda de diversos mapas, planos y otros tipos de información relacionados espacialmente.

En la actualidad, la importancia de medir y monitorear el medioambiente se ha vuelto crítica, porque conforme crece la población, aumenta el valor de los bienes raíces. Los topógrafos actuales pueden medir y observar el planeta Tierra y sus recursos naturales, literalmente desde un punto de vista global, al utilizar las modernas tecnologías terrestres, aéreas y por satélite, así como las computadoras para el procesamiento de datos.

2.1.1. Levantamiento geodésico y plano

“Los levantamientos topográficos son clasificados en dos categorías generales: geodésicas y planos. La distinción principal consiste en hipótesis en las que se basan los cálculos, aunque las mediciones de campo para los levantamientos geodésicos se efectúan normalmente con mayor precisión que para el caso de los levantamientos planos”¹¹.

En la topografía geodésica, se tiene en cuenta la superficie curva de la Tierra. Se realizan los cálculos en un elipsoide (superficie curva aproximada al tamaño y forma de la Tierra). En la actualidad, es más común realizar cálculos geodésicos en un sistema tridimensional, con coordenadas cartesianas con centro en la Tierra. Los cálculos comprenden la solución de ecuaciones deducidas de la geometría del espacio y del cálculo diferencial. Los métodos

¹¹ ARAMENDIZ ZARATE, Farid; OVALLE CADENA, Miguel Angel. *Levantamiento topográfico del barrio Villas del Diamante de la localidad de Suba # 11 de Bogotá d.c, con destino a la Secretaría Distrital del Hábitat.* <https://1library.co/document/oy8d4l2z-levantamiento-topografico-diamante-localidad-bogota-secretaria-distrital-habitat.html>.

geodésicos se emplean para determinar las ubicaciones relativas de señalamientos, separados por una gran distancia y para calcular longitudes y direcciones de líneas extensas entre ellos. Estos señalamientos sirven de base y como referencia para otros levantamientos subordinados de menor magnitud.

En los inicios de los levantamientos geodésicos, se empleaban esfuerzos enormes para poder realizar la medición con exactitud de ángulos y distancias. Los ángulos se observan usando teodolitos precisos, emplazados en el terreno. Las distancias se medían usando cintas especiales hechas de metal, con un bajo coeficiente de expansión térmica. A partir de estas mediciones básicas, se calculaban las posiciones relativas de los señalamientos. Posteriormente, se usaron instrumentos electrónicos para observar los ángulos y las distancias. Aun cuando algunas veces todavía se usan estos últimos tipos de instrumentos en la topografía geodésica, el nuevo sistema de localización global (GPS) ha reemplazado casi completamente a otros instrumentos para estos nuevos tipos de levantamientos. El GPS puede proporcionar las posiciones necesarias con mucho mayor grado de exactitud, velocidad y economía. Los receptores del GPS permiten la localización precisa de las estaciones de la Tierra, al observar las distancias a los satélites que operan en posiciones conocidas a lo largo de sus órbitas.

En la topografía plana, excepto en nivelaciones, se supone que la base de referencia para los trabajos de campo y los cálculos es una superficie horizontal plana. La dirección de una plomada (y en consecuencia la gravedad) se considera paralela en toda la región del levantamiento, y se deduce que todos los ángulos que se miden son planos. Para áreas de tamaño limitado, la superficie del enorme elipsoide es en realidad plana. Por lo tanto, es evidente que, exceptuando levantamientos que abarcan áreas muy extensas, la Tierra se puede observar como una superficie plana, lo que permite simplificar los

cálculos y la técnica. En general, en los cálculos de topografía plana, se usan el álgebra, la geometría plana y la analítica, así como la trigonometría plana.

2.1.2. Exactitud y precisión

“Los términos exactitud y precisión son utilizados constantemente en la topografía, sin embargo, es difícil entender su significado correcto.”¹²

La exactitud describe el grado de perfección que se obtiene en las mediciones. Representa qué tan cerca se encuentra la medición determinada de un valor verdadero de la magnitud.

La precisión: es el grado de refinamiento con el que se mide una determinada cantidad. En otras palabras, es la cercanía de la medición a otra. Si se mide una cantidad varias veces y los valores que se obtienen son muy cercanos entre sí, se dice que la precisión es alta.

No significa necesariamente que una mejor precisión es mayor exactitud. Es posible que el topógrafo obtenga exactitud y precisión, al tener el cuidado y la paciencia adecuada para poder realizar un buen procedimiento y un buen uso de los instrumentos.

2.2. Importancia de la nivelación

Las nivelación es tan importante que no se puede realizar un proyecto de construcción en el que no sea crítico este proceso, debido a que es de gran importancia en todo tipo de proyectos, desde terraplenes de una granja o la

¹² MCCORMAC Jack. *Topografía*. p. 14.

construcción de un simple muro, hasta la construcción de proyectos de drenaje o de los edificios más grandes y los puentes más largos.

2.2.1. Levantamientos de primer, segundo y tercer orden

Los levantamientos son clasificados en levantamientos de primer, segundo y tercer orden, los cuales se mencionan a continuación en orden descendente, en cuanto a los requerimientos de precisión:

- Los levantamientos de primer orden se realizan para obtener la red principal de control nacional. Los levantamientos de área metropolitana y los estudios científicos son levantamientos de gran precisión, utilizados en defensa militar, en proyectos sofisticados de ingeniería, presas, túneles y en estudios de movimientos regionales de la corteza terrestre.
- El levantamiento de segundo orden tienen una precisión un poco menor que los de primer orden. Se utilizan para conjuntar la base de datos de la red nacional y para contar con la información necesaria para el control metropolitano (se le utiliza en el control de límites de las mareas, en grandes obras de construcción, en carreteras interestatales, en el monitoreo de movimientos de la corteza, en renovación urbana y en presas pequeñas).
- El levantamiento de tercer orden son un poco menos precisos que los de segundo orden. Son levantamientos de control general referido a la red nacional (se utilizan para levantamientos locales de control, en proyectos pequeños de ingeniería, en mapas topográficos a pequeña escala y en levantamientos limítrofes).

El National Geodetic Survey establece estaciones de control vertical de primero y segundo orden, separadas por distancias de 1 km, en retículas cuadradas interrelacionadas que tienen entre 50 y 100 km por lado. Otras dependencias gubernamentales (federales, estatales y municipales) pueden establecer controles verticales de orden inferior. Para este orden, se puede decir que una mojonera es utilizada como banco de nivel, la cual generalmente es de concreto con un disco de bronce integrado.

2.3. Ángulos, rumbos y azimuts

La determinación de puntos y la orientación de líneas dependen, con frecuencia, de la medida de ángulos y direcciones. En topografía, las direcciones se expresan por rumbos y azimutes. Los ángulos que se miden en topografía se clasifican en horizontales o verticales, según el plano en que se midan. Los ángulos horizontales son las medidas básicas que se necesitan para determinar rumbos y azimutes, Los ángulos verticales se usan en la nivelación trigonométrica, con estadía y para reducir las distancias inclinadas con respecto a la horizontal¹¹.

2.3.1. Azimuts

Un término común para establecer la dirección de una línea es el azimut. El azimut de una línea se define como el ángulo medido en el sentido de las manecillas del reloj, desde el extremo norte o sur del meridiano de referencia hasta la línea en cuestión. En los levantamientos planos ordinarios, los azimutes se miden, por lo general, con respecto al extremo norte del meridiano. La magnitud de un azimut varía entre 0° y 360° . Cada línea tiene dos azimutes (directo e inverso). Sus valores difieren 180° entre sí, dependiendo del extremo de la línea que se está considerando.

2.3.2. Rumbos

Otro método para describir la dirección de una línea consiste en indicar su rumbo. El rumbo de una línea se define como el ángulo más pequeño que forma esa línea con el meridiano de referencia. Su valor no puede exceder 90°. De esta manera, los rumbos se miden en relación con los extremos norte o sur del meridiano y se colocan en uno de los cuadrantes, por lo que tienen valores con direcciones como NE, NW, SE o SW.

2.4. Poligonales

Wolf y Ghilan ¹³, señalaron que las poligonales son una serie de líneas consecutivas, cuyos extremos se han marcado en el campo, así como sus longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo. El trazo de una poligonal, la cual establece las estaciones, es uno de los procedimientos fundamentales y más utilizados en la práctica para determinar la ubicación relativa entre puntos en el terreno.

Hay dos tipos básicos de poligonales: la cerrada y la abierta. Existen dos categorías de poligonales cerradas; el polígono y la línea.

2.4.1. Poligonales cerradas

Una poligonal cerrada es cuando las líneas regresan al punto de partida, y se forma, así, una figura cerrada (geométrica y matemáticamente cerrada). Las líneas terminan en otra estación que tiene una exactitud de posición igual o mayor que la del punto de partida. Las del tipo de líneas (geoméricamente

¹³ WOLF, Paul R.; GHILANI Charles D. *Topografía*. p. 3.

abiertas, matemáticamente cerradas), deben tener una dirección de referencia para el cierre. Las poligonales cerradas proporcionan comprobaciones de los ángulos y de las distancias medidas. Se emplean extensamente en levantamientos de control, para construcción de propiedades y topográficos.

2.4.2. Poligonales abiertas

Una poligonal abierta (geométrica y matemáticamente abierta) consta de una serie de líneas unidas, pero estas no regresan al punto de partida ni cierran en un punto con igual o mayor orden de exactitud. Las poligonales abiertas deben evitarse, porque no ofrecen medio alguno de verificación por errores y equivocaciones. Si deben usarse, las mediciones deben repetirse cuidadosamente para evitar las equivocaciones.

2.5. Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo durante el cual una obra va a prestar un servicio eficiente; por supuesto que este tiempo se empieza a contar a partir de la puesta en operación del sistema, hasta que, por falta de capacidad, sobrepasa las condiciones dadas para el proyecto. Para redes de distribución, es conveniente tomar un tiempo entre 15 – 20 años. Se debe tener en cuenta que, para equipos componentes de un sistema, se tienen establecidos periodos de diseño, obtenidos en función del número de horas de trabajo.

2.5.1. Cálculo de población de diseño

Para poder realizar el cálculo de población futura, se han utilizado los siguientes métodos: método aritmético, método exponencial y el método

geométrico, Su uso depende del tipo de población y también de las condiciones socioeconómicas de los habitantes.

2.5.2. Método geométrico

Este método se realiza a través de la siguiente ecuación:

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

Donde:

P_f = Población futura

P_o = Población actual

n = Periodo de diseño

r = Tasa de crecimiento poblacional

2.6. Velocidad de flujo

Las alcantarillas deben ser diseñadas de modo que la velocidad mínima del flujo sea de 0,60 m/s. Cuando no se cumpla con la velocidad mínima, se proporcionará una pendiente adecuada, para que la velocidad mínima cumpla con la normada.

La velocidad mínima se fija con el efecto de que no ocurra la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión, pueden provocar daño a la tubería por efectos abrasivos y de impacto, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 3,00 m/s.

2.7. Tirante o profundidad

Uno de los factores más importantes, en las tuberías de sección circular, es la profundidad del flujo o tirante, que define el comportamiento del agua y los sólidos que fluyen por el sistema. Se puede notar que la velocidad máxima está directamente relacionada con el diámetro y ocurre cuando la profundidad del flujo o tirante es aproximadamente $0,8 \cdot D$; por lo que, generalmente, los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo tenga un alcance mínimo de $0,1$ diámetro y un máximo alcance en una altura de $0,75$ a $0,8$ del diámetro

2.8. Cálculo de caudales

En los sistemas sanitarios, el caudal de diseño será determinado de acuerdo con lo siguiente:

La población tributaria será calculada según el número de habitantes al final del periodo de diseño. El caudal medio diario se calculará con una contribución mínima la cual es la dotación, al considerar la población de diseño. En cada caso, se harán consideraciones con el fin de establecer, si es necesario, la adopción de un caudal mayor, por existir industrias o centros turísticos, entre otros.

El caudal de hora máximo es el de agua potable, estimado para la hora de máximo consumo. El caudal máximo de origen doméstico será calculado para cada tramo, con base en el número de conexiones futuras que contribuyan al tramo.

2.8.1. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido usada por los humanos para limpieza o para la producción de alimentos; esta es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, es decir que el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro del agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras, como los jardines y lavado de vehículos.

$$Q \text{ dom.} = (\text{población} * \text{dotación} * \text{factor retorno}) / 86\ 400$$

2.8.1.1. Factor de retorno

Es el porcentaje de la dotación que retorna al alcantarillado; este oscila entre el 75 % y 90 %. En este caso, se tomó un factor de retorno al sistema de 75 %.

2.8.1.2. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante al día (l/hab/día). Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo. Se trabajó con una dotación de 200 l/hab/día, la cual es asignada por el INFOM.

2.8.2. Caudal de conexiones ilícitas

Es la cantidad de agua de lluvia que se introduce al drenaje, pero proviene, principalmente, de algunos usuarios que las bajadas de aguas

pluviales al sistema. Estas conexiones deben evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos, patios y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. El caudal de conexiones ilícitas se calcula a través del siguiente método:

- Método racional

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

Q = el caudal de conexiones ilícitas

C= coeficiente de escorrentía que depende de la superficie

I = la intensidad de lluvia en el área en mm/hora

A = área en hectáreas

2.8.3. Caudal comercial

Es la cantidad de agua que producen los comercios como comedores, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación para un comercio dependerá según su actividad, el rango varía entre 600 – 3000 l/ comercio/días.

$$Q_c = \frac{\text{Número de Comercio} * \text{Dotación}}{86\ 400}$$

2.8.4. Caudal industrial

Es la cantidad de agua que puede producir una industria, entre ellos: fábricas textiles, licoreras, alimentos y otras. La dotación para una industria dependerá de su actividad; el rango varía entre 1 000 – 18 000 l/ industria/día.

$$Q_i = \frac{\text{Número de Industria} * \text{Dotación}}{86\ 400}$$

2.8.5. Factor de caudal medio

Con la suma de todos los caudales, se obtiene lo que se conoce como caudal medio (Q medio) de toda el área que se desea drenar. Con la población a futuro y el caudal medio, se puede obtener el factor de caudal medio, el cual se encuentra entre el rango de 0,002 – 0,005; si el valor obtenido se encuentra fuera del rango, se tomará el valor más cercano.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{industrial}} + Q_{\text{Conexiones ilícitas}} + Q_{\text{Infiltración}}$$

$$fqm = \frac{Q_{\text{medio}}}{\# \text{ hab.}}$$

$$0,002 < fqm < 0,005$$

3. MEMORIA TÉCNICA DEL SISTEMA SANITARIO

Se llevó a cabo el diseño de la colonia Anexo Las Charchas, ubicada en la zona 11 de la ciudad capital de Guatemala.

Proyección de población a futuro

$$P_f = P_o(1 + r)^n$$
$$P_f = 200(1 + 0,03)^{20}$$
$$P_f = 361,22 \cong 365 \text{ hab.} = 73 \text{ viviendas}$$

Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{Número de habitantes} * Fr}{86\ 400}$$
$$Q_{dom} = \frac{120 \frac{\text{hab.}}{\text{día}} * 365 \text{ hab.} * 0,75}{86\ 400} = 0,382 \text{ l/s}$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{infi} = \text{factor de infiltración} * \frac{\text{Longitud de tubería} + \text{Número de casas} * 6}{86\ 400 * 1000}$$
$$Q_{infi} = 14000 \frac{\text{Lts l}}{\text{km día}} * \frac{528 + 73 * 6}{86\ 400 * 1000} = 0,1565 \text{ l/s}$$

Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{ilicitas} = \frac{\text{factor de conexiones} * \text{Número de habitantes}}{86\ 400}$$

$$Q_{ilicitas} = \frac{50 \frac{l}{hab.}/\text{día} * 365\ hab}{86\ 400} = 0,2112\ l/s$$

- Caudal comercial

$$Q_c = \frac{\text{Número de Comercios} * \text{Dotación}}{86\ 400}$$

$$Q_c = \frac{2 * 600\ l/\text{comercio}/\text{día}}{86\ 400} = 0,0139\ l/s$$

- Caudal industrial

$$Q_i = \frac{\text{Número de Industrias} * \text{Dotación}}{86400}$$

$$Q_i = \frac{1 * 3000\ l/\text{industria}/\text{día}}{86\ 400} = 0,0694\ l/s$$

- Caudal medio

$$Q_m = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ili} + Q_{ind} + Q_{com}$$

$$Q_m = 0,3802 + 0,1565 + 0,2112 + 0,0139 + 0,0694 = 0,8312\ l/s$$

- Factor de caudal medio

$$f_{qm} = \frac{Q_m}{\text{Número de habitantes.}}$$

$$f_{qm} = \frac{0,8312\ l/s}{365\ hab.} = 0,002$$

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

Para el diseño del alcantarillado, se consideró un factor de caudal medio de 0,0046, porque en la colonia no se tiene una medida promedio de lote, con un periodo de diseño a 20 años. Se maneja una tasa de crecimiento de 3 %.

Los resultados del cálculo hidráulico para todos los ramales se presentan en la tabla II para el PVC, y la tabla III, para el polietileno, lo cual varía por su rugosidad.

3.1. Cálculo hidráulico del sistema sanitario con PVC

En base a la topografía proporcionada se realiza el cálculo hidráulico, teniendo en cuenta todos los conceptos antes mencionados para poder chequear velocidades de diseño, teniendo en cuenta que para este cálculo está basado en un material de PVC.

Tabla II. Cálculo hidráulico del alcantarillado sanitario (PVC)

De	A	Cota de terreno		Dh	S% terr	Vivienda		N° Hab		F.H		Q diseño		Diam. int.	Diam. Pozo	Lon.		
		Inicio	Final			Local	Acum.	Act.	Fut	Act.	Fut	Act.	Fut					
PV1	PV2	1475,14	1474,14	50	2,00	4	0	20	36,1	40	4,380	4,333	0,403	0,797	8	7,87	1,2	49
PV2	PV3	1474,14	1473,63	54	0,94	3	7	35	63,2	65	4,344	4,290	0,699	1,283	8	7,87	1,2	53
PV3	PV4	1473,63	1473,14	60	0,82	5	12	60	108,4	110	4,298	4,232	1,186	2,141	8	7,87	1,2	59
PV4	PV5	1473,14	1473,15	7	-0,14	0	27	135	243,8	245	4,206	4,115	2,612	4,637	8	7,87	1,2	58
PV5	PV6	1473,15	1472,44	33	2,15	2	35	175	316,1	345	4,169	4,052	3,356	6,430	8	7,87	1,2	32
PV6	PV7	1472,44	1471,45	34	2,91	1	36	180	325,1	355	4,164	4,046	3,448	6,608	8	7,87	1,2	33
PV7	PV8	1471,45	1470,24	51	2,37	1	37	185	334,1	365	4,160	4,041	3,540	6,784	8	7,87	1,2	50
PV9	PV10	1479,90	1475,13	61	7,82	8	0	40	72,2	75	4,333	4,276	0,797	1,475	8	7,87	1,2	60
PV10	PV5	1475,13	1473,15	57	3,47	0	15	75	135,5	140	4,276	4,201	1,475	2,705	8	7,87	1,2	56
PV11	PV10	1473,93	1475,13	60	-2,00	7	0	35	63,2	65	4,344	4,290	0,699	1,283	8	7,87	1,2	59
PV12	PV13	1474,75	1473,95	40	2,00	6	0	30	54,2	55	4,355	4,306	0,601	1,089	8	7,87	1,2	39
PV13	PV5	1473,95	1473,15	40	2,00	3	9	45	81,3	85	4,324	4,262	0,895	1,667	8	7,87	1,2	39

Continuación de la tabla II.

S% tub.	Vel	Área	Q dis (m3/s)	Q dis (l/s)	Rel q/Q		Rel v/V		vel		Rel d/D		Cotas invert		Profundidad		Excava ción
					Act.	Fut	Act.	Fut	Act.	Fut	Act.	Fut	Inicio	Final	Inicio	Final	
2,60	2,19	0,031	0,069	68,65	0,006	0,012	0,273	0,337	0,60	0,74	0,055	0,076	1473,72	1472,45	1,42	1,69	46,63
1,60	1,72	0,031	0,054	53,86	0,013	0,024	0,348	0,419	0,60	0,72	0,080	0,107	1472,42	1471,58	1,719	2,05	61,11
1,10	1,42	0,031	0,045	44,65	0,027	0,048	0,433	0,517	0,62	0,74	0,113	0,150	1471,55	1470,90	2,08	2,24	77,83
0,55	1,01	0,031	0,032	31,58	0,083	0,147	0,606	0,715	0,61	0,72	0,195	0,259	1470,87	1470,84	2,27	2,31	9,62
0,40	0,86	0,031	0,027	26,93	0,125	0,239	0,699	0,821	0,60	0,70	0,249	0,333	1470,81	1470,68	2,34	1,76	40,61
2,70	2,23	0,031	0,070	69,96	0,049	0,094	0,531	0,630	1,19	1,40	0,157	0,208	1470,65	1469,76	1,79	1,69	35,44
2,00	1,92	0,031	0,060	60,21	0,059	0,113	0,560	0,663	1,07	1,27	0,171	0,227	1469,73	1468,74	1,72	1,50	49,21
7,98	3,83	0,031	0,120	120,2	0,007	0,012	0,286	0,345	1,10	1,32	0,059	0,079	1478,37	1473,60	1,53	1,53	56,00
0,85	1,25	0,031	0,039	39,25	0,038	0,069	0,480	0,574	0,60	0,72	0,133	0,178	1471,76	1471,28	3,37	1,87	104,46
1,60	1,72	0,031	0,054	53,86	0,013	0,024	0,348	0,419	0,60	0,72	0,080	0,107	1472,73	1471,79	1,20	3,34	95,36
2,06	1,95	0,031	0,061	61,11	0,010	0,018	0,322	0,383	0,63	0,75	0,071	0,093	1473,55	1472,75	1,20	1,20	28,79
2,06	1,95	0,031	0,061	61,11	0,015	0,027	0,362	0,436	0,70	0,85	0,085	0,114	1472,20	1471,40	1,75	1,75	41,97

Fuente: elaboración propia.

3.2. Cálculo hidráulico del sistema sanitario con polietileno

En base a la topografía proporcionada se realiza el cálculo hidráulico, teniendo en cuenta todos los conceptos antes mencionados para poder chequear velocidades de diseño, teniendo en cuenta que para este cálculo está basado en un material de polietileno el cual baria con el anterior calculo en base a su rugosidad.

Tabla III. Cálculo hidráulico de alcantarillado (polietileno)

De	A	Cota de terreno		Dh	S% terr	Vivienda		No Hab		F.H		Q diseño		Diam. int.	Diam. Pozo	Lon.		
		Inicio	Final			Local	Acum.	Act.	Fut	Act.	Fut	Act.	Fut				Act.	Fut
PV1	PV2	1475,14	1474,14	50	2,00	4	0	20	36,1	40	4,380	4,333	0,403	0,797	8	7,87	1,2	49
PV2	PV3	1474,14	1473,67	54	0,87	3	7	35	63,2	65	4,344	4,290	0,699	1,283	8	7,87	1,2	53
PV3	PV4	1473,67	1473,14	60	0,88	5	12	60	108,4	110	4,298	4,232	1,186	2,141	8	7,87	1,2	59
PV4	PV5	1473,14	1473,15	7	-0,14	0	22	110	198,7	245	4,232	4,115	2,141	4,637	8	7,87	1,2	5,8
PV5	PV6	1473,15	1472,44	33	2,15	2	30	150	270,9	345	4,191	4,052	2,892	6,430	8	7,87	1,2	32
PV6	PV7	1472,44	1471,45	34	2,91	1	31	155	279,9	355	4,186	4,046	2,985	6,608	8	7,87	1,2	33
PV7	PV8	1471,45	1470,24	51	2,37	1	32	160	289,0	365	4,182	4,041	3,078	6,784	8	7,87	1,2	50
PV9	PV10	1479,90	1475,13	61	7,82	8	0	40	72,2	75	4,333	4,276	0,797	1,475	8	7,87	1,2	60
PV10	PV5	1475,13	1473,15	57	3,47	0	15	75	135,5	140	4,276	4,201	1,475	2,705	8	7,87	1,2	56
PV11	PV10	1473,93	1475,13	60	-2,00	7	0	35	63,2	65	4,344	4,290	0,699	1,283	8	7,87	1,2	59
PV12	PV13	1474,75	1473,95	40	2,00	6	0	30	54,2	55	4,355	4,306	0,601	1,089	8	7,87	1,2	39
PV13	PV5	1473,95	1473,15	40	2,00	3	9	45	81,3	85	4,324	4,262	0,895	1,667	8	7,87	1,2	39

Continuación de la tabla III.

S% tub.	Vel	Área	Q dis (m3/s)	Q dis (l/s)	Rel q/Q		vW		vel		Rel d/D		Cotas invert		Profundidad		Excava ción
					Act.	Fut	Act.	Fut	Act.	Fut	Act.	Fut	Inicio	Final	Inicio	Final	
2,10	2,19	0,031	0,069	68,56	0,006	0,012	0,273	0,337	0,60	0,74	0,055	0,076	1473,66	1472,64	1,48	1,50	44,77
1,30	1,72	0,031	0,054	53,94	0,013	0,024	0,348	0,419	0,60	0,72	0,080	0,107	1472,61	1471,92	1,53	1,75	53,23
0,85	1,39	0,031	0,044	43,62	0,027	0,049	0,436	0,519	0,61	0,72	0,114	0,151	1471,89	1471,39	1,78	1,75	63,58
0,50	1,07	0,031	0,033	33,45	0,064	0,139	0,562	0,704	0,60	0,75	0,172	0,252	1471,36	1471,33	1,78	1,82	7,56
0,37	0,92	0,031	0,029	28,78	0,100	0,223	0,659	0,807	0,60	0,74	0,225	0,322	1471,30	1471,18	1,85	1,26	30,77
2,94	2,59	0,031	0,081	81,12	0,037	0,081	0,491	0,602	1,27	1,56	0,138	0,193	1471,15	1470,19	1,29	1,26	26,01
2,96	2,59	0,031	0,081	81,39	0,038	0,083	0,493	0,608	1,28	1,58	0,139	0,196	1470,16	1468,68	1,29	1,56	43,58
7,98	4,26	0,031	0,134	133,6	0,006	0,011	0,277	0,334	1,18	1,42	0,056	0,075	1478,37	1473,60	1,53	1,53	56,00
1,00	1,51	0,031	0,047	47,31	0,031	0,057	0,455	0,544	0,69	0,82	0,122	0,163	1471,94	1471,38	3,19	1,77	99,09
1,30	1,72	0,031	0,0539	53,94	0,013	0,024	0,348	0,419	0,60	0,72	0,080	0,107	1472,73	1471,97	1,2	3,16	91,65
2,06	2,17	0,031	0,068	67,93	0,009	0,016	0,311	0,373	0,67	0,81	0,067	0,089	1473,55	1472,75	1,20	1,20	28,80
2,06	2,17	0,031	0,068	67,93	0,013	0,025	0,351	0,424	0,76	0,92	0,081	0,109	1472,20	1471,40	1,75	1,75	42,00

Fuente: elaboración propia.

El tratamiento secundario consiste en la oxidación de la materia orgánica; esta se realiza a través de las bacterias aeróbicas. Dichas materias se proliferan en las capas superiores del terreno, en los lechos de área y en las piedras a través de los poros, lo cual se da de manera natural. En este caso, se realizarán pozos de absorción, que consisten en la excavación. Por lo general, se considera que el diámetro debe de estar en el rango de 1,50 a 2,50 m. Se analizan varias consideraciones para poder determinar las profundidades, entre ellas, la filtración de la superficie que requerirá por habitante día; asimismo, el tiempo que este se lleva para poder infiltrar el agua al suelo, con lo cual se puede determinar el coeficiente de absorción. Al tener el número de población a futuro, se puede determinar la profundidad a través de la siguiente ecuación:

$$H = \frac{K_1 * N}{\pi * D}$$

Donde:

H= profundidad del pozo

K₁= Coeficiente de absorción

D = diámetro del pozo (m)

N = Número de personas

Y K₁ está relacionado con el tiempo de absorción. En la tabla IV se muestra la relación.

Tabla IV. **Coefficiente de absorción del terreno para pozo de absorción.**

Tiempo en minutos para que el nivel de agua baje 2,5 m	Superficie de filtración requerida por habitante y por día m ² (K ₁)
1	0,88
2	1,08
5	1,44
10	2,25
30	4,5
Más de 30	Terreno inadecuado

Fuente: elaboración propia.

$$H = \frac{2,25 * 365}{\pi * 2,50} = 105 \text{ m}$$

Se determinó hacer una batería de 3 pozos, los cuales tendrán 2,5 m de diámetro, con una profundidad de 35 m de profundidad cada uno; tendrá una separación de 3 veces el diámetro de los pozos.

3.3. Memoria técnica

Con los datos obtenidos en la memoria de cálculo, se construirá un sistema de alcantarillado sanitario que satisface las necesidades de la colonia anexo Las Charcas. Dicha colonia, actualmente, cuenta con 40 viviendas, en las cuales se consideraron 5 habitantes por vivienda. Tiene una población actual de 200 habitantes. La proyección a futuro se consideró con un periodo de diseño de 20 años, con una tasa de crecimiento poblacional de 3 %, por lo que se estima que se tendrán 365 habitantes; asimismo, un factor de retorno de 0,75 y una dotación de 120 l/hab /día, con un factor de infiltración de

14 000 l/km/día. Para las conexiones ilícitas, se estimó 50 l/hab./día. También se evaluó a futuro 2 comercios, con una dotación de 600 l/comercio/día y una industria con una dotación de 3 000 l/industria/día.

El proyecto consiste en la construcción de 11 pozos de visita, cada uno con una profundidad mínima de 1,20 metros en los pozos de visita de ramales iniciales. Dichos elementos estarán contruidos con tubería de concreto de 36 pulgadas, reforzados y que cumplan con la norma ASTM C76M. En el fondo, se ubica el piso, en la parte alta el brocal y tapadera. Los pozos de visita, en las partes necesarias, estarán contruidos, según planos, de concreto con resistencia de 210 psi, con lo que se tendrá una proporción volumétrica de 1:2:2, con una relación de agua cemento de 0,65; también se consideran 3 pulgadas de asentamiento, con un agregado grueso de ½ pulgada; de esa manera se cumple con la norma ASTM C33; para el agregado, fino se cumple con la norma ASTM C136 y el cemento deberá de cumplir con la norma ASTM C1157 de tipo UGC; este debe estar fresco, para que al momento de utilizarse, conserve sus características de polvo fino sin grumos. La malla electrosoldada que será empleada como refuerzo estructural deber ser de grado 70 corrugada, la cual tendrá un cuadro de 6" x 6" calibre 10/10, misma que deberá de cumplir con la norma ASTM A-1064. A cada pozo, se le realizará el tallado en la parte interna, el cual tendrá una proporción volumétrica de 1:2, dicho tallado servirá para impermeabilizar toda el área.

Para la conducción de las aguas residuales domésticas, se empleará tubería de 8" de norma ASTM F949 como colector principal, el cual conectará a 40 viviendas, mismas que tendrá una candela domiciliar individual, la cual estará contruida con un tubo de 12 pulgadas, instalado verticalmente, el tubo debe cumplir con la norma ASTM C76M. La tapadera y el piso estarán contruidos de concreto, con una resistencia de 175 psi; para tal efecto, se

utilizará la proporción volumétrica de 1:2.5:2.5 con una relación de agua cemento de 0,70; para ello, se consideran 3 pulgadas de asentamiento, con un agregado grueso de ½". El brazo de conexión al colector principal será tubería PVC de 6" de norma ASTM F949.

Las velocidades del fluido que se manejarán en el interior del tubo, están diseñadas entre 0,60 - 1,19 m/s, y en un futuro, entre 0,72 – 1,40 m/s. En las uniones, tanto de pozos como de tubería, se realizará un anillo de concreto sin refuerzo, elaborado de concreto con una resistencia de 140 psi, que tiene una proporción volumétrica de 1:2.5:3,5; esta tendrá una relación de agua cemento de 0,75, con un asentamiento de 4 pulgadas, con un agregado grueso de ¾ pulgadas.

Para los pozos de absorción, se realizó una prueba de infiltración, y se determinó que en 10 minutos se infiltró el agua en el suelo. Esto dio como resultado el coeficiente de absorción de 2,25, del cual se determinó que las paredes del pozo son el lecho filtrante, dado que el fondo, en algún momento, se colmatará por las excretas producidas por las viviendas; serán excavaciones consideradas profundas, y en el cuello del mismo, se protegerá 5 m del nivel natural hacia abajo, con tubería de 24 pulgadas, de esa manera se cumple con las mismas características antes mencionadas de tubería de concreto, dicha tubería estará colocada sobre 4 vigas que soportarán el peso de los 5 tubos instalados verticalmente; estas vigas estarán armadas con 4 varillas longitudinales n.º 4 y tendrá estribos n.º 2; el hierro deberá de cumplir con la norma ASTM C915, pues se considera que debe tener una resistencia de 280 MPa (grado 40), al utilizar un concreto de 210 psi en las vigas y 140 psi para las tapaderas; así se cumple con las características antes mencionadas. Según se observa en el plano correspondiente.

4. ANÁLISIS DE COSTO

Con base en el diseño planteado, que cumple con los parámetros, se determina la cantidad de materiales. Dicho presupuesto se realizó con base en los renglones de trabajo, precios unitarios y costo por renglón, para las dos propuestas: PVC y polietileno

4.1. Presupuesto de mano de obra

Es una estimación de costo que tendrá la construcción de dicho sistema en base al cálculo hidráulico el cual se obtiene las profundidades de los pozos y los volúmenes de excavación como la elaboración de toda la obra gris.

4.2. Presupuesto de materiales

Para poder realizar un presupuesto es necesario contar con el listado de precios y cotizaciones de la actualidad de los materiales a utilizar teniendo en cuenta que dichos precios fluctúan constantemente en el mercado.

Tabla VII. Presupuesto para tubería de PVC

1	Colector PVC 8 pulgadas	570	ml		
	Tubería PVC 8 pulgadas norma ASTM F-949	95	tubo	Q 1 048,02	Q 99 561,90
	Total renglón				Q 99 561,90
2	Conexiones domiciliars	40	unidad		
	Tubo de PVC 6 pulgadas norma ASTM F 949	40	tubo	Q 372,89	Q 14 915,60
	Tubo de cemento 12 pulgadas	40	tubo	Q 93,99	Q 3 759,60
	Cemento	13	saco	Q 75,32	Q 979,16
	Arena de río	1	m3	Q 229,99	Q 229,99
	Piedrín 1/2 pulgada	1	m3	Q 174,75	Q 174,75
	Malla electrosoldada	2	qq	Q 179,99	Q 359,98
	Codo a 90 grados	40	unidad	Q 174,55	Q 6 982,00
	Silleta yee PVC de 6 pulgadas a 8 pulgadas	40	unidad	Q 538,97	Q 21 558,80
	Cemento solvente	1	galón	Q 408,00	Q 408,00
	Agua	1	m3	Q 100,00	Q 100,00
	Total renglón				Q 49 367,88
3	Pozos de visita	13	unidad		
	Cemento	71	saco	Q 75,32	Q 5 347,72
	Arena de río	4	m3	Q 229,99	Q 919,96
	Piedrín 1/2 pulgada	3,5	m3	Q 174,75	Q 611,63
	Malla electrosoldada	7	unidad	Q 179,99	Q 1 259,93
	Agua	2,5	m3	Q 100,00	Q 250,00
	Madera para formaleta	200	pie-tablar	Q 4,00	Q 800,00
	Clavo	5	libra	Q 4,00	Q 20,00
	Tubo de cemento de 36 pulgadas S/R	23	unidad	Q 694,99	Q 15 984,77
	Total renglón				Q 25 194,01
4	Pozos de absorción	3	unidad		
	Cemento	34	saco	Q 75,32	Q 2 560,88
	Arena de río	3	m3	Q 229,99	Q 689,97
	Piedrín 1/2 pulgada	3	m3	Q 174,75	Q 524,25
	Tubo de cemento de 24 pulgadas S/R	15	unidad	Q 301,81	Q 4 527,15
	Varillas número 2	60	unidad	Q 11,50	Q 690,00
	Varillas número 4.	24	unidad	Q 30,19	Q 724,56
	Tubo PVC de 8 pulgadas norma ASTM F 949	3	tubo	Q 1 048,02	Q 3 144,06
	Alambre de amarre	15	libra	Q 4,35	Q 65,25
	Agua	1,5	m3	Q 100,00	Q 150,00
	Madera para formaleta	40	pie-tablar	Q 4,00	Q 160,00
	Clavo	5	libra	Q 4,00	Q 20,00
	Total renglón				Q 13 256,12
	Total de materiales				Q 187 379,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Presupuesto para tubería de polietileno.

1	Colector PVC 8 pulgadas	570	mi		
	Tubería PVC 8 pulgadas ADS	95	tubo	Q 358,97	Q 34 102,15
	Total renglón				Q 34 102,15
2	Conexiones domiciliars	40	unidad		
	Tubo de PVC 6 pulgadas ADS	40	tubo	Q 250,85	Q 10 034,00
	Tubo de cemento 12 pulgadas	40	tubo	Q 93,99	Q 3 759,60
	Cemento	13	saco	Q 75,32	Q 979,16
	Arena de río	1	m3	Q 229,99	Q 229,99
	Piedrín 1/2 pulgada	1	m3	Q 174,75	Q 174,75
	Malla electrosoldada	2	qq	Q 179,99	Q 359,98
	Codo a 90 grados	40	unidad	Q 174,55	Q 6 982,00
	Silleta yee PVC de 6 pulgadas a 8 pulgadas	40	unidad	Q 538,97	Q 21 558,80
	Cemento solvente	1	galón	Q 408,00	Q 408,00
	Agua	1	m3	Q 100,00	Q 100,00
	Total renglón				Q 44 586,28
3	Pozos de visita	13	unidad		
	Cemento	71	saco	Q 75,32	Q 5 347,72
	Arena de río	4	m3	Q 229,99	Q 919,96
	Piedrín 1/2 pulgada	3,5	m3	Q 174,75	Q 611,63
	Malla electrosoldada	7	unidad	Q 179,99	Q 1 259,93
	Agua	2,5	m3	Q 100,00	Q 250,00
	Madera para formaleta	200	pie-tablar	Q 4,00	Q 800,00
	Clavo	5	libra	Q 4,00	Q 20,00
	Tubo de cemento de 36 pulgadas S/R	23	unidad	Q 694,99	Q 15 984,77
	Total renglón				Q 25 194,01
4	Pozos de absorción	3	unidad		
	Cemento	34	saco	Q 75,32	Q 2 560,88
	Arena de río	2,5	m3	Q 229,99	Q 574,98
	Piedrín 1/2 pulgada	2,5	m3	Q 174,75	Q 436,88
	Tubo de cemento de 24 pulgadas S/R	15	unidad	Q 301,81	Q 4 527,15
	Varillas número 2	60	unidad	Q 11,50	Q 690,00
	Varillas número 4.	24	unidad	Q 30,19	Q 724,56
	Tubo PVC de 8 pulgadas ADS	3	tubo	Q 358,97	Q 1 076,91
	Alambre de amarre	15	libra	Q 4,35	Q 65,25
	Agua	1,5	m3	Q 100,00	Q 150,00
	Madera para formaleta	40	pie-tablar	Q 4,00	Q 160,00
	Clavo	5	libra	Q 4,00	Q 20,00
	Total renglón				Q 10 986,60
	Total de materiales				Q 114 869,04

Fuente: elaboración propia.

4.3. Memoria descriptiva

Es necesario definir el trazo y dejar libre todos los obstáculos que se puedan tener, al verificar medidas generales; y el replanteo y ajuste de la topografía en el momento de la construcción. En el replanteo topográfico y trazo, se procederá a realizar el trazo con equipo topográfico, si se dispone del mismo, dejando BM en el lugar de inicio; se colocarán marcas de niveles, como mínimo cada 50 m, sobre trompos de madera o en postes, aceras, paredes o en un lugar donde sea fácil maniobrar y no se borren, con la finalidad de mantener fijos los niveles del proyecto; también se marcarán las rutas de excavación con cal hidratada en bolsa, para ubicar los pozos y conexiones domiciliarias de todas las viviendas; de esa manera, poder realizar la excavación. Es necesario identificar con claridad los niveles especialmente en donde estarán ubicados los pozos de visita, de acuerdo con la memoria de cálculo; se tendrá en cuenta que para las zanjas de hasta 1,85 m de profundidad serán de un ancho de 60 cm. Y en los casos donde la zanja tenga hasta 2,85 m de profundidad, se deberá tener 70 cm de ancho de zanja.

Los pozos de visita estarán armados de acuerdo a los planos. El cuerpo del pozo está diseñado con tubería vertical de concreto de 36 pulgadas, reforzados estructuralmente. Se colocarán sobre espesor de piso de concreto armado, reforzado de 20 cm. El tubo vertical debe profundizarse 5 cm en la mezcla fresca del fondo del pozo, tener 15 cm en donde se reforzará con 2 planchas de malla electrosoldada de 1,20 x 1,20 m, separadas 5 cm de cada una.

El brocal está diseñado de 30 cm de alto, el cual tendrá un espesor de 10 cm, reforzado con malla electrosoldada; sobre este se colocará una tapadera de 1 m de diámetro, con un espesor de 15 cm. La misma estará reforzada con

2 planchas de malla electrosoldada, tendrá una separación de 5 cm entre ellas, con ello, se cumplen con las características mencionadas en la memoria técnica.

Se considera que la profundidad de los ramales iniciales tendrá 1,20 m. Al tener en cuenta las pendientes de la tubería y la topografía del terreno, los pozos irán variando su altura o profundidad, según se observa en el cálculo hidráulico. En el caso del pozo PV11-2', es el más profundo del proyecto, dado a que la topografía del ramal inicial que comprende PV12 – A1 hacia el PV11 – 2 está contra pendiente; esto provoca una mayor excavación y profundizar más la tubería en este ramal.

Las candelas domiciliarias, estarán conformadas por un tubo vertical de concreto de 12 pulgadas, el cual se colocará sobre un espesor de piso de 10 cm, el mismo debe profundizarse, entre el concreto fresco del piso, 5 cm. En los 5 cm se reforzará con una plancha de malla electrosoldada de 50 x 50 cm, la cual tendrá una separación de 2,5 cm. Las candelas domiciliarias tendrán una tapadera de 50 x 50 cm y 10 cm de espesor; estas son de concreto reforzado, con una plancha de malla electrosoldada de las medidas antes mencionadas. Las planchas de acero tendrán una separación de 5 cm entre sí. Las candelas estarán conectadas al sistema sanitario a través de un tubo de PVC de 6 pulgadas y tendrá un ángulo de 45°, conforme a la línea principal del sistema. Para formar lo que se conoce en el sistema de drenajes como las espinas de pescado, la línea principal será de tubería PVC de 8 pulgadas. Para la unión entre las tuberías proveniente de la candela y el colector, se utilizarán silletas de 6 pulgadas a 8 pulgadas.

4.4. Disposición final de los desechos y fluidos contaminados

Para la descarga, se realizarán 3 pozos de absorción, los cuales tendrán una profundidad de 35 m cada uno, conectados en serie, separados entre sí por una distancia de 5 m, según lo establece la normativa para la construcción de pozos de absorción, la cual establece que los pozos de absorción deben estar separados a una distancia mínima de 3 veces el diámetro. Tendrán un diámetro de 61 cm, donde estarán colocados 4 tubos verticales de 24 pulgadas, en la parte superior, para formar el cuello del pozo, con la finalidad de evitar derrumbes de la parte superior del pozo, que es el área donde pudiera provocarse debido a las diferentes vibraciones del suelo; los mismos estarán colocados sobre 4 vigas de concreto, con una estructura de acero de 4 varillas de 3 m longitudinalmente n.º 4 y tendrán estribos n.º 2, con una separación de 10 cm formando un cuello de botella. A partir de esa profundidad, el diámetro se incrementará a 2,5 m; este diámetro se conservará a lo largo de los 35 m de profundidad del pozo. A partir del pozo PV8 aguas abajo, se construirán los 3 pozos de absorción, conectados en serie.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño de drenaje sanitario de la colonia Anexo las Charcas zona 11, de la ciudad de Guatemala. En este, se comparó dos tipos de materiales: la tubería de PVC y la tubería de polietileno. Se analizó bajo el punto de vista del presupuesto de mano de obra y materiales, así poder establecer la mejor opción para la colonia.
2. Con base en la elaboración del diseño de drenajes sanitario para la colonia Anexo las Charcas zona 11 de la ciudad de Guatemala, se identificó que una de las diferencias que muestra el presupuesto de mano de obra, es que para el polietileno se tiene menos cantidad de metros cúbicos de excavación, a la vez, también menos metros cúbicos de relleno; y es ahí donde radica el ahorro en ambos presupuestos.
3. De acuerdo al diseño elaborado para la colonia Anexo las charcas zona 11 de la ciudad de Guatemala, se observó que, dada la rugosidad de las tuberías, en menos pendiente se puede alcanzar los parámetros que se requieren para transportar las aguas residuales; eso hace que los pozos de visita sean menos profundos en el diseño de polietileno, por lo que se ahorra tanto en los precios de la tubería de polietileno de 8" de diámetro, que transportará el agua residual, y también en los tubos de concreto de 36", que serán empleados en los pozos de visita, lo cual hace más factible el presupuesto de materiales basado en los costos.

4. Al realizar un análisis en el presupuesto de mano de obra y en el de los materiales para la colonia Anexo las Charcas zona 11 ciudad de Guatemala, se hace más factible en la ejecución la propuesta de tubería de polietileno, la cual cumple los mismos parámetros que la tubería de PVC.

RECOMENDACIÓN

1. Analizar el uso de la tubería de polietileno, la cual cumple técnica y económicamente con los requerimientos de un proyecto de drenajes eficiente y económicamente factible, para el drenaje sanitario de la colonia Anexo Las Charcas zona 11, de la ciudad de Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. AJA FLORES, Rocío Ivette. *Evaluación del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2013. 132 p.
2. ARAMENDIZ ZARATE, Farid; OVALLE CADENA, Miguel Angel. *Levantamiento topográfico del barrio Villas del Diamante de la localidad de Suba # 11 de Bogotá d.c, con destino a la Secretaría Distrital del Hábitat*. [en línea]. <<https://1library.co/document/oy8d4l2z-levantamiento-topografico-diamante-localidad-bogota-secretaria-distrital-habitat.html>>. [Consulta: Junio de 2020].
3. Archivo General de Centro América (AGCA). *Fondo de tierras, departamento de Guatemala, paquete 4 expediente 3, título del documento: Susana Batres de Piñol "Las Charcas", Guarda Viejo*. Guatemala: 1886. folio 12.
4. CEFOL. *Tradición y devoción guadalupana en la colonia Las Charcas, ciudad de Guatemala. Tradiciones de Guatemala*. [en línea]. Guatemala. USAC, no.90, 2018. 157-191p. [en línea]. <http://c4.usac.edu.gt/revindex/articulos/editor5r486_pi157_pfi191_ra8387.pdf>. [Consulta: Mayo de 2020].

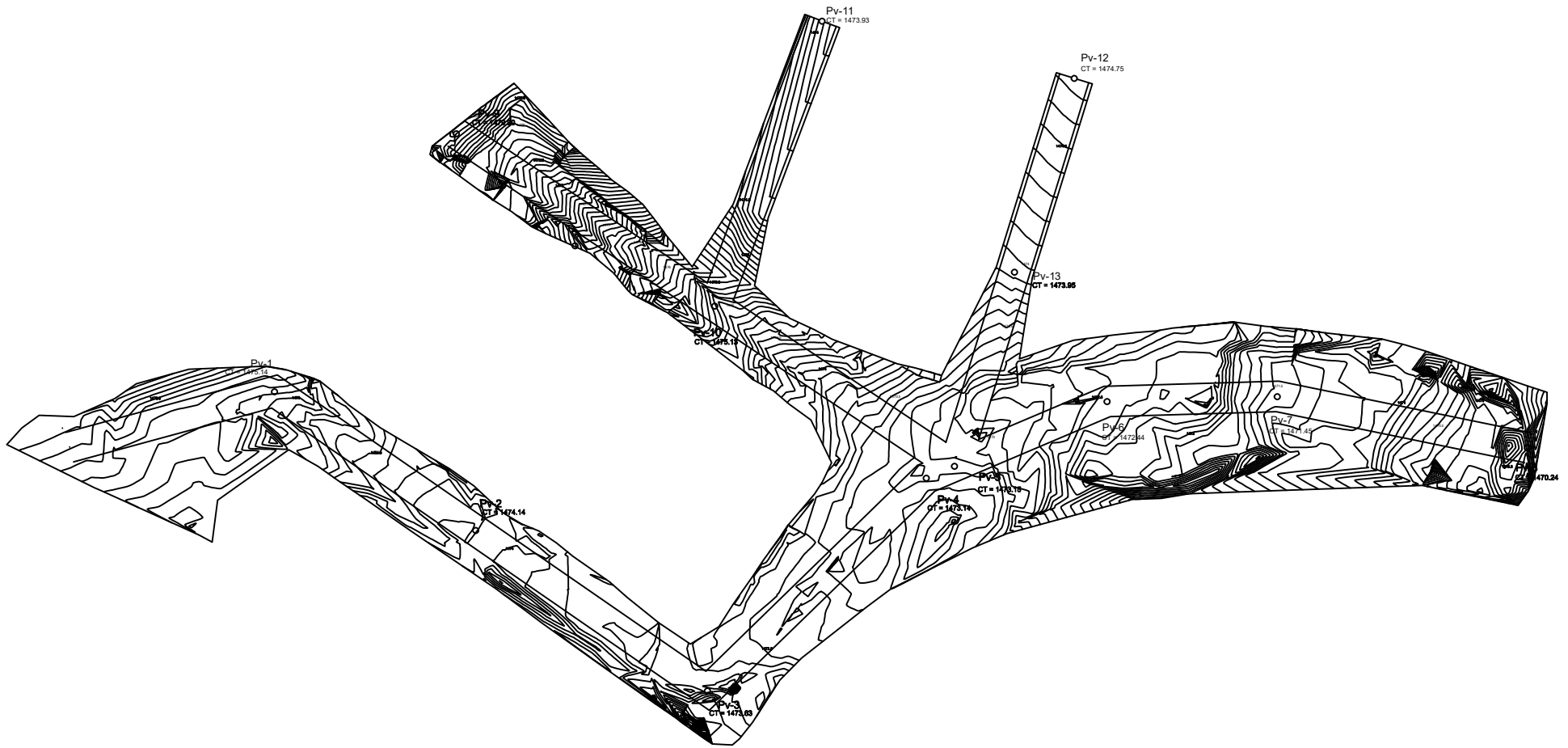
5. Cultura muniguate Muniguate. *Localización y límites territoriales de la colonia "Mariscal", zona 11.* [en línea]. <<http://cultura.muniguate.com/index.php/section-table/47-colmariscal/313-localizacioncolmariscal>>. [Consulta: mayo de 2020].
6. MCCORMAC Jack. *Topografía.* 1a ed. México: Limusa Willey. 2007. 416 p.
7. MORALES BARCO, Frieda Liliana. *Barrió Barrio la Reformita. Localización, límites y extensión territorial.* [en línea]. <<http://cultura.muniguate.com/index.php/category-table/10-localizacionlareformita>>. [Consulta: Mayo de 2020].
8. _____. *Denominación y Toponimia Colonia "Mariscal": Primera Parte.* [en línea]. <<http://cultura.muniguate.com/index.php/component/content/article/47colmariscal/311denomisacion1colmariscal>>. [Consulta: Mayo de 2020].
9. NOGUERA MORALES, Julio Adolfo. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea "La Majada" y diseño del puente vehicular de la aldea "Escalón", San Jacinto Chiquimula.* [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3180_C.pdf>. [Consulta: Mayo de 2020].
10. RINCÓN VILLALBA Mario Arturo; VARGAS VARGAS Wilson Ernesto; GONZÁLEZ VERGARA Carlos Javier. *Topografía conceptos y aplicaciones.* Colombia: ECOE ediciones. 374 p.

11. VARGAS, Elmer. *La zona 11 tiene 65 años de estar instituida*. [en línea], 2020. <<http://guatenews.com/majadas-news/la-zona-11-65-anos-estar-instituida/>>. [Consulta: 20 junio 2020].
12. WEATHER Spark. *El clima promedio en Ciudad de Guatemala*. [en línea]. <<https://es.weatherspark.com/y/11693/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Guatemala-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>>. [Consulta: julio 2020].
13. WOLF, Paul R.; GHILANI Charles D. *Topografía*. 14a ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2016. 972 p.
14. ZAPETA REYNOSO, Edgar. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, para la aldea "El Chipoton" y sistema de abastecimiento de agua potable, para la aldea "San José Yalu", municipio de Sumpango, Sacatepéquez*. [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2898_C.pdf>. [consulta: Agosto de 2020].

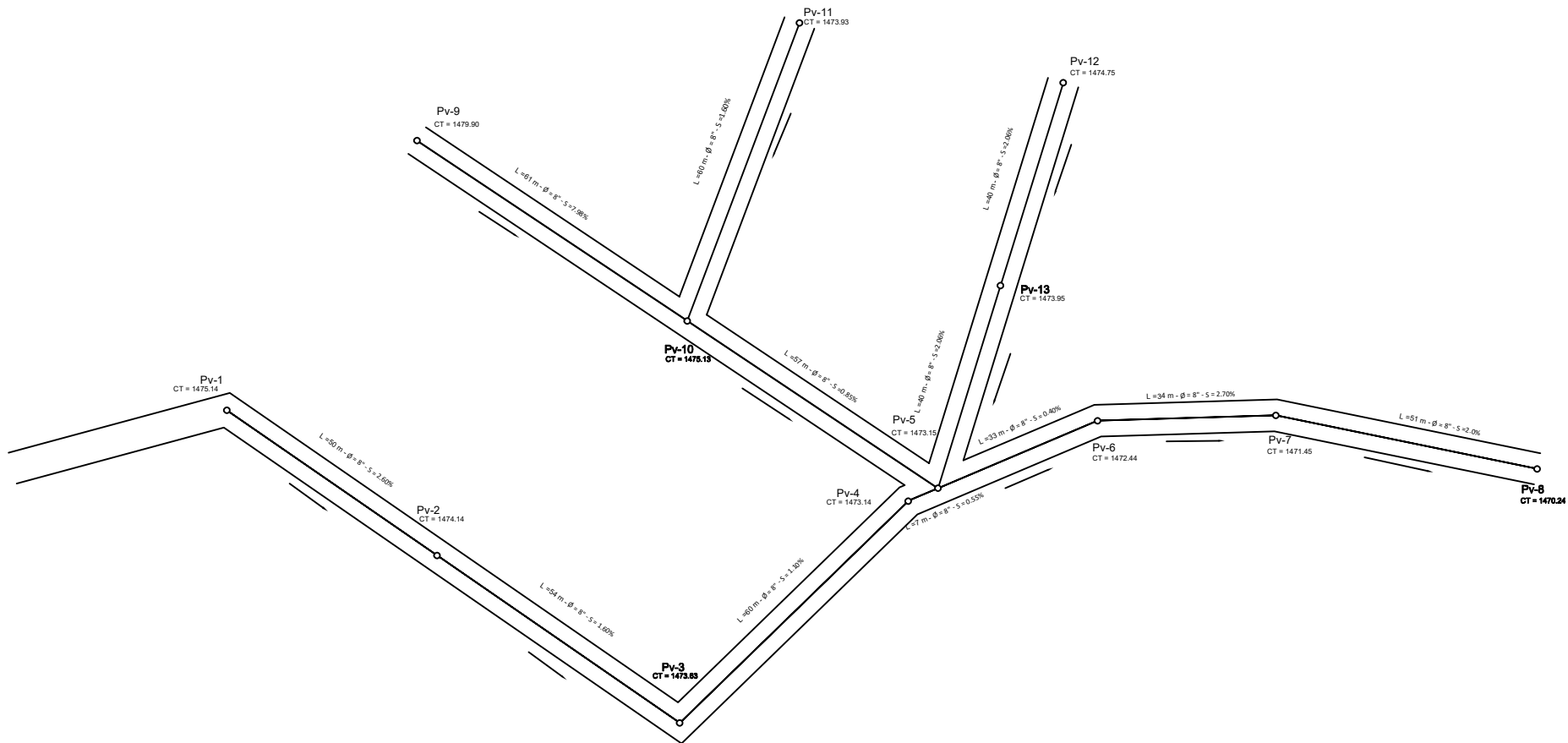
APENDICE


Apéndice 1. Juego de planos

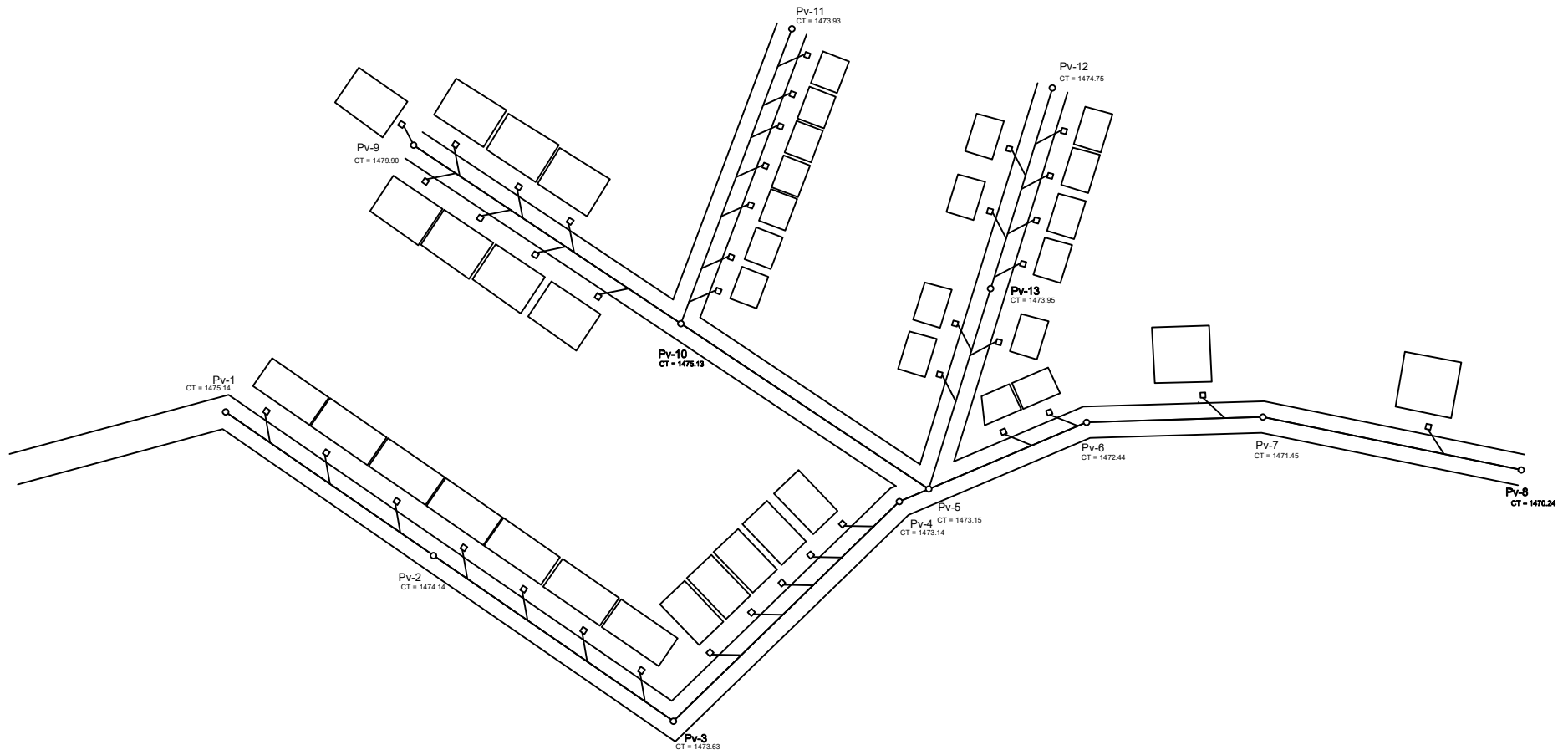
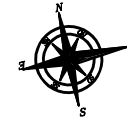
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.



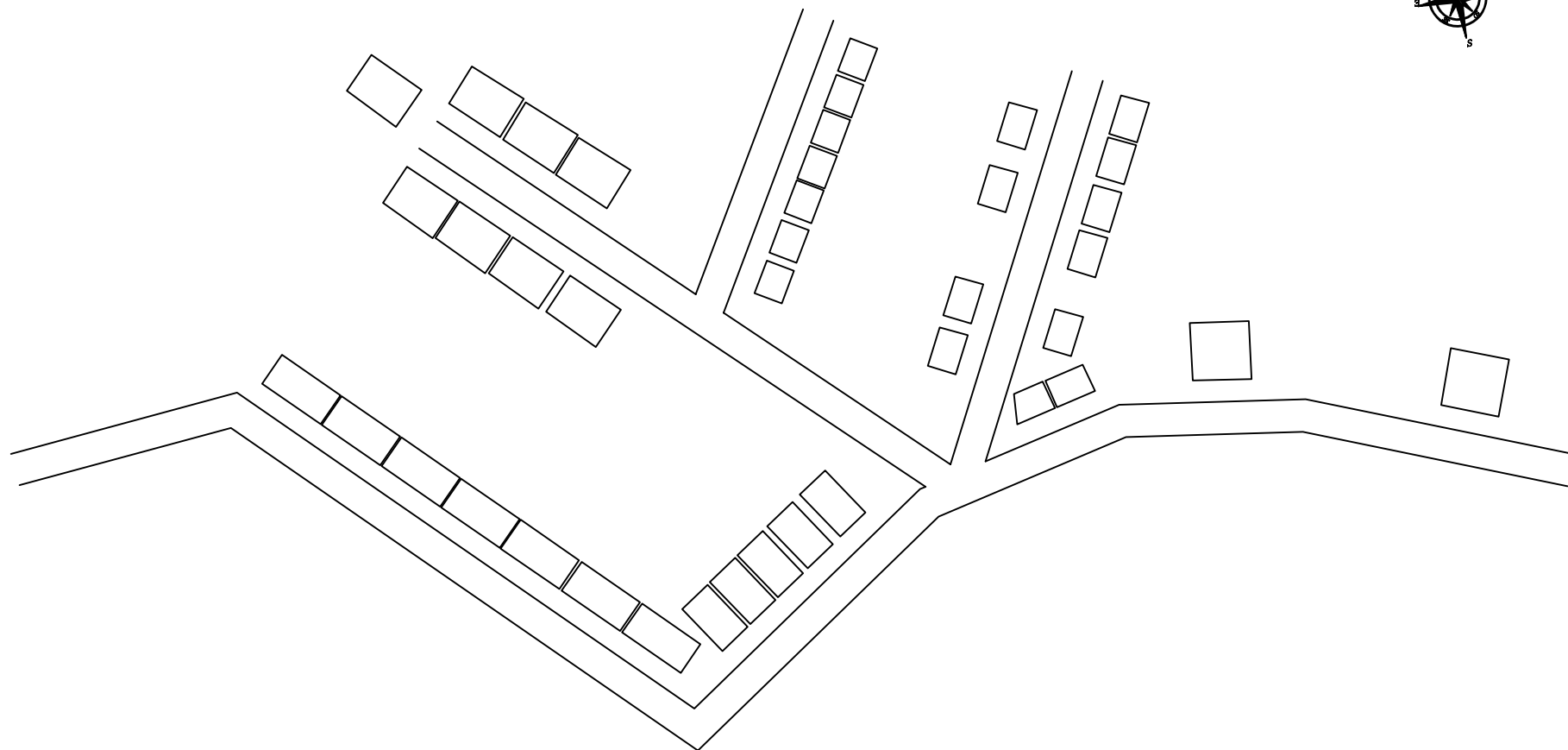
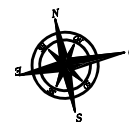
		UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA	
		Red del sistema de alcantarillado sanitario	
		de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala	
PLANO :		TOPOGRAFICO	
DISEÑO :	Angel López	Vo. Bo. Ing Jorge Luis Briones Tello	PLANO : 1
DIBUJO :	Angel López		
CORRIGIO :	Ing Jorge Luis Briones Tello	Vo. Bo. Angel López	9
ESCALA :	1:400		




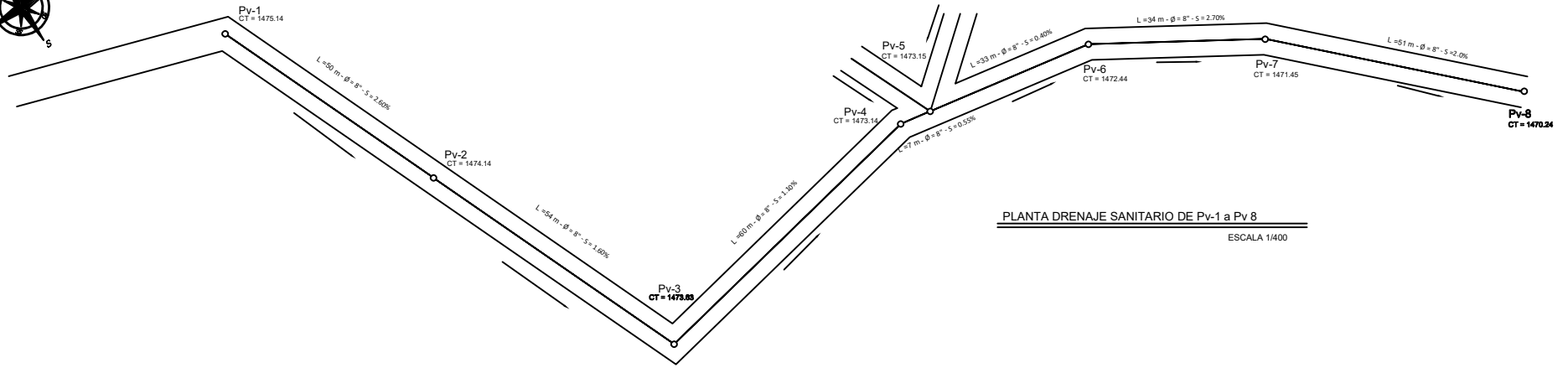
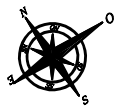
 UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA Red del sistema de alcantarillado sanitario de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala		PLANO: DETALLES	
		DISEÑO: <u>Angel López</u> DIBUJO: <u>Angel López</u> CORRIGIO: <u>Ing. Jorge Luis Briones Tello</u> ESCALA: <u>1/400</u>	Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello Vo. Bo. Angel López



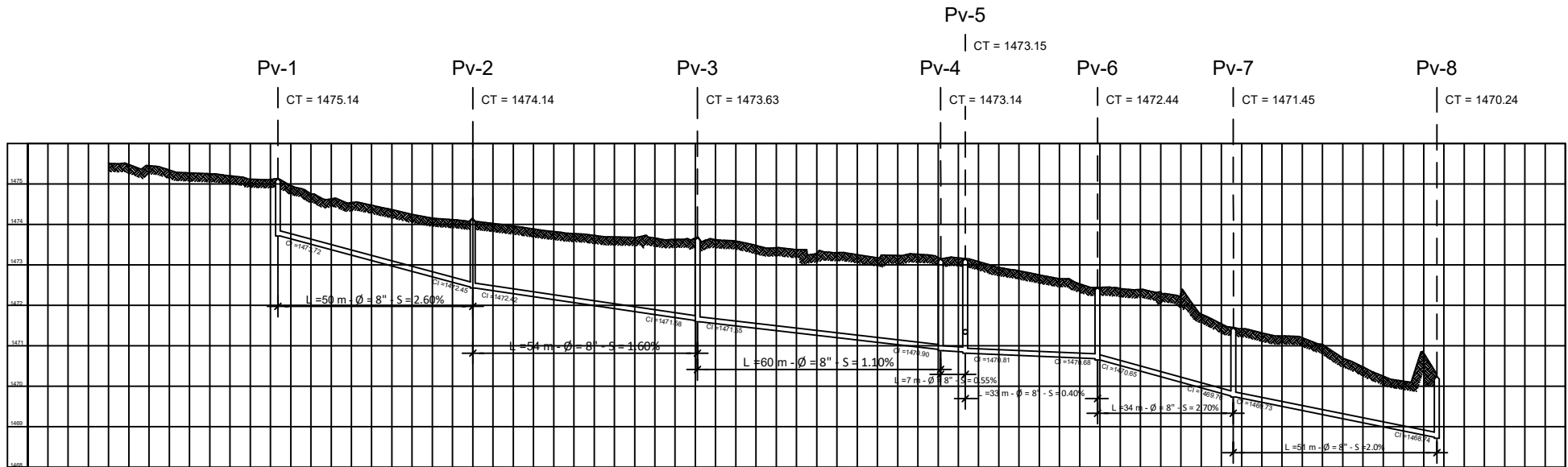
		UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA	
		Red del sistema de alcantarillado sanitario	
		de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala	
PLANO:		CONEXIONES DOMICILIARES	
DISEÑO:	Angel López	Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello	PLANO: 3 9
DIBUJO:	Angel López		
CORRIGIO:	Ing. Jorge Luis Briones Tello	Vo. Bo. Angel López	
ESCALA:	INDICADA		



		UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA	
		Red del sistema de alcantarillado sanitario	
		de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala	
PLANO:		CONEXIONES DOMICILARES	
DISEÑO:	Angel López	Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello	PLANO:
DIBUJO:	Angel López		
CORRIGIO:	Ing. Jorge Luis Briones Tello	Vo. Bo. Angel López	4 9
ESCALA:	INDICADA		

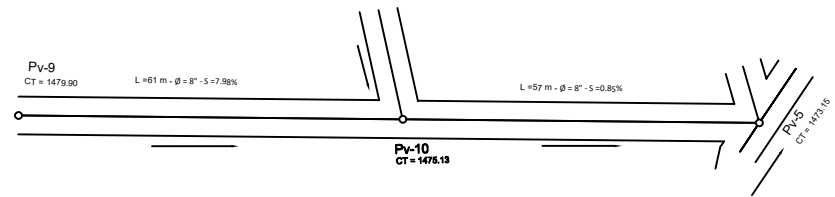


PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-1 a Pv 8
ESCALA 1/400

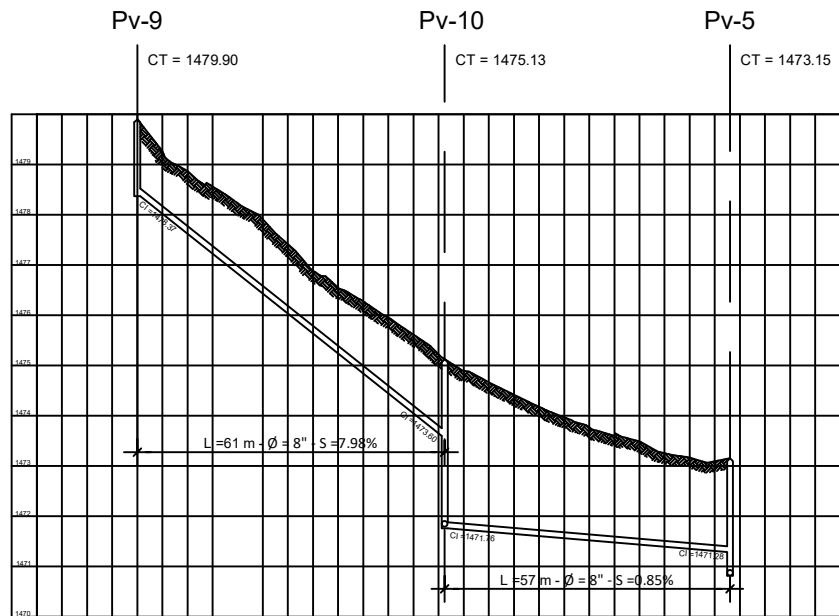


PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-1 a Pv-8
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/500


UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA Red del sistema de alcantarillado sanitario de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala		PLANO: PLANTA - PERFIL Pv-1 a Pv 8	PLANO: 5 8
DIBUJO: Angel López		Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello	
CORRIGIO: Ing. Jorge Luis Briones Tello		Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello	
ESCALA: INDICADA		Vo. Bo. Angel López	

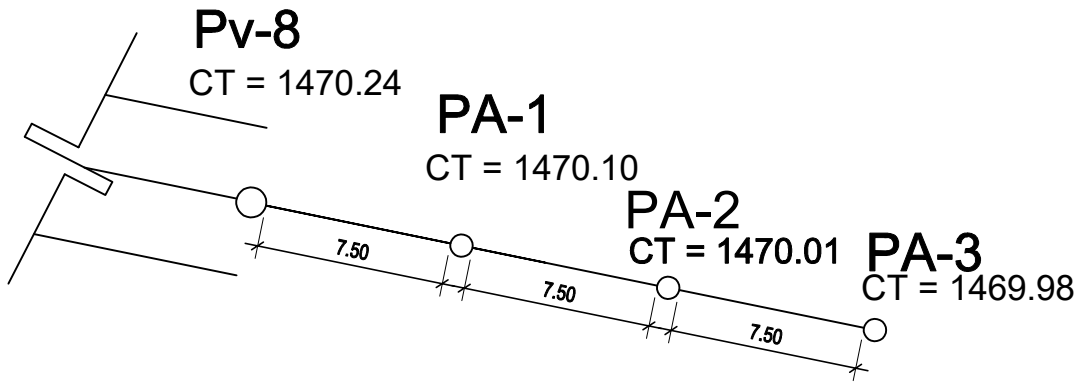


PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-9 a Pv 5
ESCALA 1/400

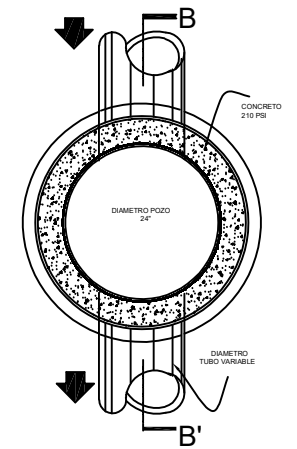


PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-9 a Pv 5
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/500

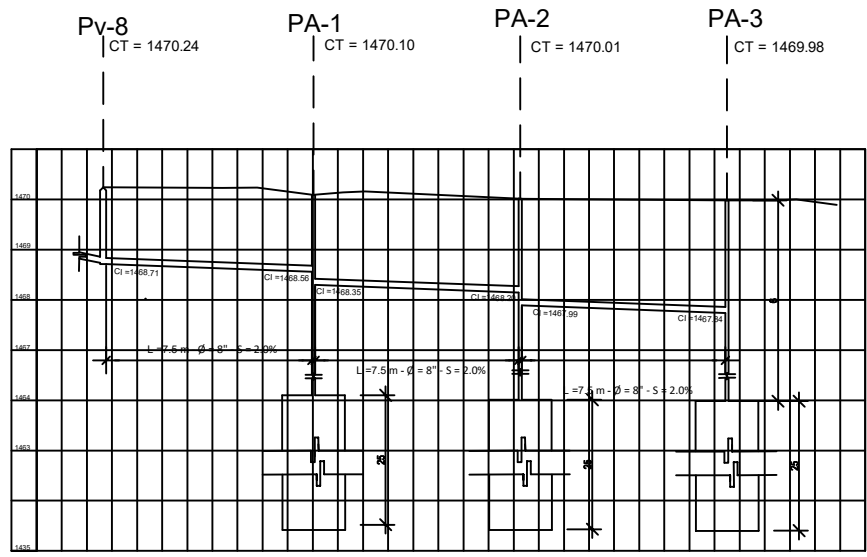
 UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA Red del sistema de alcantarillado sanitario de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala		PLANO : PLANTA - PERFIL Pv-9 a Pv 5	PLANO : 6 9
DIBUJO : Angel López		CORRIGIO : Ing. Jorge Luis Briones Tello	Vo. Bo. Angel López
ESCALA : INDICADA			



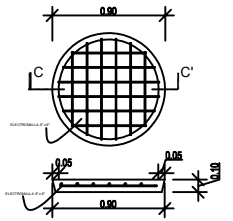
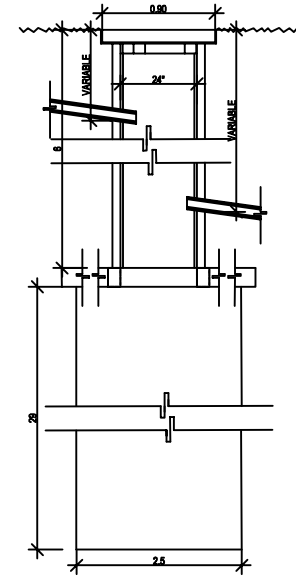
PLANTA
ESCALA 1/100.



PLANTA
ESCALA 1/20.

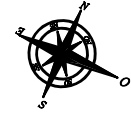
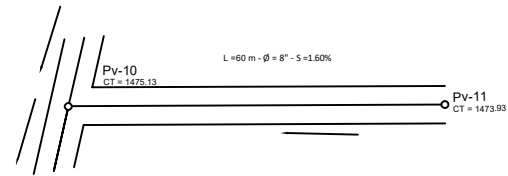
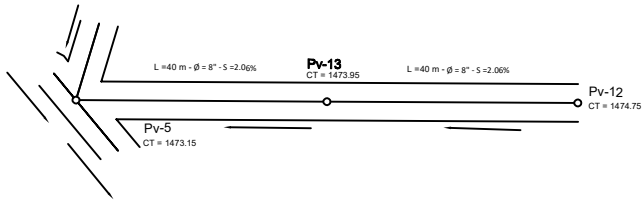
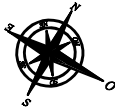


PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-9 a Pv 5
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/1000

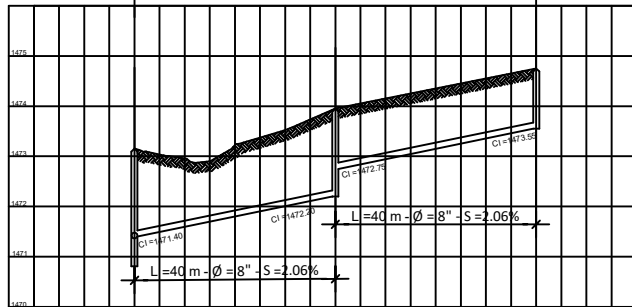


DETALLE DE ARMADO DE TAPADERA DE POZOS
ESCALA 1/20.

UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA Red del sistema de alcantarillado sanitario de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala	
PLANO:	DETALLES
DISEÑO:	Angel López
DIBUJO:	Angel López
CORRIGIO:	Ing. Jorge Luis Briones Tello
ESCALA:	INDICADA
Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello	
Vo. Bo. Angel López	
PLANO:	7
	9

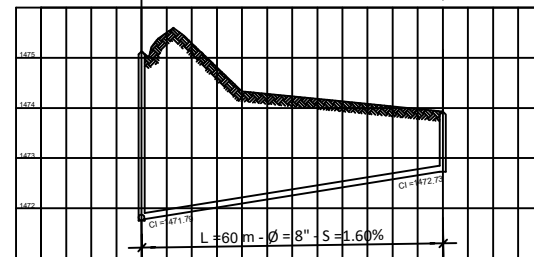


Pv-5 Pv-13 Pv-12
 CT = 1473.15 CT = 1473.95 CT = 1474.75




PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-5 a Pv-12
 ESCALA HORIZONTAL 1/500
 ESCALA VERTICAL 1/500

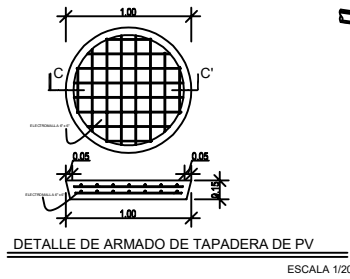
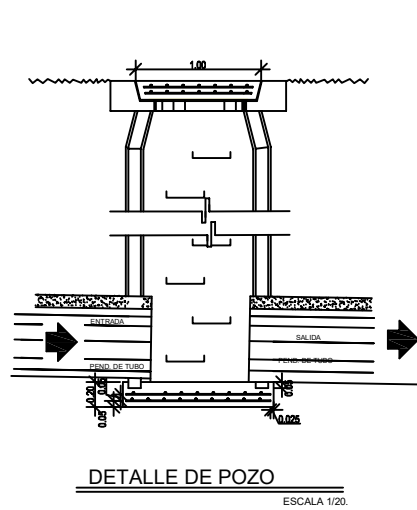
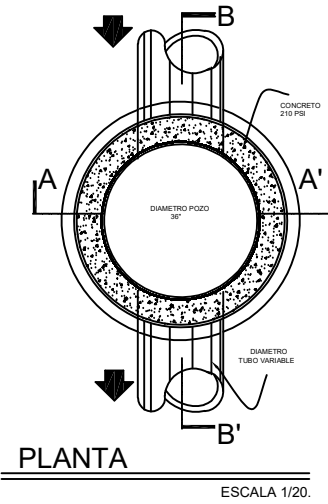
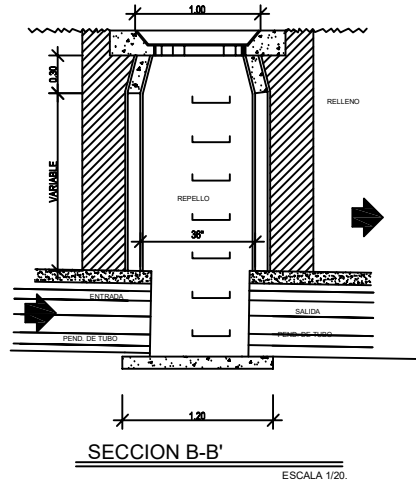
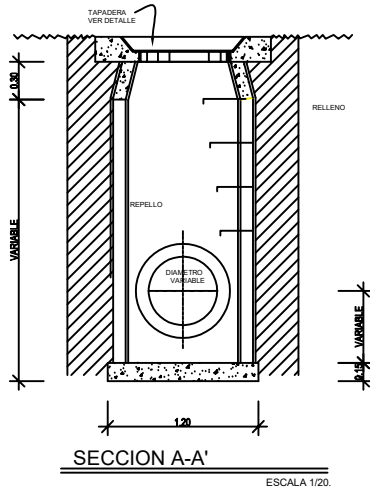
Pv-10 Pv-11
 CT = 1475.13 CT = 1473.93



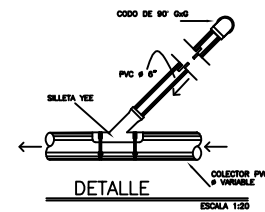
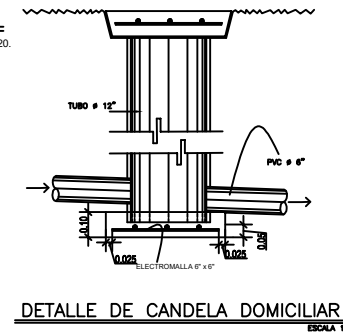
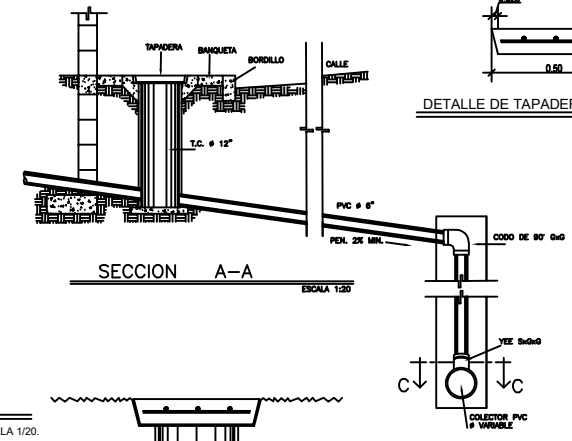
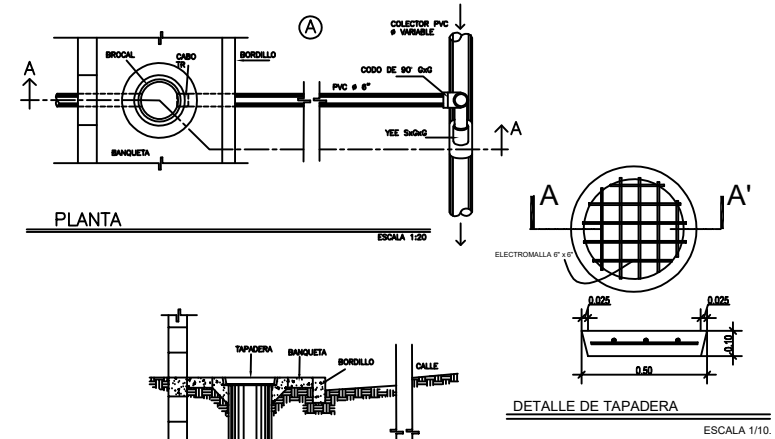
PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-11 a Pv-10
 ESCALA HORIZONTAL 1/500
 ESCALA VERTICAL 1/500


 UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA Red del sistema de alcantarillado sanitario de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala		PLANO :	
		PLANTA - PERFIL Pv-12 a Pv 5	
DISEÑO :	Angel López	Vo. Bo. Ing Jorge Luis Briones Tello	PLANO :
DIBUJO :	Angel López		
CORRIGIO :	Ing. Jorge Luis Briones Tello	Vo. Bo. Angel López	9
ESCALA :	INDICADA		

POZO DE VISITA TIPICO



CONEXION DOMICILIAR



 UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA Red del sistema de alcantarillado sanitario de la col "Anexo Las Charcas" Zona 11, Guatemala	
PLANO: DETALLES DE PV Y CONEXION DOMICILIAR	
DISEÑO: Angel López	PLANO:
DIBUJO: Angel López	Vo. Bo. Ing. Jorge Luis Briones Tello
CORRIGIO: Ing. Jorge Luis Briones Tello	9 9
ESCALA: INDICADA	Vo. Bo. Angel López